



ISJAE

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

№ 19 (183)
2015

ISSN 1608-8298

Выходит дважды в месяц
Издается с июля 2000 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР А. Л. ГУСЕВ

Руководитель группы компаний «Водород»

А/я 683, 687, Саров, Нижегородская обл., 607183, Россия

Тел.: +7(83130) 94472, 63107, 91846, 90708, +79047884477; факс: +7 (83130) 63107, 90708 E-mail: gusev@hydrogen.ru

НАУЧНЫЙ СОВЕТ

С.М. Алдошин, акад. РАН (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия), зам. главного редактора ISJAE

О.М. Алифанов, чл.-корр. РАН (МАИ, Москва, Россия)

Р.А. Амерханов, д-р техн. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар, Россия)

В.М. Андреев, проф. (ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург, Россия)

В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Ереванский гос. университет, Ереван, Армения)

А.М. Архаров, д-р техн. наук (МГТУ им. Баумана, Москва, Россия)

Э.А. Бекпиров, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев, Украина)

Дж. О'М. Бокрис, проф. (Гейнсвилль, США)

В.М. Бузник, акад. РАН (ИТЦ РАН, Москва, Россия)

В.А. Бутузов, д-р техн. наук («Южгеотепло», Краснодар, Россия)

Т.Н. Везируглу, д-р, проф., президент МАВЭ, зам. гл. ред. ISJAE

Е.А. Везируглу, д-р, проф., главный редактор International Journal of Hydrogen Energy (IJHE)

А.Г. Галеев, проф. (ФКП НИЦ РКП, Сергиев Посад, Россия)

А.А. Гарибов, д-р хим. наук (ИРП НАН Азербайджана)

С.А. Григорьев, д-р техн. наук (Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия)

Е.А. Гудилин, член-корр. РАН (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия), зам. главного редактора ISJAE

Ю.А. Добровольский, д-р хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

А.М. Домашенко, канд. техн. наук (ОАО «Криогенмаш», Москва, Россия)

В.В. Елистратов, д-р техн. наук (НОЦ «Возобновляемые источники энергии» СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия)

О.Н. Ефимов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

А.З. Жук, д-р физ.-мат. наук (ОИВТ РАН, Москва, Россия)

М.Иоселович, д-р хим. наук (Designer Energy Company, Израиль)

Г.И. Исаков, д-р физ.-мат. наук (Институт физики НАН Азербайджана, Азербайджан), зам. главного редактора ISJAE

А.Г. Забродский, чл.-корр. РАН (ФТИ им. Иоффе, С.-Пб, Россия)

Ю.К. Завалишин, д-р техн. наук (НИЯУ МИФИ, Саров, Россия)

Ю.П. Зайков, д-р хим. наук (УрФУ)

М.А. Казарян, акад. НАН Армении (Ереван, Армения)

Я.Клеперис, д-р физ.-мат. наук (Латвийский ун-т, Рига, Латвия)

А.С. Коротеев, акад. РАН (ФГУП «Центр Келдыша», Москва, Россия)

Б.Н. Кузык, член-корр. РАН (НИИ НЭП, Москва, Россия)

С.О. Кудря, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев)

В.В. Куршева, канд. хим. наук (НТЦ «ТАТА», Саров, Россия)

А.М. Липанов, акад. РАН (УдНЦ УрО РАН, Ижевск, Россия)

В.М. Лятхер, д-р техн. наук (New Energetics, Кливленд, США)

В.А. Лопота, член-корр. РАН (РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Москва)

В.В. Лушин, акад. РАН (МГУ, Москва, Россия)

М. Лутовац, акад, проф. (ФПИМ Университет «УНИОН», Белград, Сербия)

Ч. Марчетти, проф. (Снеци, Италия)

Г.А. Месяц, акад. РАН (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия)

Н.Н. Мхитарян, чл.-корр. НАН Украины (ИВЭ НАН Украины, Киев)

В.Е. Накоряков, акад. РАН (Институт теплофизики СОРАН, Новосибирск-90, Россия)

И.М. Неклюдов, акад. НАН Украины (Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина)

В.Н. Пармон, акад. РАН (Институт катализа им. Г.К. Борескова СОРАН, Новосибирск, Россия)

А.М. Пенджиев, д-р с.-х. наук (Туркменский гос. архитектурно-строительный институт, Ашхабат, Туркменистан)

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)

О.С. Попель, д-р техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия)

В.Я. Полкова, д-р хим. наук (АО «Байер», Москва, Россия)

М.А. Прелас, проф. (У-т Миссури-Коламбия, Коламбия, США)

В.С. Рачук, д-р техн. наук, проф. (ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики», Воронеж, Россия)

П.Ф. Рзаев, д-р техн. наук (ИРП НАН Азербайджана)

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (МИУ, Москва, Россия)

В.Ф. Резцов, чл.-корр. НАНУ (ИВЭ НАН Украины, Киев)

О.М. Саламов, канд. физ.-мат. наук (ИРП НАН Азербайджана)

П. Сан-Грегуйар, проф. (Университет Тулон-Вара, Франция), зам. главного редактора ISJAE

Е.В. Соломин, д-р техн. наук (Южно-Уральский гос. университет, Челябинск, Россия)

А.Я. Столяревский, д-р техн. наук (Центр КОРТЭС, Россия), зам. главного редактора ISJAE

А.В. Стрелец, канд. техн. наук (ФГБНУ «Дирекция научно-техн. программ», Москва, Россия)

Б.П. Тарасов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

Ю.А. Трутнев, акад. РАН (РФИЦ – ВНИИЭФ, Саров, Россия), зам. главного редактора ISJAE

В.Е. Фортон, Президент РАН (ОИВТ РАН, Москва, Россия)

М.Д. Хэмилтон, д-р, проф. (Университет Центральной Флориды, США), зам. главного редактора ISJAE

А.Ю. Цивадзе, акад. РАН (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия)

Ю.Н. Шалимов, д-р техн. наук (ВГТУ, Воронеж, Россия)

А.Р. Щекин, ведущий сотрудник (ИВЭ НАН Украины, Киев), зам. главного редактора ISJAE

С.Е. Щеклеин, д-р техн. наук, проф. (УрФУ, Россия)

Импакт-фактор РИНЦ с учетом переводной версии (2014) – 0,577; двухлетний импакт-фактор РИНЦ (2014) – 0,555.

Журнал зарегистрирован Международным центром ЮНЕСКО в 2000 г. (название: "Al'ternativnaâ énergetika i ékologîâ", краткое название: "Al'tern. énerg. écol."), ISSN 1608-8298. Тематика журнала одобрена Международной ассоциацией водородной энергетики (МАВЭ) и Международным центром развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET). Журнал включен в диссертационный перечень ВАК.

Журнал индексируется в Google Scholar (GS - 18000); в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ - 2462).

Общее число цитирований по годам (РИНЦ): 2011 - 222; 2012 - 353; 2013 - 452; 2014 - 835.

Индекс Хирша за 10 лет - 10; индекс Херфиндаля по организациям авторов - 261

Журнал включен в базу данных CROSSREF (Цифровой идентификатор DOI) в 2014 г.

Награды журнала: Медаль Рентгена (2007 г.), Диплом Фонда им. В.И. Вернадского и Комитета по экологии Государственной Думы ФС РФ (2007 г.), Премия «Российский Энергетический Олимп – 2008». Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Журнал включен в каталоги: «Роспечать» (индекс 20487), Объединенный каталог «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935), «Интерпочта-2003».

Полные электронные версии статей представлены на сайте Научной электронной библиотеки <http://e-library.ru>, на сайте Международного научного журнала АЭЭ <http://isjaee.hydrogen.ru>, а также на сайте Международного научного и образовательного портала «Водород» <http://www.hydrogen.ru>.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-21881) от 14 сентября 2005 г.

Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 291; по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7; по тематике «Энергетика» - 1

Переводная версия журнала включена в Scopus (IF = 3,5) и Web of Science (IF = 1,5). Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.



ISJAE

№ 19 (183)
2015



EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF A. L. GUSEV

Leader of «Hydrogen» Group of Companies

Post Box Office 683, 687, Sarov, Nizhny Novgorod region, 607183 Russia

Phone: +7(83130)94472, 63107, 90708, 91846, +79047884477; Fax: +7 (83130) 63107, 90708

E-mail: gusev@hydrogen.ru

SCIENTIFIC EDITORIAL BOARD

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia),
deputy editor-in-chief of ISJAE
O.M. Alifanov, Member Corr. RAS (MAI, Moscow, Russia)
R.A. Amerkhanov, Prof. (Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russia)
V.M. Andreev, Prof. (A.F. Ioffe PhTI of RAS, St.-Petersburg)
A.M. Arharov, Prof. (Bauman MSTU, Moscow, Russia)
V.M. Aroutiounian, Acad. NAS of Armenia (Yerevan State
University, Yerevan, Armenia)
E.A. Bekirov, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)
J.O'M. Bockris, Prof. (Gainesville, USA)
V.A. Butuzov, Prof. ("Uuzhgeoteplo", Krasnodar, Russia)
V.M. Buznik, Acad. RAS (ITC RAS, Moscow, Russia)
Yu.A. Dobrovolskiy, Prof. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)
A.M. Domashenko, Prof. («Kriogenmash», Moscow, Russia)
O.N. Efimov, Dr. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)
V.V. Elistratov, Prof. (SEC "RES", St.-Petersburg, Russia)
V.E. Fortov, Prezident RAS (JIHT RAS, Moscow, Russia)
A.G. Galeev, Prof. (Science and research center of rocket and
space production, Sergiev Posad, Russia)
A.A. Garibov, Prof. (IRP NAS, Azerbaijan)
E.A. Goodilin, Member Corresponding RAS (FMS MSU, Moscow,
Russia), deputy editor-in-chief of ISJAE
S.A. Grigoriev, PhD, DSc (National Research University "Moscow
Engineering Institute", Moscow, Russia)
M.D. Hampton, Prof. (University of Central Florida, USA),
deputy editor-in-chief of ISJAE
M. Ioelovich, D.Sc. (Designer Energy Company, Izrael)
G.I. Isakov, Prof. (Institute of Physics of NAS of Azerbaijan,
Azerbaijan), deputy editor-in-chief of ISJAE
M.A. Kazaryan, Acad. NAS of Armenia (Yerevan, Armenia)
J. Kleperis, Dr. phys. (University of Latvia, Riga, Latvia)
A.S. Koroteev, Acad. RAS (Keldysh Research Center, Moscow, Russia)
S.O. Kudrya, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)
V.V. Kursheva, Dr. (STC "TATA", Sarov, Russia)
B.N. Kuzyk, Member Corresponding RAS (NIK NEP, Moscow, Russia)
A.M. Lipanov, Acad. RAS (UdSC UrB RAS, Izhevsk, Russia)
V.A. Lopota, Member Corresponding RAS (S.P. Korolev Rocket
and Space Corporation "Energia", Russia)
V.V. Lunin, Acad. RAS (MSU, Moscow, Russia)
M. Lutovaz, Acad. (FPIM University "UNION", Belgrade, Serbia)
V.M. Lyatkher, Prof. (New Energetics Inc., Cleveland, USA)
Ch. Marchetti, Prof. (Sieci, Italy)
N.N. Mkhitarian, Member Corr. NASU (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)

G.A. Mesyats, Acad. RAS (Physics Institute of them. P.N. Lebedev
of RAS, Moscow, Russia)
V.E. Nakoryakov, Acad. RAS (Kutateladze Institute of thermo-
physics SB RAS, Novosibirsk-90, Russia)
I.M. Neklyudov, Acad. RAS of Ukraine (Khar'kov Physical
Technical Institute, Khar'kov, Ukraine)
V.N. Parmon, Acad. RAS (Boreskov Institute of Catalysis of SD
RAS, Novosibirsk, Russia)
A.M. Penjiev, Prof. (Turkmen state architecturally-building
institute, Ashgabat, Turkmenistan)
N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (RRC "Kurchatov Insti-
tute", Moscow, Russia)
O.S. Popel', Prof. (UIHT of RAS, Moscow, Russia)
V.Ya. Popkova, Prof. of Chemistry (A/O Bayer, Moscow, Russia)
M.A. Prelas, Prof. (Univ. of Missouri-Columbia, Columbia, USA)
V.S. Rachuk, Prof. (OSC KBKhA, Voronezh, Russia)
V.F. Reztsov, Member Corr. NASU (IRE of NASU, Kyev)
Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Int. University of Engineering, Moscow,
Russia)
P.F. Rzaev, Prof. (IRP NAS, Azerbaijan)
P. Saint-Gregoire, Prof. (University of Toulon and Var, France),
deputy editor-in-chief of ISJAE
O.M. Salamov, PhD (IRP NAS, Azerbaijan)
Y.N. Shalimov, Prof. (VSTU, Voronezh, Russia)
S.E. Shcheklein, Prof. (UrFU, Russia)
A.R. Shchekin (IRE of NAS of Ukraine, Kyev), deputy editor-
in-chief of ISJAE
E.V. Solomin, Prof. (South Ural State University, Russia)
A.Ya. Stolyarevsky, Prof. (Center CORTES, Russia), deputy
editor-in-chief of ISJAE
A.V. Strelets, Dr. (FCSTP, Moscow, Russia)
B.P. Tarasov, Dr. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)
Yu.A. Trutnev, Acad. RAS (RFNC-VNIIEF, Russia), deputy
editor-in-chief of ISJAE
A.Yu. Tsvadze, Acad. RAS (A.N. Frumkin Institute of Physical
Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia)
T.N. Veziroglu, Dr., Prof., Prezident of International Association
for Hydrogen Energy, deputy editor-in-chief of ISJAE
E.A. Veziroglu, Dr., Prof., editor-in-chief of International
Journal of Hydrogen Energy (IJHE)
A.Z. Zhuk, Prof. (ITPhES RAS, Moscow, Russia)
Yu.P. Zaikov, Prof. (UrB RAS, Russia)
Yu.K. Zavalishin, Prof. (SRNU MEPhU)
A.G. Zabrodsky, Member Corr. RAS (A.F. Ioffe Physical-
Technical Institute of RAS, St.-Petersburg)

Impact Factor of Russian Science Citation Index (2014) together with the translated version is 0,577. Two-year Impact Factor of Russian Science Citation Index (2014) - 0,555, h-index for 10 years - 10. Herfindahl index of the authors' organizations - 261.

The journal is registered in UNESCO in ISSN International Centre in 2000 (key title: "Алтернативна енергетика и екологија", abbreviated key title: "Алтерн. енерг. ecol."), ISSN 1608-8298. The subjects of the journal are approved by International Association for Hydrogen Energy (IAHE). The journal has been included into the "List of leading reviewed scientific journals and editions in which the basic scientific results of dissertations on competition of scientific degrees of Doctors and Candidate of Sciences (Ph.D. and Sc.D.) should be published" according to the decision of Presidium of the Higher Certifying Commission.

The journal has been included into catalogues: "Rospechat" (20487), Joined catalogue "Press of Russia. Russian and foreign newspapers and journals" (41935), "Interpochta-2003".

Journal awards: Röntgen Medal (2007), Award of V.I. Vernadsky fund and RF State Committee for Ecology (2007). The Premium "Russian Energetic Olympus - 2008".

The journal has been included into the abstract journal and data base VINITI. Information on the journal is annually published in the international reverence system of periodical of current issues "Ulrich's Periodicals Directory".

Full version of papers has been presented at Scientific electronic library <http://e-library.ru>, web-site of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology <http://isjaee.hydrogen.ru>, and International Information and Education Portal "Hydrogen" <http://www.hydrogen.ru>.

The journal has been registered at Russian Federal Service on Supervision of Observance of the Legislation in Sphere of Mass Communications and Protection of a Cultural Heritage (Certificate PI NoFC77-21881) September 14, 2005.

Position of ISJAE in SCIENCE INDEX rating for 2012 - 9740; in General Rating for 2012 - 291; on the topic "Environmental Protection. Human Ecology" - 7; on the topic "Energy" - 1

Translated version of International Journal of Hydrogen Energy is included into Scopus (IF = 3,5) and Web of Science (IF = 1,5) as well as international databases.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: академик РАН В.Е.Фортов

Сопредседатель: член.-корр. РАН Е.А.Гудилин

Члены Международного редакционного комитета (МРК) представлены на стр. 203-216 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ РЕДАКЦИИ

Председатель: академик РАН Н.Н.Пономарев-Степной

Сопредседатели: академик РАН В.Н.Пармон,
академик РАН С.М.Алдошин

Члены Международного научно-консультативного совета редакции (МНКСП) представлены на стр. 203-216 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

СОВЕТ ЭКСПЕРТОВ

Председатель: А.Л.Гусев

Сопредседатели:

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмагилов

Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)
Л.Ф.Беловодский (Россия, Саров)
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)
О.С.Попель (Россия, Москва)
В.А.Хуснутдинов (Россия, Москва)

М Е М О Р И А Л

Я.Б.Данилевич
А.В.Елютин
С.П.Капица
В.И.Куприянов
А.А.Макаров
С.П.Малышенко
Ю.Д.Третьяков

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ РЕЦЕНЗЕНТОВ

Председатель: Т.Н.Везироглу

Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)
В.М.Арутюнян (Армения, Ереван)
П.Г.Бережко (Россия, Саров)
В.А.Бутузов (Россия, Краснодар)
М.В.Воробьева (Россия, Москва)
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)
В.А.Гольцов (Украина, Донецк)
Л.Ф.Гольцова (Украина, Донецк)
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)
А.Л.Гусев (Россия, Саров)
А.Л.Дмитриев (Россия, С.-Петербург)
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)
О.Н.Ефимов (Россия, Черногловка)
Г.И.Исаков (Азербайджан, Баку)
З.Р.Исмагилов (Россия, Новосибирск)
Ф.Караосманоглу (Турция, Стамбул)
Я.Клеперис (Латвия, Рига)
Ю.С.Нечаев (Россия, Москва)
А.Т.Пономаренко (Россия, Москва)
О.С.Попель (Россия, Москва)
Л.В.Спивак (Россия, Пермь)
Б.В.Спицын (Россия, Москва)
А.Я.Столяревский (Россия, Москва)
Е.М.Тарараева (Россия, Москва)
Б.П.Тарасов (Россия, Черногловка)
Г.Л.Хорасанов (Россия, Обнинск)
М.Д.Хэмптон (США, Орlando)
Ю.М.Шульга (Россия, Черногловка)
Ю.Шунман (Голландия, Делфт)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Chairman: Academician of the RAS V.E.Fortov

Co-Chairman: Member Corresponding of the RAS E.A.Goodilin

Members of the International Editorial Board (IEB) on specified topics and topical sections are presented on pages 203-216

INTERNATIONAL EDITORIAL ADVISORY BOARD

Chairman: Academician of the RAS N.N.Ponomarev-Stepnoy

Co-Chairmans: Academician of the RAS V.N.Parmon,

Academician of the RAS S.M.Aldoshin

Members of the International Editorial Advisory Board (IEAB) on specified topics and topical sections are presented on pages 203-216

INTERNATIONAL REVIEWERS BOARD

Chairman: T.N.Veziroglu

R.A.Amerkhanov (Russia, Krasnodar)
V.M.Aroutiounian (Armenia, Yerevan)
P.G.Berezhko (Russia, Sarov)
V.A.Butuzov (Russia, Krasnodar)
A.L.Dmitriev (Russia, S.-Petersburg)
A.M.Domashenko (Russia, Balashikha)
O.N.Efimov (Russia, Chernogolovka)
A.G.Galeev (Russia, Sergiev Posad)
V.A.Gol'tsov (Ukraine, Donetsk)
L.F.Gol'tsova (Ukraine, Donetsk)
E.A.Goodilin (Russia, Moscow)
A.L.Gusev (Russia, Sarov)
M.D.Hampton (USA, Orlando)
G.I.Isakov (Azerbaijan, Baku)
Z.R.Ismagilov (Russia, Novosibirsk)
F.Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul)
G.L.Khorasanov (Russia, Obninsk)
J.Kleperis (Latvia, Riga)
Yu.S.Nechaev (Russia, Moscow)
A.T.Ponomarenko (Russia, Moscow)
O.S.Popel' (Russia, Moscow)
Yu.M.Shul'ga (Russia, Chernogolovka)
Yu.Shoonman (Netherlands, Delft)
B.V.Spitsyn (Russia, Moscow)
L.V.Spivak (Russia, Perm')
A.Ya.Stolyarevskiy (Russia, Moscow)
E.M.Tararaeva (Russia, Moscow)
B.P.Tarasov (Russia, Chernogolovka)
M.V.Vorobyova (Russia, Moscow)

EXPERTS BOARD

Chairman: A.L.Gusev

Co-Chairmans:

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмагилов

Р.А.Амерханов (Russia, Krasnodar)
Л.Ф.Беловодский (Russia, Sarov)
А.М.Домашенко (Russia, Balashikha)
А.Г.Галеев (Russia, Sergiev Posad)
Е.А.Гудилин (Russia, Moscow)
В.А.Хуснутдинов (Russia, Moscow)
О.С.Попель (Russia, Moscow)

М Е М О Р И А Л

Ya.B. Danilevich
A.V. Elyutin
S.P. Kapitza
V.I. Kupriyanov
A.A. Makarov
S.P. Malysenko
Yu.D. Tretiakov

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ И ДЕЛОВОЙ КЛУБ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND BUSINESS CLUB FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

Международный центр развития водородной
энергетики Департамента по вопросам
промышленного развития ООН



United Nations Industrial Development
Organization International Centre
for Hydrogen Energy Technologies

Международная
ассоциация водородной
энергетики



International Association
for Hydrogen Energy

Институт
водородной
экономики



Institute of Hydrogen
Economy

Российская
академия
наук



Russian Academy
of Sciences

Министерство
образования и науки РФ



Ministry of Education
and Science of the RF

Факультет наук
о материалах МГУ
им. М.В.Ломоносова



Faculty of Materials
Science of MSU

Консорциум
«Водород»



Consortium
"Hydrogen"

Институт проблем
химической физики РАН



Institute of Problems
of Chemical Physics of RAS

Институт катализа
им. Г.К.Борскакова СО РАН



Borskov Institute
of Catalysis SB RAS

Исследовательский центр
им. М.В.Келдыша



Keldysh
Research Center

Российский научный центр
«Курчатовский институт»



Russian Scientific Center
"Kurchatov Institute"

НИИ Научно-производственное
объединение «Луч»



Scientific Research Institute Research-
and-Production Association "Luch"

Научная
электронная
библиотека



Scientific
Electronic Library

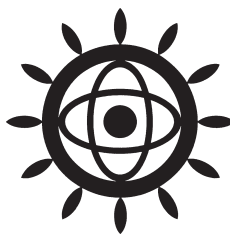
Научно-
технический
центр «ТАТА»



Scientific Technical
Centre "TATA"



В ЭТОМ НОМЕРЕ

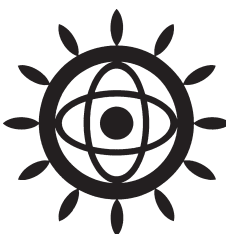


IN THIS ISSUE

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА		RENEWABLE ENERGY
НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА		NONRENEWABLE ENERGY
ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА		THERMONUCLEAR ENERGY
ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА		HYDROGEN ECONOMY
КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ		STRUCTURAL MATERIALS
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ		THERMODYNAMIC BASICS OF AEE
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ		ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY
ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА		LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT
КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ		PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ		ECONOMIC ASPECTS OF AEE
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ		INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION



В ЭТОМ НОМЕРЕ



IN THIS ISSUE

ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА		ENVIRONMENTAL VEHICLES
ДОБЫЧА ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ		RECOVERY TECHNIQUES
КАТАЛИЗ В АЭЭ		CATALYSIS FOR AEE
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ		ENERGY SAVING
ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА		PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX
ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА		OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES
ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		GAS-TURBINE TECHNOLOGIES
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА		ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES
ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА		ISSUES OF AGRICULTURE
НАУКИ О ЗЕМЛЕ		EARTH SCIENCES
ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ		INFORMATION FOR AEE



СОДЕРЖАНИЕ

I. Возобновляемая энергетика

1. Солнечная энергетика

1-2-1-0 Материалы для солнечно-водородной энергетики

Гостева Е.А.

Разложение воды под действием солнечного света при помощи электродов на основе пористого кремния.....14
doi 10.15518/isjaee.2015.19.001

Смирнов А.В., Зимнухов М.И

Металлоуглеродные пленки для задних отражателей фотоэлектрических модулей.....20
doi 10.15518/isjaee.2015.19.002

1-3-0-0 Солнечные электростанции

Миннебаев М.Р., Кузьминых Н.М., Кугергин В.В.

Статический преобразователь напряжения постоянного тока в трёхфазную сеть частотой 50...400 Гц.....25
doi 10.15518/isjaee.2015.19.003

Акция «Архивные номера».....28

1-3-1-0 Кремниевые солнечные электростанции

Абруков В.С., Кочаков В.Д., Иваницкий А.Ю.,

Васильев А.И., Смирнов А.В., Абруков С.В.

Создание базы знаний солнечных электростанций.....29
doi 10.15518/isjaee.2015.19.004

Новости: Индия создает Международное агентство по солнечной политике.....41

Васильев А.И., Кочаков В.Д.

Опыт эксплуатации сетевой солнечной электростанции.....42
doi 10.15518/isjaee.2015.19.005

Габдерахманова Т.С., Киселева С.В., Зайцев С.И., Тарасенко А.Б., Шакунов В.П.

Использование солнечных фотоэнергетических установок: результаты мониторинга и прогноза производительности.....48
doi 10.15518/isjaee.2015.19.006

Панченко В.А., Стребков Д.С., Персиц И.С.

Солнечные модули с увеличенным сроком службы на уровне номинальной мощности.....55
doi 10.15518/isjaee.2015.19.007



1-3-3-0 Фотоэлементы

Абруков В.С., Смирнов А.В.

Нейросетевые модели фотосенсоров на основе тонких пленок.....61
doi 10.15518/isjaee.2015.19.008

Информация о конференциях: Международная выставка

возобновляемых источников энергии «**Greenpower 2016**».....69

*Контрош Е.В., Малевская А.В., Лебедева Н.М., Гребенищикова Е.А., Контрош Л.В.,
Ильинская Н.Д., Калиновский В.С.*

Исследование фотоэлектрических характеристик многопереходных
солнечных элементов, изготовленных одностадийным и двустадийным методом
разделительного травления.....70
doi 10.15518/isjaee.2015.19.009

Панченко В.А., Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д.

Высоковольтные солнечные модули с напряжением 1000 В.....76
doi 10.15518/isjaee.2015.19.010

1-3-4-0 Фотовольтаический эффект в полупроводниковых структурах. Фотоэлектрические модули

Богомолова С.А.

Особенности методов калибровки имитатора солнечного излучения при контроле
энергопроизводительности многопереходных фотоэлектрических модулей.....82
doi 10.15518/isjaee.2015.19.011

Егоров Ф.С., Мукин В.А., Охоткин Г.П.

Оптимизация лазерного скрайбирования при изготовлении
тонкопленочных солнечных модулей.....88
doi 10.15518/isjaee.2015.19.012

8. Энергокомплексы на основе ВИЭ

Белова М.В., Ершов М.А., Ершова И.Г., Поручиков Д.В.

Устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую.....95
doi 10.15518/isjaee.2015.19.013

V. Конструкционные материалы

13. Наноструктуры

13-1-0-0 Наносистемы: синтез, свойства, применение

Васильева О.В., Ксенофонтов С.И., Краснова А.Г., Кошкина А.В.

Структура и свойства сажи в пламени углеводородного топлива.....105
doi 10.15518/isjaee.2015.19.014

Кошкина А.В., Кочаков В.Д.

Исследование свойств тонкопленочных систем CdO и CdO-ЛЦУ.....112
doi 10.15518/isjaee.2015.19.015



Кошевой В.Л., Белорус А.О., Левицкий В.С.

Исследование распределения параметра кристалличности для плёнок mc-Si, полученных методом PECVD, с помощью рамановской спектроскопии.....118
doi 10.15518/isjaee.2015.19.016

Краснова А.Г., Кочаков В.Д.

Исследование электрофизических свойств бинарной тонкопленочной системы Al-Pb-Se.....124
doi 10.15518/isjaee.2015.19.0117

Мараева Е.В., Максимов А.И., Матюшкин Л.Б., Мошников В.А., Шупта А.А.

Анализ особенностей окисления слоев на основе сульфидов свинца и кадмия.....128
doi 10.15518/isjaee.2015.19.0118

XI. Инновационные решения, технологии, устройства и их внедрение

26. Инновационные решения в области энергетики и альтернативной энергетики

Сычикова Я.А.

Ресурсо- и энергосберегающие технологии на основе наноструктурированного кремния.....136
doi 10.15518/isjaee.2015.19.0119

XXII. Информация в области АЭЭ

41. Информация

41-5-0-0 Международные научные конференции

Международный Конгресс «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность» REENCON-XXI.....142

Форум «Композиты без границ» стартует в третий раз подряд.....143

В 2016 году Москва примет всемирную конференцию технопарков.....144

41-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей

Научно-технический центр «ТАТА» (Россия) осуществляет поставку заказчикам графеновых материалов: оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO) в виде порошка, водной суспензии, пасты.....145

Schneider Electric: Международный опыт Schneider Electric для солнечной генерации
Schneider Electric: осваиваем энергию солнца вместе.....152

Данфосс: Оборудование Данфосс на выставке «Энергоэффективное Подмосковье».....155



РОСНАНО: Запущен двенадцатый наноцентр РОСНАНО.....	156
РОСНАНО: Открыт 60-й завод РОСНАНО – первое в России предприятие по производству оптоволокна.....	157
Наноцентр «Дубна» запускает новую лабораторию и открывает опытное производство.....	158
ООО «Русский Ветер»: В пригороде Ульяновска в 2016 году построят ветроэлектростанцию.....	159

41-15-0-0 Новости науки и техники

Новости по тематике журнала.....	160
----------------------------------	-----



На 1-й стр. обложки: Специальный выпуск посвящен III Всероссийской научной конференции «Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики» (NanoSolar-2015)

Импакт-фактор РИНЦ с учётом переводной версии (2014) – 0, 577; двухлетний импакт-фактор РИНЦ (2014) – 0,555.
Индекс Хирша за 10 лет – 10; индекс Херфиндала по организациям авторов – 261.
Переводная версия журнала International Journal of Hydrogen Energy входит в Scopus и Web of Science, а также в международные базы данных. Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.
Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2010 г. – 3158, за 2011 г. – 5273, за 2012 – 9740.
Место Международного научного журнала АЭЭ в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7
Место Международного научного журнала АЭЭ в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. по тематике «Энергетика» - 1
Место Международного научного журнала АЭЭ в общем рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 291



Учредитель, издатель и редакция
Научно-технический центр «ТАТА»
Генеральный директор А.Л. Гусев
E-mail: gusev@hydrogen.ru
Почтовый адрес:
607183, Россия, Нижегородская обл., Саров,
а/я 687, НТЦ «ТАТА»
Тел.: 8(83130) 63107, 94472, факс: 8(83130) 63107
http://www.hydrogen.ru



Основной партнер
Институт водородной экономики
Генеральный директор А.Л. Гусев
E-mail: gusev@hydrogen.ru
Почтовый адрес:
607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 683
Тел.: 8(83130) 91846, 90708, факс: 8(83130) 63107
http://www.hydrogen.ru

Все права принадлежат ООО НТЦ «ТАТА».

Заведующий редакцией, гл. редактор сайта <http://isjaee.hydrogen.ru>
Александр Леонидович Гусев (Россия, Саров)
E-mail: gusev@hydrogen.ru,
redactor@hydrogen.ru

Художественный редактор
Виктор Иванович Немышев (Россия, Саров)

Редактор, корректор
Максимова Полина Александровна
(Россия, Саров)

Переводчики
Александр Рудольфович Володько (Россия, Саров)
Татьяна Викторовна Зезюлина (Россия, Саров)

Научные обозреватели
Ольга Борисовна Баклицкая-Каменева
(Россия, Москва)
Вера Владимировна Куришева (Россия, Москва)

Компьютерная верстка
Максимова Полина Александровна
(Россия, Саров)

Контент-менеджер сайта
<http://isjaee.hydrogen.ru>
Наталья Владимировна Фотина
(Россия, Саров)

Компьютерная графика
Валентин Александрович Гусев
(Россия, Саров)



CONTENT

I. Renewable Energy

1. Solar Energy

1-2-1-0 Materials for Solar-Hydrogen Energy

- Gosteva E.A.*
Water Splitting from Sunlight by means of Electrodes Based on Porous Silicon.....14
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.001
- Smirnov A.V., Zimnukhov M.I.*
Metal-Carbon Films for Back Reflectors of PV Modules.....20
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.002

1-3-0-0 Solar Power Plants

- Minnebayev M.R., Kuzminykh N.M., Kugergin V.V.*
The Static Transformer of Direct Current Voltage
in the Three-Phase Network with a Frequency of 50...400 Hz.....25
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.003

- Sale “Archive Journal Issues”.....28**

1-3-1-0 Silicone Solar Thermal Electric Plants

- Abrukov V.S., Kochakov V.D., Ivanitsky A.Yu., Vasiliev A.I., Smirnov V.A., Abrukov S.V.*
Creation of Knowledge-Based System of Solar Power Plants.....29
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.004

- News: India Creates the International Agency for Solar Policy.....41

- Vasilyev A.I., Kochakov V.D.*
Network Solar Power Plant Operating Experience.....42
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.005

- Gabderakhmanova T.S., Zaytsev S.I., Kiseleva S.V., Tarasenko A.B., Shakun V.P.*
Use of Solar Photovoltaic Systems: Monitoring
and Performance Evaluation Results.....48
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.006

- Panchenko V.A., Strebkov D.S., Persits I.S.*
Solar Modules with Extended Rated Work.....55
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.007

1-3-3-0 Photoelectric Cell

- Abrukov V.S., Smirnov A.V.*
Neural Network Models of Photosensors Based on Thin Films.....61
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.008



Information about the Conferences: International Exhibition of Renewable Energy “Greenpower 2016”	69
---	----

<i>Kontrosh E.V., Malevskaya A.V., Lebedeva N.M., Grebenshchikova E.A., Kontrosh L.V., Il'inskaya N.D., Kalinovsky V.S.</i> Study of the Photovoltaic Characteristics of Multi-Junction Solar Cells Fabricated by One-Step and Two-Step Separation Etching.....	70
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.009</i>	

<i>Panchenko V.A., Strebkov D.S., Polyakov V.I., Arbuzov Yu.D.</i> High-Voltage Solar Modules with a Voltage of 1000 V.....	76
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.010</i>	

1-3-4-0 Photovoltaic Effect in Semiconductor Structures. Photoelectric Modules

<i>Bogomolov S.A.</i> Approach to Calibration of Solar Simulator for monitoring The energy generation by multi-junction photovoltaic modules.....	82
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.011</i>	

<i>Egorov F.S., Mukin V.A., Ohotkin G.P.</i> Optimization of Laser Scribing in Manufacturing of Thin Film Solar Modules.....	88
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.012</i>	

8. RES Based Power Complexes

<i>Belova M.V., Ershov M.A., Ershova I.G., Poruchikov D.V.</i> System for Direct Conversion of Thermal Energy into Electrical Energy.....	95
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.013</i>	

V. Structural Materials

13. Nanostructures

13–1–0–0 Nanosystems: synthesis, properties, and applications

<i>Vasileva O.V., Ksenofontov S.I., Krasnova A.G., Kokshina A.V.</i> Structure and Properties of Soot in Hydrocarbon Flames.....	105
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.014</i>	

<i>Kokshina A.V., Kochakov V.D.</i> The Study of Properties of CdO and CdO-LCC Thin Film Systems.....	112
<i>doi: 10.15518/isjaee.2015.19.015</i>	



Koshevoi V.L., Belorus A.O., Levitskiy V.S.
Study of Crystallinity Parameter Distribution for mc-Si Films,
Obtained by PECVD, by Using Raman Spectroscopy.....118
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.016

Krasnova A.G., Kochakov V.D.
Investigation of Electrophysical Properties of Thin-Film System Al-Pb-Se.....124
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.017

Maraeva E.V., Maximov A.I., Matyushkin L.B., Moshnikov V.A., Shupta A.A.
The Study of Oxidizing Features
in Lead Sulphide – Cadmium Sulphide Layers.....128
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.018

XI. INNOVATIVE SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION

26. Innovative Solutions in Alternative Energy and Ecology

Sychikova Y.A.
Resource and Energy Saving Technologies Based on Nanostructured Silicon.....136
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.019

XXII. Information for AEE

41. Information

41-5-0-0 International Scientific Conferences

International Congress "Renewable Energy XXI Century:
Energy and Economic Efficiency» REENCON-XXI.....142

Forum "Composites Without Borders" Starts for the Third Time.....143

Moscow Takes the World Technology Parks Conference in 2016.....144

41-6-0-0 Advertising Matters of Investment Companies and Manufacturers

Scientific Technical Centre "TATA" (Russia) Delivers Graphene Materials: Graphene Oxid,
Reduced Graphene Oxid (RGO) in the Powder, Aqueous Suspension,
and Paste Forms.....145

Schneider Electric: International Schneider Electric Experience for Solar Generation.....152

Danfoss: Danfoss Equipment at the Exhibition "Energy Effective Moscow".....155



RUSNANO: 12th RUSNANO Nanocenter is Launched	156
RUSNANO: 60th RUSNANO Factory Opened	157
Nanocenter “Dubna” Launches a New Laboratory and Opens a Pilot Plant	158
Ltd “Russian Wind”: The Wind Station will be built in the suburb of Ulyanovsk in 2016	159

41-15-0-0 News

News	160
-------------------	-----



1st of cover: Special Issue Devoted to the Third All-Russian Conference “Nanostructured Materials and Converting Devices for Solar Energy» (NanoSolar-2015)

Translated version of International Journal of Hydrogen Energy is included into Scopus and Web of Science and too in international databases.
 Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2010 – 3158, for 2011 – 5273, for 2012 – 9740
 Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2012 on the topic “Environmental Protection. Human Ecology” – 7
 Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2012 on the topic “Energy” – 1
 Position of ISJAEE in General Rating of SCIENCE INDEX for 2012 – 291

 **Founder and publisher**
 Scientific Technical Centre “TATA”
 General manager A.L.Gusev
 E-mail: gusev@hydrogen.ru
 607183, Russia, Nizhni Novgorod region, Sarov,
 P.O.B.687, STC “TATA”
 Ph.: +7(83130)63107,94472, fax: +7(83130) 63107
<http://www.hydrogen.ru>

 **General cooperation**
 Institute for Hydrogen Economy
 General manager A.L.Gusev
 E-mail: gusev@hydrogen.ru
 607183, Russia, Nizhni Novgorod region, Sarov,
 P.O.B.683
 Ph.: +7(83130)91846, 90708, fax: +7(83130) 63107
<http://www.hydrogen.ru>

All rights reserved at STC «TATA».

Chief-in-Board, Editor-in-Chief
 of <http://isjaee.hydrogen.ru>
 Alexander Leonidovich Gusev (Russia, Sarov)
 E-mail: gusev@hydrogen.ru,
 redactor@hydrogen.ru

Art-Editor
 Viktor Ivanovich Nemyshev (Russia, Sarov)

Editor, Proof-reader
 Maximova Polina Alexandrovna
 (Russia, Sarov)

Translators
 Alexander Rudolfovich Volod'k o(Russia, Sarov)
 Tatyana Viktorovna Zeyulina (Russia, Sarov)

Scientific Repoters
 Ol'ga Borisovna Baklitskaya-Kameneva
 (Russia, Moscow)
 Vera Vladimirovna Kursheva
 (Russia, Moscow)

Computer design
 Maximova Polina Alexandrovna
 (Russia, Sarov)

Content-manager of <http://isjaee.hydrogen.ru>
 Nataliya Vladimirovna Fotina (Russia, Sarov)

Graphic design
 Valentin Alexandrovich Gusev (Russia, Sarov)



СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

SOLAR ENERGY

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНО-ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

MATERIALS FOR SOLAR-HYDROGEN ENERGY

Статья поступила в редакцию 24.09.15. Ред. рег. № 2361

The article has entered in publishing office 24.09.15. Ed. reg. No. 2361

УДК 621.382.032.27

**РАЗЛОЖЕНИЕ ВОДЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА
ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ**

Е.А. Гостева

НИТУ «МИСиС»
РФ 119991, Москва, Ленинский пр-т, 4
тел.: 8(985)177-44-51; e-mail: Gos-3@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.001

Заключение совета рецензентов: 02.10.15 Заключение совета экспертов: 14.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Особый интерес в области альтернативной энергетики представляет прямое преобразование энергии солнечного света в водородное топливо. Настоящая работа посвящена поиску решения основных проблем развития водородной энергетики, к которым можно отнести низкую коррозионную устойчивость электродов на базе традиционных материалов для фотолизного элемента и низкий КПД преобразования энергии солнечного излучения в активной области полупроводникового анода. Кроме того, данная статья представляет широкий научный интерес в плане исследования свойств новых наноструктурированных материалов и их использования в водородной и солнечной энергетике.

Ключевые слова: солнечная энергетика, фотолиз, фотоэлектроды, наноструктурированные материалы, пористый кремний.

**WATER SPLITTING FROM SUNLIGHT BY MEANS
OF ELECTRODES BASED ON POROUS SILICON**

E.A. Gosteva

NUST «MISiS»
4 Leninskiy ave., Moscow, 119991 Russian Federation
ph.: 8(985)177-44-51, e-mail: Gos-3@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.001

Referred 2 October 2015 Received in revised form 14 October 2015 Accepted 23 October 2015

The particular interest in alternative energy is the research of direct conversion of solar energy into hydrogen fuel. The paper deals with the solution of the main problems of the development of hydrogen energy, include low corrosion



resistance of the electrodes on the basis of traditional materials for the photolysis cell, low conversion efficiency of solar energy in the active area of the semiconductor anode. Moreover, the paper presents a broad scientific interest in terms of studying the properties of new nanomaterials and their use in alternative energy (solar and hydrogen).

Keywords: solar energy, photolysis, photoelectrode, nanostructured materials, the porous silicon.



Гостева
Екатерина Александровна
Ekaterina A. Gosteva

Сведения об авторе: аспирант НИТУ «МИСиС», кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков.

Образование: НИТУ «МИСиС», инженер.
Область научных интересов: нанотехнологии, альтернативная энергетика, в частности водородная и солнечная; пористый кремний; фотоэлектролиз.

Публикации: 1.

Information about the author: post-graduate of NUST MISiS, Department of Material Science of Semiconductors and Dielectrics.

Education: NUST MISiS, engineer.

Research area: nanotechnology, alternative energy, such as hydrogen and solar; porous silicon; photoelectrolysis.

Publications: 1.

Введение

В настоящее время одной из самых серьёзных проблем в мировом научном сообществе является поиск эффективных альтернативных источников энергии. Наиболее перспективное и коммерциализируемое решение данной проблемы можно найти в области водородной энергетики. В частности, здесь доминируют подходы, связанные с разработкой топливных элементов, а также фотолизных систем, с помощью которых получают и используют высокоэффективное водородное топливо.

Реакция разложения воды на водород и кислород под действием солнечного света давно привлекает внимание исследователей, поскольку водород является высокоэнергетическим топливом, вода — доступным и недорогим реагентом, а Солнце — экологически чистым и бесплатным источником энергии. Первое устройство такого рода описали Фудзисима и Хонда (1972 г). Оно состояло из фотоанода из диоксида титана и платинового катода, помещенных в водный раствор электролита и разделенных пористой перегородкой. При освещении фотоанода на нем выделялся кислород, а на катоде водород [1].

Новые варианты воплощения фотолизных элементов удалось создать в связи с успехами нанозлектрохимии и появлением таких средств, как нанопористые подложки, нанотрубки, наномембраны и т.д. [2].

Теоретическая часть

Нанопористый кремний обладает целым рядом уникальных характеристик и свойств: благодаря чрезвычайно развитой поверхности у него проявляется высокая абсорбционная способность, путем изменения размеров нанокристаллов появляется возможность управлять энергетическим состоянием поверхности, степенью пористости и составом межфазных границ. Фотоэлектрические явления в слоях

нанопористого кремния происходят в результате фотогенерации электронно-дырочных пар и процессов их последующего разделения и рекомбинации. Нанопористый кремний, в отличие от монокристаллического кремния, представляет собой сложную структуру, которая содержит расположенные определенным образом нанокристаллы кремния различных размеров в зависимости от технологии их выращивания, поры с развитой вглубь структурой и межфазные области сложных соединений кремния. При этом адсорбционные процессы на поверхности пористого кремния при взаимодействии молекул различных веществ могут приводить к новым фотоэлектрическим эффектам [3].

Большой интерес вызывает возможность эффективного использования высокоэнергетичных квантов, энергия которых значительно больше, чем ширина запрещенной зоны в объемном материале. Остановимся на этом явлении подробнее. В обычном случае (объемный материал) попадание кванта с энергией больше ширины запрещенной зоны приводит к генерации свободных носителей заряда в верхней половине зоны проводимости (электрон), после возбуждения эти носители быстро релаксируют, отдавая избыток энергии колебаниям решетки (фононам), и за короткий промежуток времени попадают в энергетический интервал вблизи края зоны, который по величине сопоставим с kT (k — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура). Очевидно, что при этом значительная часть энергии кванта теряется на разогрев решетки (тепло). В случае когда носители, возбужденные светом, с энергией больше ширины запрещенной зоны попадают (захватываются) в квантовую точку, они фиксируются на дискретных уровнях, образуя экситон (практически вне зависимости от температуры), то есть вся энергия возбуждения (энергия квантов) трансформируется в формирование носителей заряда.



Энергия кванта может эффективно трансформироваться в поток носителей заряда (электрический ток) вплоть до энергии в два раза большей ширины запрещенной зоны в объемном материале без потери энергии на формирование фононов [4].

Наблюдение и использование описанных выше эффектов позволяет продвинуться на пути к решению таких проблем водородной энергетики, как увеличение КПД системы и предотвращение коррозии фотоэлектродов [5]. В настоящей работе описаны результаты и методика создания полупроводникового фотоанода на основе кремниевых структур.

Методика эксперимента

Для получения образцов пористого кремния использовался метод анодного травления кремниевых пластин КДБ-1 (111) и КДБ-20 (100). В качестве электролита применяли раствор 49 % $\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ при соотношении компонент 1:1 и 4:1. Время травления составляло 30 мин при плотности тока 10 mA/cm^2 . Данные режимы были выбраны в результате проведения серии экспериментов описанных в [5–9].

В результате для сравнительной оценки изменения свойств пористых структур в зависимости от первоначальных характеристик пластин и параметров процесса были выбраны образцы, представленные в таблице 1.

Параметры исследуемых образцов

The parameters of the samples

Таблица 1

Table 1

№ обр.	Марка кремния	Раствор $\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
3	КДБ (111) – 1 Ом·см	1:1
4	КДБ (100) – 20 Ом·см	4:1
5	КДБ (111) – 1 Ом·см	4:1

Оценка пористости структуры и размеры пор были вычислены путем исследования образцов методами рентгеновской рефрактометрии (рис. 1) и рефлектометрии (рис. 2).

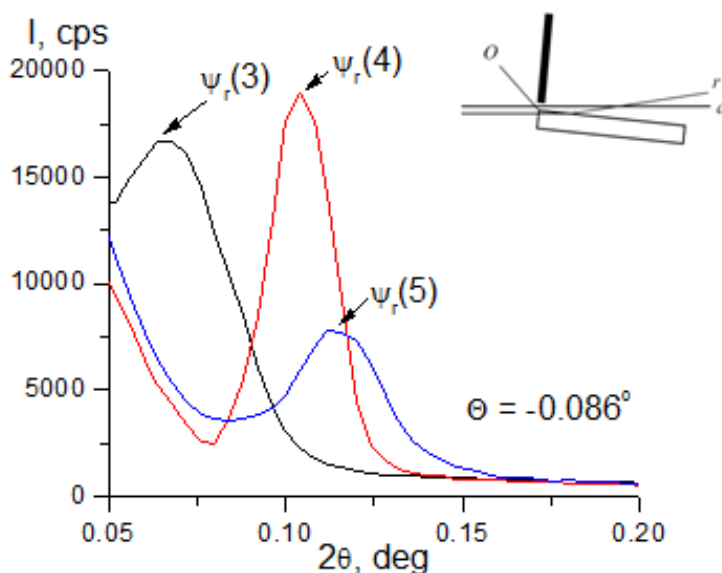


Рис. 1. Угловые диаграммы интенсивности преломленного излучения от образцов пористого кремния № 3–5 для спектральной линии CuK_α . На вставке: схема рефракции рентгеновского излучения

Fig. 1. Angular diagrams of the intensity of the refracted radiation from the samples of porous silicon Nos. 3–5 for spectral lines CuK_α . Inset: scheme of the refraction X-rays

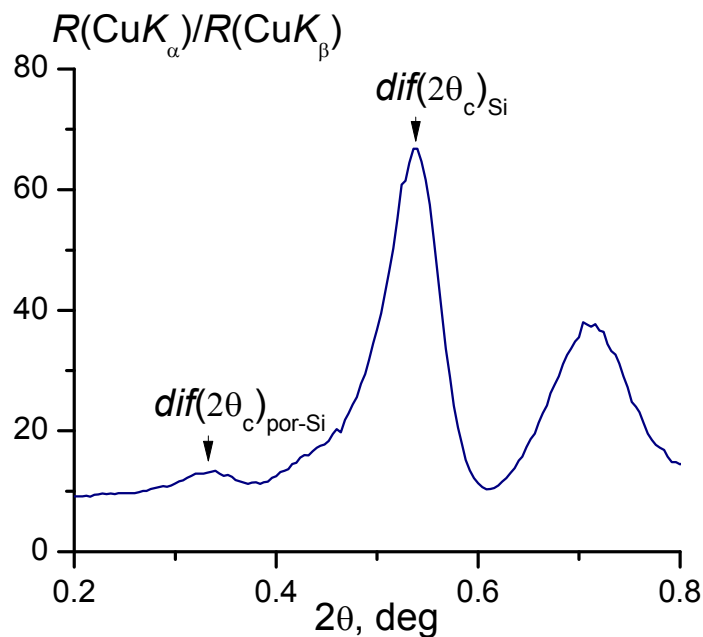


Рис. 2. Угловая зависимость отношения коэффициентов отражения $R(\text{CuK}_\alpha)/R(\text{CuK}_\beta)$ для образца пористого кремния № 3
Fig. 2. The angular dependence of the ratio of the reflection coefficients $R(\text{CuK}_\alpha)/R(\text{CuK}_\beta)$ for the sample of porous silicon No. 3

Рентгеновские методы широко применяются в исследовании характеристик материалов, так как обладают рядом следующих преимуществ. Во-первых, для них не требуется специальной пробоподготовки; во-вторых, поскольку методы являются экспрессными, результаты можно получить в сжатые сроки, – всё это позволяет экономить время и ис-

пользовать образцы в дальнейшем. Данные, полученные рентгеновскими методами, полностью согласуются с данными, полученными после проведения анализа сканирующей и электронной микроскопии. После анализа полученных результатов были получены следующие значения пористости образцов (таблица 2).

Расчет пористости образцов по данным рентгеновской рефрактометрии и рефлектометрии

Таблица 2

Calculation of the porosity of samples according to the X-ray refractometry and reflectometry

Table 2

№ обр.	Плотность ρ , г/см ³ (отн. рефлектометрия)	Плотность ρ , г/см ³ (рефрактометрия)	Пористость P , %
3	0,90	0,88	60,6±1,4
4	1,15	1,19	48,3±2,0
5	1,30	1,29	42,8±1,9

Кроме того, для данных образцов был измерен коэффициент диффузного отражения [10]. На основании таблицы 3 можно сделать вывод, что управле-

ние спектральными характеристиками возможно за счет изменения пористости образцов.

Таблица 3

Сравнение диффузного коэффициента отражения для разных спектральных диапазонов

Table 3

The equation of the diffusion coefficient of reflection for different spectral ranges

№ обр.	Коэффициент отражения для длины волны 680 нм, %	Коэффициент отражения для длины волны 1 300 нм, %	Пористость P , %
3	9,5	23,8	60,6±1,4
4	6,1	26,1	48,3±2,0
5	9,6	28,4	42,8±1,9

На рисунке 3 показана схема эксперимента, который подтвердил работу проектируемого электрода. Структура представляет собой систему $\text{Pt-H}_2\text{O-por-Si/p-Si}$. На рисунке контрэлектрод – платиновая проволочка – находится слева, а образец пористого кремния – справа. Контакт к нему осуществляется жидкостным методом с тыльной стороны. В центре колбы газоотводящее отверстие.

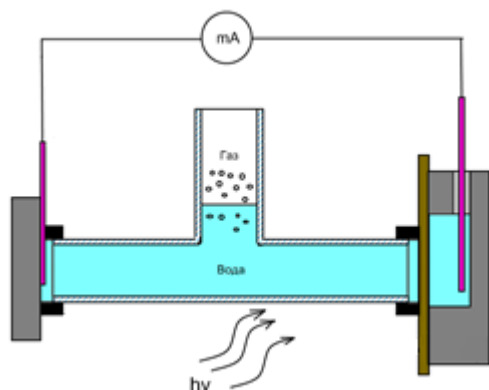


Рис. 3. Схема эксперимента для проверки работоспособности электрода
Fig. 3. The scheme of the experiment to verify electrode performance

Эксперимент проводился в разных условиях: при освещении светом и в темноте, так же проверялась реакция на свет. Напряжение при отсутствии света составляло порядка 40 мВ, при подаче света – 65 мВ. Сила тока при этом составляла 1,2 мкА и 1,8 мкА соответственно. Рабочая площадь в данном эксперименте составляет около 0,5 см². Наблюдается интересная особенность, что при полностью закрытом от света образце ток все равно продолжает течь порядка 0,8 мкА. Протекающий ток имеет достаточно низкие значения, следовательно, реакция разложения воды идет очень медленно, поэтому нужно уменьшать сопротивление образца, так как оно составляет около 30 кОм. Основной вклад в это значение вносит пористая пленка.

Заключение

В настоящей работе представлен краткий обзор результатов научных и прикладных исследований по рассмотренным направлениям. Определены основные закономерности влияния процесса формирования пористых наноструктур на характеристики получаемых пленок. Показана возможность управления оптическими свойствами пористого кремния за счет изменения размеров нанокристаллов и пористости, что позволяет находить новые применения для материалов на основе кремния, а также эффективно использовать его для реализации фотолиза воды.

Автор выражает благодарность за помощь при проведении исследовательской работы сотруднику ИПТМ РАН В.В. Старкову, а также сотрудникам НИУ «МИЭТ» Н.Н. Герасименко и Д.И. Смирнову.

Работа выполнена на оборудовании центра коллективного пользования «Материаловедение и металлургия» при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEFI59414X0007) и по программе повышения конкурентоспособности НИТУ «МИСиС» среди ведущих мировых научно-образовательных центров (К1-2015-046).

Список литературы

1. Fujishima A., Honda K. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode // Nature. 1972. Vol. 238. P. 37–38.
2. Васильченко Е.Ю., Гаврин С.С., Ревина А.А., Яштулов Н.А. Создание нанокompозитного электрода на основе пористого кремния // Сб. трудов Первого международного форума по нанотехнологиям «Функциональные материалы для энергетики», 2008. С. 129–131.
3. Билик Т.Ю., Лученко А.И., Мельниченко Н.Н., Шмырева А.Н. Фотоэлектрические свойства нанопористого кремния // Материалы VII Международной

научно-технической конференции «INTERMATIC-2010». 23–27 ноября 2010.

4. Smyderand J.A., Krauss T.D. Coming attractions for semiconductor quantumdots // *J. Materials today*. September 2011. P. 382–387.

5. Старков В.В. Получения, свойства и применение пористого кремния // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2009. № 4. С. 13–21.

6. Starkov V.V., Gavrilin E.Yu., Konle J., Presting H., Vyatkin A.F. and König U. SU8 photoresist as an etch mask for local deep anodic etching of silicon // *Phys. stat. sol. (a)*. 2003. Vol. 197, No. 1. P. 150–157.

7. Старков В.В., Старостина Е.А., Волков В.Т., Вяткин А.Ф. Формирование локальных диэлектрических областей методом неоднократного химического травления через маску // *Микроэлектроника*. 2001. Т. 30, № 2. С. 106–112.

8. Emel'yanov V.I., Eremin K.I., Starkov V.V. Defect-deformation mechanism of spontaneous nucleation of an ensemble of pores in solid sand its experimental verification // *Quantum Electronics*. 2002. Vol. 32, No. 6. P. 473.

9. Герасименко Н.Н., Тыныштыкбаев К.Б., Старков В.В., Медетов Н.А., Токмолдин С.Ж., Гостева Е.А. О природе трещин на примере монокристаллического кремния, подвергнутого анодному травлению // *Физика и техника полупроводников*. 2014. Т. 48, Вып. 8. С. 1117–1122.

10. Гостева Е.А., Герасименко Н.Н., Старков В.В., Пархоменко Ю.Н. Исследование наноструктурированных тонких пористых пленок на основе кремния для использования в солнечных элементах в качестве антибликового покрытия // *X конференция по актуальным проблемам физики, материаловедения, технологии и диагностики кремния нанометровых структур и приборов на его основе «Кремний-2014»*, Иркутск. 7–12 Июля 2014.

References

1. Fujishima A., Honda K. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode *Nature*. 1972. vol. 238, pp. 37–38 (in Eng.).

2. Vasil'chenko E.Y., Gavrin S.S., Revina A.A., Yashutulov H.A. Sozdanie nanokompozitnogo elektroda na osnove poristogo kremniâ. *Sb. trudov Pervogo Meždunarodnogo Forumâ po nanotehnologiâm «Funkcional'nye materialy dlâ ènergetiki»*, 2008, pp. 129–131 (in Russ.).

3. Bilik T.Yu., Luchenko A.I., Mel'nichenko N.N., Shmyreva A.N. Fotoelektričeskie svojstva nanoporistogo kremniâ. *Materialy VII Meždunarodnoj naučno-tehničeskoj konferencii «INTERMATIC-2010»*, 23–27 November 2010 (in Russ.).

4. Smyderand J.A., Krauss T.D. Coming attractions for semiconductor quantumdots. *J. Materials today*, September 2011, pp. 382–387 (in Eng.).

5. Starkov V.V. Polučeniâ, svojstva i primenenie poristogo kremniâ. *Vse materialy. Ènciklopedičeskij spravočnik*, 2009, no. 4, pp. 13–21 (in Russ.).

6. Starkov V.V., Gavrilin E.Yu., Konle J., Presting H., Vyatkin A.F. and König U. SU8 photo-resist as an etch mask for local deep anodic etching of silicon. *Phys. stat. sol. (a)*, 2003, vol. 197, no. 1, pp. 150–157 (in Eng.).

7. Starkov V.V., Starostina E.A., Volkov V.T., Vyatkin A.F. Formirovanie lokal'nyh diëlektričeskikh oblastej metodom neodnokratnogo himičeskogo travleniâ čerez masku. *Mikroelektronika*, 2001, vol. 30, no. 2, pp. 106–112 (in Eng.).

8. Emel'yanov V.I., Eremin K.I., Starkov V.V. Defect-deformation mechanism of spontaneous nucleation of an ensemble of pores in solid sand its experimental verification. *Quantum Electronics*, 2002, vol. 32, no. 6, pp. 473 (in Eng.).

9. Gerasimenko N.N., Tynyshtybaev K.B., Starkov V.V., Medetov N.A., Tokmoldin S.Zh., Gosteva E.A. O prirode trešin na primere monokristalličeskogo kremniâ, podvergnutogo anodnomu travleniû. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*, 2014, vol. 48, iss. 8, pp. 1117–1122 (in Russ.).

10. Gosteva E.A., Gerasimenko N.N., Starkov V.V., Parhomenko Yu.N. Issledovanie nanostrukturirovannyh tonkih poristyh plenok na osnove kremniâ dlâ ispol'zovaniâ v solnečnyh èlementah v kačestve antiblikovogo pokrytiâ. *X konferenciâ po aktual'nyh problemam fiziki, materialovedeniâ, tehnologii i diagnostiki kremniâ nanometrovyyh struktur i priborov na ego osnove «Kremnij-2014»*, Irkutsk. 7–12 Jule 2014 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 621.383

МЕТАЛЛОУГЛЕРОДНЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ ЗАДНИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

А.В. Смирнов, М.И. Зимнухов

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428010, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Университетская, 38
тел.: +7 (8352) 58-30-36; e-mail: fizteh21@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.002

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 12.10.15 Принято к публикации: 19.10.15

Синтезированы пленки Ag и Ag-sp1-C (линейно-цепочечный углерод) на подложках стекло-ZnO, проведено сравнение спектров отражения в красной и ближней ИК-области и показано увеличение отражения в случае применения углеродной пленки, что требует дальнейшего исследования данных материалов в качестве задних отражателей для tandemных кремниевых фотоэлектрических модулей. Отмечается незначительное изменение топологии поверхности и шероховатости поверхности слоя.

Ключевые слова: солнечные модули, задние отражатели, оксид цинка, линейно-цепочечный углерод, пленки серебра.

METAL-CARBON FILMS FOR BACK REFLECTORS OF PV MODULES

A.V. Smirnov, M.I. Zimnukhov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
38 Universitetskaya str., Cheboksary, Chuvash Republic, 428010 Russian Federation
ph.: +7 (8352) 58-30-36, e-mail: fizteh21@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.002

Referred 7 October 2015 Received in revised form 12 October 2015 Accepted 19 October 2015

Ag and Ag-LCC films (linear-chain carbon) were synthesized on glass-ZnO substrates, reflectance spectra in the red and near infrared regions were compared and an increase of reflection in the case of the carbon film was shown. All this requires further study of these materials as rear reflectors for tandem silicon photovoltaic modules. It is noticed a slight change in the surface topology and roughness of the surface layer.

Keywords: tandem type solar modules, zinc oxide, rear reflectors, carbon, silver film.



Смирнов Александр
Вячеславович
Alexander V. Smirnov

Сведения об авторе: инженер ЧГУ им. И.Н. Ульянова, председатель Ассоциации молодых физиков Чувашии.

Образование: Чувашский государственный университет.

Область научных интересов: углеродные нанотехнологии, солнечные энергоустановки, пленки серебра.

Публикации: 35.

Information about the author: engineer in CSU named after I.N. Ulyanov, chairman of the Association of Young Physicists of Chuvashia.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: carbon nanotechnology, solar power, silver films.

Publications: 35.



Зимнухов Михаил Андреевич
Mikhail A. Zimnuhov

Сведения об авторе: магистрант СПбГЭТУ «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина).

Образование: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: солнечная энергетика, углеродная электроника, компьютерное моделирование.

Публикации: 7.

Information about the author: undergraduate of Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin).

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanova.

Research area: solar energy, carbon electronics, computer simulation.

Publications: 7.

Введение

В последнее десятилетие наблюдается всплеск интереса научно-исследовательских групп к проблеме повышения эффективности тонкопленочных солнечных элементов tandemного типа ($a\text{-Si:H}/mc\text{-Si}$, $a\text{-Si}/a\text{-Si-Ge}$ и др.) [6] не только по генерирующему слою, но и антибликовым покрытиям, новым типам прозрачных проводящих слоев для токосъема (AgO), задним отражателям (back reflectors) [1, 2].

Многокаскадные кремниевые солнечные модули имеют высокую эффективность преобразования с использованием слоев поглощения с различной шириной запрещенной зоны. Поскольку TCO (электропроводящий прозрачный оксид) играет важную роль в захвате и рассеянии света обратно в генерирующий слой [3], научно-исследовательские лаборатории России, США, Германии сосредоточены на разработке TCO с улучшенными параметрами прозрачности, рассеяния и электропроводимости.

Данная работа посвящена синтезу и исследованию материала, который в перспективе можно будет

применять в качестве заднего отражателя в tandemных солнечных модулях, серьезным недостатком которых остается плохое поглощение красных и ИК-фотонов в микрокристаллическом слое.

Объект исследования

Высокая отражательная способность в длинноволновом диапазоне со случайной шероховатостью (зависящая от технологических особенностей осаждения и температуры подложки) пленок Ag, Al и их соединений делают эти материалы перспективными в роли отражателей для модулей на основе гетеропереходов $a\text{-Si:H}/mc\text{-Si:H}$. В настоящий момент [7] именно соединения ZnO/Al и ZnO/Ag нашли более широкое применение в промышленном производстве благодаря стабильности свойств в течение длительного времени и по некоторым данным могут увеличить квантовую эффективность и в конечном счете КПД модулей на 1,3 %.

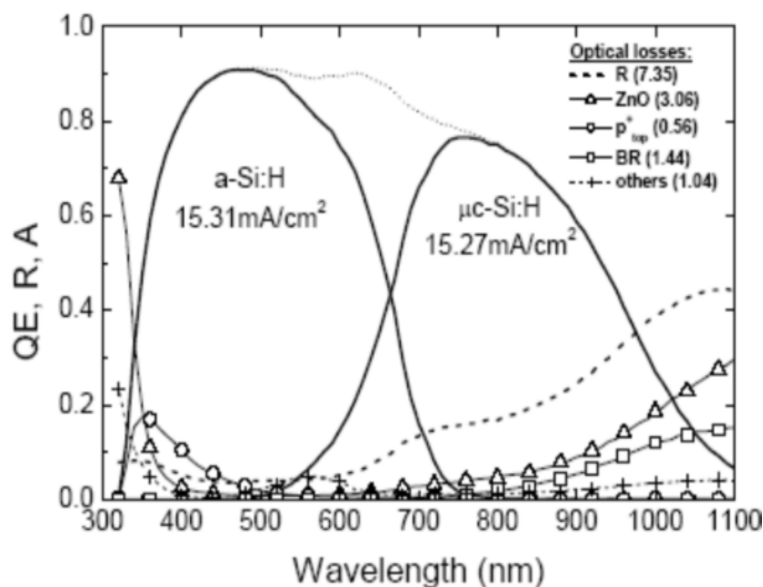


Рис. 1. Внешняя квантовая эффективность тандема $a\text{-Si:H}$ and $\mu\text{c-Si}$ [4]

Fig. 1. The external quantum efficiency of the tandem $a\text{-Si:H}$ and $\mu\text{c-Si}$ [4]

Для повышения поглощения в области 500...700 нм, где наблюдается недостаточная квантовая эффективность для tandemных модулей (см. рис. 1), используется шероховатая отражающая поверхность из серебра и оксида цинка (Ag/ZnO). На рис. 2 представлена зависимость коэффициента отражения от волнового числа. Случайно шероховатая поверхность Ag/ZnO удлиняет путь фотонов в ближнем ИК, увеличивая поглощение в генерирующем слое, что удлиняет световой путь и приводит к повышению плотности тока и КПД солнечной панели.

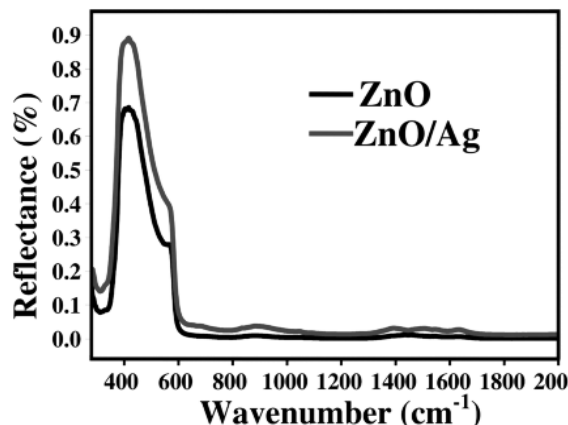


Рис. 2. Спектр отражения ZnO и ZnO/Ag в длинноволновой области, полученный в [5]
Fig. 2. The reflectance spectrum of ZnO and ZnO/Ag in the long-wavelength region obtained in [5]

Методика эксперимента и полученные результаты

Напыление пленок серебра производилось в вакуумной установке УВР-3М при остаточном давлении около 10^{-3} Па методом терморезистивного испа-

рения на стеклянные подложки с осажденным оксидом цинка. Синтез пленок линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) осуществлялся на модернизированной вакуумной ионно-плазменной установке «Алмаз». На рисунках 3 и 4 показана зависимость показателя преломления n и показателя поглощения k от длины волны и типичная спектрограмма, полученная на UV-Vis спектрофотометре Lambda-25. Показатель преломления в красном и ближнем ИК-диапазоне оптического спектра практически не зависит от длины волны. Обращает на себя внимание, что пленка ЛЦУ проявляет хорошую адгезию к поверхности и может служить покрытием, защищающим металлическую поверхность от окисления.

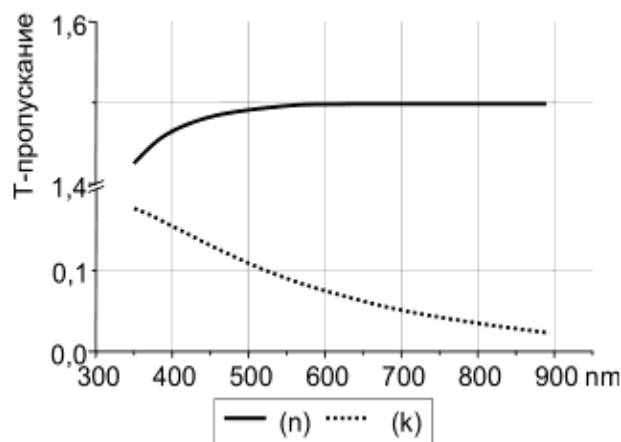


Рис. 3. Зависимость показателя преломления n и показателя поглощения k от длины волны
Fig. 3. The dependence of the refractive index n and the absorption index k of wavelength

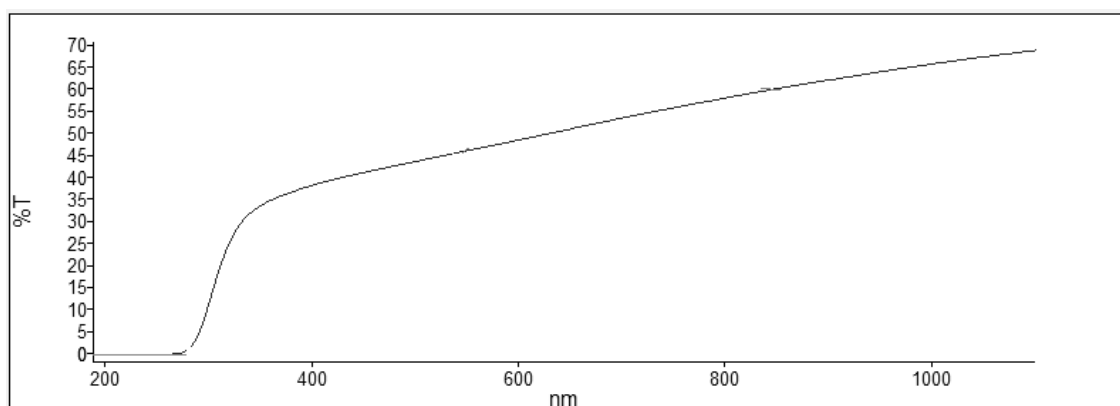


Рис. 4. Типичный спектр пропускания пленки ЛЦУ толщиной 100 нм
Fig. 4. The typical transmission spectrum of 100 nm thickness LCC film

На рис. 5–6 представлена зависимость коэффициента отражения для исследуемых структур, полученных на быстродействующем спектральном эллипсометре «Эллипс-1891» в диапазоне 350...900 нм.

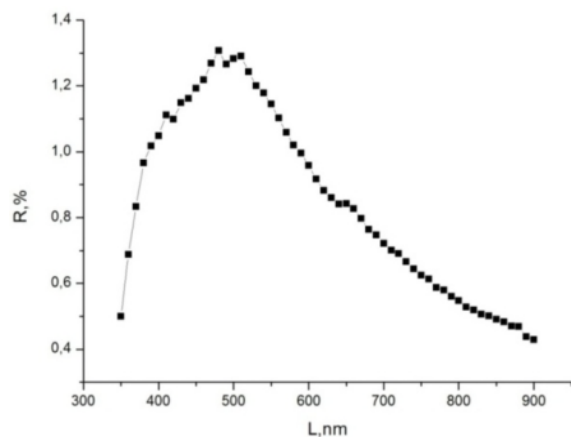


Рис. 5. Спектр отражения пленки Ag на подложке стекло-ZnO

Fig. 5. Reflection spectrum of a film on Ag substrate glass-ZnO

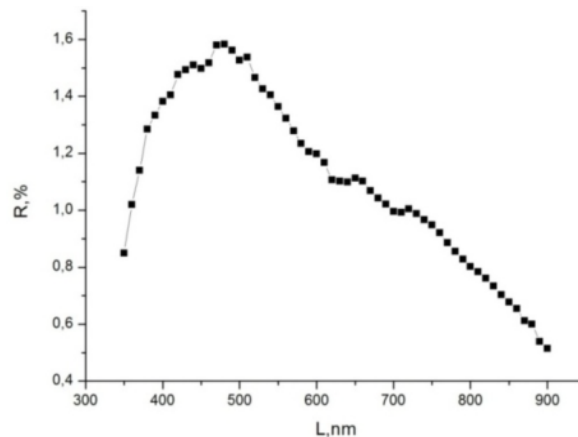


Рис. 6. Спектр отражения пленки Ag-ЛЦУ на подложке стекло-ZnO

Fig. 6. Reflection spectrum of a film of Ag-LCC on the substrate glass-ZnO

Исходя из анализа рис. 6 и рис. 7, можно сделать вывод, что в целевом диапазоне длин волн (500...700 нм) наблюдается увеличение отражения в случае применения углеродной пленки.

Морфология поверхности и профиль получены на сканирующем зондовом микроскопе SolverNext в полуконтактном режиме в масштабе 10x10 мкм.

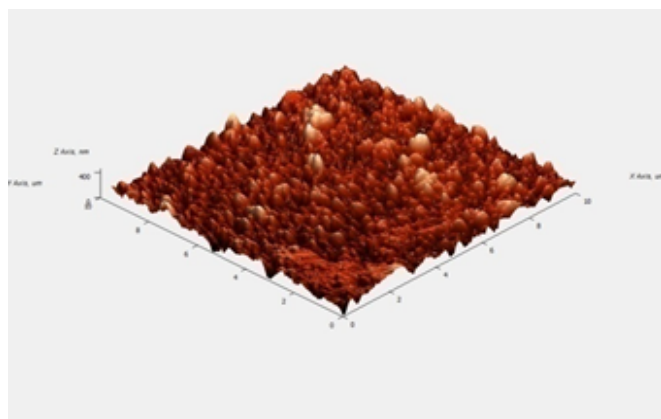


Рис. 7. Морфология поверхности слоя Ag-ЛЦУ / ZnO

Fig. 7. The surface morphology of Ag-LCC/ZnO layer

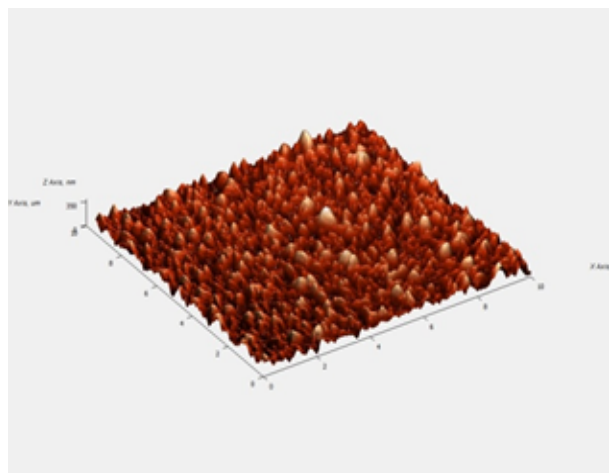


Рис. 8. Морфология поверхности Ag / ZnO

Fig. 8. The surface morphology of the Ag / ZnO

Исходя из анализа выбранного профиля поверхности образцов Ag/ZnO (рис. 7) и Ag-ЛЦУ/ZnO (рис. 8), можно сделать вывод, что углеродная пленка практически не изменяет высоту объектов, улучшая периодичность нанокластерных образований.

Выводы

Комплексным применением метода терморезистивного испарения в вакууме и ионно-плазменного метода изготовлены пленки Ag и Ag-ЛЦУ на стеклянных подложках с предварительно нанесенным слоем ZnO, предоставленных НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе (г. Санкт-Петербург). Исходя из сопоставления коэффициентов отражения в красной и ближней ИК области, сделан вывод о повышении коэффициента отражения в случае нанесения углеродной пленки, которая при этом почти не меняет шероховатость поверхности. Проведены первые исследования морфологии поверхности синтезированных пленок.

Работа выполнена в рамках стипендии Президента Российской Федерации на 2013–2015 (грант СП-4717.2013.1).

Список литературы

1. Iida H., Shiba N., Mishuku T., Karasawa H., Ito A., Yamanaka M., Hayashi Y. Efficiency of the a-Si:H Solar cell and grain size of SnO₂ transparent conductive film // *IEEE Electron Device Lett.* 1983. Vol. 4. P. 157–159.
2. Ferry V., Verschuuren M., Li H., Schropp R., Atwater H., Polman A. Improved red-response in thin film a-Si:H solar cells with soft-imprinted plasmonic back reflectors // *Appl. Phys. Lett.* 2009. Vol. 95. P. 183503–183505.
3. Wehrspohn R., Üpping J., Bielawny A., Beckers T., Lambertz A., Carius R. Tandem solar cells with integrated intermediate reflectors. 21 September 2010, SPIE Newsroom. DOI: 10.1117/2.120108.003149.
4. Vanecek M. et. al. WCPEC-3, Osaka, 2004.

5. Zamiri R., Rebelo A., Zamiri G., Adnani A., Kuashal A., Belsleyd M.S., Ferreira J.M.F. Far-infrared optical constants of ZnO and ZnO/Ag nanostructures // *RSC Adv.* 2014. Vol. 4. P. 20902–20908.

6. Zhu H. et al. Study of silicon thin film solar cells with different back-reflectors // *Physica status solidi (a)*. 2013. Vol. 210, iss. 6. P. 1143–1148.

7. Yang J., Yan B., Yue G., Guha S. Light trapping in hydrogenated amorphous and nano-crystalline silicon thin film solar cells // *Materials Research Society*. Vol. 1153. DOI: <http://dx.doi.org/10.1557/PROC-1153-A13-02>.

References

1. Iida H., Shiba N., Mishuku T., Karasawa H., Ito A., Yamanaka M., Hayashi Y. Efficiency of the a-Si:H Solar cell and grain size of SnO₂ transparent conductive film. *IEEE Electron Device Lett.*, 1983, vol. 4, pp. 157–159 (in Eng.).
2. Ferry V., Verschuuren M., Li H., Schropp R., Atwater H., Polman A. Improved red-response in thin film a-Si:H solar cells with soft-imprinted plasmonic back reflectors. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, vol. 95, pp. 183503–183505 (in Eng.).
3. Wehrspohn R., Üpping J., Bielawny A., Beckers T., Lambertz A., Carius R. Tandem solar cells with integrated intermediate reflectors. 21 September 2010, SPIE Newsroom. DOI: 10.1117/2.120108.003149 (in Eng.).
4. Vanecek M. et. al. WCPEC-3, Osaka, 2004 (in Eng.).
5. Zamiri R., Rebelo A., Zamiri G., Adnani A., Kuashal A., Belsleyd M.S., Ferreira J.M.F. Far-infrared optical constants of ZnO and ZnO/Ag nanostructures. *RSC Adv.*, 2014, vol. 4, pp. 20902–20908 (in Eng.).
6. Zhu H. et.al. Study of silicon thin film solar cells with different back-reflectors. *Physica status solidi (a)*, 2013, vol. 210, iss. 6, pp. 1143–1148 (in Eng.).
7. Yang J., Yan B., Yue G., Guha S. Light trapping in hydrogenated amorphous and nano-crystalline silicon thin film solar cells. *Materials Research Society*, vol. 1153. DOI: <http://dx.doi.org/10.1557/PROC-1153-A13-02> (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995



СТАТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ТРЁХФАЗНУЮ СЕТЬ ЧАСТОТОЙ 50...400 ГЦ

М.Р. Миннебаев, Н.М. Кузьминых, В.В. Кугергин

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ
РФ 420111, Республика Татарстан, Казань, ул. К. Маркса, 10
тел.: 8(900)327-87-38; e-mail: martin1968q@gmail.com

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.003

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 14.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

В статье представлен статический преобразователь напряжения постоянного тока в трёхфазное с частотой 50...400 Гц. Данный прибор может обеспечить бытовую трёхфазную сеть в жилом доме или на малом предприятии, где основным источником питания является солнечная энергия. Преобразователь имеет простое устройство, наладку и хорошую ремонтпригодность. Вся элементная база отечественного производства.

Конструкция данного прибора была собрана и протестирована в стенах университета Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева: она показала высокие результаты. Вся электрическая часть была смоделирована в пакете «Multisim NI».

Ключевые слова: постоянный ток, однофазное и трехфазное напряжение, преобразователь, статический преобразователь.

THE STATIC TRANSFORMER OF DIRECT CURRENT VOLTAGE IN THE THREE-PHASE NETWORK WITH A FREQUENCY OF 50 ... 400 HZ

M.R. Minnebayev, N.M. Kuzminykh, V.V. Kugergin

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI
RF 420111, Republic of Tatarstan, Kazan, Karl Marx str., 30a
ph.: 8(900)327-87-38, e-mail: martin1968q@gmail.com

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.003

Referred 7 October 2015 Received in revised form 14 October 2015 Accepted 23 October 2015

The article studies the static transformer of direct current voltage in three-phase with a frequency of 50...400 Hz. This instrument allows engineers to provide rather well a home three-phase network in a house or small enterprise where main power supply is solar energy. The device has the simple structure, adjustment and good maintainability. The whole element basis is of a domestic production.

Construction of this instrument was collected and tested in Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev. It shows the considerable results. All electrical part was simulated in a packet of "Multisim NI".

Keywords: DC, single-phase and three-phase voltage, inverter, static converter.



Миннебаев
Марат Рамилевич
Marat R. Minnebaev

Сведения об авторе: студент ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Образование: ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Область научных интересов: электроника и микроконтроллеры.

Публикации: 15.

Information about the author: student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev.

Education: Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev.

Research area: electronics and micro-controllers.

Publications: 15.



Кузьминых
Наталья Михайловна
Natalya M. Kuzminykh

Сведения об авторе: студент ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Образование: ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Область научных интересов: летательные аппараты.

Публикации: 8.

Information about the author: student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev.

Education: Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev.

Research area: flying apparatus.

Publications: 8.



Кугергин
Валерий Викторович
Valerie V. Kugergin

Сведения об авторе: студент ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Образование: ФГБОУ ВПО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Область научных интересов: сварочное оборудование.

Публикации: 5.

Information about the author: student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev.

Education: Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev.

Research area: welding equipment.

Publications: 5.

Введение

Трёхфазная система электроснабжения имеет ряд преимуществ перед однофазной системой, а именно: малогабаритность электропроводки, высокие мощностные характеристики, равномерность распределения нагрузки между фазами, – поэтому трёхфазная система электроснабжения получила широкое распространение. Однако ввиду того, что не везде предусмотрена такая система питания, а ее установка порой невозможна или затруднительна, в Казанском техническом университете имени А.Н. Туполева был разработан статический преобразователь напряжения постоянного тока в трёхфазное с

частотой 50...400 Гц. Аналогом статического преобразователя является электромашинный преобразователь, но он в свою очередь уступает статическому преобразователю по следующим параметрам: вес и габариты, энергетические показатели и КПД, надежность (щеточно-коллекторные узлы, трущиеся поверхности, подшипники, вибрации и др.) и высокая стоимость оборудования [1].

Конструкция и принцип работы статического преобразователя

Предлагаемое устройство представляет собой мобильную конструкцию, выполненную в виде малога-

баритного (100×120×150мм) блока, имеющего высокую ремонтпригодность, несложную электрическую принципиальную схему (рис. 1), а также регулировку частоты на фазах в пределах 50...400 Гц.

Кроме того, оно легко настраивается и соответствует программе импортозамещения, так как в разработке используются только отечественные компоненты.

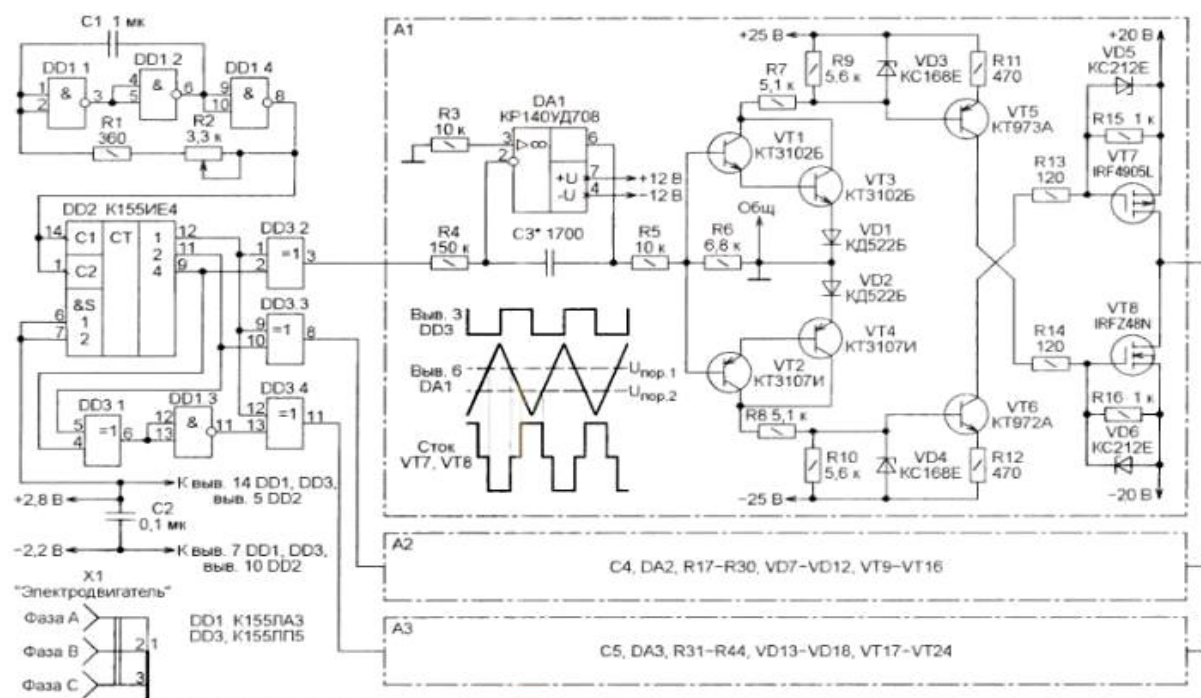


Рис. 1. Электрическая схема статического преобразователя
Fig. 1. The electrical circuit of a static converter

В конструкции устройства можно выделить пять основных частей: задающий генератор, три одинаковых усилителя мощности сигнала и блок питания.

Задающий генератор. На логических элементах DD1.1, DD1.2, DD1.4 собран мультивибратор, частоту колебаний которого можно изменять переменным резистором R2 в пределах 150...1 200 Гц. Частота трехфазной импульсной последовательности, формируемой узлом на микросхемах DD2, DD3 и элементе DD 1.3, и выходного трехфазного напряжения получается в три раза меньше – 50...400 Гц. К выходам элементов DD3.2–DD3.4 подключены узлы A1–A3, которые формируют напряжение фаз А, В и С, подаваемое на электродвигатель через разъем X1.

Усилитель мощности (три одинаковых блока A1, A2, A3). На ОУ DA1 собран интегратор, преобразующий прямоугольные импульсы в напряжение симметричной пилообразной формы. Транзисторы VT1, VT3, VT5, VT8 открыты, когда напряжение на выходе ОУ выше U-выхода. На выходе формиро-

вая напряжение в этом состоянии близко к –20 В. Когда выходное напряжение ОУ ниже U-выхода, транзисторы VT2, VT4, VT6, VT7 открыты, и напряжение на выходе формирователя становится +20 В.

Блок питания. Питание преобразователя обеспечивается энергетической системой солнечных батарей, аккумуляторных батарей. Однако для питания схемы могут понадобиться стабилизаторы напряжения на различные номиналы выходного напряжения.

Задающий генератор является основным блоком преобразователя, он необходим для задания рабочей частоты и подстройки.

При снижении частоты задающего генератора треугольные импульсы, вследствие перехода ОУ в режим ограничения, принимают форму трапеции, но это никак не сказывается на работе преобразователя, поскольку скорость изменения напряжения в интервалах между порогами остается прежней [2].

Имеется прототип генератора импульсов на логических элементах (рис. 2).

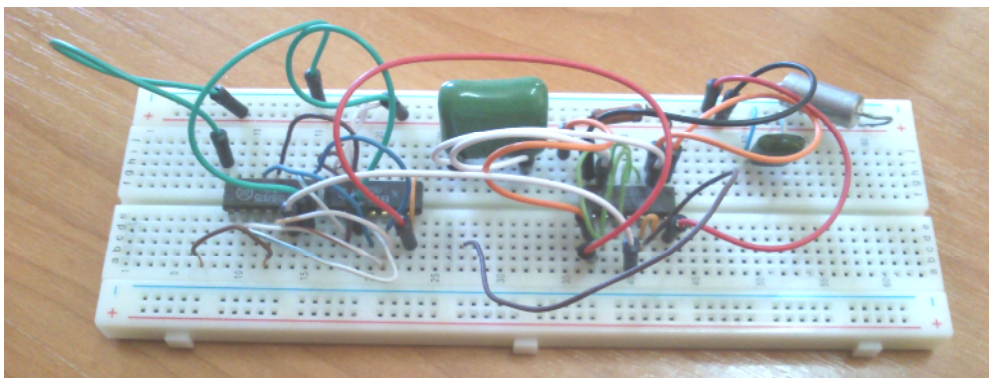


Рис. 2. Отладка генератора импульсов
Fig. 2. Debugging pulse generator

Принципиальная электрическая схема была смоделирована в программных пакетах Multisim и Labview, тем самым были подобраны оптимальные номиналы радиодеталей, внесены существенные изменения в первоначальную разработку, а также найдены пути эффективной корректировки выходных сигналов с генератора импульсов и силовой части.

Заключение

Данная система электроснабжения активно применяется на малых предприятиях в качестве переходного устройства между альтернативным генератором электроэнергии и потребителем ввиду своих выше описанных положительных качеств.

Список литературы

1. Костицын В. Преобразователь однофазного сетевого напряжения в трёхфазное частотой 50...400Гц // Радио. 2009. № 10. С. 35–37.
2. Красношарпа М.М. Электрическое оборудование ЛА. М.: Воениздат, 1973.

References

1. Kostitsyn V. Preobrazovatel' odnofaznogo setevogo naprāzheniā v trēhfaznoe častotoj 50...400Gc. *Radio*, 2009, no. 10, pp. 35–37.
2. Krasnoshapka M.M. Električeskoe oborudovanie LA. Moscow: Voenizdat Publ., 1973.

Транслитерация по ISO 9:1995



АКЦИЯ «АРХИВНЫЕ НОМЕРА 2000–2013»:

**Научно-технический центр «ТАТА»
предлагает приобрести архивные номера журналов**

1. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE) (2000-2013);
2. Международный научный журнал «Письма в «АЭЭ» (№ 1, 2014);
3. Международный научный журнал «Космонавтика» (№ 1, 2011; № 1-2 и № 3-4, 2012);
4. Международный научный журнал «Фундаментальная и прикладная физика» (№ 1, 2012)
5. Международный научный журнал «История оружия и военное искусство» (№ 1-2, 2012).

стоимость одного номера – 360 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены);
стоимость комплекта из 6 номеров (любых) – 1 860 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены);
стоимость комплекта из 12 номеров (любых) – 3 000 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены).

количество журналов ограничено!

по вопросам приобретения обращаться
e-mail: p.maximova@hydrogen.ru
(Максимова Полина Александровна)

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**В.С. Аbruков, В.Д. Кочаков, А.Ю. Иваницкий,
А.И. Васильев, А.В. Смирнов, С.В. Аbruков**

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428015, Чувашская республика, Чебоксары, Московский пр., 15
тел.: +7(8352)45-56-00; e-mail: abrukov@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.004

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 14.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Изложены технологии создания базы знаний солнечных электростанций с помощью данных мониторинга работы небольшой солнечной электростанции и методов интеллектуального анализа данных. Описаны и проанализированы многофакторные вычислительные модели, позволяющие вычислять мощность электрической энергии, вырабатываемой солнечной электростанцией при различных внешних условиях. Рассмотрены перспективы и первоочередные задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечная электростанция, мощность солнечной электростанции, база знаний, многофакторные вычислительные модели, интеллектуальный анализ данных.

CREATION OF KNOWLEDGE-BASED SYSTEM OF SOLAR POWER PLANTS

V.S. Abruков, V.D. Kochakov, A.Yu. Ivanitsky, A.I. Vasiliev, V.A. Smirnov, S.A. Abruков

Chuvash state University named after I.N. Ulyanov
Moskovsky av., 15, Cheboksary, Chuvash Republic, 428015 Russian Federation
ph.: +7(8352)45-56-00, e-mail: abrukov@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.004

Referred 7 October 2015 Received in revised form 14 October 2015 Accepted 23 October 2015

The paper presents the technology for creating a knowledge-based system of solar power plants by means of using monitoring data of the small solar power plant and data mining techniques. Moreover, the paper describes the multifactor computational models to calculate a power of solar power plants in various environments, and analysis the prospects and priorities for further research.

Keywords: solar energy, solar power plant, power, knowledge-based system, multifactor computational models, data mining.



Аbruков Виктор Сергеевич
Victor S. Abruков

Сведения об авторе: д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой прикладной физики и нанотехнологий, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: солнечная энергетика, интеллектуальный анализ данных.

Публикации: 150.

Information about the author: DSc (physics and mathematics), Head of Applied Physics and Nanotechnology Department, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: solar energy, data mining.

Publications: 150.



Кочаков Валерий Данилович
Valery D. Kochakov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, член-корреспондент Академии электротехнических наук ЧР.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, нанотехнологии, металлоуглеродные пленочные системы на основе углерода в состоянии Sp¹, фотовольтаика.

Публикации: 90.

Information about the author: PhD (engineering), professor, Department of Applied Physics and Nanotechnology, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, a member of the Academy of Sciences of electrical the Chuvash Republic.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: renewable energy, Nanotechnology, metal-carbon film systems based on carbon in a state of Sp¹, photovoltaic.

Publications: 90.



Иваницкий Александр Юрьевич
Alexander Yu. Ivanitskiy

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, декан факультета прикладной математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: интеллектуальный анализ данных, методы решения некорректно поставленных задач.

Публикации: 60.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), dean of Faculty of Applied Math, Physics and Information Technologies, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: data mining, methods of solving ill-posed problems.

Publications: 60.



Васильев Алексей Иванович
Alexey I. Vasilyev

Сведения об авторе: инженер-исследователь кафедры прикладной физики и нанотехнологий, Чувашский Государственный Университет имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, Sp¹-углерод, полупроводники, фотоэлектроника.

Публикации: 32.

Information about the author: research engineer of Department of Applied Physics and Nanotechnology, The Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: The Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: renewable energy, linear-chain carbon, semiconductors, photovoltaics.

Publications: 32.



Смирнов Александр Вячеславович
Alexander V. Smirnov

Сведения об авторе: инженер ЧГУ им. И.Н. Ульянова, председатель Ассоциации молодых физиков Чувашии.

Образование: Чувашский государственный университет.

Область научных интересов: углеродные нанотехнологии, солнечные энергоустановки, пленки серебра.

Публикации: 35.

Information about the author: engineer in CSU named after I.N. Ulyanova, chairman of the Association of Young Physicists of Chuvashia.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: carbon nanotechnology, solar power, silver films.

Publications: 35.



Абруков Сергей Викторович
Sergei V. Abrukov

Сведения об авторе: младший научный сотрудник кафедры прикладной физики и нанотехнологий, Чувашский Государственный Университет имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: солнечная энергетика, интеллектуальный анализ данных.

Публикации: 18.

Information about the author: junior research assistant of Applied Physics and Nanotechnology department, Chuvash State University, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: solar energy, data mining.

Publications: 18.

Введение

Количество энергии, вырабатываемой солнечными электростанциями, зависит от многих факторов, совместное влияние которых нельзя полностью описать с помощью классических математических (аналитических или численных) методов моделирования. С этой точки зрения, актуальной является задача обобщения экспериментально полученных данных эксплуатации солнечных электростанций в различных условиях и создание фундаментальной научной основы развития солнечной энергетики – базы знаний солнечных электростанций (БЗСЭ).

Под БЗСЭ понимается информационно-аналитическое и вычислительное средство, которое содержит:

- базу данных характеристик работы СЭ, параметров внешних условий и временных параметров (базу данных мониторинга работы СЭ);
- зависимости между конструктивными параметрами СЭ, характеристиками работы СЭ, параметрами внешних условий и текущим временем (суточным, недельным, месячным);

– и позволяет:

- решать как прямые, так и обратные задачи;
- прогнозировать характеристики работы СЭ в зависимости от параметров внешних условий, в частности метеоусловий;
- определять параметры внешних условий, необходимые для достижения требуемых характеристик работы СЭ.

В этой статье представлены технологии создания базы знаний солнечных электростанций с помощью данных мониторинга работы небольшой солнечной

электростанции и методов интеллектуального анализа данных [1–5].

Технологии и методы создания БЗСЭ

Возможностями решения БЗСЭ обладают методы интеллектуального анализа данных, за рубежом – Data Mining.

Методы интеллектуального анализа данных (МИАД) включают в себя такие средства, как: искусственные нейронные сети (ИНС), самоорганизующиеся карты Кохонена, деревья решений и ряд других.

Поиск в электронной библиотеке России: <http://elibrary.ru> – система РИНЦ (русский индекс научного цитирования) показал, что МИАД практически не применяются в России при анализе и моделировании работы СЭ.

Наиболее перспективными с точки зрения создания БЗСЭ, по мнению авторов, являются ИНС, которые представляют собой универсальное средство аппроксимации экспериментальных функций нескольких переменных. Они позволяют создавать модели, способные определять конкретные значения целевых функций для различных наборов факторов; зависимости целевых функций от какого-либо одного фактора при фиксированных значениях других; решать как прямые, так и обратные по отношению к целевым функциям задачи.

ИНС позволяют экстраполировать полученные закономерности за пределы экспериментальных результатов и тем самым получать новые «экспериментальные» результаты. Более того, они способны адаптироваться к новым экспериментальным данным («дообучаться»).



Результаты по созданию многофакторных вычислительных моделей работы СЭ

Ниже приведены результаты применения методов интеллектуального анализа данных при создании многофакторных вычислительных моделей СЭ.

Для создания многофакторных вычислительных моделей СЭ были использованы результаты мониторинга работы СЭ, установленной в Чувашском госу

дарственном университете, и отечественная аналитическая платформа «Deductor» производства BasegroupLab, г. Рязань (www.basegroup.ru).

На рис. 1–15 представлена технология и результаты по созданию многофакторных вычислительных ИНС-моделей СЭ.

Мощность (кВт)	Солнечная радиация (Вт/м²)	Внешняя температура (°C)	Влажность (%)	Точка росы (°C)	Скорость ветра (м/с)	Направление ветра	Охлаждение ветром (°C)	Индекс нагрева (°C)	индекс температура+влажность+ветер (°C)	индекс температура+влажность+ветер+солнце (°C)	Давление (мм рт.ст.)	Количество осадков (мм)
0	24	9	78	5.4	2.7	W	7.5	8.9	7.4	6.1	754.7	
0.09026	59	8.9	77	5.1	2.7	W	7.4	8.8	6.5	755		
0.13594	80	9	75	4.8	3.1	W	7.2	8.8	7.1	6.6	755.4	
0.08718	81	9.1	73	4.5	2.7	W	7.6	8.8	7.4	6.9	755.6	
0.13151	142	9.2	75	5	2.2	W	8.1	9.1	7.9	8.3	755.5	
0.1581	122	9.4	73	4.8	2.2	W	8.3	9.2	8.1	8.2	755.7	
0.36423	131	9.6	71	4.6	2.7	W	8.2	9.3	7.9	8.1	755.7	
0.09826	105	9.3	73	4.7	2.2	W	8.2	9.1	7.9	7.8	755.6	
0.08422	78	9.2	75	5	2.7	SW	7.8	9.1	7.6	7.1	755.4	
0.0057	76	9	75	4.8	3.1	SW	7.2	8.8	7.1	6.5	755.1	
0	37	8.8	96	8.2	3.1	SSE	7	9	7.2	5.9	767.5	
0	39	9	95	8.2	4.5	S	6.5	9.2	6.7	5.5	767.2	
0	40	9.1	96	8.5	3.6	S	6.9	9.3	7.2	6	767.3	
0	31	9.2	95	8.5	3.6	SSE	7.1	9.5	7.4	6.1	767.2	
0	27	9.4	95	8.6	3.1	S	7.7	9.7	8	6.6	767.3	
0	17	9.4	95	8.7	3.1	SSE	7.8	9.7	8.1	6.5	767	
0	10	9.5	95	8.7	3.6	S	7.4	9.8	7.7	6.2	766.8	
0	9	11.2	87	9.1	3.1	SSW	9.8	11.2	9.9	8.6	765.2	
0	29	11.3	85	8.9	3.6	SSW	9.7	11.3	9.7	8.7	765.3	
0	44	11.6	83	8.8	3.1	SSW	10.3	11.4	10.2	9.4	765.3	
0	57	11.7	83	8.9	2.2	SW	11	11.6	10.9	10.2	765.4	
0	61	11.9	82	8.9	2.7	SSW	10.9	11.8	10.8	10.2	765.3	
0.23642	108	12.3	79	8.8	3.1	SSW	11.2	12.2	11.1	11.1	765.2	
0.52086	195	12.9	77	9	2.7	SSW	12.2	12.7	12	13.1	765.3	
0.52603	184	13.5	74	9	2.7	SSW	12.9	13.2	12.6	13.6	765.3	
0.58365	237	14.1	72	9.1	3.1	SSW	13.3	13.7	12.9	14.7	765.3	
0.39304	201	14.4	71	9.2	3.1	SW	13.7	14	13.3	14	765.2	
0.48687	216	14.9	70	9.5	2.7	SW	14.6	14.6	14.2	15.1	765.2	
0.63685	251	15.6	69	9.9	2.7	SW	15.4	15.2	15	16.3	765.1	
0.64424	261	16.4	67	10.3	2.7	SSW	16.4	16.1	16	17.4	765.1	

Рис. 1. Пример данных мониторинга работы СЭ. Системой мониторинга регистрировались следующие переменные: мощность, кВт (регистрируемое значение мощности электрической энергии, вырабатываемой СЭ); солнечная радиация, Вт/м²; внешняя температура, °C; влажность, %; точка росы, °C; скорость ветра, м/с; направление ветра (в координатах N, S, W, E); охлаждение ветром, °C; индекс нагрева, °C; индекс температура + влажность + ветер, °C; индекс температура + влажность + ветер + солнце, °C; давление, мм рт.ст.; солнечная энергия, Лм; УФ индекс; испарение, %

Fig. 1. An example of the monitoring data of SE. Next variables were recorded using a monitoring system: power kW (recorded value of the power of electrical energy generated by solar cells); solar radiation W/m²; ambient temperature, °C; humidity, %; dew point, °C; wind speed m/s; wind direction (in the coordinates of N, S, W, E); cooling wind, °C; heating Index, °C; index of temperature + humidity + wind, °C; index temperature + humidity + wind + sun, °C; pressure, mm Hg; solar energy, Lm; UV index; evaporation, %

На рис. 2 представлен пример решения прямой задачи. ИНС-модель имеет 16 входных нейронов, на которые подаются значения входных факторов (направление ветра как не численный фактор представлен 4-мя нейронами), 6 внутренних (скрытых) нейронов и один выходной нейрон, который выдает чис-

ленное значение мощности. Слева от структуры ИНС-модели видно, что сначала данные мониторинга были проверены на качество данных, после чего редко встречающиеся уникальные значения и значения, резко отличающиеся по величине, были удалены.

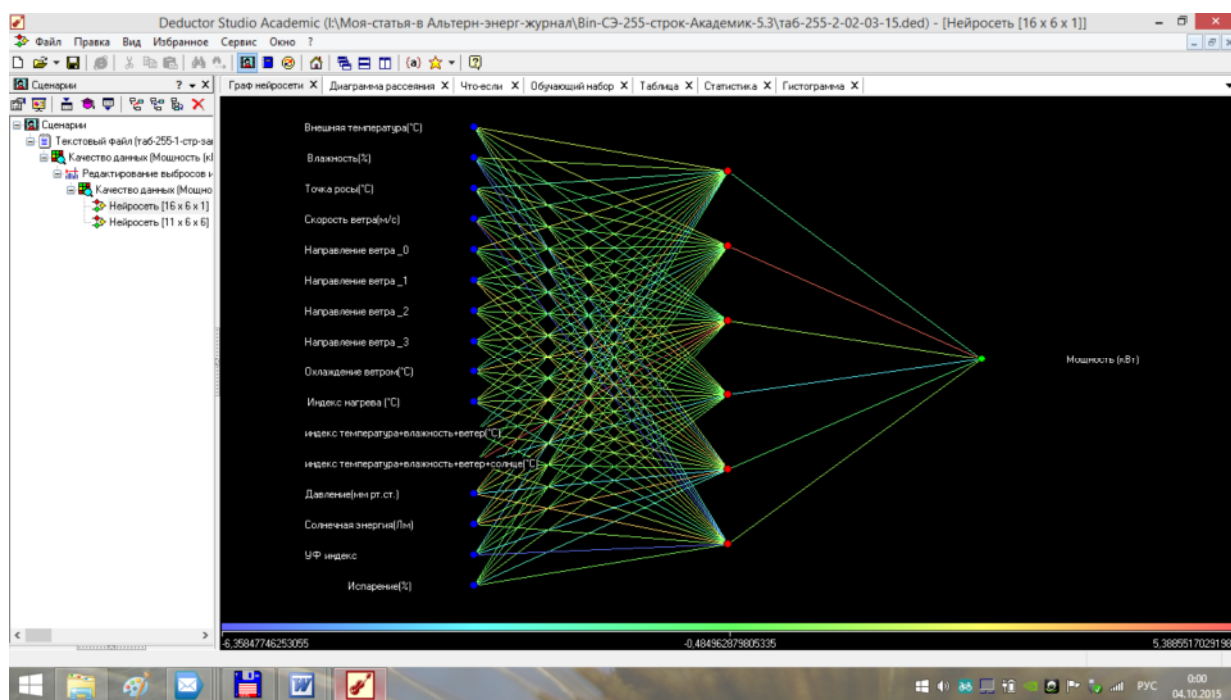


Рис. 2. Структура многофакторной (13-ть факторов) вычислительной ИНС-модели определения мощности СЭ (справа на рисунке) по данным мониторинга внешних условий (слева на рисунке)

Fig. 2. The structure of the multifactor (number of factors 13) ANN computational model for determining the power of solar power plant (on the right in the picture) with according to monitoring data of environmental conditions (on the left in the picture)

На рис. 3 отклонение ординаты красных точек от зеленых (эталонных) показывает абсолютную погрешность вычисления. Качество модели – удовлетворительное. При проведении дальнейших исследований качество модели может быть повышено за счет исполь-

зования в системе мониторинга операции усреднения значений мощности и параметров внешней среды на малых промежутках времени (например, на протяжении 1 минуты). Это позволит исключить влияние случайных изменений регистрируемых величин.

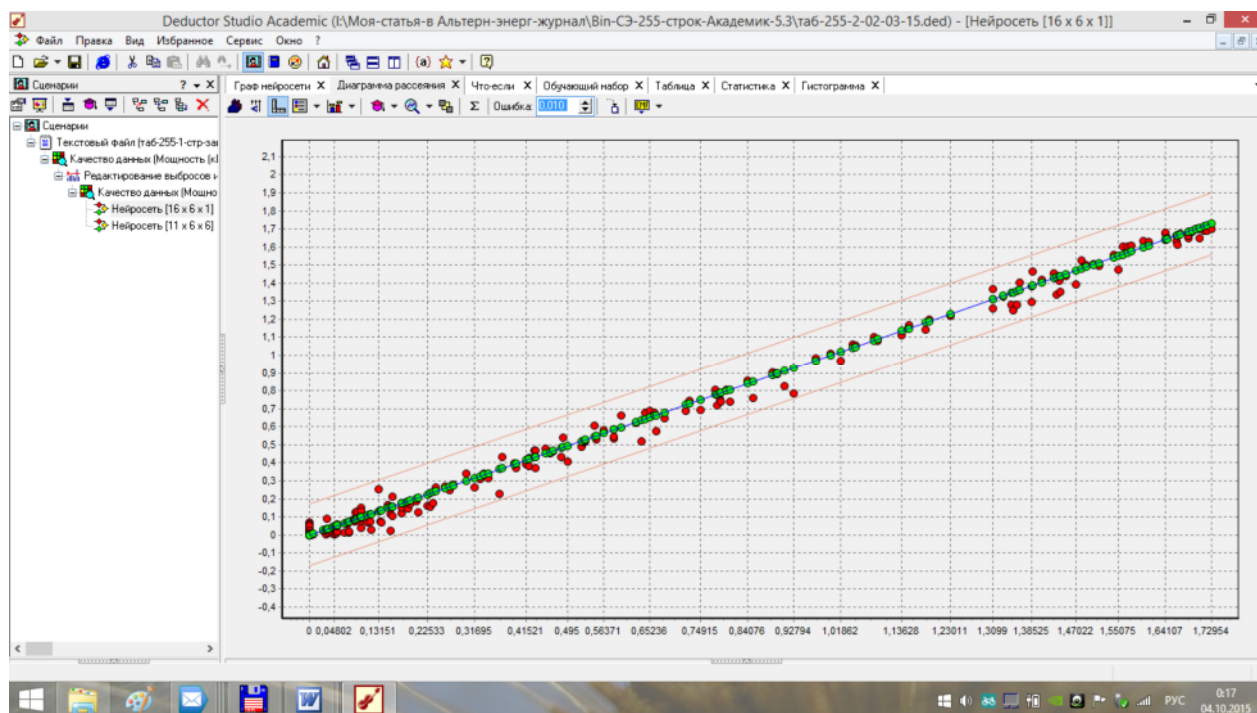


Рис. 3. Оценка качества вычислительной ИНС-модели с помощью диаграммы рассеяния

Fig. 3. Evaluation of the quality of computational ANN-model by means of scatter plot

На рис. 4–15 представлены примеры скриншотов ИНС-моделей вычисления мощности СЭ и выявления зависимостей мощности СЭ от различных факторов.

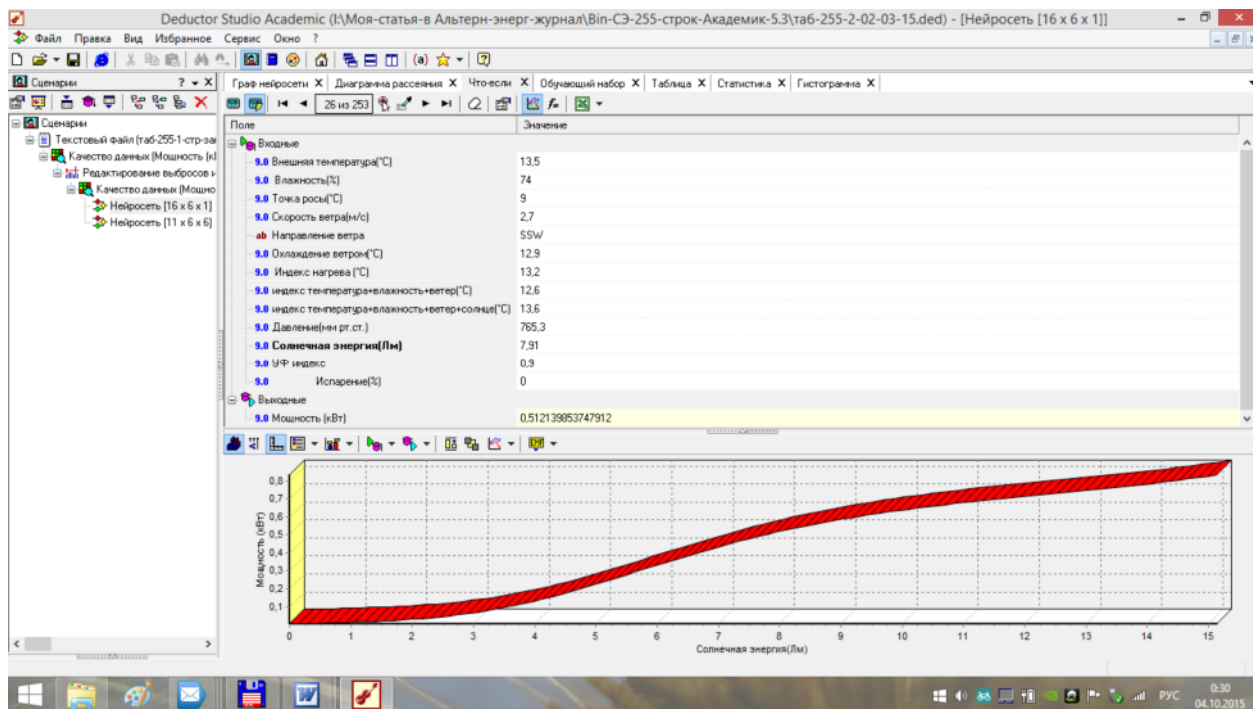


Рис. 4. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком). Ниже таблицы приведен график зависимости мощности СЭ от солнечной энергии

Fig. 4. The result of the calculation of SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph). Below the table is depicted the dependence of SE power on solar energy

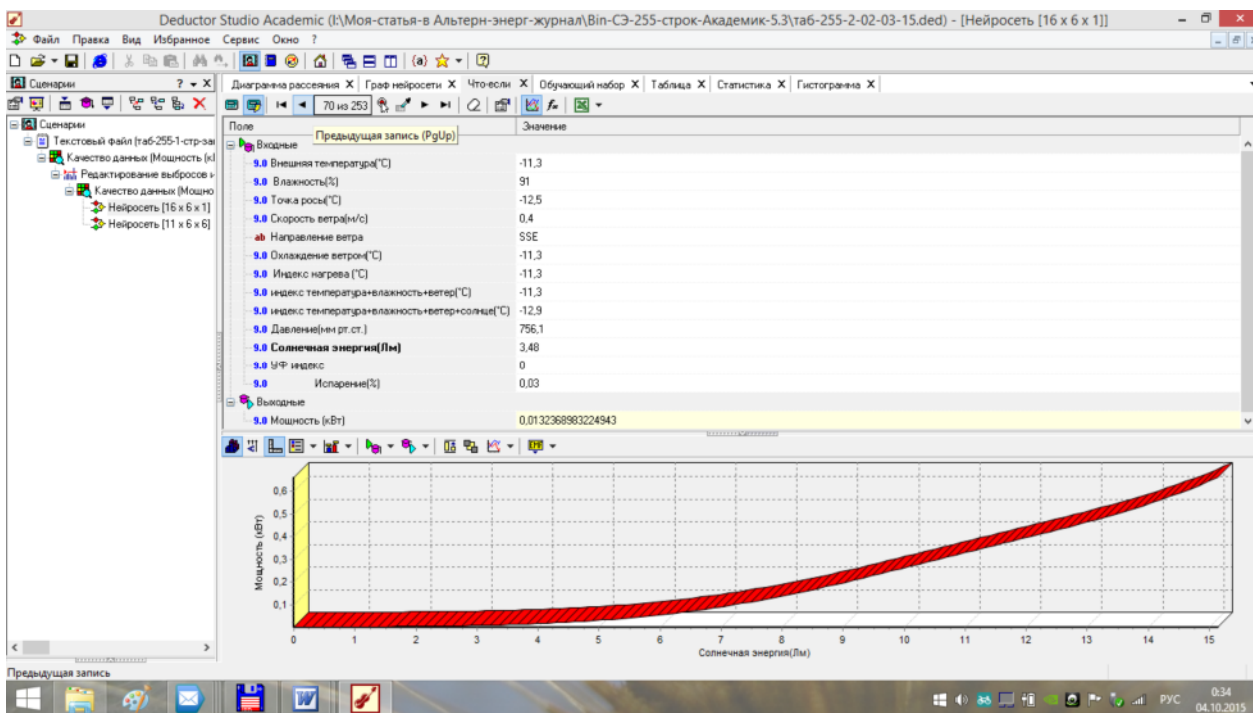


Рис. 5. Результат вычисления мощности СЭ, соответствующий другому по сравнению с рис. 4 конкретному набору параметров внешних условий

Fig. 5. The result of the calculation of SE power corresponding to other fixed values of the parameters of the external environment in comparison with fig. 4

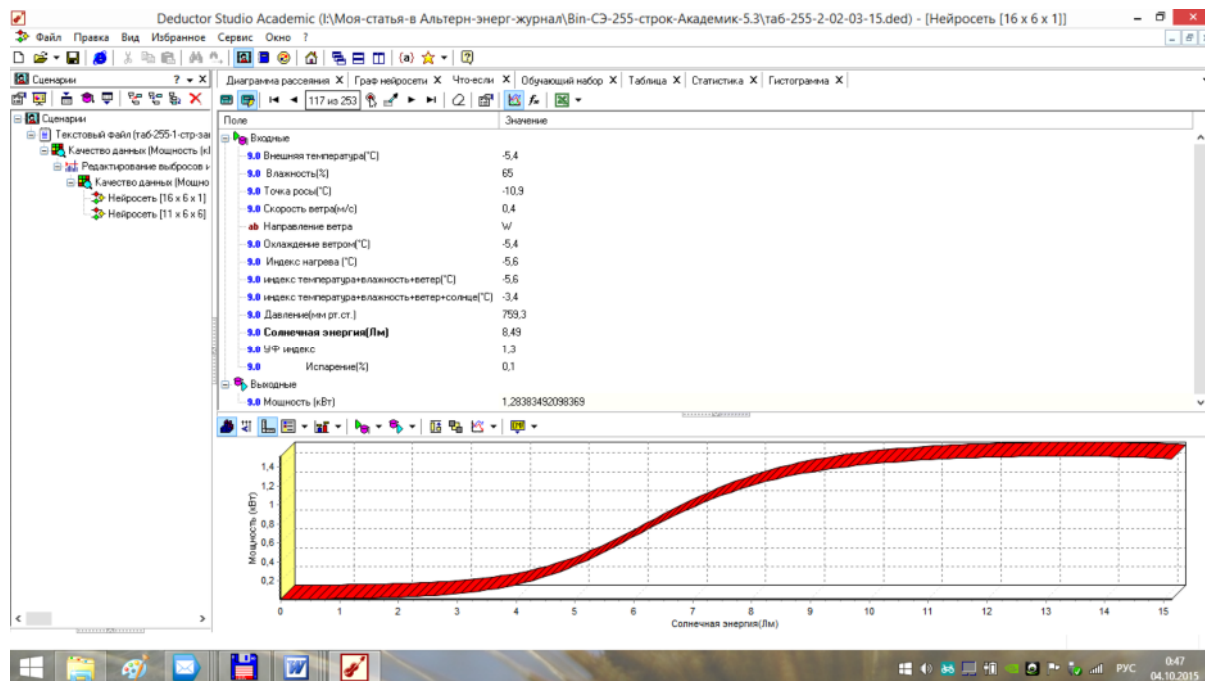


Рис. 6. Результат вычисления мощности СЭ, соответствующий другому по сравнению с рис. 4 и 5 конкретному набору параметров внешних условий

Fig. 6. The result of the calculation of SE power corresponding to other fixed values of the parameters of the external environment in comparison with fig. 4 and 5

Сравнение рис. 4–6 показывает, что мощность, вырабатываемая СЭ, является сложной многофакторной функцией внешних условий. При этом не

всегда наблюдается линейная зависимость мощности СЭ от солнечной энергии.

На рисунках 7 и 8 под таблицей приведен график зависимости мощности СЭ от внешней температуры.

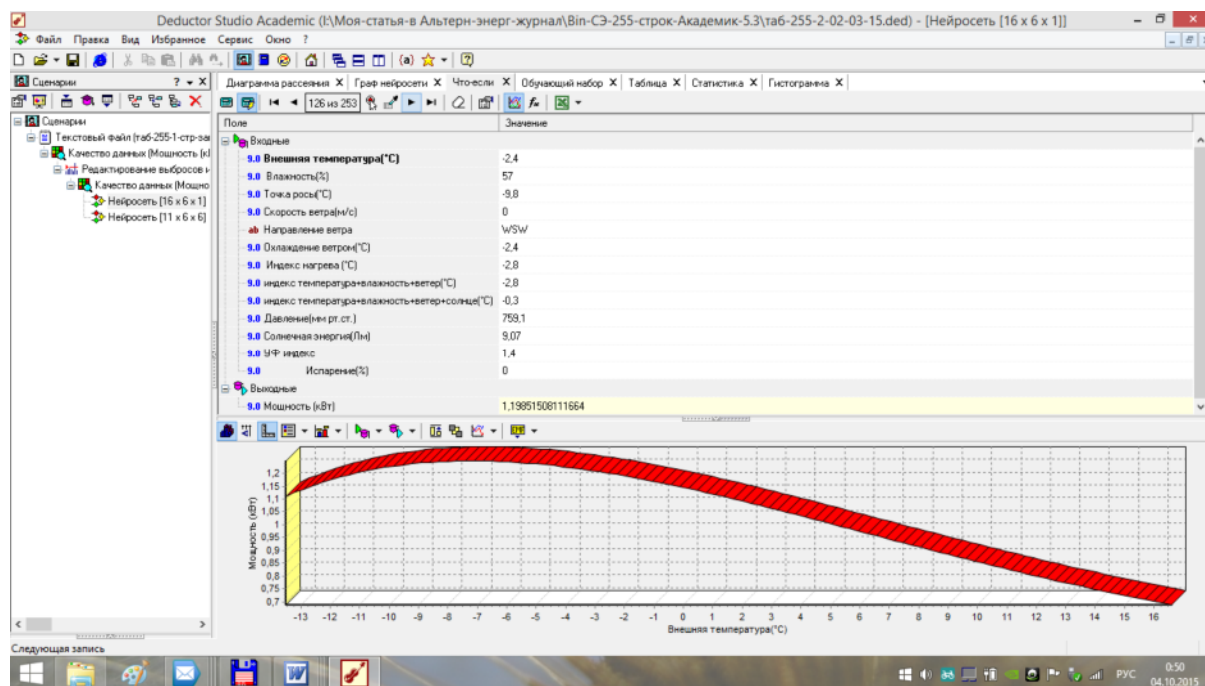


Рис. 7. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком)

Fig. 7. The result of the calculation SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph)

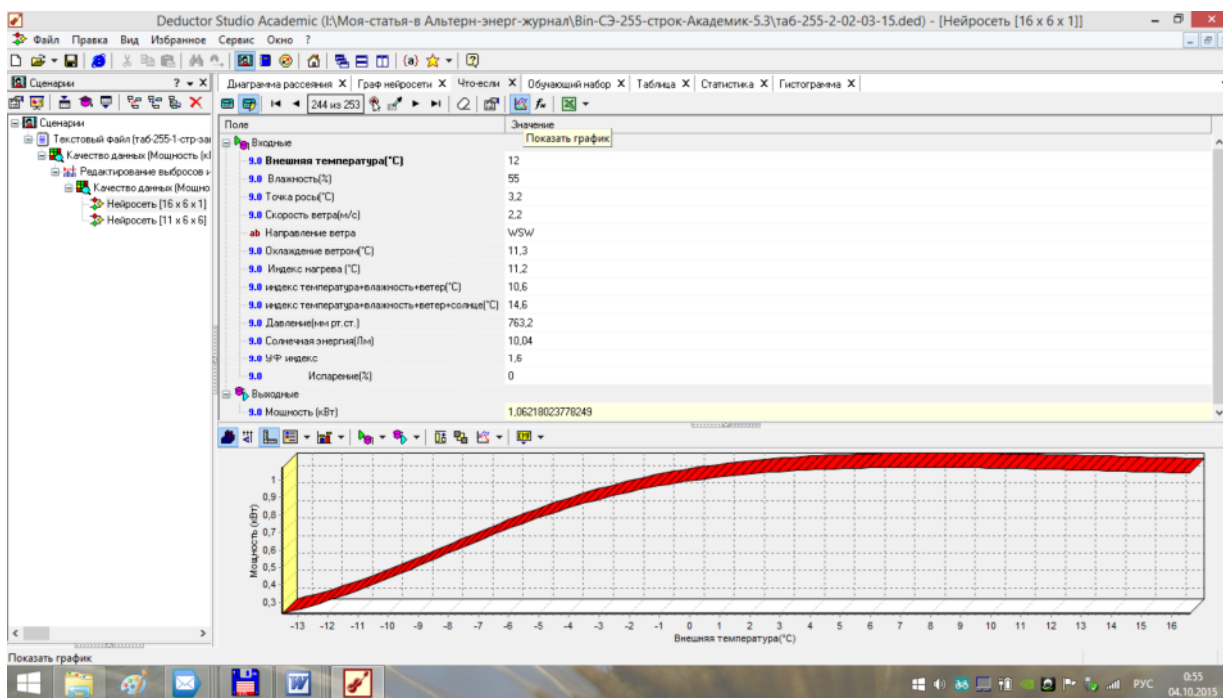


Рис. 8. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком), отличных от рис. 7

Fig. 8. The result of the calculation SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph) that are different from Fig. 7

Сравнение рис. 7 и 8 показывает, что зависимость мощности СЭ от внешней температуры не является единой и может быть принципиально различной –

она может как уменьшаться при повышении температуры (рис. 7), так и расти (рис. 8).

На рисунках 9 и 10 под таблицей приведен график зависимости мощности СЭ от влажности.

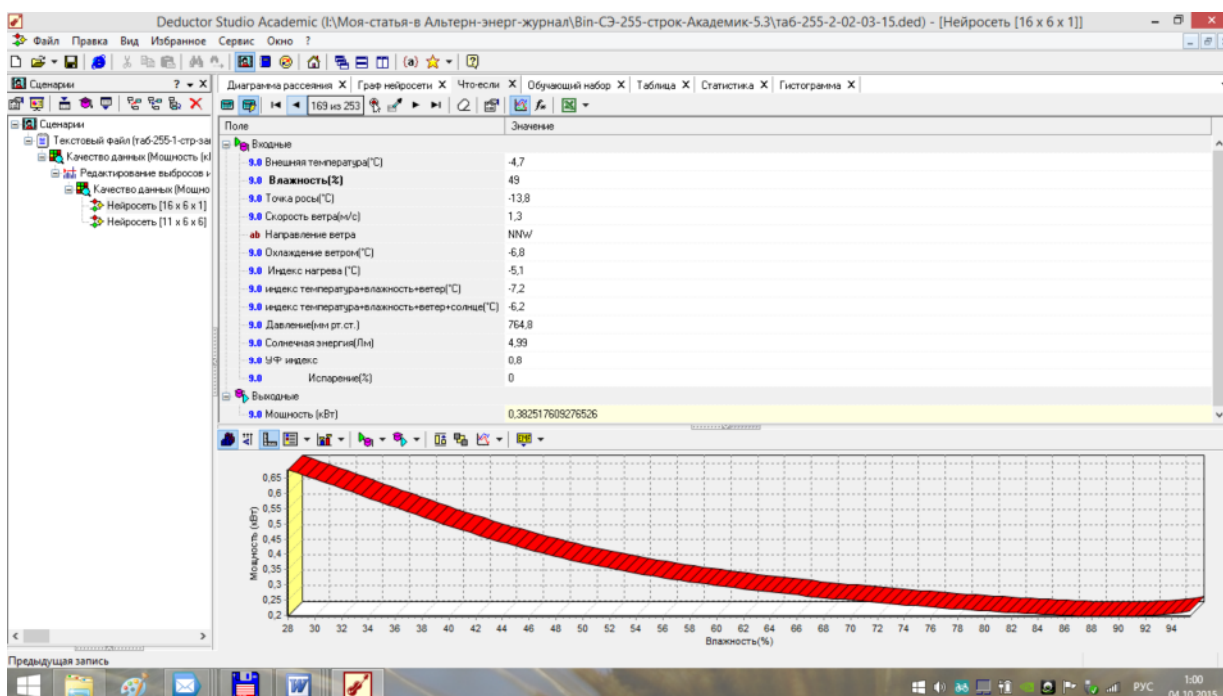


Рис. 9. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком)

Fig. 9. The result of the calculation of SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph)

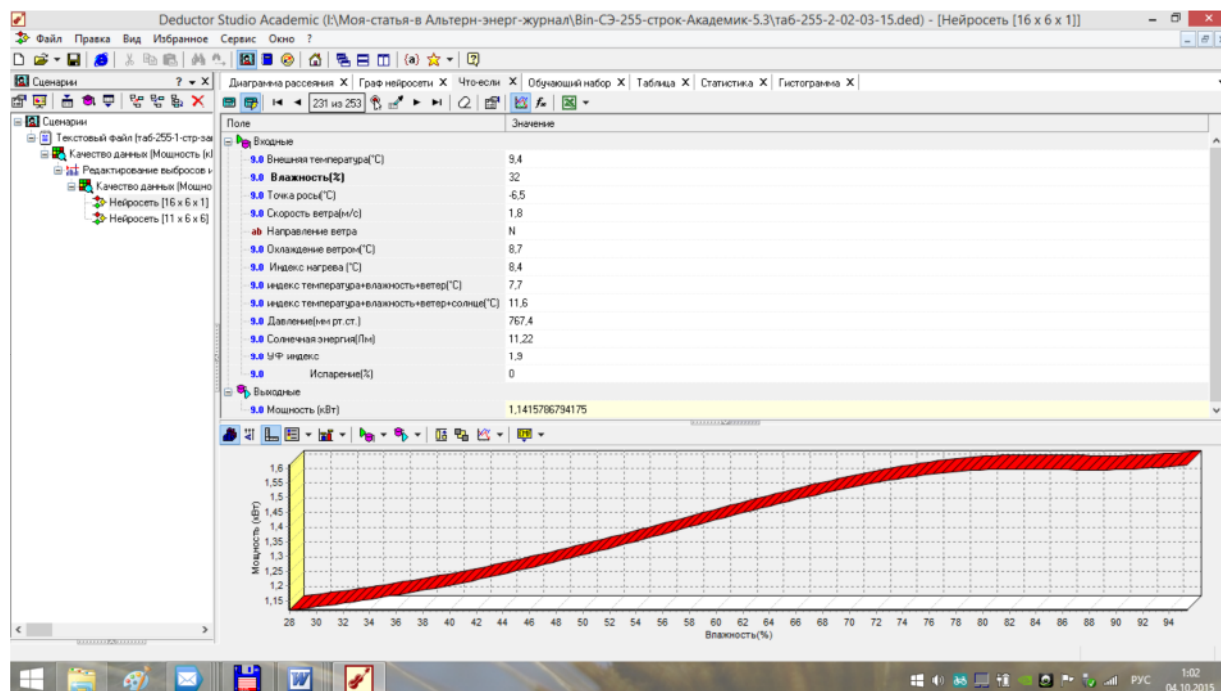


Рис. 10. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком), которые отличаются от случая рис. 9

Fig. 10. The result of the calculation of SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph) that are different from Fig. 9

Сравнивая график рис. 9 с графиком рис. 10, можно заметить, что зависимость мощности СЭ от влажности может быть принципиально различной.

Это определяется конкретным набором параметров внешних условий.

На рис. 11 под таблицей приведен график зависимости мощности СЭ от скорости ветра.

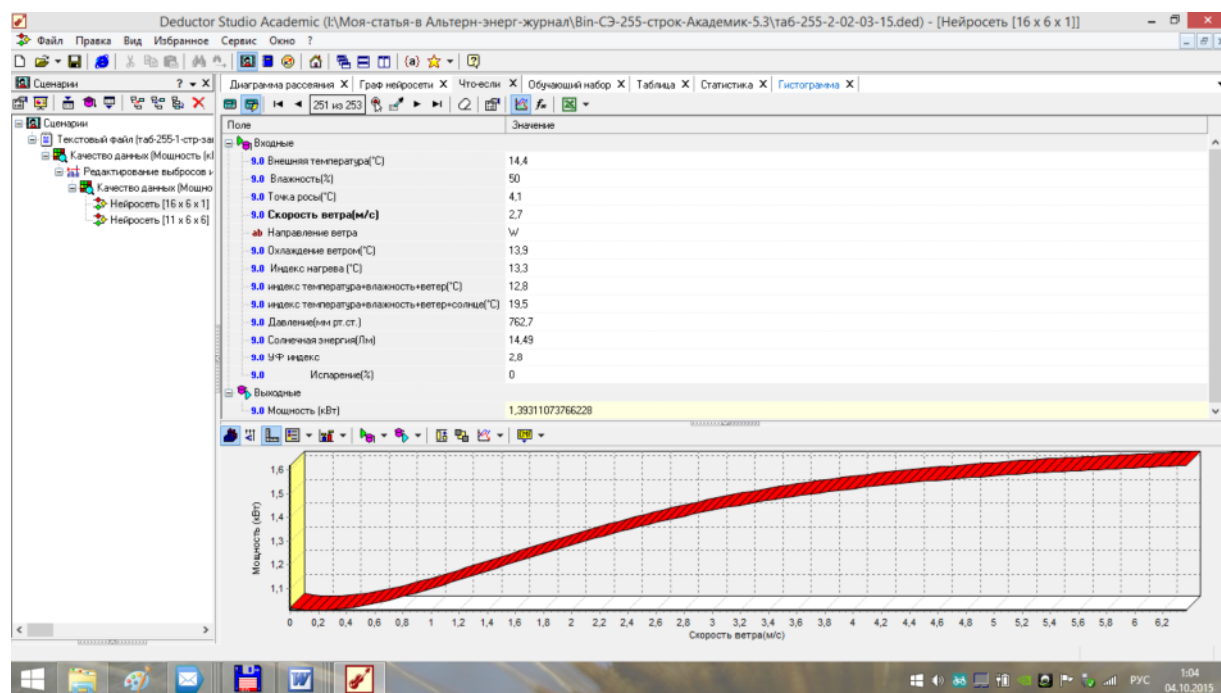


Рис. 11. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком)

Fig. 11. The result of the calculation of SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph)

На рис. 12 под таблицей приведен график зависимости мощности СЭ от направления ветра. График показывает, что есть два направления ветра (две ори-

ентации панелей солнечной электростанции относительно направления ветра), которые обеспечивают близкие к максимальным значения мощности СЭ.

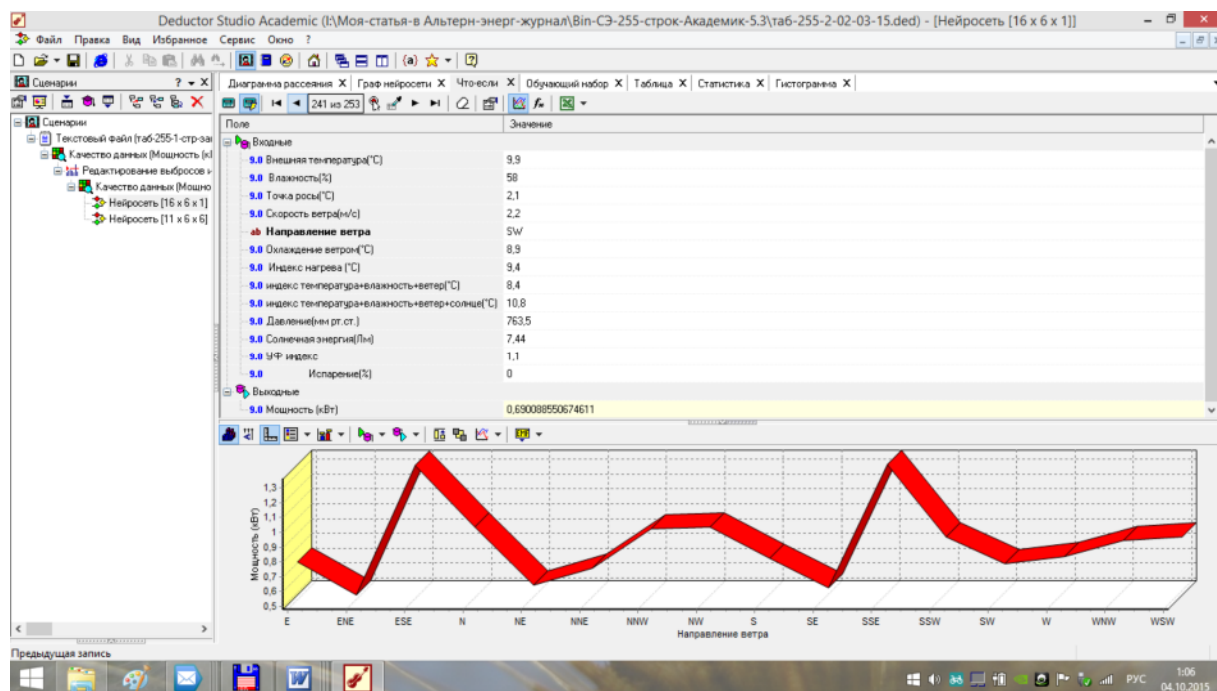


Рис. 12. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком)

Fig. 12. The result of the calculation of SE power (bottom row of the table above the graph), corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top row of the table above the graph)

На рис. 13 под таблицей приведен график зависимости мощности СЭ от УФ индекса.

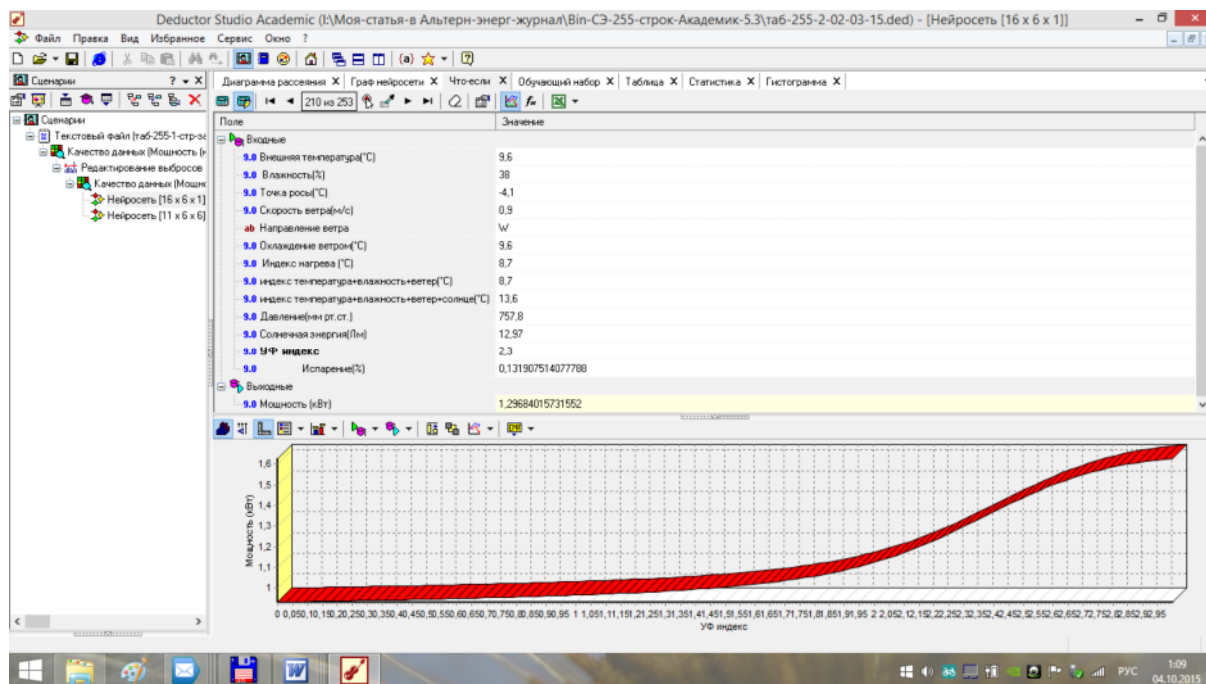


Рис. 13. Результат вычисления мощности СЭ (нижняя строка таблицы над графиком), соответствующий конкретному набору параметров внешних условий (верхние строки таблицы над графиком)

Fig. 13. The result of the calculation of SE power (bottom row of the table above the graph) corresponding to fixed values of the parameters of the external environment (the top rows of the table above the graph)

Рисунок 14 демонстрирует структуру многофакторной вычислительной ИНС-модели решения одного из вариантов обратной задачи, а именно определения того, какая комбинация факторов (справа на

рисунке) может обеспечить требуемое значение мощности при фиксированных значениях некоторых внешних условий (слева на рисунке).

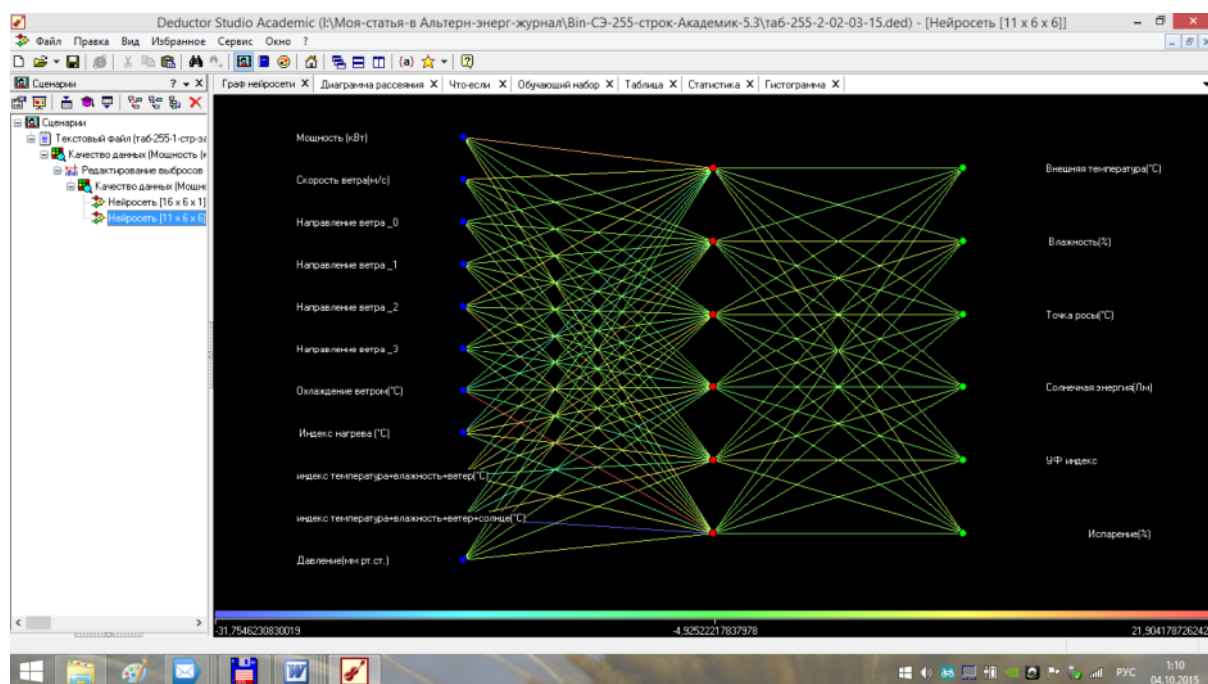


Рис. 14. Структура многофакторной вычислительной ИНС-модели решения одного из вариантов обратной задачи
Fig. 14. The structure of the multifactor ANN computational model for solving one of the variants of the inverse problem

Рисунок 15 иллюстрирует решение обратной задачи (рис. 14) в виде численных данных и графиков.

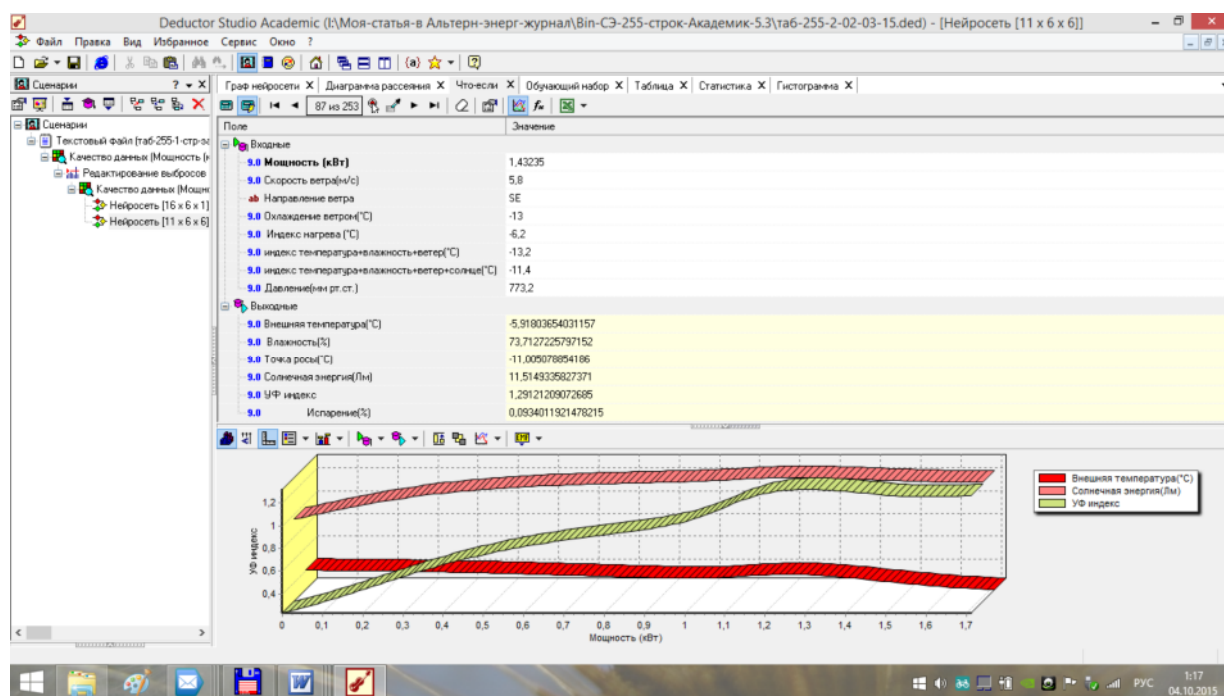


Рис. 15. Иллюстрация решения обратной задачи в виде численных данных – над графиками, и в виде графиков (графики влажности, точки росы и испарения не показаны)

Fig. 15. The illustration of the inverse problem solution in the form of numerical data – above of the graphs, and the graphs

Результат вычисления показывает, что для получения мощности СЭ, равной примерно 1,4 кВт (верхняя строка таблицы над графиком), при фиксированных значениях некоторых внешних условий (семь строк ниже строки значения мощности): скорость ветра, направление ветра, охлаждение ветром, индекс нагрева, индекс температура + влажность + ветер, индекс температура + влажность + ветер + солнце, давление – требуется определенный набор значений внешней температуры, влажности, точки росы, солнечной энергии, УФ индекса и испарения (эти значения указаны в нижней части таблицы под заголовком «Выходные»).

Заключение

1. Разработана технология создания базы знаний СЭ с помощью методов интеллектуального анализа данных.

2. Получены многофакторные вычислительные модели СЭ, совокупность которых является основой базы знаний СЭ.

3. Показано, что мощность электрической энергии, вырабатываемой СЭ, является сложной нелинейной функцией внешних условий и принципиально многофакторной.

4. Показано, что методы интеллектуального анализа данных позволяют проводить как фундаментальные исследования закономерностей работы солнечных электростанций, так и прикладные исследования, направленные на прогнозирование режимов эксплуатации СЭ.

Авторы настоящей статьи считают, что первоочередной задачей создания БЗСЭ является разработка системы преобразования данных мониторинга в относительные (нормированные) значения. Это необходимо для обеспечения применимости многофакторных моделей для различных СЭ независимо от географического расположения и конструктивных особенностей СЭ [6].

Перспективными задачами являются:

– создание моделей суточного, недельного и месячного прогнозирования работы СЭ на основе ограниченного числа данных метеопрогнозов (параметров внешних условий);

– разработка моделей технико-экономического обоснования эксплуатации солнечных электростанций в различных регионах России [7].

Авторы также считают, что создание баз знаний на основе масштабных экспериментальных исследований является актуальной и перспективной задачей в самых различных областях фундаментальных и

прикладных исследований: в альтернативной энергетике (ветроэнергетика, геотермальная энергетика, взрывная энергетика и энергетические материалы [1, 2]), в конструкционных материалах, например, наноструктурах [3–5], в экологии.

Список литературы

1. Abrukov V.S., Karlovich E.V., Afanasyev V.N., Semenov Y.V., Abrukov S.V. Creation of propellant combustion models by means of data mining tools // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. 2010. Т. 9, № 5. С. 385–396.

2. Абриков В.С., Абриков С.В., Карлович Е.В., Семенов Ю.В. База знаний процессов горения: будущее мира горения // Вестник Чувашского университета. 2013. № 3. С. 46–52.

3. Абриков В.С., Абриков С.В., Смирнов А.В., Карлович Е.В. Data Mining в научных исследованиях // Сборник материалов I Всероссийской научной конференции «Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечных элементов 3-го поколения», Чебоксары, 2013. С. 11–17.

4. Абриков В.С., Абриков С.В., Смирнов А.В., Карлович Е.В. База знаний: эксперимент, интеллектуальный анализ данных, искусственные нейронные сети // Сборник трудов II Всероссийской научной конференции «Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики 3-го поколения», Чебоксары, 2014. С. 15–21.

5. Абриков В.С., Абриков С.В., Смирнов А.В., Карлович Е.В. Методы интеллектуального анализа данных при создании баз знаний // Вестник Чувашского университета. 2015. № 1. С. 140–146.

6. Tokmoldin N., Kryuchenko Yu.V., Sachenko A.V., Bobyl A.V., Kostilyov V.P., Sokolovskiy I.O., Terukov E.I., Tokmoldin S.Z., Smirnov A.V. Evaluation of the annual electric energy output of an a-Si:H solar cell in various regions of the CIS countries // Energy Policy. Vol. 68. P. 116–122.

7. Бобыль А.В., Киселева С.В., Кочаков В.Д., Орехов Д.Л., Тарасенко А.Б., Терукова Е.Е. Технико-экономические аспекты сетевой солнечной энергетики в России // Журнал Технической Физики. 2014. Выпуск 04. С. 85–93.

References

1. Abrukov V.S., Karlovich E.V., Afanasyev V.N., Semenov Y.V., Abrukov S.V. Sreation of propellant



combustion models by means of data mining tools. *International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion*, 2010, vol. 9, no. 5, pp. 385–396 (in Eng.).

2. Abrukov V.S., Abrukov S.V., Karlovich E.V., Semenov Yu.V. Baza znaniy processov goreniâ: buduše mira goreniâ. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, 2013, no. 3, pp. 46–52 (in Russ.).

3. Abrukov V.S., Abrukov S.V., Smirnov A.V., Karlovich E.V. Data Mining v naučnyh issledovaniâh. *Sbornik materialov I Vserossijskoj naučnoj konferencii "Nanostrukturirovannye materialy i preobrazovatel'nye ustrojstva dlâ solnečnyh èlementov 3th pokoleniâ"*, Cheboksary, 2013, pp. 11–17 (in Russ.).

4. Abrukov V.S., Abrukov S.V., Smirnov A.V., Karlovich E.V. Baza znaniy: èksperiment, intellektual'nyj analiz dannyh, iskusstvennye nejronnye seti. *Sbornik trudov II Vserossijskoj naučnoj konferencii "Nanostrukturirovannye materialy i preobrazovatel'nye ustrojstva*

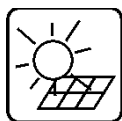
dlâ solnečnoj ènergetiki 3th pokoleniâ", Cheboksary, 2014, pp. 15–21 (in Russ.).

5. Abrukov V.S., Abrukov S.V., Smirnov A.V., Karlovich E.V. Metody intellektual'nogo analiza dannyh pri sozdanií baz znaniy. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, 2015, no. 1, pp. 140–146 (in Russ.).

6. Tokmoldin N., Kryuchenko Yu.V., Sachenko A.V., Bobyl A.V., Kostilyov V.P., Sokolovskiy I.O., Terukov E.I., Tokmoldin S.Z., Smirnov A.V. Evaluation of the annual electric energy output of an a-Si:H solar cell in various regions of the CIS countries. *Energy Policy*, vol. 68, pp. 116–122 (in Eng.).

7. Bobyl' A.V., Kiseleva S.V., Kochakov V.D., Orekhov D.L., Tarasenko A.B., Terukova E.E. Tehniko-èkonomičeskie aspekty setевой solnečnoj ènergetiki v Rossii. *Žurnal Tehničeskoj Fiziki*, 2014, issue 04, pp. 85–93 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



Индия создает Международное агентство по солнечной политике

Индийский премьер-министр Нарендра Моди пригласил около 110 стран присоединиться к международному солнечному союзу, инициатором которого является Индия, и который будет запущен на предстоящей Климатической конференции в Париже 30 ноября этого года.

Альянс будет назван Международным агентством по солнечной политике (InSPA) и, как ожидается, будет включать множество стран, в том числе африканские, климат и географическое расположение которых наиболее благоприятны для генерации электричества из солнечной энергии.

Ранее в этом году Упендра Трипатхи, секретарь индийского Министерства новых и возобновляемых источников энергии, объявила о планах создания InSPA и уже получила поддержку некоторых африканских стран, а также Австралии, Новой Зеландии, Китая и Бразилии.

Выступая на третьем Индо-африканском форуме, индийский премьер-министр Нарендра Моди офици-

ально пригласил африканские народы присоединиться к InSPA и сказал: «Нашей целью будет служить стремление сделать солнечную энергию неотъемлемой частью нашей жизни, чтобы наиболее отдалённые деревни и общины начали пользоваться благами цивилизации».

Многие эксперты в области энергетики заявляют, что таким образом Индия хочет позиционировать себя в качестве ключевого игрока на глобальном солнечном рынке и окончательно сместить вектор развития солнечной генерации в развивающиеся страны.

InSPA будет выступать в качестве платформы для стран, чтобы поделиться технологиями и не полагаться на дорогостоящие решения из ЕС и США.

Данная новость пришла на фоне заявления индийских чиновников о том, что их страна в своём энергетическом балансе к 2030 году должна иметь не менее 40 % возобновляемых источников энергии, а к 2022 году общую установленную мощность своих солнечных электростанций довести до 100 ГВт.

energy-fresh.ru по материалам tesiaes.ru

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕВОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А.И. Васильев, В.Д. Кочаков

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428015, Чувашская Республика, Чебоксары, Московский пр., 15
тел.: +7 (927) 854-55-22; e-mail: ljasha@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.005

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 14.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

В статье рассмотрены результаты мониторинга сетевой солнечной электростанции. Показаны результаты верификации данных по выработке энергии сетевой станцией за год на основе климатических данных (кВтч) для г. Чебоксар из базы данных NASA SSE. Сравнение с усредненными данными выработанной энергии солнечной сетевой станцией за 2012–2015 годы показало хорошую точность прогнозов.

Ключевые слова: солнечная энергетика, мониторинг солнечной станции, прогноз выработки энергии.

NETWORK SOLAR POWER PLANT OPERATING EXPERIENCE

A.I. Vasilyev, V.D. Kochakov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
Moskovsky ave., 15, Cheboksary, Chuvash Republic, 428015 Russian Federation
ph.: +7 (927) 854-55-22, e-mail: ljasha@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.005

Referred 7 October 2015 Received in revised form 14 October 2015 Accepted 23 October 2015

The article describes the results of monitoring of the network solar power plant and shows the results of the data verification for solar power plant generation energy per year on the basis of climatic data (kWh) to Cheboksary from NASA SSE database and the values of the power generation. The comparison with averaged data of generated energy by network solar power station for 2012–2015 years has shown good forecast accuracy.

Keywords: solar energy, solar monitoring station, the forecast of power generation.



Васильев Алексей Иванович
Alexey I. Vasilyev

Сведения об авторе: инженер-исследователь кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, Sp1-углерод, полупроводники, фотоэлектроника.

Публикации: 32.

Information about the author: Research Engineer of Applied Physics and Nanotechnology department, The Chuvash State University named by I.N. Ulyanov.

Education: The Chuvash State University named by I.N. Ulyanov.

Research area: renewable energy, linear-chain carbon, semiconductors, photovoltaics.

Publications: 32.



Кочаков Валерий Данилович
Valery D. Kochakov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, член-корреспондент Академии электротехнических наук ЧР.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, нанотехнологии, металлоуглеродные пленочные системы на основе углерода в состоянии Sp^1 , фотовольтаика.

Публикации: более 90.

Information about the author: PhD (engineering), professor of Applied Physics and Nanotechnology department, Chuvash State University named after I.N. Ulyanova, a member of the Academy of Sciences of electrical the Chuvash Republic.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanova.

Research area: renewable energy, nanotechnology, metal-carbon film systems based on carbon in a state of Sp^1 , photovoltaics.

Publications: more than 90.

Введение

В рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» ФТИ им. А.Ф. Иоффе совместно с ЗАО «РОТЕК» и с привлечением ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе» на крыше Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова смонтирована пилотная солнечная электростанция с модулями на основе тонкопленочного аморфного кремния с расчетной мощностью 2 кВт. Панели станции изготовлены фирмой PRAMAC (Италия) на основе микроаморфной технологии, разработанной швейцарской компанией Oerlikon Solar.

Запуск сетевой энергоустановки в ЧГУ состоялся в конце сентября 2012 г. С этого момента проводился мониторинг, некоторые результаты которого представлены в данной статье.

Сетевая солнечная энергоустановка

Установленная на крыше одного из корпусов чувашского университета солнечная электроустановка включает в себя четыре блока солнечных батарей и два сетевых инвертора Sunny Boy 1200. Блок состоит из четырех последовательно соединенных солнечных фотоэлектрических панелей мощностью 125 Вт. Таким образом, станция состоит из двух блоков, каждый мощностью один киловатт, работающих параллельно. Это дает возможность вести сравнительный анализ влияния осадков (пыль изморозь, снег) на величину выработки электроэнергии. В качестве примера на рисунке 1 приведен случай, когда один блок панелей (нижний) очищен от изморози, а другой (верхний) покрыт изморозью.



Рис. 1. Пример эксперимента по исследованию влияния осадков в виде изморози на выработку электроэнергии
Fig. 1. The example of experiment on the influence of precipitation in the form of frost on the electricity generation

Проведенные 17 декабря 2012 года в 11 часов 15 минут измерения показали, что нижний блок модулей вырабатывал в то время 237 Вт, а верхний – 213 Вт. Таким образом, изморозь незначительно уменьшает выработку электроэнергии.

Солнечная станция содержит систему сбора цифровых данных на основе программируемых кон-

троллеров CP6700, выпускаемых СКБ ПСИС (г. Чебоксары). Для учета количества выработанной энергии СЭУ-С (сетевая солнечная энергоустановка) и количества энергии сброшенной в сеть были дополнительно поставлены два счетчика «Меркурий 200». Схема подключения показана на рисунке 2.

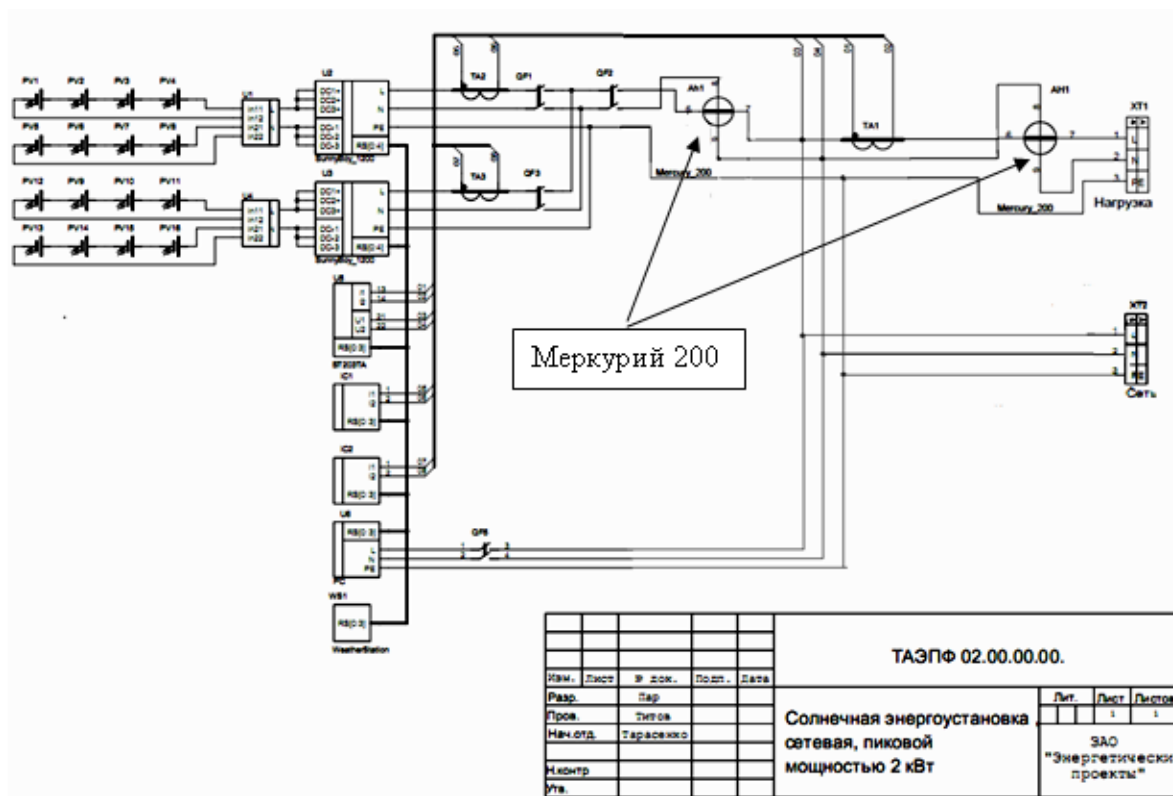


Рис. 2. Схема сетевой солнечной энергоустановки пиковой мощностью 2 кВт
Fig. 2. Diagram of the network solar power plant with peak power 2 kW

Первый счетчик учитывает выработанную станцией СЭУ-С электроэнергию от солнца, второй – электроэнергию, взятую от сети, в случае недостатка или отсутствия солнечной генерации.

Результаты эксплуатации станции

Прогнозирование выработки энергии сетевой фотоэлектрической станцией является, наряду с учетом капитальных затрат, одной из важнейших составляющих оценки экономической целесообразности строительства фотоэлектрических станций. Основой для подобных оценок служат результаты многолетних климатических наблюдений, однако в настоящее время покрытие территории России сетью наземных метеостанций недостаточно для получения адекватной информации о приходе солнечной радиации в любой точке страны. Поскольку при прогнозных

расчетах выработки энергии использовались данные NASA [1], объективно необходимым стало проведение верификации этих данных для условий г. Чебоксар. В регионе имеется только 3 актинометрические станции, ведущие непрерывные многолетние измерения энергетических характеристик падающей солнечной радиации, причем ближайшей к Чебоксарам является станция в Нижнем Новгороде [2]. Небольшое расстояние между городами (порядка 240 км), одинаковая широта точек (56°с.ш.) позволяют провести сравнения по данным нижегородской актинометрической станции, поэтому прогноз выработки энергии сетевой станцией за год на основе климатических данных (кВтч) для Чебоксар взят из работы [3] и представлен в таблице 1.

Таблица 1

Прогноз выработки энергии сетевой солнечной станцией за год

Table 1

Forecast for power generation of network solar power plant per year

Месяц года	Угол наклона, deg		
	41	56	77
Январь	61	67	69
Февраль	94	100	100
Март	166	167	161
Апрель	216	207	189
Май	252	231	204
Июнь	234	211	184
Июль	263	238	209
Август	203	191	171
Сентябрь	144	142	133
Октябрь	84	87	86
Ноябрь	62	68	69
Декабрь	50	56	58
Итого за год	1831	1765	1631

Из таблицы следует, что при наклоне солнечных панелей под углом 41 градус за год в Чебоксарах можно ожидать выработку электроэнергии в количестве 1 831 кВт·ч.

Данные мониторинга за все время наблюдений по месяцам показаны на рисунке 3. Эти данные получены по показаниям электросчетчиков.

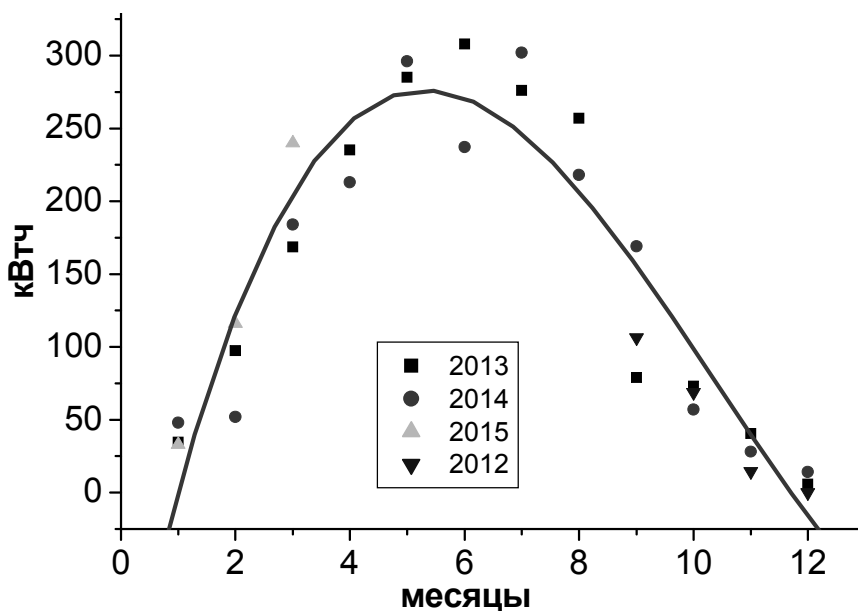


Рис. 3. Статистически усредненная максимальная выработка в год
Fig. 3. Statistically averaged maximum energy production per year

Интегральная величина выработки электроэнергии за год составляет 1 840 кВт·ч, что совпадает с приведенным выше прогнозом. Следует обратить внимание на отсутствие симметрии статистической кривой выработки электроэнергии по месяцам. Объяснение данному факту приведено на рисунке 4, где показаны

диаграммы выработки электроэнергии за осенние месяцы октябрь-ноябрь и за весенние месяцы март-апрель. Очевидно, что в весенние месяцы количество солнечных дней больше по сравнению с осенними месяцами.

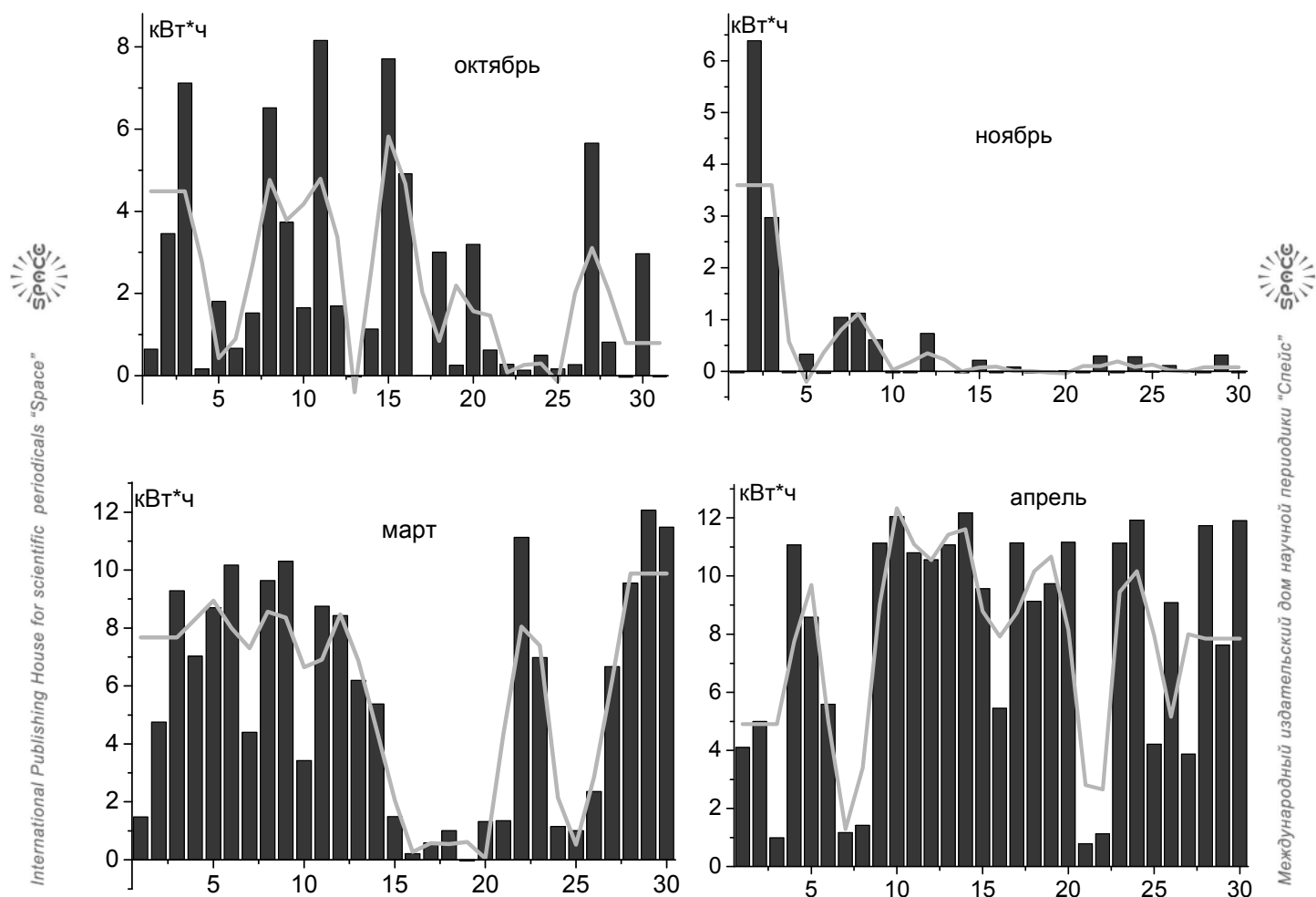


Рис. 4. Диаграммы выработки энергии за октябрь-ноябрь и за март-апрель
Fig. 4. Diagrams of generation energy for the October-November and March-April

При эксплуатации станции были выявлены особенности солнечных панелей, изготовленных по технологии фирмы Oerlikon: коэффициент преобразования в пасмурную погоду несколько больше, чем в солнеч-

ную. На рисунке 5 показана зависимость выработанной электроэнергии от солнечной радиации. Коэффициент преобразования определяется углом наклона прямых на графике в координатах кВт – Вт/м².

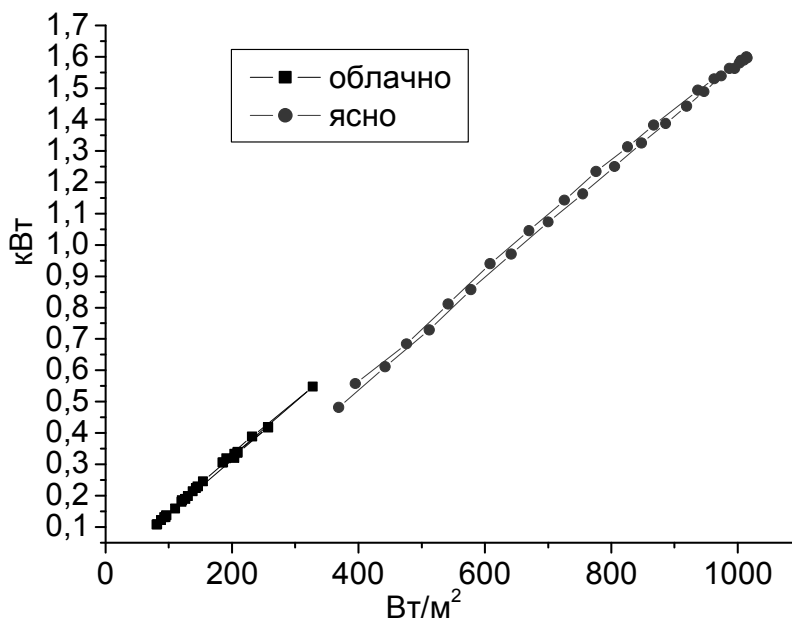


Рис. 5. Зависимость выработанной электроэнергии от солнечной радиации
Fig. 5. The dependence of power generation on solar radiation

Информация, представленная на рисунке 5, подтверждает тот факт, что поликристаллические батареи хорошо поглощают не только прямые солнечные лучи, но и рассеянный свет.

Заключение

Исходя из трехлетнего (2012–2015 гг.) мониторинга экспериментальной сетевой солнечной электростанции Чувашского госуниверситета пиковой мощностью 2 кВт найдена интегральная усредненная величина выработанной электроэнергии, которая составила 1 840 кВт·ч. Это значение хорошо согласуется со значением, полученным исходя из прогноза данных системы NASA (1 831 кВт·ч). Было показано, что для проведения сравнительного анализа целесообразно проводить научный мониторинг на двух независимых станциях.

Список литературы

1. Surface meteorology and Solar Energy. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1–6. Вып. 28. Л.: Гидрометеиздат, 1992.

3. Бобыль А.В., Киселева С.В., Кочаков В.Д., Орехов Д.Л., Тарасенко А.Б., Терукова Е.Е. Технико-экономические аспекты сетевой солнечной энергетики в России // Журнал технической физики. 2014. Т. 84, Вып. 4. С. 86–93.

References

1. Surface meteorology and Solar Energy. Available at: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> (in Eng.).

2. Naučno-prikladnoj spravočnik po klimatu USSR. Ser. 3. part 1–6, iss. 28. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1992 (in Russ.).

3. Bobyl' A.V., Kiseleva S.V., Kochakov V.D., Orekhov D.L., Tarasenko A.B., Terukova E.E. Tehniko-ekonomičeskie aspekty setevoy solnečnoj ènergetiki v Rossii. Žurnal tehničeskoj fiziki, 2014, vol. 84, iss. 4, pp. 86–93 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК: РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

*Т.С. Габдерахманова¹, С.В. Киселева², С.И. Зайцев²,
А.Б. Тарасенко¹, В.П. Шакун²*

¹Объединенный институт высоких температур РАН
РФ 125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
тел.: +7 (495) 485-93-90

²МГУ имени М.В. Ломоносова
РФ 119991, ГСП-1 Москва, Ленинские горы, д. 1, корп. 19
тел.: +7 (495) 939-42-57; e-mail: tts_91@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.006

Заключение совета рецензентов: 01.10.15 Заключение совета экспертов: 15.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

В работе изложены некоторые результаты мониторинга автономной фотоэлектрической установки за двух-летний период эксплуатации. Приводятся основные принципы функционирования и состав системы мониторинга экспериментальной фотоэлектрической установки, а также перечень регистрируемых параметров.

Показаны результаты верификации (сравнения) данных о солнечной радиации из базы данных NASA SSE и значений суммарной солнечной радиации, приходящей на приемную поверхность фотоэлектрических модулей, полученных в ходе опытной эксплуатации ФЭУ на площадке научно-исследовательской лаборатории ВИЭ МГУ в течение 2013–2014 гг.

Описаны характеристики использованной в работе инженерной методики, предназначенной для оценки производительности фотоэлектрической установки; проведено сравнение расчетных результатов с экспериментальными, подтверждающее адекватность применения методики.

Рассмотрены некоторые аспекты опытной эксплуатации ФЭУ, имеющие существенное значение для функционирования систем мониторинга и эксплуатации ФЭУ.

Ключевые слова: солнечная энергетика, фотоэлектрические системы, мониторинг фотоэлектрической установки, инженерная методика.

USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: MONITORING AND PERFORMANCE EVALUATION RESULTS

*T.S. Gabderakhmanova¹, S.V. Kiseleva², S.I. Zaytsev²,
A.B. Tarasenko¹, V.P. Shakun²*

¹Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences
2 Bd., 13 Izhorskaya st., Moscow, 125412 Russian Federation
ph.: +7 (495) 485-93-90

²Lomonosov Moscow State University
1-19 Leninskiye Gory, Moscow, GSP-1, 119991 Russian Federation
ph.: +7 (495) 939-42-57, e-mail: tts_91@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.006

Referred 1 October 2015 Received in revised form 15 October 2015 Accepted 23 October 2015

The paper presents some monitoring results of the stand-alone PV system over a two-year period of operation. The structure and basic principles of the experimental PV plant monitoring system as well as a list of registered parameters are described.

The verification results of solar radiation data from the NASA SSE database and the values of total solar radiation incident on the PV module's surface are shown. These results were obtained in the PV experimental operation on the basis of the Renewable Energy Research Laboratory of the Lomonosov Moscow State University during 2013–2014.

The characteristics of the engineering methodology for assessing performance of the PV system, used in the work, were described. The comparison of the calculated and experimental results confirms the adequacy of the methodology.

The paper shows a number of aspects found during the PV system trial operation, which are essential for the PV system and monitoring system operation.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, photovoltaic installation monitoring, engineering method.



Габдерахманова
Татьяна Сергеевна
Tatiana S. Gabderakhmanova

Сведения об авторе: аспирант, младший научный сотрудник лаборатории возобновляемых источников энергии Объединенного института высоких температур РАН.

Образование: Волгоградский государственный аграрный университет, электроэнергетический факультет (2013).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, энергоэффективные дома.

Публикации: 12.

Information about the author: postgraduate, junior researcher of the Renewable energy laboratory (Joint Institute for High Temperatures of the RAS).

Education: Volgograd State Agricultural University, Faculty of Electrical Engineering.

Research area: Renewable energy, solar energy, energy efficient houses.

Publications: 12.



Киселева Софья
Валентиновна
Sofia V. Kiseleva

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Образование: физический факультет МГУ (1987) и аспирантура того же факультета (1990).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, оценка ресурсов ВИЭ, лабораторное моделирование динамических процессов в океане.

Публикации: более 70, в том числе патентов на изобретения.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), senior researcher of the Renewable Energy Sources Laboratory (Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography).

Education: Physics faculty of Lomonosov Moscow State University.

Research area: renewable energy sources; resource evaluation, ecology-geographical aspects of renewable energy; laboratory modeling of ocean and atmosphere's dynamical process.

Publications: over 70, including patents.



Зайцев Сергей Иванович
Sergey I. Zaitsev

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Образование: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, лабораторное моделирование процессов газообмена между океаном и атмосферой.

Публикации: более 70, в том числе патентов на изобретения.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), senior researcher of the Renewable Energy Sources Laboratory (Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography).

Education: Physics faculty of Lomonosov Moscow State University.

Research area: renewable energy sources, laboratory modeling of gas exchange between the ocean and the atmosphere.

Publications: over 70, including patents.



Тарасенко Алексей Борисович
Aleksey B. Tarasenko

Сведения об авторе: младший научный сотрудник лаборатории алюмоводородной энергетики Объединенного института высоких температур РАН.

Образование: Московский инженерно-физический институт (МИФИ), факультет теоретической и экспериментальной физики.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии: солнечная энергетика, накопители энергии, опреснительные установки, водородная энергетика.

Публикации: более 25.

Information about the author: junior researcher of the Laboratory of Alumohydrogen Energy (Joint Institute for High Temperatures of the RAS).

Education: Moscow Engineering Physics Institute, Faculty of Theoretical and Experimental Physics.

Research area: renewable energy, solar energy, energy storage, desalination plants, hydrogen energy.

Publications: over 25.



Шакун Владимир Петрович
Vladimir P. Shakun

Сведения об авторе: инженер исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Образование: Московский государственный педагогический университет, математический факультет.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии; оценка ресурсов ВИЭ; геоинформатика, геоинформационные системы.

Публикации: 7.

Information about the author: engineer of the Renewable Energy Sources Laboratory (Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography).

Education: Moscow State Pedagogical University, Faculty of Mathematics.

Research area: renewable energy resource assessment, geoinformatics, geographic information systems.

Publications: 7.

Введение

В настоящее время на территории РФ реализован ряд пилотных проектов автономных и сетевых солнечных энергоустановок (СЭУ). Для технико-экономических оценок и усовершенствования методов проектирования подобных установок представляется необходимым проведение мониторинга их работы.

Важным направлением исследований, логически связанным с мониторингом, является разработка инженерных методик проектирования СЭУ, прогнозирования их производительности и степени покрытия нагрузки. При этом большие сложности возникают в связи с недостаточностью или отсутствием метеорологической и актинометрической информации в местах работы установок. Эта проблема требует анализа данных наземных наблюдений и математического моделирования с различной пространственной и временной детализацией.

Состав автономной солнечной энергоустановки НИЛ ВИЭ МГУ

На базе научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии МГУ имени М.В. Ломоносова (НИЛ ВИЭ) в 2012 году была создана опытно-демонстрационная автономная фотоэлектрическая установка (ФЭУ), предназначенная для решения следующих задач:

- поиска технических решений для систем автономного энергоснабжения с применением фотоэлектрических модулей (ФЭМ);

- экспериментальной проверки разработанной инженерной методики проектирования;
- получения актуальной информации об энергетических показателях работы ФЭМ, аккумуляторных батарей (АКБ) и установки в целом для оценки эффективности эксплуатации аналогичных систем в условиях г. Москвы.

В состав установки входят следующие элементы:

- ФЭМ MSW-180 «Солнечный ветер» (2 шт.);
- контроллер заряда Morningstar Sunsaver MPPT 15 A (24 В);
- аккумулятор гелевый свинцово-кислотный Prosolar-R RA12-260DG фирмы Ritar (2 шт.).

В качестве нагрузки используются светодиодные светильники суммарной мощностью 26 Вт или лампы накаливания суммарной мощностью 320 Вт (есть возможность регулирования нагрузки).

Система управления и сбора данных реализована на основе крейтовой системы LTR-1-4 фирмы LCard.

В состав системы мониторинга также входит пирометр QMS101 фирмы Kipp&Zonen, установленный в рабочей плоскости модуля. В конфигурации опорной конструкции ФЭМ предусмотрено ступенчатое изменение угла наклона в зависимости от сезона от 42° до 72°.

Визуализация, обработка и анализ входных сигналов осуществляется при помощи программного обеспечения PowerGraph v.3.0.

Перечень получаемых в ходе мониторинга характеристик представлен на рис. 1.



Рис. 1. Состав характеристик, определяемых системой мониторинга ФЭУ НИЛ ВИЭ МГУ

Fig. 1. The composition of the characteristics defined photovoltaic energy plant's monitoring system of the Renewable Energy Scientific Research Laboratory of the Moscow State University (RESRL of the MSU)

Система мониторинга работы ФЭУ НИЛ ВИЭ позволила провести апробацию разработанных подходов к проектированию автономных солнечных установок в части прогноза производительности.

Результаты верификации исходных актинометрических данных для прогнозирования производительности ФЭУ

Инженерная методика оценки потенциальной производительности ФЭУ была ранее изложена в работе [1]. В качестве входных данных о падающей солнечной радиации используются значения средних месячных сумм суммарной солнечной радиации на приемную поверхность с учетом угла наклона. В связи с недостаточностью наземных актинометрических данных, что характерно для большей части территории России, предлагается использовать базу данных NASA SSE – открытый интернет-ресурс, в котором приведены соответствующие данные для всей земной поверхности на сетке $(1 \times 1)^\circ$ [2]. Сравнение данных NASA SSE с результатами многолетних наземных актинометрических измерений проводилось ранее и показало удовлетворительные результаты [3].

Адекватность указанного источника данных также была проверена путем сопоставления среднемесячных значений суммарной солнечной радиации на наклонную поверхность по данным NASA SSE с экспериментальными показаниями, полученными в ходе мониторинга ФЭУ НИЛ ВИЭ в течение 2013–2014 гг.

Относительная погрешность данных NASA SSE (1) составила 5–7 % летом и 25–27 % в апреле и октябре. В ноябре наблюдалось максимальное отклонение значений – от 43 до 59 %. Без учета ноябрьских аномалий средняя погрешность за период измерений равна 14,8 %, что позволяет использовать данные NASA для проектирования и первичных интегральных оценок производительности в теплые полугода.

$$\delta = \frac{I_{NASA} - I_{ФЭУ}}{I_{NASA}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где I_{NASA} – падающая солнечная радиация по данным NASA SSE, кВтч/м²/день; $I_{ФЭУ}$ – экспериментальные значения падающей солнечной радиации, кВтч/м²/день; δ – относительная погрешность, %.

На основе анализа приходящей солнечной радиации по данным NASA SSE были определены оптимальные углы наклона приемной поверхности ФЭМ для каждого месяца года. Так как величина прихода солнечной радиации значительно варьируется в зависимости от ориентации приемной поверхности модуля, на экспериментальной установке реализовано механическое сезонное изменение угла наклона ФЭМ к горизонту.

Для верификации полученных экспериментальных данных о величине солнечной радиации было проведено их сопоставление с данными наблюдений метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ) за 2013 (рис. 2) и 2014 года (рис. 3).

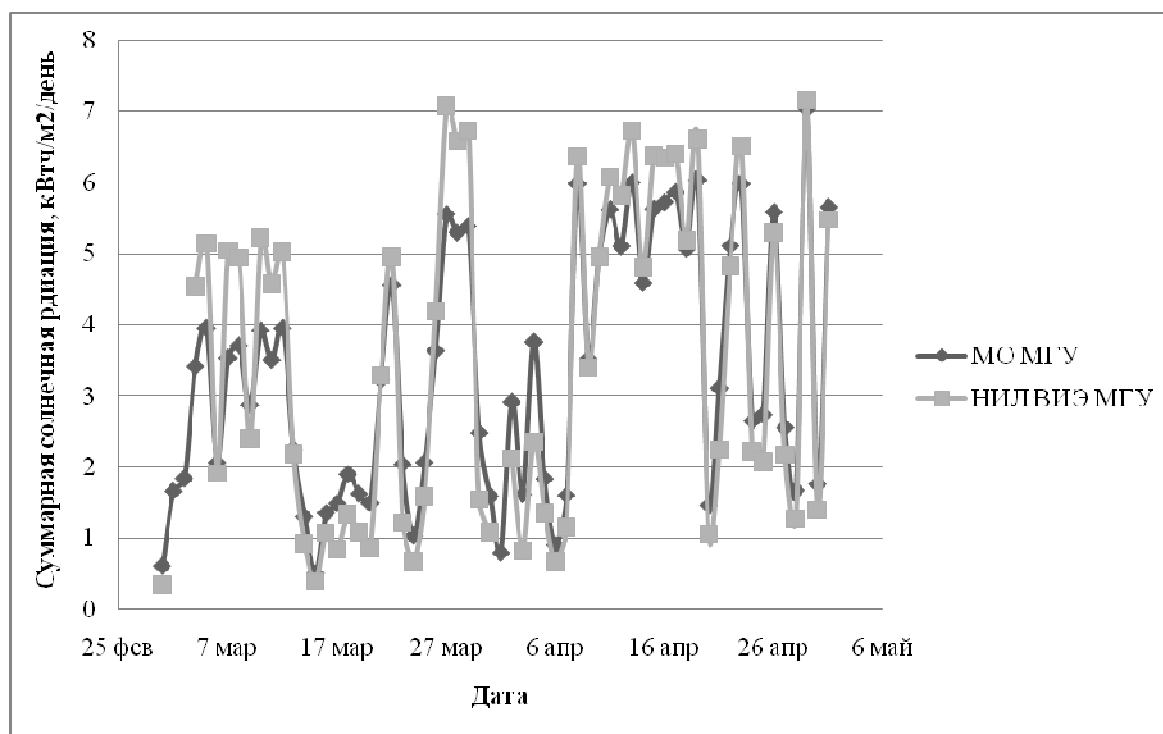


Рис. 2. Сравнение экспериментальных значений суммарной солнечной радиации по данным НИЛ ВИЭ МГУ и МО МГУ за весенний период 2013 г

Fig. 2. Comparison of experimental values for global solar radiation from RESRL of the MSU and the MSU Meteorological Observatory (MO MSU) for the spring, 2013

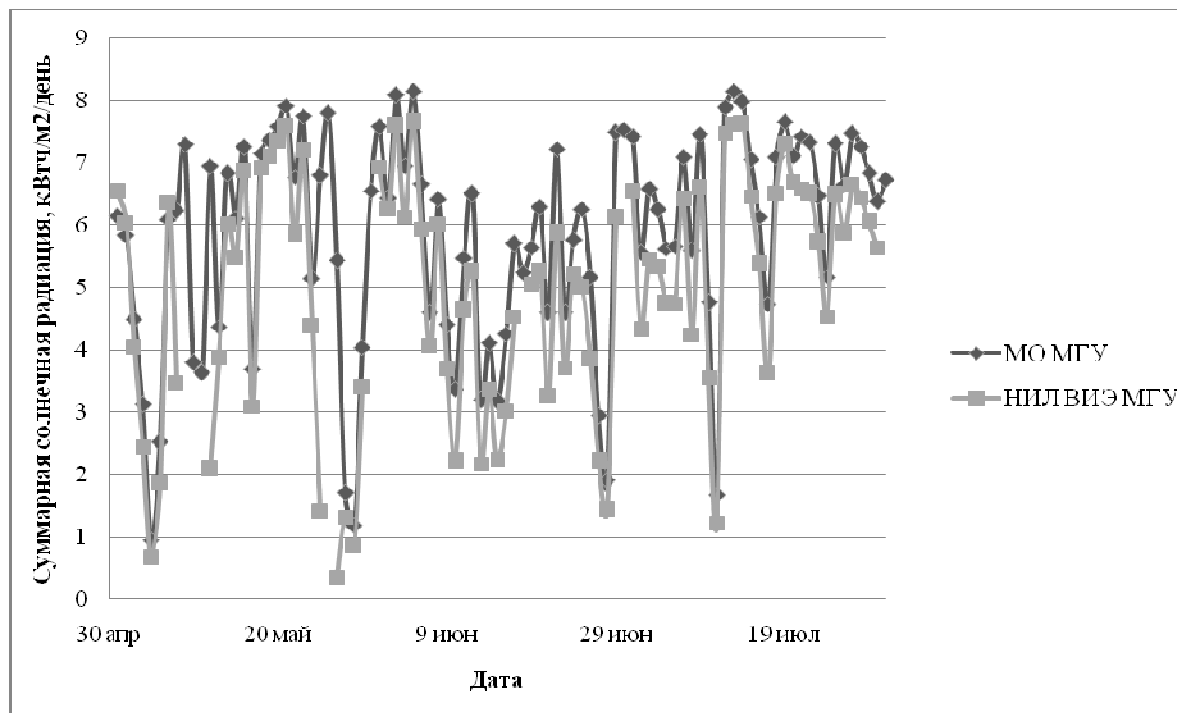


Рис. 3. Сравнение экспериментальных значений суммарной солнечной радиации по данным НИЛ ВИЭ МГУ и МО МГУ за период с мая по июль 2014 г.

Fig. 3. Comparison of experimental values of global solar radiation from RESRL of the MSU and the MO MSU for the period from May to July, 2014

Расхождение абсолютных значений объясняется различием в ориентации приемных поверхностей

(наклонная поверхность – горизонтальная поверхность), что особенно существенно для безоблачных

дней. В этом случае оптимальная с точки зрения прихода солнечной энергии ориентация ФЭМ экспериментальной установки обеспечивала большую величину дневной суммарной солнечной радиации.

Результаты мониторинга работы автономной ФЭУ НИЛ ВИЭ и анализа ее производительности

Инженерная методика, использованная в работе, определяла производительность ФЭУ на основе среднемесячных значений прихода суммарной солнечной радиации на единичную площадь поверхности, ориентированной под заданным углом к горизонту:

$$E = I \cdot \eta_{\text{мод}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{АКБ}} \cdot N_{\text{мод}} \cdot S, \quad (2)$$

где I – приход солнечной радиации на наклонную поверхность, кВтч/м²/день; $\eta_{\text{мод}}$ – КПД ФЭМ, %; $\eta_{\text{к}}$ – КПД контроллера заряда, %; $\eta_{\text{АКБ}}$ – КПД АКБ, %; $N_{\text{мод}}$ – количество ФЭМ в составе установки, шт.; S – площадь активной поверхности единичного ФЭМ, м².

Результаты расчета потенциальной производительности и располагаемой мощности ФЭМ на основе данных NASA SSE о падающей суммарной солнечной радиации при определенных углах наклона для условий московского региона представлены в [4].

Для подтверждения адекватности разработанной инженерной методики был проведен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных о производительности ФЭУ за период 2014 г с наиболее полными экспериментальными данными (май – август и ноябрь 2014 г) (табл.).

Видно, что отклонение результатов эксперимента от расчетных данных, полученных на основе базы

NASA SSE (δ), в летние месяцы составляет 10–15 %, а в ноябре 80 %. Проведенное сравнение исходных данных о падающей солнечной радиации – актуальных, т.е. полученных в ходе проведения мониторинга работы ФЭУ, и предоставляемых NASA SSE, – дает аналогичные по порядку величины отклонения.

В связи с этим был выполнен пересчет производительности ФЭУ по той же методике, но с учетом полученных в эксперименте актуальных данных о падающей солнечной радиации (последние столбцы таблицы). Видно, что, за исключением ноября, использование актуальных данных о солнечной радиации позволяет существенно снизить расхождение между расчетными и экспериментальными данными. Так, погрешность в ноябре удалось снизить почти на 20 %.

Таким образом, подтверждена адекватность предложенной инженерной методики в части оценки интегральной производительности автономных солнечных установок. Было выявлено, что основной вклад в погрешность вносят исходные данные о падающей солнечной радиации. В связи с этим использование базы данных NASA SSE, предоставляющей достоверные данные о средних многолетних значениях падающей солнечной радиации, при прогнозе производительности на некоторый текущий период должно быть дополнено обоснованием погрешности прогноза.

Для минимизации погрешности расчетов в следующей версии методики необходимо предусмотреть также учет двух дополнительных факторов: ухудшение характеристик монокристаллических модулей в зимний период за счет преобладания в составе солнечной радиации на большей части территории России рассеянной составляющей и снижение КПД контроллера и вырабатываемой мощности фотоэлектрического модуля при малых значениях инсоляции.

Таблица
Сравнение расчетной и экспериментальной среднесуточной производительности автономной солнечной энергоустановки
Table
Comparison of the calculated and experimental average daily performance of the autonomous solar power plant

Месяц	$E_{\text{расч}}$	$E_{\text{эксп}}$	$\delta = \left \frac{E_{\text{расч}} - E_{\text{эксп}}}{E_{\text{расч}}} \right \cdot 100\%$	$E_{\text{расч}}^*$	$\delta^* = \left \frac{E_{\text{расч}}^* - E_{\text{эксп}}}{E_{\text{расч}}^*} \right \cdot 100\%$
май	1,744	1,5	14,0	1,472	1,9
июнь	1,693	1,47	13,2	1,567	6,2
июль	1,704	1,87	9,8	1,942	3,7
август	1,557	1,32	15,2	1,465	9,9
ноябрь	0,528	0,11	79,6	0,256	57,0

$E_{\text{эксп}}$ – экспериментальная производительность, кВтч; $E_{\text{расч}}^*$ – расчетная производительность с учетом актуальных солнечных данных, кВтч; δ – отклонение экспериментальных результатов от расчетных (по данным NASA), %; δ^* – отклонение экспериментальных результатов от расчетных с учетом актуальных солнечных данных, %.

В ходе опытной эксплуатации ФЭУ был обнаружен ряд аспектов, имеющих существенное значение для функционирования системы мониторинга и установки в целом. Так, для корректного определения суточных значений энергетического баланса установки в целом

и производительности ФЭМ в режиме мониторинга необходимо подбирать нагрузку ФЭУ таким образом, чтобы вся накопленная в аккумуляторах в течение светлого времени суток энергия расходовалась за сутки (система «обнулялась» каждые сутки). Исходя из

этих соображений в ФЭУ НИЛ ВИЭ реализовано ступенчатое изменение нагрузки от 90 Вт зимой до 194 Вт в летний период.

Второй важный аспект касается разряда аккумуляторов на малых токах. В данном режиме АКБ разряжаются ниже разрешенной глубины разряда, при этом несимметричный разряд аккумуляторов, включенных последовательно в цепь, не фиксируется контроллером заряда. В результате возникает и усиливается разбаланс аккумуляторов, что приводит к полному выходу из строя отдельных аккумуляторов. Следовательно, необходима синхронизация аккумуляторов в начале эксплуатации, а также использование эффективной системы балансировки заряда аккумуляторных батарей.

Заключение

Для исследования особенностей работы автономных солнечных установок создана локальная ФЭС, оснащенная системой мониторинга. В качестве регистрируемых параметров были выбраны и обоснованы следующие характеристики: токи и напряжения на каждом аккумуляторе, фотоэлектрическом модуле и на нагрузке, а также мгновенные значения падающей солнечной радиации, приходящей на наклонную поверхность.

В ходе опытной эксплуатации разработанной системы в течение двухлетнего периода (2013–2014 гг.) были получены данные, использованные впоследствии для расчета производительности ФЭС. Результаты оценки сопоставлялись с предварительным прогнозом, сделанным на основе разработанной ранее авторской инженерной методики. При этом в качестве исходных актинометрических параметров для прогноза использовались предоставляемые базой данных NASA SSE среднесезонные значения падающей солнечной радиации. Погрешность прогноза производительности ФЭС за 2014 год, выполненного по инженерной методике на основе среднесезонных данных, в летние месяцы составляет 10–15 %, а в ноябре достигает значительной величины – около 80 %. Пересчет производительности ФЭС по указанной методике с использованием в качестве входных значений текущих показаний пиранометра в составе ФЭС показал, что основной вклад в погрешность вносит расхождение средних многолетних данных и фактического прихода солнечной радиации. Таким образом, доказана возможность применения разработанной методики для прогноза производительности автономных ФЭС.

Опыт эксплуатации установки позволил обнаружить несколько аспектов, которые следует учитывать при эксплуатации подобных систем. Так, при работе ФЭС в режиме мониторинга необходимо

обеспечить такую нагрузку, при которой вся накопленная в аккумуляторах за день энергия расходовалась бы до начала следующих суток. Также важно оснастить аккумуляторные батареи, работающие в составе автономной фотоэлектрической установки, системой контроля и балансировки заряда, поскольку это оказывает непосредственное влияние на продолжительность их срока службы и работоспособность системы в целом.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ, проект № 13-08-01186.

Список литературы

1. Тарасенко А.Б., Тетерина Н.В., Киселева С.В. О возможности оптимизации энергетического баланса островного поселения (на примере пос. Соловецкий Архангельской области) // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2012. № 5–6. С. 187–196.
2. NASA Surface meteorology and Solar Energy. Atmospheric science data center. [Электронный ресурс]: <https://eosweb.larc.nasa.gov/> (дата обращения: 10.04.2015).
3. Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. М.: ОИВТ РАН, 2010. 85 с.
4. Габдерахманова Т.С., Киселева С.В., Зайцев С.И., Тарасенко А.Б., Шакунов В.П. Проблемы мониторинга солнечных энергетических систем в России // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика». 2015. Т. 15, № 4 (в печати).

References

1. Tarasenko A.B., Teterina N.V., Kiseleva S.V. O vozmozhnosti optimizacii energetičeskogo balansa ostrovnogo poseleniâ (na primere pos. Soloveckij Arhangel'skoj oblasti). *International Scientific Journal «Alternativnââ energetika i èkologiâ» (ISJAE)*, 2012, no. 5–6, pp. 187–196 (in Russ.).
2. NASA Surface meteorology and Solar Energy. Atmospheric science data center. Available at: <https://eosweb.larc.nasa.gov/> (10.09.2015) (in Eng.).
3. Frid S.E., Kolomic Yu.G., Kiseleva S.V., Terehova E.N. Atlas resursov solnečnoj ènergii na territorii Rossii. Moscow: OIVT RAN Publ., 2010, 85 p (in Russ.).
4. Gabderahmanova T.S., Kiseleva S.V., Zaytsev S.I., Tarasenko A.B., Shakun V.P. Problemy monitoringa solnečnyh ènergetičeskikh sistem v Rossii. *Vestnik Ūžno–Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seria «Ènergetika»*, 2015, vol. 15, no. 4 (in print) (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 621.383

СОЛНЕЧНЫЕ МОДУЛИ С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ НА УРОВНЕ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

В.А. Панченко, Д.С. Стребков, И.С. Персиц

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
РФ 109456, Москва, 1-й Вешняковский проезд, 2
тел.: +7(926)275-21-04; e-mail: pancheska@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.007

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 15.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Лаборатория солнечных фотоэлектрических модулей ВИЭСХ предлагает применять в составе солнечных фотоэлектрических модулей в качестве заполнителя-герметика полисилоксановые гели, которые представляют собой редкосшитую структуру, образующуюся в процессе гидросилицирования.

Существенное увеличение срока службы солнечных модулей на уровне номинальной мощности, их стабильная работа с концентраторами, а также снижение производственных энергозатрат обеспечивается с помощью двухкомпонентного полисилоксанового компаунда в качестве материала-заполнителя, отверждаемого в присутствии платинового катализатора до состояния низкомолекулярного геля.

В статье рассматриваются разработанные в ВИЭСХ технология и установка для герметизации солнечных фотоэлектрических модулей с увеличенным в два раза сроком службы солнечных модулей на уровне номинальной мощности по сравнению со стандартными ламинированными солнечными модулями.

Ключевые слова: солнечные модули, полисилоксановые гели, увеличение срока службы солнечных модулей, высоковольтные солнечные модули, солнечная черепица.

SOLAR MODULES WITH EXTENDED RATED WORK

V.A. Panchenko, D.S. Strebkov, I.S. Persits

All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture
2, 1st Veshnyakovsky dr., Moscow, 109456 Russian Federation
ph.: +7(926)275-21-04, e-mail: pancheska@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.007

Referred 7 October 2015 Received in revised form 15 October 2015 Accepted 23 October 2015

The laboratory of solar photovoltaic modules VIESH proposed the using in solar photovoltaic modules as a filler-sealer the polysiloxane gels, which are rarely linked structure formed during hydrosilycation.

Significant increasing the service life of solar modules at the level of the nominal power, their stable operation with concentrators and reduction of energy consumption is provided by using bicomponent polysiloxane compound as the aggregate material, which solidifies in the presence of a platinum catalyst to a state of low modulus gel.

The paper deals with the technology and installation, developed in VIESH, for sealing of solar photovoltaic modules with the two-fold increased service life of solar modules at the level of the nominal power compared with the standard laminate solar modules.

Keywords: solar modules, polysiloxane gels, increasing service life of solar modules, high-voltage solar modules, solar tiles.



Панченко
Владимир Анатольевич
Vladimir A. Panchenko

Сведения об авторе: канд. техн. наук, заведующий лабораторией солнечных фотоэлектрических модулей, ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Область научных интересов: солнечная энергетика, автономное энергоснабжение, сельское хозяйство.

Публикации: 42.

Information about the author: PhD (engineering), the Head of the Laboratory of Solar Photovoltaic Modules, VIESH.

Education: Bauman Moscow State Technical University.

Research area: solar energy, autonomous power supply, agriculture.

Publications: 42.



Стребков Дмитрий Семёнович
Dmitriy S. Strebkov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, научный руководитель института, ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, МГУ им. М.В. Ломоносова.

Область научных интересов: возобновляемая энергетика, автономное энергоснабжение, сельское хозяйство.

Публикации: 1 340.

Information about the author: DSc (engineering), the scientific director of the institute, VIESH.

Education: Moscow Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture; Lomonosov Moscow State University.

Research area: renewable energy, autonomous power supply, agriculture.

Publications: 1 340.



Персиц Ирина Самуиловна
Irina S. Persits

Сведения об авторе: канд. техн. наук., ВИЭСХ.

Образование: Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова.

Область научных интересов: солнечная энергетика, автономное энергоснабжение, сельское хозяйство.

Публикации: 46.

Information about the author: Ph.D (engineering).

Education: Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies.

Research area: solar energy, autonomous power supply, agriculture.

Publications: 46.

Современные тенденции

Подавляющее большинство современных солнечных модулей имеют в своём составе планарные кремниевые солнечные элементы. Наиболее распространённая технология изготовления солнечных модулей – ламинирование с применением плёнок на основе сополимера этилена с винилацетатом (EVA).

Причинами деградации солнечных фотоэлектрических модулей, изготовленных по технологии ламинирования, являются коррозия контактной сетки фотопреобразователей и увеличение оптических потерь в ламинирующих слоях. При использовании концентратора солнечного излучения процесс потемнения ламинирующего материала значительно ускоряется. К другим недостаткам данной технологии можно отнести выделение токсичных летучих веществ в процессе ламинирования, а также значи-

тельную энергоёмкость самого процесса. Основное следствие вышеописанных моментов – ограниченный срок номинальной мощности модуля (20–25 лет), обусловленный малой свето-, термо- и атмосферостойкостью. Такие модули нерационально использовать в установках с концентраторами солнечного излучения.

В последнее время активно совершенствуется технология производства фотоэлектрических модулей как в части замены этиленвинилацетатной плёнки на плёночные материалы с другой полимерной основой, так и в части технологических процессов, заменяющих стадию ламинирования [1]. Предлагается использовать оборудование и технологию, близкие к процессу производства заливочных триплексов, с применением жидкого УФ-отверждаемого двухкомпонентного полимерного состава на основе акриловых олигомеров [2].

Кроме того, существуют разработки по производству тонкопленочных и кристаллических модулей без каких-либо полимерных заполнителей, когда изготавливаются вакуумные стеклопакеты с применением термопластичного спейсера на основе полиизобутилена [3, 4]. При хороших показателях оптической прозрачности, широкого температурного диапазона эксплуатации и чистоты от примесей наиболее подходят кремнийорганические полимеры (полисилоксаны), которые используются при изготовлении солнечных батарей для космического использования. Применение полисилоксанового заполнителя, отверждаемого при температуре 100 °С, увеличивает долговечность модулей, однако ощутимо энергозатраты при производстве не сокращает и не позволяет производить двухсторонние модули для эксплуатации в установках с концентраторами [5]. Для герметизации микросхем и полупроводниковых приборов применяются полисилоксановые гели, которые представляют собой редкосшитую структуру, образующуюся в процессе гидросилицирования – реакции взаимодействия низкомолекулярных полисилоксанов, содержащих диметил-метилвинилсилоксановые звенья со сшивающим агентом на основе смеси различных циклических и линейных гидридсилоксанов в присутствии платинового катализатора (платинохлористоводородная кислота). Вулканизация осуществляется по схеме «полимер-полимер» без выделения побочных продуктов реакции, с образованием длинных поперечных мостиков, придающих вулканизату ряд уникальных свойств [6]: высокие диэлектрические характеристики и сохранение их при отрицательных температурах; регулировка

частоты сшивки и вязкоупругих характеристик; высокая степень чистоты по содержанию примесей; отсутствие внутренних механических напряжений; хорошее вибропоглощение (демпфирование); исправление дефектов, свойственное жидкостям, наряду с формоустойчивостью и размерной стабильностью, характерными для сшитых эластомеров, а также высокая адгезия к полупроводникам, стеклу и большинству других материалов; высокая устойчивость к температурной, ультрафиолетовой и озонной деградации; экологическая безопасность применения.

Экспериментальная работа ВИЭСХ

В результате работ, выполненных в ВИЭСХ в сотрудничестве с фирмой «Poulek Solar Ltd», Чехия, показано, что заявленные положительные моменты технологии заливки полисилоксановым компаундом подтверждаются. Разработана технология герметизации солнечных фотоэлектрических модулей с увеличенным сроком службы солнечных модулей на уровне номинальной мощности по сравнению со стандартными ламинированными солнечными модулями. В качестве основы принята технология изготовления вакуумного стеклопакета с термопластичным спейсером по периметру, где предварительно вакуумированная полость заполняется двухкомпонентным жидким полисилоксановым компаундом, структурируемым при комнатной температуре в низкомодульный гель. Для осуществления этого процесса разработана установка автоматического смешивания и дозирования двухкомпонентного полисилоксанового компаунда, которая представлена на рисунке 1.

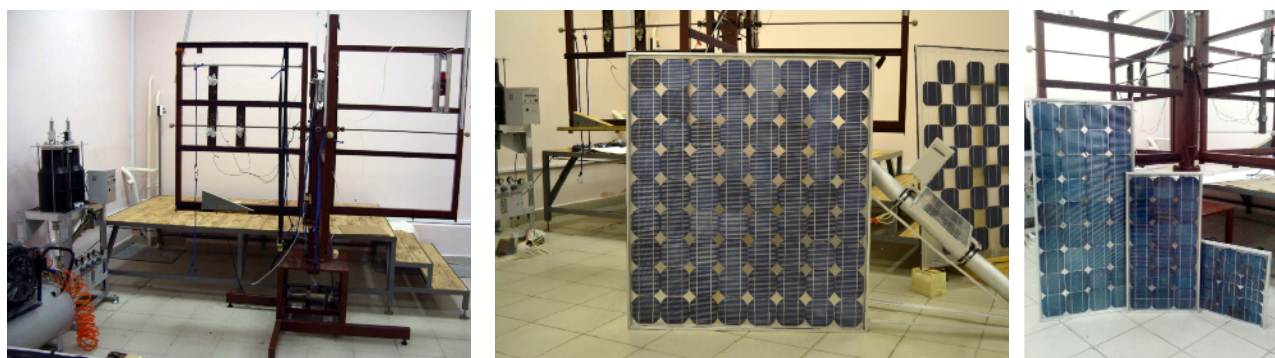


Рис. 1. Установка автоматического смешивания компонентов
Fig. 1. Installation of automatic mixing

Сравнение созданного комплекта оборудования со стандартным оборудованием для ламинирования с такой же производительностью показало, что стои-

мость комплекта для заливки геля составляет не более 15 % от стоимости стандартного ламинатора, а годовые энергозатраты снижаются более чем в 10 раз.

С применением новой технологии изготовлены солнечные фотоэлектрические модули, которые прошли испытания в концентраторных солнечных

установках со слежением за Солнцем (Чешский сельскохозяйственный университет) (рис. 2а).

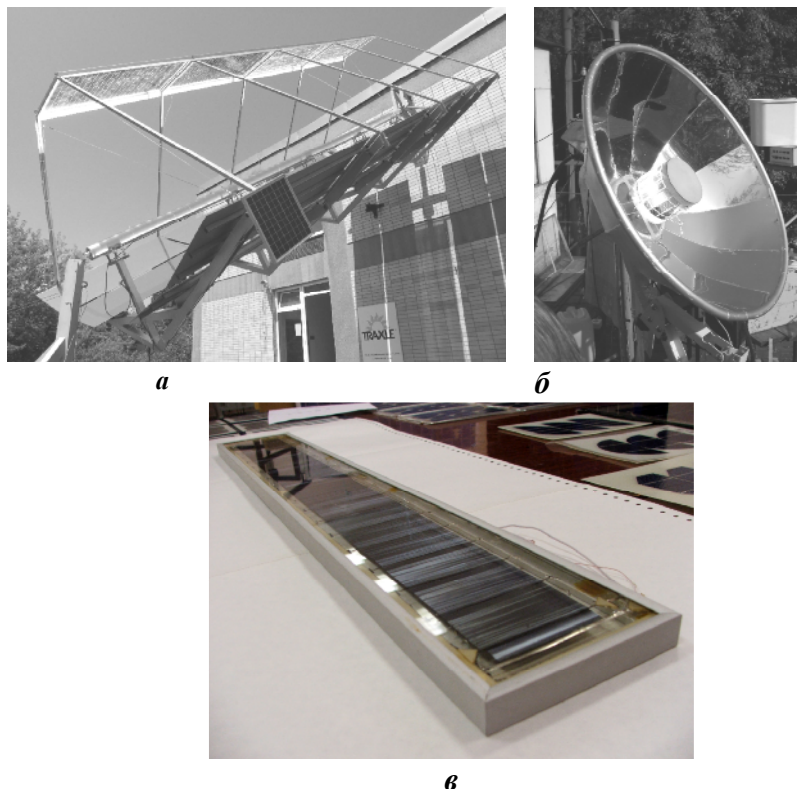


Рис. 2. Испытания двухстороннего солнечного модуля (а) и высоковольтных солнечных модулей в установке с концентратором (б); отдельный высоковольтный солнечный модуль с напряжением 1 000 В (в)
Fig. 2. Test of bilateral solar module (a) and high-voltage solar modules installed with the concentrator (б); a single high-voltage solar module with 1000 V (в)

Наряду с заливкой солнечных модулей с планарными солнечными элементами (рис. 1 и 2а) [7] технология заливки гелем также применяется для изготовления высоковольтных матричных солнечных модулей, которые в свою очередь непосредственно используются в концентраторных теплофотоэлектрических установках (рис. 2б) [8, 9]. При использовании высоковольтного солнечного модуля с напряжением 1 000 В в стеклопакете с полисилоксановым компаундом и в установке с концентраторами снижается расход кремния солнечного качества, вырабатывается большая мощность и увеличивается электрический КПД до 24–28 % (рис. 2в).

Кроме планарных и высоковольтных солнечных модулей в ВИЭСХ разрабатываются и изготавливаются солнечные модули, интегрированные в кровельный материал, – солнечная черепица [10] (рис. 3). Солнечная черепица используется при строительстве зданий с одновременной электрогенерацией от солнечного излучения, что, с одной стороны, решает архитектурные и строительные задачи, а с другой, – обеспечивает автономное или параллельное с сетью электроснабжение потребителя. Одним изделием заменяется два (обычная покрывная черепица и фотоэлектрический модуль), совмещающая в себе обе функции (защитная и электрогенерирующая). Солнечная черепица представляет собой черепицу стандартной формы и изготавливается из вторичного сырья, что снижает стоимость производства и благоприятно сказывается на экологии. В состав данной черепицы входят солнечные элементы, герметизированные с помощью кремнийорганического двухкомпонентного полисилоксанового компаунда, который обеспечивает срок номинального режима работы солнечных элементов в 40–50 лет. Солнечная черепица изготавливается в двух вариантах – планарном (рис. 3а) и концентраторном (рис. 3б, в). В концентраторном исполнении солнечные элементы работают совместно с дополнительно установленным концентратором, что снижает стоимость солнечного модуля ввиду экономии кремния солнечного качества. Для увеличения работы в течение дня в концентраторную черепицу дополнительно устанавливается оптическая отклоняющая система, выполненная из множества ориентированных в одном направлении призм с острым углом между поверхностью входа и поверхностью выхода лучей [11].

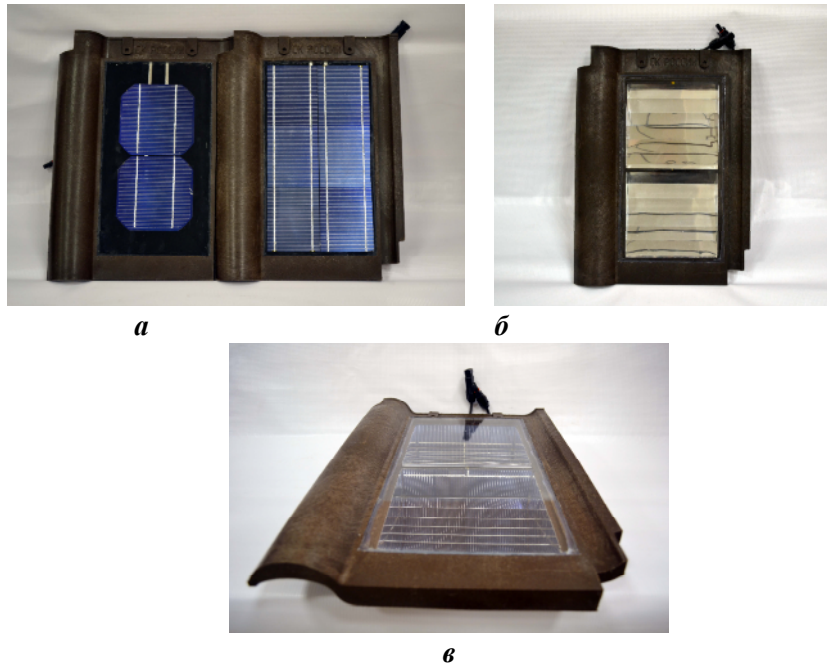


Рис. 3. Планарные (а) и концентраторные (б и в) солнечные черепицы с полисилоксановым компаундом
Fig. 3. Planar (a) and concentrator (б and в) solar tiles with the polysiloxane compound

Кровельные концентраторные солнечные панели устанавливаются на южном скате крыши здания под двумя возможными углами – для максимальной выработки в летние месяцы или же для максимальной выработки в зимние месяцы. При использовании дополнительной призматической оптической отклоняющей системы увеличивается эффективный апертурный угол солнечного модуля с концентратором, продолжительность работы в стационарном режиме, и уменьшаются косинусные потери. Кровельная концентраторная солнечная панель работает в ста-

ционарном режиме без слежения за Солнцем и собирает на приёмнике прямую и диффузную солнечную радиацию в пределах апертурного угла.

Результаты экспериментов и выводы

По результатам испытаний солнечных модулей [6] можно выявить положительные отличия между технологией герметизации с полисилоксановым компаундом и стандартной технологией ламинирования (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительные характеристики технологических процессов герметизации (полисилоксановый компаунд) и ламинирования (EVA)

Table 1

Comparative characteristics of technological sealing (polysiloxane compound) and laminating (EVA) processes

	EVA (этиленвинилацетат)	Полисилоксановый компаунд
Температура эксплуатации	$-30 \div +60$ °C	$-50 \div +250$ °C
Стойкость к ультрафиолету	низкая	высокая
Срок номинальной мощности	20–25 лет	40–50 лет
Потребление электроэнергии	40 кВт·ч	5 кВт·ч
Коэффициент преломления	1,482	1,406
Прозрачность для солнечного излучения с различными длинами волн	8 % ($\lambda = 360$ нм)	90 % ($\lambda = 360$ нм)
	62 % ($\lambda = 400$ нм)	92 % ($\lambda = 400$ нм)
	91 % ($\lambda = 600 \div 1000$ нм)	93 % ($\lambda = 600 \div 1000$ нм)
Корродирующий агент при изготовлении	уксусная кислота	нет
Корродирующий агент при старении	уксусная кислота	нет
Механическое напряжение изготовления старение	да	нет
	да	нет
Модуль упругости	10,0 N/мм ²	0,006 N/мм ²
Линейный коэффициент теплового расширения	$4,0 \times 10^{-4}$ K ⁻¹	$2,5 \times 10^{-4}$ K ⁻¹

Таким образом, солнечные модули, изготовленные по разработанной технологии герметизации, сохраняют более высокий уровень выработки энергии в течение периода, вдвое превышающего срок службы стандартного ламинированного модуля; в них отсутствуют внутренние механические напряжения; сохраняется высокая устойчивость к температурной, ультрафиолетовой и озонной деградации, а сама технология экологически безопасна.

Список литературы

1. Стребков Д.С., Персиц И.С., Чирков А.В., Кузнецов К.В. Опыт-промышленная технология производства фотоэлектрических модулей и комплект оборудования для её реализации // Труды 7-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Ч. 4. Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология» (Москва, 18–19 мая 2010 г.). М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. С. 87–92.
2. Sitec Solar GmbH. Sitec: Module production using adhesive rather than EVA // Photon International. 2008. No 6. P. 68.
3. Christoph Podewils. Photovoltaic insulation glass. A German company has developed production equipment for module manufacturing without the need for encapsulation foils // Photon International. 2007. No 7. P. 26–34.
4. Christoph Podewils. A nice module. Apollon Solar presents its line for innovative module technology // Photon International. 2008. No 6. P. 18–26.
5. Dow Corning Corp. Module encapsulation: Silicone rather than plastic // Photon International. 2009. No 4. P. 108.
6. Poulek V., Strebkov D.S., Persic I.S., Libra M. Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with silicone gel technology // Solar Energy. 2012. Vol. 86. P. 3103–3108.
7. Panchenko V.A. Review and applications of solar modules developed and produced by GNU VIESH // Research in Agricultural Electric Engineering. 2014. Vol. 2, № 3. P. 82–89.
8. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А. Солнечный тепло-фотоэлектрический модуль с параболоторическим концентратором // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2013. № 1/2. С. 35–39.
9. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А., Осьмаков М.И., Плохих С.А. Солнечная установка с матричными фотоэлементами и концентратором // Электро. 2013. № 2. С. 50–52.
10. Патент № 2557272 РФ МПК E04D 13/18. Кровельная солнечная панель / Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Иродионов А.Е., Панченко В.А., Майоров В.А. // Изобретение. 2015. № 20.

11. Решение о выдаче патента № 2014121269/20 РФ. Солнечный модуль с концентратором (варианты) / Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Иродионов А.Е., Панченко В.А. // Изобретение. 2015.

References

1. Strebkov D.S., Persits I.S., Chirkov A.V., Kuznetsov K.V. Opytno-promyshlennââ tehnologiâ proizvodstva fotoelektričeskikh modulej i komplekt oborudovaniâ dlâ eë realizacii. *Trudy 7-j Meždunarodnoj naučno-tehničeskoj konferencii «Ènergoobespečenie i ènergobereženie v sel'skom hozâjstve. P. 4. Vozobnovlâemye istočniki ènergii. Mestnye ènergoresursy. Èkologiâ»* (Moscow, 18-19 May 2010). Moscow: GNU VIESH Publ., 2010, pp. 87–92 (in Russ.).
2. Sitec Solar GmbH. Sitec: Module production using adhesive rather than EVA. *Photon International*, 2008, no. 6, p. 68 (in Eng.).
3. Christoph Podewils. Photovoltaic insulation glass. A German company has developed production equipment for module manufacturing without the need for encapsulation foils. *Photon International*, 2007, no. 7, pp. 26–34 (in Eng.).
4. Christoph Podewils. A nice module. Apollon Solar presents its line for innovative module technology. *Photon International*, 2008, no. 6, pp. 18–26 (in Eng.).
5. Dow Corning Corp. Module encapsulation: Silicone rather than plastic. *Photon International*, 2009, no. 4, p. 108 (in Eng.).
6. Poulek V., Strebkov D.S., Persits I.S., Libra M. Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with silicone gel technology. *Solar Energy*, 2012, vol. 86, pp. 3103–3108 (in Eng.).
7. Panchenko V.A. Review and applications of solar modules developed and produced by GNU VIESH. *Research in Agricultural Electric Engineering*, 2014, vol. 2, no. 3, pp. 82–89 (in Eng.).
8. Strebkov D.S., Majorov V.A., Panchenko V.A. Solnečnyj teplofotoelektričeskij modul' s parabolotoričeskim koncentratorem. *International Scientific Journal «Al'ternativnââ ènergetika i èkologiâ» (IS-JAEE)*, 2013, no. ½, pp. 35–39 (in Russ.).
9. Strebkov D.S., Majorov V.A., Panchenko V.A., Os'makov M.I., Plohih S.A. Solnečnââ ustanovka s matričnymi fotoèlementami i koncentratorem. *Èlektro*, 2013, no. 2, pp. 50–52 (in Russ.).
10. Strebkov D.S., Kirsanov A.I., Irodionov A.E., Panchenko V.A., Majorov V.A. Krovel'nââ solnečnââ panel' Patent no. 2557272 RF МПК E04D 13/18. *Izobretenie*, 2015, no. 20 (in Russ.).
11. Strebkov D.S., Kirsanov A.I., Irodionov A.E., Panchenko V.A. Solnečnyj modul' s koncentratorem (varianty) Rešenie o vydače patenta no. 2014121269/20 RF. *Izobretenie*, 2015 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



Статья поступила в редакцию 30.09.15. Ред. рег. № 2365

The article has entered in publishing office 30.09.15. Ed. reg. No. 2365

УДК 629.9:004.657

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ФОТОСЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК

В.С. Аbruков, А.В. Смирнов

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428015, Чувашская Республика, Чебоксары Московский пр., 15
тел.: 8(8352)45-56-00; e-mail: abrukov@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.008

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 14.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

С помощью искусственных нейронных сетей созданы многофакторные вычислительные модели, обобщающие результаты экспериментов по получению фотосенсоров на основе тонких пленок металлов и нанопленок линейно-цепочечного углерода. Полученные модели позволяют решать прямые и обратные задачи создания фотосенсоров с заданными характеристиками, а также прогнозировать новые технологии их создания.

Ключевые слова: фотосенсоры, тонкие пленки, металлы, линейно-цепочечный углерод, искусственные нейронные сети, многофакторные вычислительные модели.

NEURAL NETWORK MODELS OF PHOTOSENSORS BASED ON THIN FILMS

V.S. Abrukov, V.A. Smirnov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
15 Moskovsky ave., Cheboksary, Chuvash Republic, 428015 Russian Federation
ph.: 8(8352) 45-56-00, e-mail: abrukov@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.008

Referred 7 October 2015 Received in revised form 14 October 2015 Accepted 23 October 2015

The paper deals with the multifactor computing models, summarizing the results of experiments on the development of photosensors based on thin films of metals and nanofilms of linear-chain carbon, which are created by using artificial neural networks. These models allow engineers to solve the direct and inverse problems of creating of photosensors with desired characteristics, as well as to predict the new technology to create ones.

Keywords: photoelectric sensors, thin films, metals, linear-chain carbon, artificial neural networks, multifactor computational models.



Абруков Виктор Сергеевич
Victor S. Abrukov

Сведения об авторе: д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: солнечная энергетика, интеллектуальный анализ данных.

Публикации: 150.

Information about the author: DSc (physics and mathematics), Head of Applied Physics and Nanotechnology department, Chuvash State University named after I.N. Ulyanova.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: solar energy, data mining.

Publications: 150.



Смирнов Александр
Вячеславович
Alexander V. Smirnov

Сведения об авторе: инженер ЧГУ им. И.Н. Ульянова, председатель Ассоциации молодых физиков Чувашии.

Образование: Чувашский государственный университет.

Область научных интересов: углеродные нанотехнологии, солнечные энергоустановки, пленки серебра.

Публикации: 35.

Information about the author: engineer in CSU named after I.N. Ulyanova, chairman of the Association of Young Physicists of Chuvashia.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: carbon nanotechnology, solar power, silver films.

Publications: 35.

Введение

В настоящее время тонкопленочные технологии относятся к одному из перспективных направлений научных исследований в области электроники и энергетики.

В Чувашском университете проводятся исследования по разработке технологий получения фотосенсоров на основе тонких пленок металлов и нанопленок линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) [1, 2].

Фотосенсоры производят методом терморезистивного испарения путём напыления пленок металлов на подложку из монокристаллического кремния с последующим напылением на пленки металлов пленок ЛЦУ, легированных и не легированных азотом. Эксперименты проводились в вакууме (установка УВР-3М и «УРМ Алмаз») при давлении 10^{-4} Па.

Методика создания нейросетевых моделей и обсуждение результатов моделирования

Для всех полученных систем были измерены вольтамперные характеристики при освещении естественным светом и без освещения.

Эксперимент был многофакторным. Поэтому, с целью выявления закономерностей электрофизических характеристик с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС), были созданы многофакторные вычислительные модели, способные обобщать все закономерности вольтамперных характеристик.

Следует отметить, что ИНС являются уникальным инструментом аппроксимации функций нескольких переменных и построения многофакторных вычислительных моделей экспериментальных данных. Примеры и технологии ИНС описаны в [3–5].

Для создания ИНС-моделей применялась отечественная аналитическая платформа «Deductor» производства BasegroupLab, г. Рязань (www.basegroup.ru).

Пример экспериментальных данных при построении ИНС-моделей приведен в табл. 1. В целом при моделировании использовались следующие данные: названия металлов (Cd, Ag, Ni) и сплава Ag-Ni; значения полной электронной энергии атомов этих металлов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности по Полингу; наличие или отсутствие пленок ЛЦУ; значения темнового тока, фототока и напряжения, а также отношения k фототока к темновому току.

Таблица 1

Пример экспериментальных данных по характеристикам фотосенсоров и параметрам технологии, использованных при создании ИНС-моделей (часть данных)

Table 1

An example of the experimental data on the characteristics and parameters of photosensor technologies used to create ANN-models (a part of the data)

Полная электронная энергия, а.е.э	ЛЦУ	ЛЦУ лег.N	Термообработка	U, В	$k = I_{\text{фото}} / I_{\text{темн}}$
-6707,54	нет	нет	нет	0,50	0,95
-6707,54	нет	нет	нет	3,13	6,80
-6707,54	нет	нет	нет	4,54	8,45
-6707,54	нет	нет	нет	5,56	9,68
-6707,54	нет	нет	нет	6,36	10,49
-6707,54	нет	нет	нет	6,97	10,62
-6707,54	нет	нет	нет	7,78	9,13
-6707,54	нет	нет	нет	8,18	8,57
-6707,54	нет	нет	нет	8,38	8,47
-6707,54	нет	нет	нет	8,99	8,38
-6707,54	нет	нет	нет	10,00	8,46
-6707,54	нет	нет	да	4,54	1,54
...	...	...	...	...	...
-6707,54	нет	нет	да	10,00	280,66
-5466,94	нет	да	да	0,20	0,63
...	...	...	...	...	...
-5466,94	нет	да	да	20,00	386,15
-5199,47	нет	да	да	0,20	0,76
...	...	...	...	...	...
-5199,47	нет	да	да	20,00	46,25
-1507,96	нет	да	нет	0,61	0,31
...	...	...	...	...	...
-1507,96	нет	да	нет	20,00	1,76
-1507,96	нет	да	да	0,30	0,07
...	...	...	...	...	...
-1507,96	нет	да	да	10,00	3,65
-5466,94	нет	нет	да	3,02	1,04
...	...	...	...	...	...
-5466,94	нет	нет	да	20,00	5,71
-5466,94	да	нет	да	1,52	1,39
...	...	...	...	...	...
-5466,94	да	нет	да	10,00	23,04
-5199,47	нет	да	нет	1,01	95,59
...	...	...	...	...	...
-5199,47	нет	да	нет	20,00	2,69
-5199,47	да	нет	да	0,30	3,41
...	...	...	...	...	...
-5199,47	да	нет	да	10,00	66,98



В табл. 2 приведены результаты корреляционного анализа экспериментальных данных. Оценивалась корреляция между отношением фототока к темновому току и рядом других характеристик и параметров («Входные поля»). Анализ полученных результатов позволяет сделать важный вывод – значения корреляции показывают, что линейной связи k с входными

факторами нет (кроме темнового тока $I_{\text{темн.}}$, для которого некоторая линейная связь имеется), и, следовательно, задача является существенно нелинейной. Для выявления этой связи не подходят классические математические, статистические и графические методы анализа данных.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа экспериментальных данных

Table 2

The results of correlation analysis of experimental data

Входные поля		Корреляция с выходными полями
№	Поле	$k = I_{\text{фото}} / I_{\text{темн}}$
1	Полная электронная энергия, а.е.э	0,426
2	Энергия ионизации, kcal/mol	-0,373
3	Сродство к электрону, kcal/mol	0,43
4	Электроотр. по Полингу	0,414
5	$I_{\text{темн.}}$	0,649
6	$I_{\text{фото}}$	0,309
7	U , В	0,383

Для моделирования были выбраны структуры ИНС, соответствующие характеру и количеству собранных данных. Было получено несколько ИНС-моделей, решающих как прямые, так и обратные задачи выявления закономерностей, содержащихся в экспериментальных данных.

Ниже приведена методика решения прямой задачи – выявление закономерностей зависимости k от напряжения U и технологических параметров создания фотосенсоров.

На рис. 1 приведена архитектура ИНС, использованная для создания модели прямой задачи.

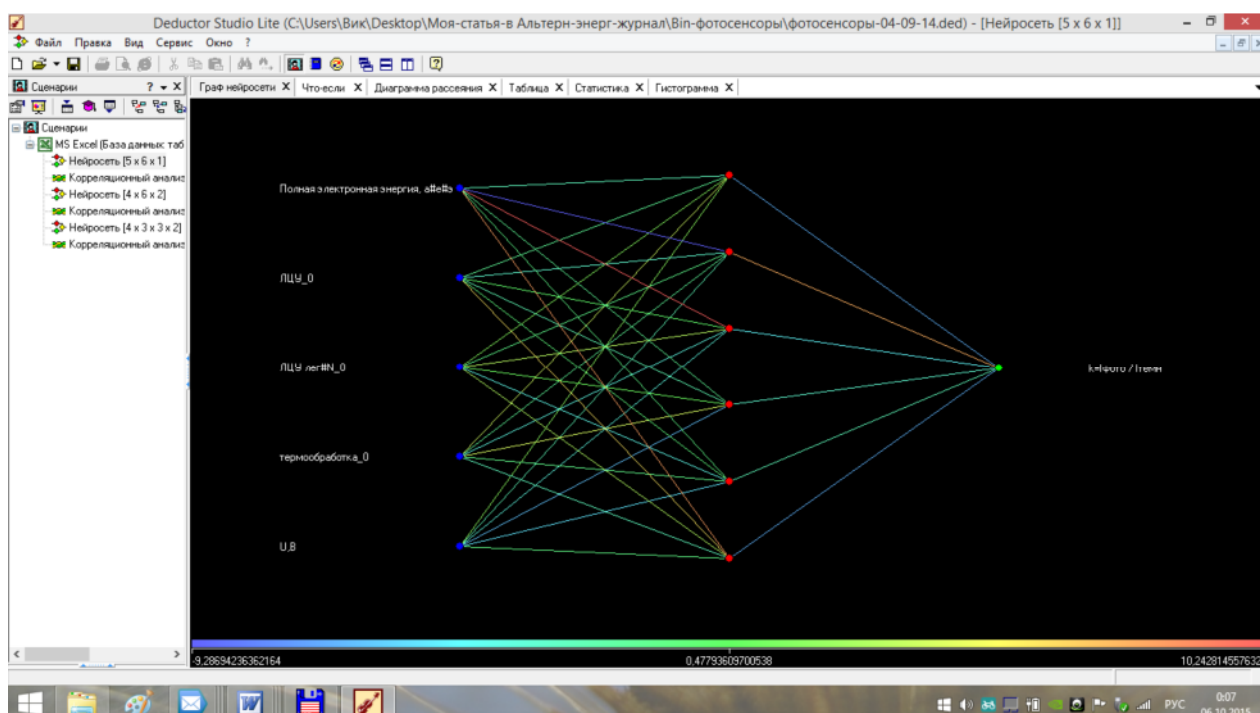


Рис. 1. Архитектура ИНС-модели зависимости отношения k фототока к темновому току от напряжения U и технологических параметров создания фотосенсоров.

Fig. 1. Architecture of ANN-model of the ratio k of the photocurrent to the dark current on the voltage U and technological parameters of a creation of photosensors. On a black background on the left – the factors that determine the value of k

Обучение ИНС заключалось в том, что различные наборы значений первых пяти столбцов табл. 1 подавались на входной слой ИНС, а соответствующие значения k устанавливались в выходном слое ИНС, и с помощью известного метода обучения ИНС-метода «обратного распространения ошибки» создавалась многофакторная вычислительная ИНС-модель, выявляющая зависимости k от входных факторов.

Примеры, иллюстрирующие выявленные моделью закономерности зависимости k от напряжения и технологических параметров создания фотосенсоров (сорта металла в виде значения полной электронной энергии атомов металла, наличия пленок ЛЦУ или ЛЦУ легированной азотом; наличия термообработки), представлены на рис. 2–5 и 7 с краткими комментариями.

Приведена только малая часть (не более 5 %) отличающихся друг от друга графиков, отражающих

выявленные закономерности экспериментальной функции пяти переменных k .

На всех рисунках, в таблице над графиками, приведены значения входных факторов. В нижней строчке таблицы – значение k для вышеприведенных значений факторов. На графике значения k отмечены на оси ординат. Над левой частью графика галочкой отмечен аргумент функции k , а на графике его значения отмечены на оси абсцисс.

Полученный комплекс ИНС-моделей можно рассматривать как базу знаний характеристик фотосенсоров и технологий их создания на основе тонких пленок металлов и нанопленок линейно-цепочечного углерода. Эта база знаний может решать задачи интерполяции и экстраполяции выявленных закономерностей, и тем самым решать различные научные и технологические задачи разработки новых типов фотосенсоров.

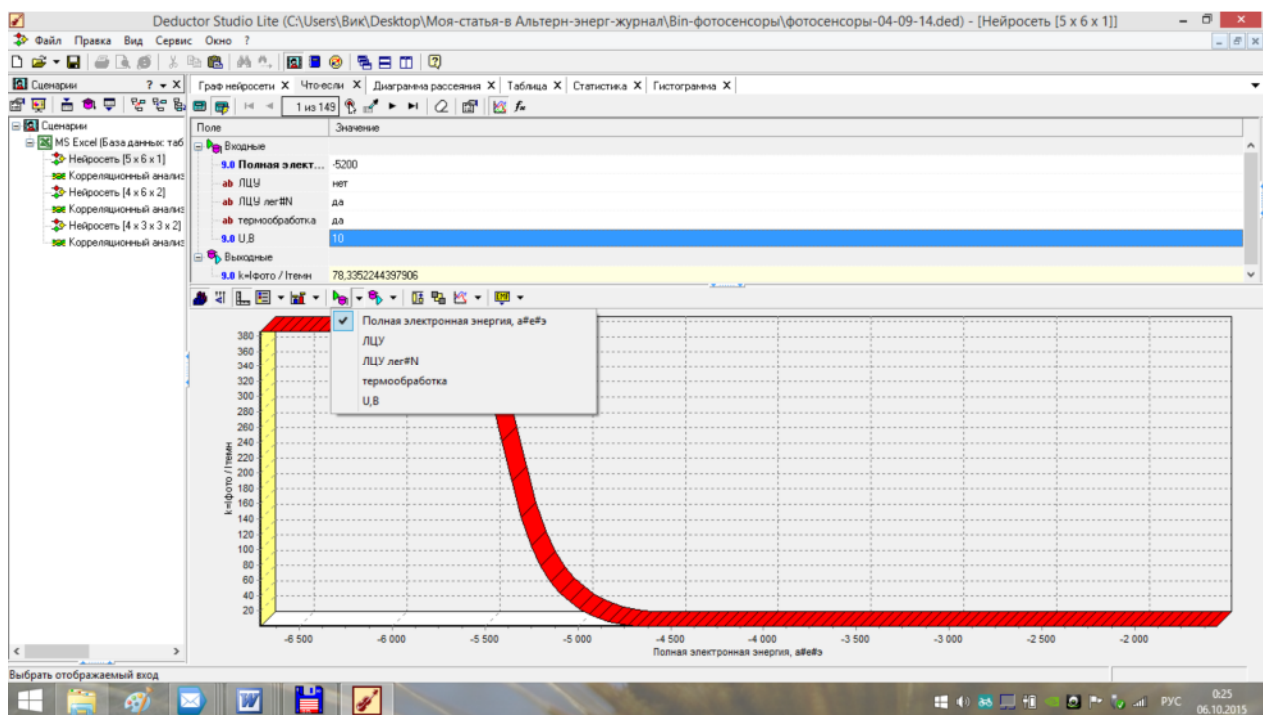


Рис. 2. Экран ИНС-модели для задачи интерполяции зависимости отношения k фототока к темновому току от полной электронной энергии металла или его сплава при $U = 10$ В. Остальные технологические параметры: ЛЦУ легированная азотом – «да», термообработка – «да». При увеличении U до 20 В график смещается вправо, а при уменьшении U до 2 В влево

Fig. 2. Screen of ANN-model for the interpolation of the ratio k of the photocurrent to the dark current on the total electronic energy of a metal or an alloy when $U = 10$ V. The other technological parameters are as follows: LCC doped with nitrogen – "yes", thermal treatment – "yes." When U increases to 20 V the graph is shifted to the right, and when U decreases to 2 V the graph is shifted to the left

На рисунке 3, в отличие от рис. 2, в качестве технологического параметра появляется «термообработка» – «нет». Анализ показывает, что отсутствие «термообработки» существенно меняет закономерности зависимости k как качественно (график имеет

ярко выраженный экстремум), так и количественно (максимальное значение k на порядок меньше, чем при «термообработке»).

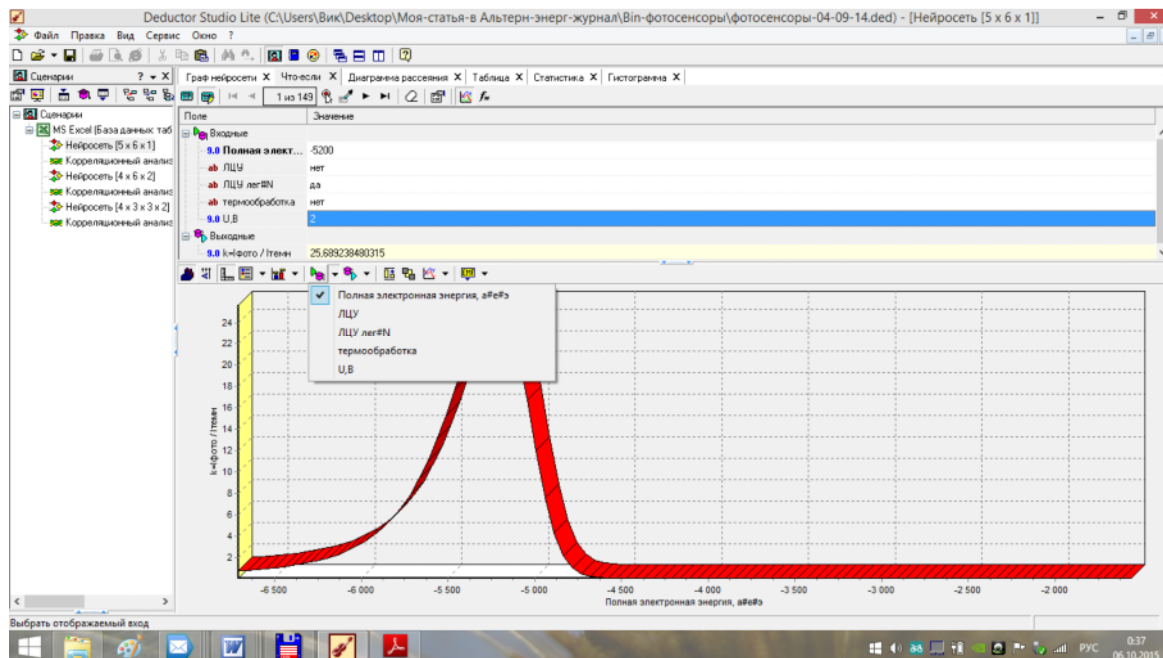


Рис. 3. Экран ИНС-модели для задачи интерполяции зависимости отношения k фототока к темновому току от полной электронной энергии металла или его сплава при $U = 2$ В

Fig. 3. Screen of ANN-model for the interpolation of the ratio k of the photocurrent to the dark current on the total electronic energy metal or alloy when $U=2$ В

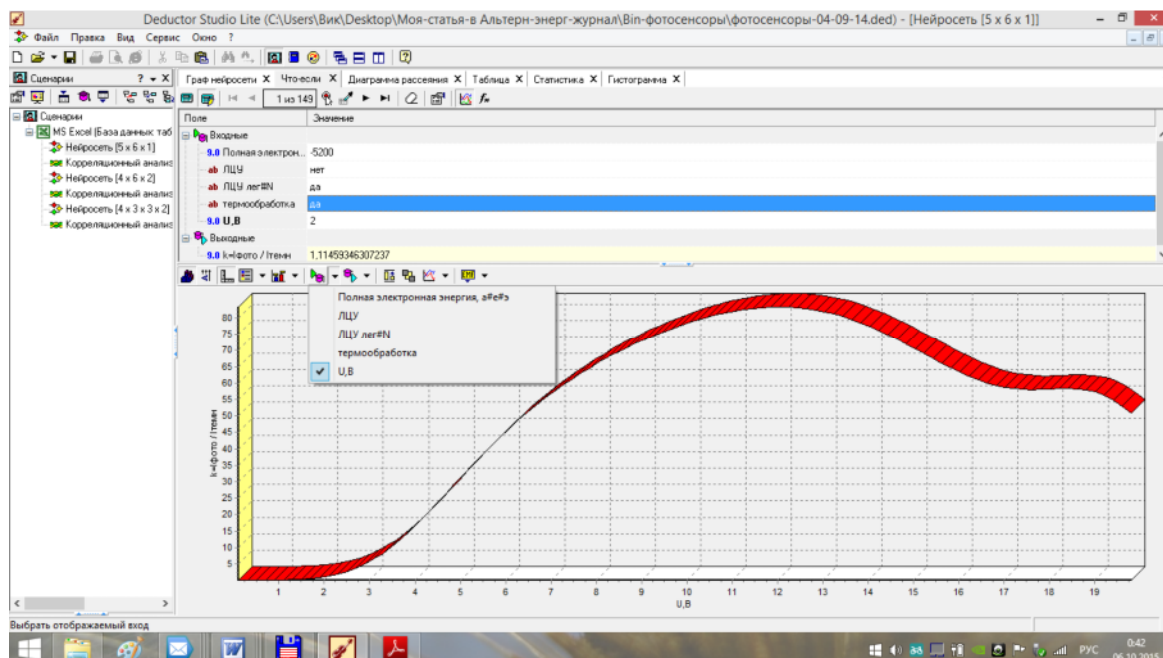


Рис. 4. Экран ИНС-модели для задачи интерполяции зависимости отношения k фототока к темновому току от напряжения U . Остальные технологические параметры: полная электронная энергия = -5200 , ЛЦУ легированная азотом – «да», термообработка – «да»

Fig. 4. Screen of ANN-model for the interpolation of the ratio k of the photocurrent to the dark current on the voltage U . The other technological parameters are as follows: the total electron energy = -5200 , LCC doped with nitrogen – "yes", thermal treatment – "yes"

На рис. 5, в отличие от случая, изображённого на рис. 4, приведена зависимость k от U , когда на металлическую пленку напылялась пленка ЛЦУ, не

легированная азотом. Диапазон изменения k увеличился в этом случае в три раза.

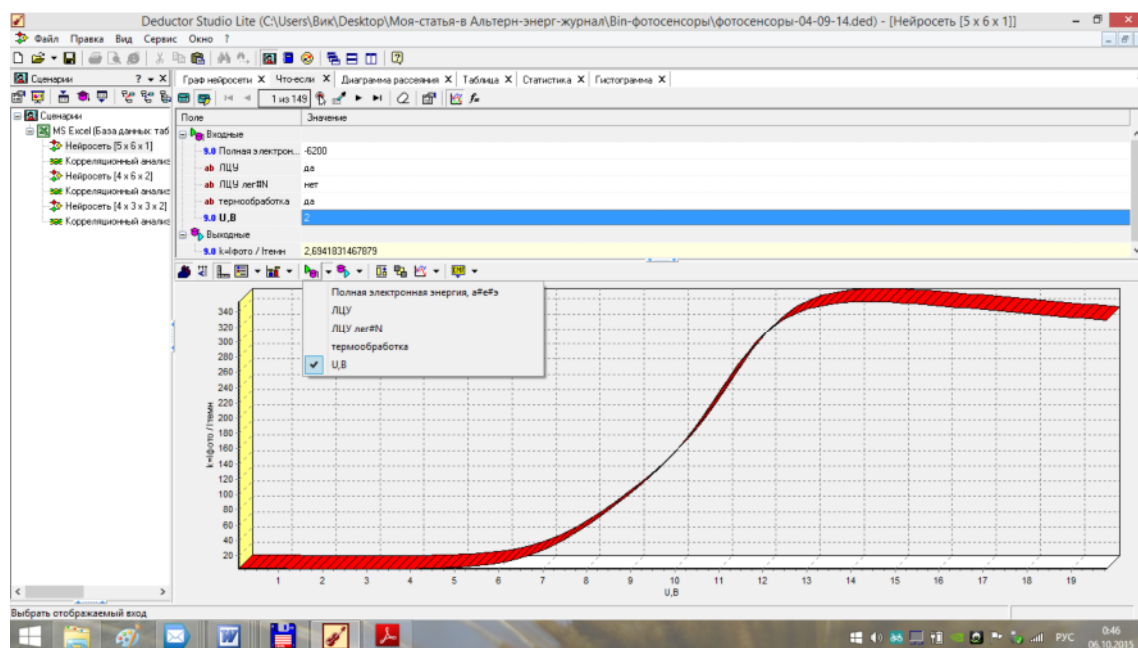


Рис. 5. Экран ИНС-модели для задачи интерполяции зависимости отношения k фототока к темновому току от напряжения U .
Остальные технологические параметры: полная электронная энергия = -6200, термообработка – «да»

Fig. 5. Screen of ANN-model for the interpolation of the ratio of the photocurrent to the dark current k on voltage U .
The other technological parameters are as follows: the total electronic energy = -6200, heat treatment - "yes"

На рис. 6 представлена архитектура одного из вариантов ИНС-модели решения обратной задачи – определение того, какой металл необходимо использовать (какая должна быть полная электронная энергия атомов металла), чтобы при заданных технологических параметрах (наличие нелегированной ЛЦУ,

ЛЦУ, легированной азотом, и термообработки) и заданном напряжении получить требуемое значение k . При создании этой ИНС-модели использовалась та же табл. 1, но целевыми функциями были полная электронная энергия металла и значение k .

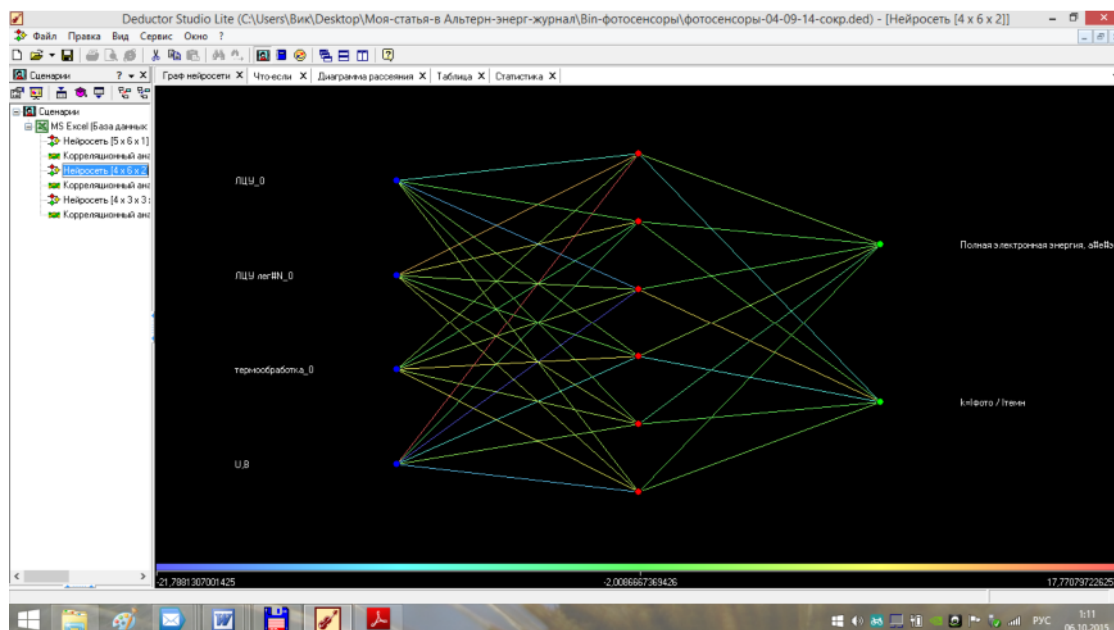


Рис. 6. Архитектура ИНС-модели решения обратной задачи
Fig. 6. Architecture of ANN-model of solving the inverse problem

На рис. 7 приведена иллюстрация решения данной обратной задачи.

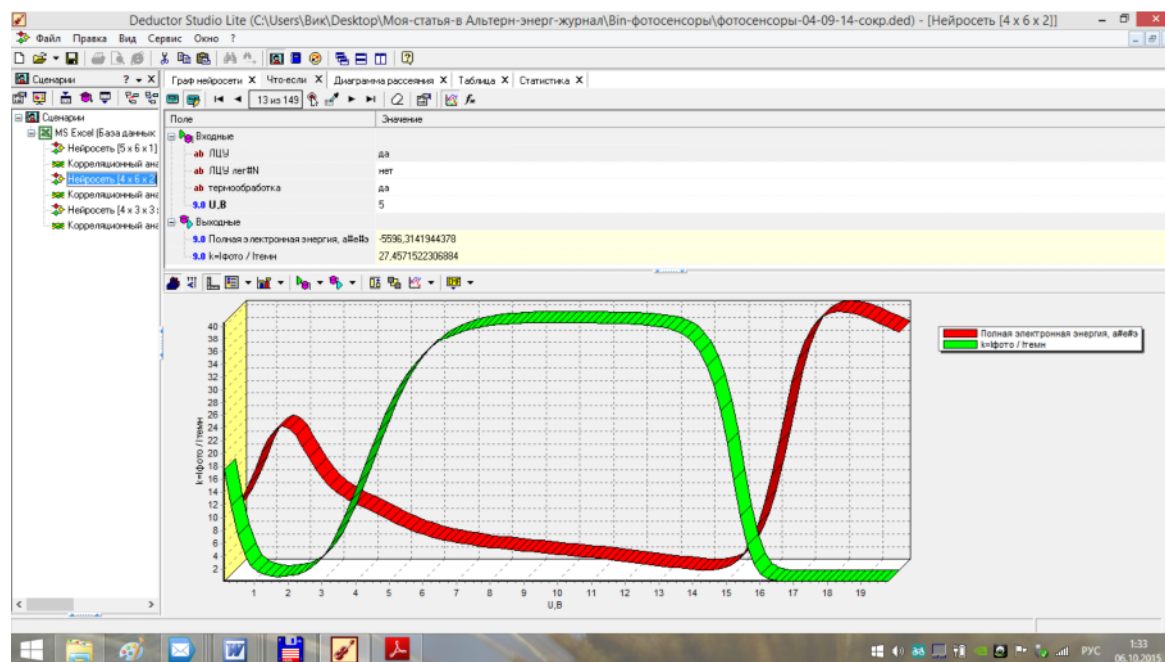


Рис. 7. Экран ИНС-модели решения обратной задачи. Над графиками указаны значения технологических параметров. «Входные» данные: ЛЦУ – «да», ЛЦУ, легированная азотом – «нет», термообработка – «да» и значение напряжения.

Нижне «Выходные» данные: полная электронная энергия и значение k

Fig. 7. Screen of ANN-model for solving of an inverse problem. Above graphs it is indicated the values of technological parameters. The "input" data: LCC – "yes," LCC doped with nitrogen – "no" heat treatment – "yes" and the voltage. The following are the "output" data: the total electron energy and the values of k

Результаты вычисления показывают, что если фотосенсор создается с помощью ЛЦУ и термообработки, и его рабочее напряжение равно 5 В, то для того чтобы k было равно примерно 27, числовое значение полной электронной энергии металла должно быть примерно 5 600. Графики показывают, как в зависимости от напряжения меняются значения k и обеспечивающие эти значения k требуемые значения полной электронной энергии.

Заключение

В статье представлена только малая часть созданных ИНС-моделей. В целом полученный комплекс ИНС-моделей является базой знаний характеристик и технологий создания фотосенсоров на основе тонких пленок металлов и нанопленок линейно-цепочечного углерода, которая способна решать различные научные и технологические задачи разработки новых типов фотодатчиков.

Цель дальнейших работ – создание базы знаний характеристик и технологий новых перспективных наноматериалов различной структуры и назначения.

Мы приглашаем всех, кто считает необходимым обобщить имеющиеся экспериментальные результаты в области нанотехнологий на принципиально новом уровне, к совместной работе в этом направлении.

Список литературы:

1. Патент на изобретение RUS 2360036 C23C26/00. Способ получения углеродного наноматериала, содержащего металл / Кочаков В.Д., Новиков Н.Д. // 22.10.2007.
2. Кочаков В.Д., Новиков Н.Д., Васильев А.И., Смирнов А.В. Элементы электроники на основе пленок линейно-цепочечного углерода // Вестник Чувашского университета. 2011. № 3. С. 194–197.
3. Аbruков В.С., Аbruков С.В., Смирнов А.В., Карлович Е.В. Методы интеллектуального анализа данных при создании баз знаний // Вестник Чувашского университета. 2015. № 1. С. 140–146.
4. Аbruков С.В., Смирнов А.В. Создание базы знаний – новое направление исследований наноматериалов и нанотехнологий // Вестник Чувашского университета. Чебоксары, 2013. Вып. 3. С. 52–56.
5. Abruков V.S., Karlovich E.V., Afanasyev V.N., Semenov Yu.V., Abruков S.V. Creation of propellant combustion models by means of data mining tools // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. 2010. № 9(5). P. 385–396.

References

1. Kochakov V.D., Novikov N.D. Sposob polucheniya uglerodnogo nanomateriala, soderzhashego metall Patent

na izobretenie RUS 2360036 C23C26/00 // 22.10.2007 (in Russ.).

2. Kochakov V.D., Novikov N.D., Vasil'ev A.I., Smirnov A.V. Elementy elektroniki na osnove plenok linejno-cepochecnogo ugleroda. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, 2011, no. 3, pp. 194–197 (in Russ.).

3. Abrukov V.S., Abrukov S.V., Smirnov A.V., Karlovich E.V. Metody intellektual'nogo analiza dannyh pri sozdanii baz znanij. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, 2015, no. 1, pp. 140–146 (in Russ.).

4. Abrukov S.V., Smirnov A.V. Sozdanie bazy znanij – novoe napravlenie issledovanij nanomaterialov i nanotekhnologii. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, Cheboksary, 2013, issue 3, pp. 52–56 (in Russ.).

5. Abrukov V.S., Karlovich E.V., Afanasyev V.N., Semenov Yu.V., Abrukov S.V. Sreation of propellant combustion models by means of data mining tools. *International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion*, 2010, no. 9(5), pp. 385–396 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995



International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



- Large and varied exhibition space ■
- Strong representation of the solar industry ■
- Poland's largest exhibition of the RES ■
- Attractive events program ■
- Diverse group of professionals visitors ■

**GreenPower as a meeting
of representatives of all
sectors of RES:**

solar energy



wind energy



hydropower



geothermal energy



biomass, biofuels



energy-saving technologies



greenpower.mtp.pl/en/



УДК 621.382.2/3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОПЕРЕХОДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ОДНОСТАДИЙНЫМ И ДВУСТАДИЙНЫМ МЕТОДОМ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ТРАВЛЕНИЯ

**Е.В. Контрош¹, А.В. Малевская¹, Н.М. Лебедева¹, Е.А. Гребенищикова¹,
Л.В. Контрош², Н.Д. Ильинская¹, В.С. Калиновский¹**

¹ФТИ им. А.Ф. Иоффе

РФ 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26

тел. 8(812) 297-22-45

²СПбГЭТУ им. В.И. Ленина

РФ 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

тел. 8(812) 346-29-23; e-mail: kontrosh@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.009

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 12.10.15 Принято к публикации: 19.10.15

В данной работе проведено исследование влияния постростовой технологии на фотоэлектрические характеристики многопереходных солнечных элементов. Выполнены исследования различных методов химического жидкостного травления структуры многопереходных солнечных элементов (МП СЭ) *GaInP/GaAs/Ge*, проведен анализ темновых вольтамперных характеристик (ВАХ), определено влияние постростовой технологии на эффективность солнечных элементов. Предложен метод одностадийного разделительного травления структуры, обеспечивающий гладкую боковую поверхность мезы, надежную пассивацию, хорошую стабильность характеристик и высокую эффективность преобразования концентрированного солнечного излучения.

В результате проведенных исследований установлено, что применение предложенного метода формирования мезы МП СЭ позволяет снизить поверхностные токи утечки, повысить качество пассивации боковой поверхности мезы чипов и, следовательно, увеличить выход годных многопереходных СЭ до 90–95 % с КПД больше 35 %, ($C = 10...100$, АМ0, 1 367 Вт/м²). Кроме того, технология одностадийного разделительного травления снижает количество операций, стоимость производства чипов и повышает надёжность при эксплуатации СЭ.

Данная разработка может применяться для создания высокоэффективных наногетероструктурных концентраторных многопереходных солнечных элементов как для наземных, так и для космических целей.

Ключевые слова: многопереходные солнечные элементы, солнечная энергетика, химическое жидкостное травление.

STUDY OF THE PHOTOVOLTAIC CHARACTERISTICS OF MULTI-JUNCTION SOLAR CELLS FABRICATED BY ONE-STEP AND TWO-STEP SEPARATION ETCHING

**E.V. Kontrosh¹, A.V. Malevskaya¹, N.M. Lebedeva¹, E.A. Grebenshchikova¹,
L.V. Kontrosh², N.D. Il'inskaya¹, V.S. Kalinovskiy¹**

¹Ioffe Physical-Technical Institute

26 Polytechnicheskaya str., St. Petersburg, 194021 Russian Federation

ph.: 8(812) 297-22-45

²Electrotechnical University "LETI"

5 Professor Popov str., St. Petersburg, 197376 Russian Federation

ph.: 8(812) 297-22-45, e-mail: kontrosh@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.009

Referred 7 October 2015 Received in revised form 12 October 2015 Accepted 19 October 2015

The present work investigates the influence of the post-growth technology on solar cell photovoltaic characteristics. Moreover, it researches the various methods of chemical wet etching of multi-junction *GaInP/GaAs/Ge* solar cell mesa structures. The paper pays attention to the analysis of the initial dark current-voltage characteristics and the in-



fluence of the post-growth technology on the solar cell efficiency. It suggests the method of one-step separation etching of the mesa structure providing its smooth side surface, a reliable passivation, good stability of characteristics and high conversion efficiency of concentrated solar radiation.

As a result of the research, it has been established that application of the proposed method for forming mesa multi-junction solar cells allows reducing the surface leakage current, improving the quality of passivation mesa side surface of a chip and, consequently, increasing the yield of multijunction solar cells up to 90–95% with an efficiency greater than 35% at sunlight concentration $C = 10 \dots 100$. The technology of one-step separation etching reduces the number of operations, the manufacturing cost of the chips and improves the reliability of the solar cell operation.

Keywords: multi-junction solar cells, solar energy, chemical wet etching.



Контрош Евгений Владимирович
Evgeny V. Kontrosh

Сведения об авторе: магистр, аспирант, ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Образование: СПбГУ Петра Великого.

Область научных интересов: солнечная энергетика, полупроводники, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы.

Публикации: 9.

Information about the author: MA, postgraduate, Ioffe Institute.

Education: St. Petersburg Polytechnic University.

Research area: solar energy, semiconductors, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells.

Publications: 9.



Малевская Александра Вячеславовна
Alexandra V. Malevskaya

Сведения об авторе: младший научный сотрудник, ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Образование: СПбГУ Петра Великого.

Область научных интересов: Солнечная энергетика, физика и химия полупроводников, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы, фотолитография.

Публикации: 20.

Information about the author: Jr. researcher, Ioffe Institute.

Education: St. Petersburg Polytechnic University.

Research area: solar energy, physics and chemistry of semiconductors, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells, photolithography.

Publications: 20.



Лебедева Наталья Михайловна
Nataliya M. Lebedeva

Сведения об авторе: аспирант, ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Образование: СПбГЭТУ им. В.И. Ленина.

Область научных интересов: солнечная энергетика, физика полупроводников и диэлектриков, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы, фотолитография.

Публикации: 7.

Information about the author: postgraduate, Ioffe Institute.

Education: Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg.

Research area: solar energy, physics of semiconductors and dielectrics, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells, photolithography.

Publications: 7.



Гребенщикова Елена Александровна
Elena A. Grebenshchikova

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Образование: ЛГУ им. А.А. Жданова.

Область научных интересов: солнечная энергетика, физика и химия полупроводников, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы, фотолитография.

Публикации: 39.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), senior researcher of Ioffe Institute.

Education: Zhdanov LSU.

Research area: solar energy, physics and chemistry of semiconductors, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells, photolithography.

Publications: 39.



Контрош Лидия Владимировна
Lidiya V. Kontrosh

Сведения об авторе: магистр, эколог СПбГЭТУ им. В.И. Ленина.

Образование: СПбГЭТУ им. В.И. Ленина.

Область научных интересов: солнечная энергетика, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы, биотехнические системы и технологии защиты окружающей среды.

Публикации: 2.

Information about the author: MA, ecologist of Electrotechnical University "LETI".

Education: Electrotechnical University "LETI".

Research area: solar energy, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells, biotechnical systems and environmental technology.

Publications: 2.



Ильинская Наталья Дмитриевна
Nataliya D. Il'inskaya

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Образование: ЛПИ им Калинина.

Область научных интересов: солнечная энергетика, физика и химия полупроводников, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы, фотолитография.

Публикации: 137.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), senior researcher of Ioffe Institute.

Education: Leningrad Polytechnic institute.

Research area: solar energy, physics and chemistry of semiconductors, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells, photolithography.

Publications: 137.



Калиновский Виталий Станиславович
Vitaly S. Kalinovskiy

Сведения об авторе: старший научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Образование: ЛПИ им Калинина.

Область научных интересов: солнечная энергетика, физика полупроводников, однопереходные и многопереходные наногетероструктурные концентраторные солнечные элементы.

Публикации: 100.

Information about the author: senior researcher of Ioffe Institute.

Education: Leningrad Polytechnic Institute.

Research area: solar energy, physics of semiconductors, single and multi-junction nanostructural concentrate solar cells.

Publications: 100.

Введение

На сегодняшний день наибольшей эффективностью (КПД) преобразования энергии падающего прямого солнечного излучения в электрическую обладают многопереходные наногетероструктурные солнечные элементы (МП СЭ) [1]. В МП СЭ, за счёт увеличения количества фотоактивных p - n -переходов, происходит снижение общего фототока, что в свою очередь требует необходимости учёта влияния туннельно-ловушечного (избыточного) и рекомбинационного (Саа-Нойс-Шокли) механизмов токопрохождения. Эти механизмы отрицательно сказываются на КПД МП СЭ, поскольку вносят существенный вклад в рост поверхностных токов утечки. Для снижения влияния поверхностных токов утечки на КПД МП СЭ разработана технология, которая позволяет формировать ровные боковые поверхности структуры $InGaP/Ga(In)As/Ge$ МП СЭ при разделении на чипы в одностадийном процессе жидкостного химического травления.

В приведённом исследовании применялась методика, согласно которой расчёт эффективностей преобразования падающего прямого солнечного излучения созданных $InGaP/Ga(In)As/Ge$ МП СЭ производился на основе анализа темновой вольтамперной характеристики (ВАХ) и связи с зависимостью КПД – ток генерации (η - J), что подробно рассмотрено в работах [2–4].

В ходе проведенных исследований было выявлено, что при выполнении финальной стадии разделения $InGaP/Ga(In)As/Ge$ гетероструктуры на чипы методами химического травления в большинстве традиционно используемых травителей происходит неравномерное протравливание различных слоев с образованием уступов на боковой поверхности мезы. Формирование подобного профиля боковой поверхности мезы происходит вследствие как различия скоростей травления разных по составу слоев структуры и их напряженности, так и материала подложки. Формирование такого профиля мезы приводит к возрастанию токов утечки.

Эксперимент

Были проведены исследования различных методов: одностадийного и двухстадийного химического жидкостного и электрохимического травлений для оптимизации технологического процесса формирования разделительной мезы с ровной вертикальной боковой поверхностью мезоструктуры.

При проведении двухстадийного травления *InGaP/Ga(In)As/Ge* гетероструктуры на первой стадии осуществляется травление многослойной структуры *GaInP/GaInAs* селективно до германиевой подложки методом жидкостного химического травления в травителе на основе бихромата калия и бромистоводородной кислоты следующего состава: $K_2Cr_2O_7$ 80–110 г/л +

+HBr 80–110 г/л [5]. На второй стадии осуществляется травление германиевой подложки методом электрохимического травления в электролите на основе водного раствора глицерина. Состав электролита для электрохимического травления германия варьируется в диапазонах 25–50 г/л глицерина и 0,2–21 г/л КОН.

Преимуществом данного метода является малая экспозиция и хорошее качество травления поверхности германиевого *p-n*-перехода и подложки, а недостатком – крайне сложный профиль боковой поверхности *InGaP/Ga(In)As* слоёв структуры МП СЭ (рис. 1), что резко усложняет процесс последующей защиты боковой поверхности мезы чипов и существенно снижает качество пассивирующего покрытия.

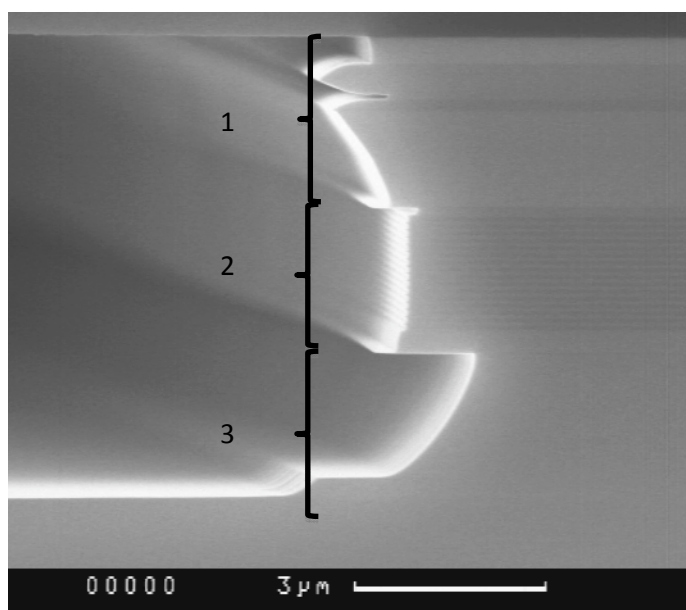


Рис. 1. Фото сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) мезы гетероструктуры после двухстадийного травления:
1 – *InGaP/Ga(In)As* гетероструктура; 2 – Брегговский отражатель; 3 – *Ge p-n*-переход и *Ge*-подложка

Fig. 1. Photo of the scanning electron microscope for heterostructures made by two-stage etching:
1 – *InGaP/Ga(In)As* heterostructure, 2 – Bregg reflector, 3 – *Ge p-n*-junction and *Ge* substrate

Для выравнивания профиля боковой поверхности разделительной мезы был разработан травитель для одностадийного разделительного травления многослойной гетероструктуры *InGaP/Ga(In)As* и германиевой подложки на основе бромистоводородной кислоты и перекиси водорода следующего состава: HBr : H_2O_2 : H_2O в объемном соотношении 8:1:140 [6]. Использование данного травителя позволяет выравнивать скорость травления слоев структуры и получить ровную вертикальную боковую поверхность мезы чипа МП СЭ. Важным аспектом травления в сильно разбавленном травителе является сохранение пропорционального соотношения объемов реагентов травителя – бромистоводородной кислоты и перекиси водорода – с площадью поверхности травления струк-

туры. В противном случае быстрее расходуется один из компонентов, состав травителя меняется и нарушается однородность процесса травления, происходит неравномерное протравливание структуры по слоям.

Для решения данной проблемы необходимо пропорционально с увеличением площади МП СЭ увеличивать объем травителя. На рис. 2 представлена фотография СЭМ одностадийного травления многослойных гетероструктур с Брегговским отражателем в травителе следующего состава HBr 80 мл : H_2O_2 8 мл : H_2O объемом 1 100 мл при исходной площади структуры 22 см². Профиль поверхности травления структуры ровный и без протравов, что обеспечивает снижение влияния поверхностных токов утечки и лучшие условия пассивации боковой поверхности чипов СЭ.

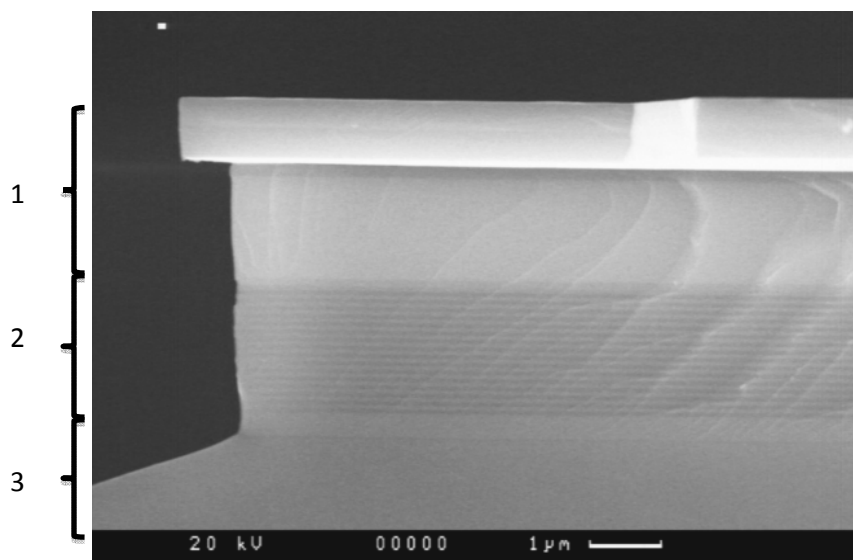


Рис. 2. Фото сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) разделительной мезы гетероструктуры после одностадийного травления: 1 – $InGaP/Ga(In)As$ гетероструктура; 2 – Брегговский отражатель; 3 – Ge $p-n$ -переход и Ge -подложка
Fig. 2. Photo of scanning electron microscope for heterostructures made by one-step etching: 1 – $InGaP/Ga(In)As$ heterostructure, 2 – Bregg reflector, 3 – Ge $p-n$ -junction and Ge substrate

Данный метод травления позволяет снизить количество постростовых операций путём проведения процесса в одном технологическом цикле с использованием одного травителя. Это особенно важно для постростовой технологии изготовления утонённых $InGaP/Ga(In)As/Ge$ структур с толщинами меньше 100 мкм.

Исследование вольтамперных характеристик чипов $InGaP/Ga(In)As/Ge$ солнечных элементов

Для оценки качества $InGaP/Ga(In)As/Ge$ СЭ, изготовленных одностадийным и двухстадийным методами разделительного травления, были измерены прямые темновые ВАХ элементов непосредственно на эпитаксиальных пластинах и проанализированы параметры полученных прямых темновых ВАХ $InGaP/Ga(In)As/Ge$ СЭ. На основе этого анализа, с использованием методики упомянутой ранее [2–4], были рассчитаны зависимости эффективности от плотности токов генерации.

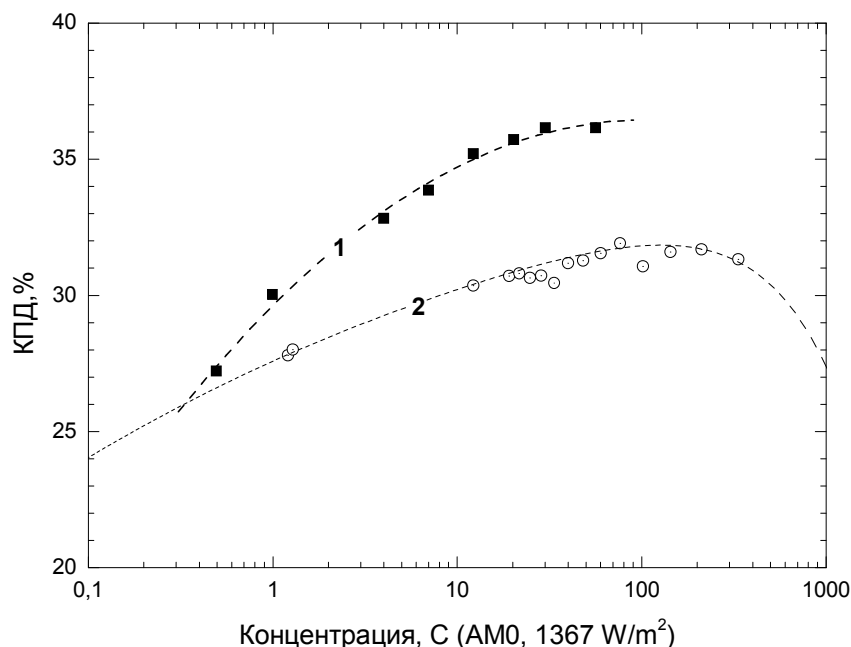


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные зависимости КПД от концентрации солнечного излучения СЭ, созданного с использованием одностадийного и многостадийного разделительного травления: 1 – одностадийный метод разделительного травления; 2 – двухстадийный метод разделительного травления
Fig. 3. Experimental and calculated dependences of the efficiency from the concentration of solar cell, made by one-stage and two-stage etching: 1 – one-step etching; 2 – two-step etching

На рис. 3 представлены расчётные и экспериментальные зависимости КПД от концентрации падающего солнечного излучения. Экспериментальные зависимости были получены на импульсном имитаторе со спектром солнечного излучения $AM0$ ($0,136 \text{ мВт/см}^2$) при комнатной температуре ($T = 300 \text{ К}$). Как видно из приведённых кривых, эффективность трёхпереходного $InGaP/Ga(In)As/Ge$ СЭ, полученного одностадийным методом разделительного травления в диапазоне кратностей концентрации падающего солнечного излучения от 1 до 100, выше, чем у элемента, полученного двустадийным методом, и увеличивается с ростом концентрации, достигая значения $KPD \geq 35 \%$ ($C = 10-100$, $AM0$, 1 367 Вт/м^2).

Заключение

Используя методику анализа параметров темновых вольтамперных характеристик МП СЭ и последующего расчёта зависимости эффективности от плотности тока генерации, было исследовано влияние формы боковой поверхности на доминирующие механизмы токопрохождения при разных уровнях засветки. Установлено, что предложенный метод формирования боковой поверхности мезы МП СЭ позволяет: снизить вклад туннельно-ловушечного (избыточного) и рекомбинационного механизмов токопрохождения в рост поверхностных токов утечки, повысить качество пассивации боковой поверхности мезы чипов и увеличить выход годных МП СЭ до 90–95 % с КПД больше 35 % ($C = 10-100$, $AM0$, 1 367 Вт/м^2).

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, Соглашение № 14-29-00178.

Список литературы

1. Dimroth F., Grave M., Beutel P., Fiedeler U., Karcher C., Tibbits T.N.D., Oliva E., Siefer G., Schachtner M., Wekkeli A., Bett A.W., Krause R., Piccin M., Blanc N., Drazek C., Guiot E., Ghyselen B., Salvétat T., Tauzin A., Signamarcheix T., Dobrich A., Hannappel T. and Schwarzburg K. Wafer bonded four-junction $GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs$ concentrator solar cells with 44.7% efficiency // *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*. 2014. Vol. 22, Iss. 3. P. 277–282.
2. Андреев В.М., Евстропов В.В., Калиновский В.С., Лантратов В.М., Хвостиков В.П. Токопрохождение и потенциальная эффективность (КПД) солнечных элементов на основе $p-n$ -переходов из $GaAs$ и $GaSb$ // *ФТП*. 2009. Т. 43, Вып. 5. С. 671.
3. Kalinovsky V.S., Evstropov V.V. and et al. On dependence of the multijunction $InGaP/GaAs/Ge$, $InGaP/GaAs$ solar cell efficiency on the sunlight concen-

tration // *Proc. 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. Humburg, Gemany, 2009. P. 733.

4. Andreev V.M., Kalinovsky V.S. and et al. // *Proc. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*. Valencia, Spain, 2010. P. 979.

5. Патент 2391744 РФ МПК8: H01L 31/18. Способ изготовления чипов фотоэлектрических преобразователей / Андреев В.М., Ильинская Н.Д., Калужный Н.А., Лантратов В.М., Малевская А.В., Минтаилов С.А. // дата приоритета 30.12.2008.

6. Патент 2485628 РФ МПК2011: H01L 31/18. Способ изготовления чипов наногетероструктуры и травитель / Андреев В.М., Гребенщикова Е.А., Задиранов Ю.М., Ильинская Н.Д., Калиновский В.С., Малевская А.В., Усикова А.А. // дата приоритета 20.06.2013.

References

1. Dimroth F., Grave M., Beutel P., Fiedeler U., Karcher C., Tibbits T.N.D., Oliva E., Siefer G., Schachtner M., Wekkeli A., Bett A.W., Krause R., Piccin M., Blanc N., Drazek C., Guiot E., Ghyselen B., Salvétat T., Tauzin A., Signamarcheix T., Dobrich A., Hannappel T. and Schwarzburg K. Wafer bonded four-junction $GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs$ concentrator solar cells with 44.7% efficiency. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 2014, vol. 22, iss. 3, pp. 277–282 (in Eng.).
2. Andreev V.M., Evstropov V.V., Kalinovsky V.S., Lantratov V.M., Hvostikov V.P. Tokoprohozhenie i potencial'naâ éffektivnost' (KPD) solnečnyh élementov na osnove $p-n$ -perehodov iz $GaAs$ i $GaSb$. *FTP*, 2009, vol. 43, iss. 5, p. 671 (in Russ.).
3. Kalinovsky V.S., Evstropov V.V. and et al. On dependence of the multijunction $In-GaP/GaAs/Ge$, $In-GaP/GaAs$ solar cell efficiency on the sunlight concentration. *Proc. 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Humburg, Gemany, 2009, p. 733 (in Eng.).
4. Andreev V.M., Kalinovsky V.S. and et al. // *Proc. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Valencia, Spain, 2010, p. 979 (in Eng.).
5. Andreev V.M., Il'inskaya N.D., Kalyuzhny N.A., Lantratov V.M., Malevskaya A.V., Mintairov S.A. Sposob izgotovleniâ čipov fotoelektričeskikh preobrazovatelej. Patent 2391744 Russian Federation MPK8: H01L 31/18 (30.12.2008) (in Russ.).
6. Andreev V.M., Grebenshchikova E.A., Zadiranov Yu.M., Il'inskaya N.D., Kalinovsky V.S., Malevskaya A.V., Usikova A.A. Sposob izgotovleniâ čipov nanogeterostruktury i travitel'. Patent 2485628 Russian Federation MPK2011: H01L 31/18 (20.06.2013) (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 621.383

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ МОДУЛИ С НАПРЯЖЕНИЕМ 1 000 В

В.А. Панченко, Д.С. Стребков, В.И. Поляков, Ю.Д. Арбузов

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
РФ 109456, Москва, 1-й Вешняковский проезд, 2
тел.: +7(926)275-21-04; e-mail: pancheska@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.010

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 15.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

В статье приведён обзор исследований высоковольтных матричных солнечных модулей. Высоковольтный солнечный модуль с двухсторонней рабочей поверхностью выполнен в виде матрицы из коммутированных миниатюрных солнечных элементов (микроСЭ), у которых один или два линейных размера соизмеримы с диффузионной длиной неосновных носителей тока в базовой области, а плоскости *p-n*-переходов перпендикулярны рабочей поверхности высоковольтного солнечного модуля (ВСМ). При работе высоковольтных солнечных модулей совместно с концентраторами солнечного излучения заметно улучшаются электрические характеристики по сравнению с работой солнечных элементов без концентраторов. ВСМ третьего поколения с КПД 20–24 % разработаны и изготовлены на экспериментально-технологическом участке ФГБНУ ВИЭСХ, а испытаны при концентрированном солнечном излучении в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт», (г. Харьков, Украина).

Ключевые слова: высоковольтные солнечные модули, матричные солнечные модули, эффективность, постоянное напряжение, полисилоксановый компаунд.

HIGH-VOLTAGE SOLAR MODULES WITH A VOLTAGE OF 1000 V

V.A. Panchenko, D.S. Strebkov, V.I. Polyakov, Yu.D. Arbuzov

All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture
2, 1st Veshnyakovsky dr., Moscow, 109456 Russian Federation
ph.: +7(926)275-21-04, e-mail: pancheska@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.010

Referred 7 October 2015 Received in revised form 15 October 2015 Accepted 23 October 2015

The paper deals with the study of high-voltage matrix solar modules. The high-voltage solar module with two-sided working surface is in the form of a matrix of switched miniature solar cells, in which one or two linear dimensions are comparable with the diffusion length of minority carriers in the base region, and the plane of *p-n* junctions are perpendicular to the working surface of the high-voltage solar module. Using high-voltage solar modules together with solar radiation concentrators markedly improves the electrical characteristics of the solar cells compared to the work without a concentrator. Third generation high-voltage matrix solar modules with efficiency of 20–24 % were designed and manufactured in the experimental area of the process of the VIESH and tested under concentrated solar radiation in National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkov, Ukraine.

Keywords: high-voltage solar modules, matrix solar modules, efficiency, constant voltage, polysiloxane compound.



Панченко
Владимир Анатольевич
Vladimir A. Panchenko

Сведения об авторе: канд. техн. наук, заведующий лабораторией солнечных фотоэлектрических модулей, ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Область научных интересов: солнечная энергетика, автономное энергоснабжение, сельское хозяйство.

Публикации: 42.

Information about the author: PhD (engineering), the Head of the Laboratory of Solar Photovoltaic Modules, VIESH.

Education: Bauman Moscow State Technical University.

Research area: solar energy, autonomous power supply, agriculture.

Publications: 42.



Стребков Дмитрий Семёнович
Dmitriy S. Strebkov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, научный руководитель института, ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, МГУ им. М.В. Ломоносова.

Область научных интересов: возобновляемая энергетика, автономное энергоснабжение, сельское хозяйство.

Публикации: 1 340.

Information about the author: DSc (engineering), the scientific director of the institute, VIESH.

Education: Moscow Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture; Lomonosov Moscow State University.

Research area: renewable energy, autonomous power supply, agriculture.

Publications: 1 340.



Поляков Владимир Иванович
Vladimir I. Polyakov

Сведения об авторе: начальник экспериментально-технологического участка, ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: Военная академия РВСН имени Петра Великого.

Область научных интересов: солнечные элементы, полупроводники.

Публикации: 41.

Information about the author: Head of Experimental Technology Section, VIESH.

Education: Military Academy of Strategic Rocket Forces.

Research area: solar cells, semiconductors.

Publications: 41.



Арбузов Юрий Дмитриевич
Yuriy D. Arbuzov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: Московский физико-технический институт.

Область научных интересов: солнечные элементы, полупроводники.

Публикации: 162.

Information about the author: PhD (engineering), leading researcher, VIESH.

Education: Moscow Institute of Physics and Technology.

Research area: solar cells, semiconductors.

Publications: 162.

Введение

Все известные современные планарные солнечные элементы из кремния не используются при концентрированном солнечном излучении из-за резкого снижения эффективности при увеличении освещённости. В настоящее время большинство мировых производителей изготавливают солнечные элементы из кремния с эффективностью 15–18 %, а в массовом производстве для повышения эффективности до 25 % и более нужны новые физические принципы, новые конструкции и технологии. В технологии матричных солнечных модулей (высоковольтных сол-

нечных модулей – BCM) предлагается разделить пространственно освещаемые поверхности солнечного элемента на области генерации носителей заряда и области с p - n -переходом, ответственные за разделение и собирание носителей. При этом площадь легированного слоя, p - n -перехода и p - p^+ -перехода на освещаемых поверхностях снижена более чем в 50 раз, а 99 % площади поверхности отведено для генерации электронно-дырочных пар при прямом взаимодействии квантов солнечного излучения с базовой областью солнечного элемента. Целью рассматриваемой технологии является создание высокоэффективных высоковольтных солнечных модулей третье-

го поколения на основе монокристаллического кремния с рабочим напряжением до 1 000 В, эффективностью 20 % и более при концентрированном солнечном излучении.

Свойства высоковольтного солнечного модуля

На рисунке 1 ВСМ состоит из миниатюрных солнечных элементов 1, содержащих p - n -переходы 2, изотопные переходы 3, базовую область n -типа 4 и легированный изотопный p^+ слой 5, внешние металлические контакты 6, внутренние металлические контакты 7, пассивирующую пленку 8, просветляющее покрытие 9 на рабочей поверхности 10. При этом p - n -переходы 2 расположены перпендикулярно рабочей поверхности 10. Один или два линейных размера миниатюрных солнечных элементов 1 соизмеримы с диффузионной длиной неосновных носителей тока в базовой области 4. Пассивирующая пленка 8 толщиной 10–30 нм расположена на свободной от p - n -переходов поверхности 10.

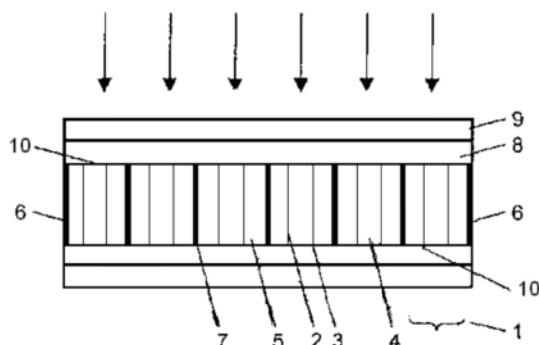
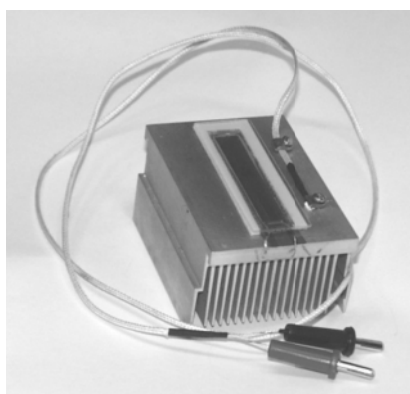
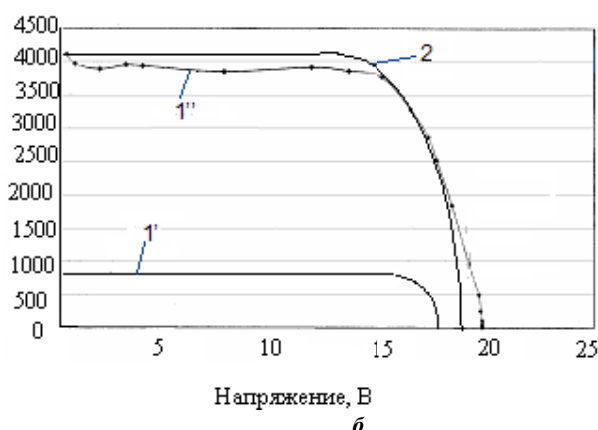


Рис. 1. Высоковольтный солнечный модуль
Fig. 1. High-voltage solar module



а



б

Рис. 3. Секция высоковольтного солнечного модуля с радиатором воздушного охлаждения (а).
Вольт-амперные характеристики высоковольтного солнечного модуля с размерами 10 x 60 x 0,4 мм (б):
1' – освещенность 102 кВт/м², КПД 24 %; 1'' – 493 кВт/м², КПД 20 %;
2 – ВХ планарного солнечного модуля размером 1,2 x 0,54 м при освещенности 1 кВт/м², КПД 12 %

Fig. 3. Section of high-voltage solar module with the air-cooling radiator (a).

Current-voltage characteristics of high-voltage solar module with dimensions of 10 x 60 x 0.4 mm (b):

1' – illumination 102 kW/m², efficiency 24 %; 1'' – 493 kW/m², efficiency 20 %;

2 – current-voltage characteristics planar solar module with dimensions 1.2 x 0.54 m at the illumination 1 kW/m², efficiency 12 %

Характеристики ВСМ с размерами 1 см² x 1 см²

На рисунке 2 представлена вольт-амперная характеристика ВСМ с КПД 20–24 %, испытанного в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина профессором Г.С. Хрипуновым и кандидатом технических наук В.Р. Копац.

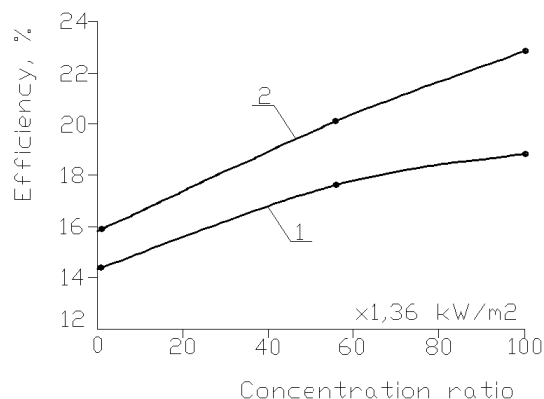


Рис. 2. Зависимость эффективности высоковольтного солнечного модуля (1 см x 1 см) от интенсивности солнечного излучения с использованием импульсного симулятора солнечного излучения:

1 – при одностороннем освещении и закрытой тыльной поверхности; 2 – при одностороннем освещении и открытой тыльной поверхности

Fig. 2. The dependence of the efficiency of high-voltage solar module (1 cm x 1 cm) on the intensity of solar radiation using a pulse simulator of solar radiation:

1 – with one-sided illumination and closed the back surface; 2 – with one-sided lighting, and an open rear surface

Экспериментальные характеристики ВСМ с размерами 1 см² x 6 см²

На рис. 3а показана секция ВСМ с размерами $10 \times 60 \times 0,4$ мм в оболочке из стекла с полисилоксановым компаундом, содержащая 25 микроэлементов и установленная на воздушном радиаторе. Общая ширина контактов всех солнечных фотоэлектрических микроэлементов на рабочей поверхности составила 150 мкм [1]. На рис. 3б представлены вольтамперные характеристики ВСМ размером $10 \times 60 \times 0,4$ мм с радиатором воздушного охлаждения при различной освещенности. При концентрированном импульсном освещении с плотностью потока $102,5 \text{ кВт/м}^2$ КПД ВСМ площадью 6 см^2 составил 24 %, рабочее напряжение 16,3 В, рабочий ток 0,9 А, фото-ЭДС 19 В (кривая 1'). Сила тока короткого замыкания ВСМ линейно увеличивается с ростом освещенности, напряжение растёт, как и коэффициент заполнения, что повышает КПД до 24 % при освещенности $102,5 \text{ кВт/м}^2$. Электрическая мощность 59,16 Вт получена при освещенности 493 кВт/м^2 и КПД ВСМ 20 % (рисунок 3б, кривая 1'').

Таким образом, ВСМ площадью 6 см^2 при интенсивности освещения 493 кВт/м^2 имеет электрическую мощность 60 Вт, рабочее напряжение 15 В и силу тока 4 А, равную пиковой мощности, напряжению и силе тока традиционного фотоэлектрического модуля на основе планарных кремниевых солнечных

элементов при стандартной освещенности 1 кВт/м^2 и температуре 25°C .

Двусторонний высоковольтный солнечный модуль с напряжением 1 000 В

Двусторонний матричный ВСМ с размерами $0,7 \text{ м} \times 0,1 \text{ м}$ (рис. 4) предназначен для создания солнечных электростанций постоянного тока с высоким напряжением (более 1 000 В). Столь высокое напряжение позволяет использовать модули с бестрансформаторными инверторами и присоединять их к высоковольтным линиям постоянного тока с напряжением 110–500 кВ без преобразовательных подстанций. Эффективность разработки заметна при использовании матричного ВСМ с концентраторами по сравнению с планарным ВСМ (одинаковой мощности). Матричный солнечный модуль длиной 0,7 м имеет напряжение холостого хода 1 059 В и рабочее напряжение 900 В. Стоимость же преобразовательных подстанций составляет до 30 % от стоимости солнечных электростанций, а для получения рабочего напряжения 900 В с использованием традиционных планарных солнечных модулей потребуется соединить последовательно более 1 500 планарных солнечных элементов с размерами 156×156 мм каждый.

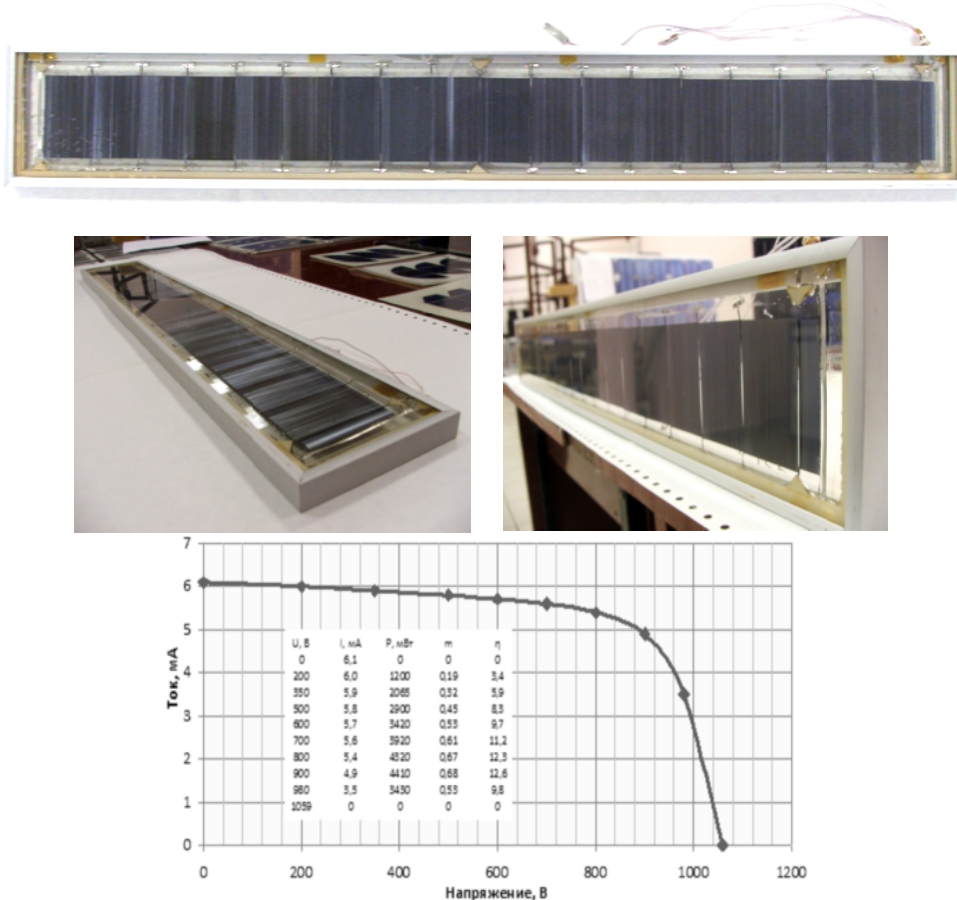


Рис. 4. Высоковольтный матричный солнечный модуль с размерами $0,7 \text{ м} \times 0,1 \text{ м}$ и его вольтамперная характеристика без концентрации солнечного излучения
Fig. 4. High-voltage matrix solar module with dimensions of $0.7 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$ and its current-voltage characteristic without concentration solar radiation

Параметры ВСМ при естественном солнечном освещении (814 Вт/м^2) без концентрации представлены в таблице 1.

Параметры ВСМ с размерами $0,7 \text{ м} \times 0,1 \text{ м}$ при естественном солнечном освещении (814 Вт/м^2)

Таблица 1

Table 1

Parameters of the HVSM with the sizes $0.7 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$ with natural sunlight (814 W / m^2)

Общие размеры солнечного модуля: Длина, мм Ширина, мм Толщина, мм Масса модуля, кг Гарантийный срок номинальной мощности, лет Заполнитель-герметик Возможность использования с концентраторами солнечного излучения Рост силы тока при концентрации солнечного излучения Рост КПД при концентрации солнечного излучения	703 105 17 1,8 40–50 Двухкомпонентный полисилоксановый компаунд Есть (1–500 крат и более, ограничена свойствами концентратора) Линейный КПД увеличивается (нелинейно)
Размеры единичного фотоэлемента: Длина, мм Ширина, мм Толщина, мм Количество в модуле, шт	35 60 0,3 18
Показатели без концентрации: Напряжение холостого хода, В Сила тока короткого замыкания, мА Напряжение в рабочей точке, В Сила тока в рабочей точке, мА Мощность (одна сторона), Вт Коэффициент заполнения ВАХ КПД фотопреобразования (без концентрации), %	1059 6,1 900 4,9 4,4 0,68 12,6

ВСМ состоит из определённого количества последовательно соединённых секций. Суммируя ВАХ всех секций, можно рассчитать параметры ВАХ ВСМ размером $650 \times 60 \text{ мм}$ при освещённости 51 кВт/м^2 , где сила тока короткого замыкания составляет 337 мА , фото-ЭДС 1559 В , рабочее напряжение 1365 В , коэффициент заполнения ВАХ $0,78$, сила тока в рабочей точке $0,3 \text{ А}$, оптимальная мощность 409 Вт , КПД $20,42 \%$. Последовательная коммутация 370 высоковольтных модулей в солнечной электростанции позволит получить выходное напряжение 500 кВ при электрической мощности $151,3 \text{ кВт}$. Дальнейшее увеличение мощности можно получить при параллельном соединении ВСМ.

Результаты экспериментов и выводы

Сравнение характеристик планарных [2] и высоковольтных матричных солнечных модулей из монокристаллического кремния представлено в таблице 2. ВСМ имеют двустороннюю рабочую поверхность. За счёт отражения солнечного излучения на тыльную поверхность, электрическая мощность и КПД модуля растут, и это надо учитывать при сравнении планарных и высоковольтных солнечных модулей. Также ВСМ служат в 2 раза дольше (40–50 лет) в сравнении с зарубежными планарными солнечными модулями, КПД $20\text{--}24 \%$ при $50\text{--}200$ кратной концентрации, причём такое значение КПД сохраняется при повышении температуры до $60 \text{ }^\circ\text{C}$, что упрощает систему охлаждения модулей, а сила тока модуля растёт пропорционально концентрации.

Таблица 2

Сравнение характеристик планарных и высоковольтных солнечных модулей

Table 2

Comparison of the planar and high-voltage solar modules characteristics

Параметр	Высоковольтный солнечный модуль (технология заливки компаундом)	Планарный солнечный модуль (технология ламинирования)
Напряжение, В	1 000	12, 24
Гарантийный срок номинальной мощности, лет	40 – 50 [3,4]	20–25
Средний КПД при солнечном излучении 1 кВт/м ² , спектре АМ 1,5 и температуре 25 °С, %	12–14	15,1
КПД при концентрированном солнечном излучении 100 кВт/м ² , спектре АМ 1,5 и температуре 25 °С, %	20 – 24	1
Температура эксплуатации	–30 ÷ + 60 °С	–50 ÷ + 250 °С
Стойкость к ультрафиолету	высокая	низкая
Корродирующий агент при изготовлении	нет	уксусная кислота
Корродирующий агент при старении	нет	уксусная кислота
Механическое напряжение изготовления старение	нет	да
	нет	да
Прозрачность для солнечного излучения с различными длинами волн	90 % ($\lambda = 360$ нм)	8 % ($\lambda = 360$ нм)
	92 % ($\lambda = 400$ нм)	62 % ($\lambda = 400$ нм)
	93 % ($\lambda = 600 \div 1\,000$ нм)	91 % ($\lambda = 600 \div 1\,000$ нм)

Технология производства ВСМ адаптирована к условиям промышленного производства, в ней не используются многостадийная диффузия, фотолитография, сеткография, вакуумная металлизация и т.д., исключено применение серебра. Стоимость производства ВСМ соизмерима со стоимостью планарных модулей в расчёте на единицу площади. Развитие технологии ВСМ третьего поколения на основе монокристаллического кремния позволит создать солнечные электростанции с концентраторами с более низкими удельными затратами на 1 кВт установленной мощности и более высокой эффективностью производства электроэнергии по сравнению с тепловыми электростанциями, работающими на угле.

Список литературы

1. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А., Осьмаков М.И., Плохих С.А. Солнечная установка с матричными фотоэлементами и концентратором // Электро. 2013. № 2. С. 50–52.
2. Panchenko V.A. Review and applications of solar modules developed and produced by GNU VIESH // Research in Agricultural Electric Engineering. 2014. Vol. 2, № 3. P. 82–89.
3. Стребков Д.С., Персик И.С., Чирков А.В., Кузнецов К.В. Опыт-промышленная технология производства фотоэлектрических модулей и комплект оборудования для её реализации // Труды 7-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», Ч. 4: Возобновляемые источники энер-

гии. Местные энергоресурсы. Экология» (Москва, 18–19 мая 2010 г.). М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. С. 87–92.

4. Poulek V., Strebkov D.S., Persic I.S., Libra M. Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with silicone gel technology // Solar Energy. 2012. Vol. 86. P. 3103–3108.

References

1. Strebkov D.S., Majorov V.A., Panchenko V.A., Os'makov M.I., Plohih S.A. Solnečnââ ustanovka s matričnymi fotoèlementami i koncentratorom. *Èlektró*, 2013, no. 2, pp. 50–52 (in Russ.).
2. Panchenko V.A. Review and applications of solar modules developed and produced by GNU VIESH. *Research in Agricultural Electric Engineering*, 2014, vol. 2, no. 3, pp 82–89 (in Eng.).
3. Strebkov D.S., Persits I.S., Chirkov A.V., Kuznetsov K.V. Opytno-promyšlennââ tehnologiâ proizvodstva fotoèlektričeskikh modulej i komplet oborudovaniâ dlâ eë realizacii. *Trudy 7th Meždunarodnoj naučno-tehničeskoj konferencii "Ènergoobespečenie i ènergobereženie v sel'skom hozâjstve"*, part 4: "Vozobnovlâemye istočniki ènergii. Mestnye ènergoresursy. Èkologiâ" (Moscow, 18–19 May 2010). Moscow: GNU VIESH Publ., 2010, pp. 87–92 (in Russ.).
4. Poulek V., Strebkov D.S., Persic I.S., Libra M. Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with silicone gel technology. *Solar Energy*, 2012, vol. 86, pp. 3103–3108 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995



ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ ИМИТАТОРА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОПЕРЕХОДНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

С.А. Богомолова^{1,2}

¹ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
РФ 428015, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский просп., 15
тел.: +7(8352)45-21-93; e-mail: s_bogomolova@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ФГУП ВНИИМС)
РФ 119361, Москва, ул. Озёрная, 46
тел.: +7(495)437-37-29

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.011

Заключение совета рецензентов: 01.10.15 Заключение совета экспертов: 15.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

В статье проведен анализ методов настройки (калибровки) имитаторов солнечного излучения при измерении вольт-амперных характеристик полноразмерных многопереходных фотоэлектрических модулей (ФЭМ). Обоснован выбор метода настройки (калибровки) имитатора по параметрам «энергетическая освещенность» и «спектральная плотность энергетической освещенности» с использованием эталонного однопереходного ФЭМ и многопереходного ФЭМ. Отмечены преимущества применения данного метода в производственных условиях.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, калибровка имитатора солнечного излучения, эталонный модуль, энергетическая освещенность, спектральная плотность энергетической освещенности.

APPROACH TO CALIBRATION OF SOLAR SIMULATOR FOR MONITORING THE ENERGY GENERATION BY MULTI-JUNCTION PHOTOVOLTAIC MODULES

S.A. Bogomolova^{1,2}

¹Chuvash State University
15 Moskovsky ave., Cheboksary, Chuvash Republic, 428015 Russian Federation
ph.: +7(8352)452193; e-mail: s_bogomolova@mail.ru

²All-Russian scientific research institute of metrological service
46 Ozernaya st., Moscow, 119361 Russian Federation
ph.: +7(495)437-37-29

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.011

Referred 1 October 2015 Received in revised form 15 October 2015 Accepted 23 October 2015

The article summarizes the methods of solar simulators adjustment (calibration) in measuring current-voltage characteristics of the full-sized multi-junction photovoltaic modules. There is substantiated a choice of the method for adjusting the parameters "irradiance" and "spectral irradiance" with using single-junction and multi-junction reference photovoltaic modules. The advantages of using this method in mass-production are underlined.

Keywords: photovoltaic module, solar simulator calibration, reference module, irradiance, spectral irradiance.



Богомолова Светлана Анатольевна
Svetlana A. Bogomolova

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Промышленный менеджмент и сертификация», ФГБОУ ВПО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова».

Образование: ФГБОУ ВПО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова».

Область научных интересов: метрология, метрологическое обеспечение, фотоэнергетика.

Публикации: 15.

Information about the author: senior lecturer of the "Industrial Management and Certification" department, Chuvash State University.

Education: Chuvash State University.

Research area: metrology, metrological provision, photovoltaics.

Publications: 15.

Введение

Развитие солнечной энергетики сопровождается совершенствованием конструкций и технологических процедур изготовления фотоэлектрических модулей (ФЭМ). В настоящее время все более широкое распространение получают тонкопленочные технологии, которые обладают очевидными преимуществами в сравнении с технологиями на основе объемных кристаллических материалов: возможностью формирования многослойных структур, обеспечивающих более высокую эффективность преобразования, и меньшим расходом полупроводниковых материалов, энергии при изготовлении. Фотоэлектрические параметры ФЭМ являются эксплуатационными характеристиками и выражают эффективность преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Контроль фотоэлектрических параметров ФЭМ в промышленных условиях проводится методом измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) на имитаторах солнечного излучения. Данное испытательное оборудование обеспечивает формирование требуемого уровня энергетической освещенности на фотоактивной поверхности исследуе-

мого ФЭМ, кроме того, оно оснащено устройствами для измерения его нагрузочной ВАХ и температуры. Важным этапом при подготовке имитатора к процедуре контроля энергопроизводительности ФЭМ является настройка и калибровка по параметру «энергетическая освещенность» с целью обеспечения прослеживаемости результатов измерений ВАХ к Международной системе единиц (СИ) [1]. В данной работе рассмотрены особенности настройки и калибровки имитатора солнечного излучения при контроле энергопроизводительности многопереходных ФЭМ, состоящих из двух субэлементов со структурой аморфного гидрогенизированного и микрокристаллического кремния ($a\text{-Si}/\mu\text{c-Si}$).

Теоретические основы

Измерения вольт-амперных характеристик ФЭМ выполняют при создании на их фотоактивной поверхности энергетической освещенности $(1\,000 \pm 5) \text{ Вт/м}^2$ со спектральной плотностью энергетической освещенности, соответствующей спектру $AM1.5G$ [2], и температуре 25°C .

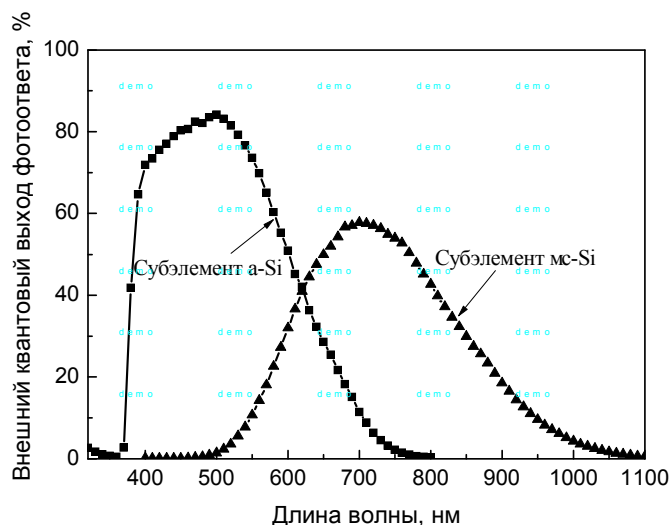


Рис. 1. Зависимость внешнего квантового выхода фотоответа от длины волны для субэлементов $a\text{-Si}$ и $\mu\text{c-Si}$ многопереходного ФЭМ
Fig. 1. The dependence of external quantum efficiency of photoresponse from wavelength for the subcells $a\text{-Si}$ and $\mu\text{c-Si}$ of multi-junction PV module

Структура многопереходных ФЭМ образована субэлементами, максимальная фоточувствительность которых наблюдается в различных диапазонах длин волн. В частности, субэлемент на основе a -Si генерирует фототок преимущественно под воздействием излучения синего спектра, а субэлемент на основе μc -Si – красного спектра [3]. Зависимость внешнего квантового выхода фотоответа от длины волны, характеризующая спектральную чувствительность, для субэлементов a -Si и μc -Si многопереходного ФЭМ приведена на рисунке 1.

Конструкция имитатора, предназначенного для оценивания энергопроизводительности многопереходных a -Si/ μc -Si ФЭМ, должна обеспечивать не только возможность настройки энергетической освещенности в рабочей области, но и регулировки спектрального состава излучения (сине-красного отношения спектра). Данным требованиям соответствует имитатор импульсного излучения *PVS1114i* фирмы NISSHINBO Mechatronics Inc. (Япония), служащий для измерения нагрузочных ВАХ и определения нормируемых выходных фотоэлектрических параметров полноразмерных ФЭМ площадью

$(1,3 \times 1,1) \text{ м}^2$. Энергетическая освещенность в рабочей области имитатора формируется комбинированным источником излучения, состоящим из 36-ти линейных галогенных и двух ксенонных импульсных ламп. Световой импульс с длительностью плоской части 50 мс создается за счет включения галогенных ламп, а затем и ксенонных ламп. Ксенонные лампы обеспечивают воспроизведение коротковолновой (синей) области спектра (300–700 нм), а галогенные – длинноволновой (красной) области спектра (550–1100 нм). В конструкции имитатора предусмотрена возможность регулирования энергетической освещенности и спектрального состава излучения (спектральной плотности энергетической освещенности) в рабочей области за счет изменения напряжения на лампах. Вклад излучения галогенных ламп в результирующий световой поток устанавливается в процентах в соответствии с данными электронной системы контроля осветителей. Спектральная плотность энергетической освещенности в рабочей области имитатора, а также спектры, формируемые ксенонным и галогенным источниками излучения, приведены на рисунке 2.

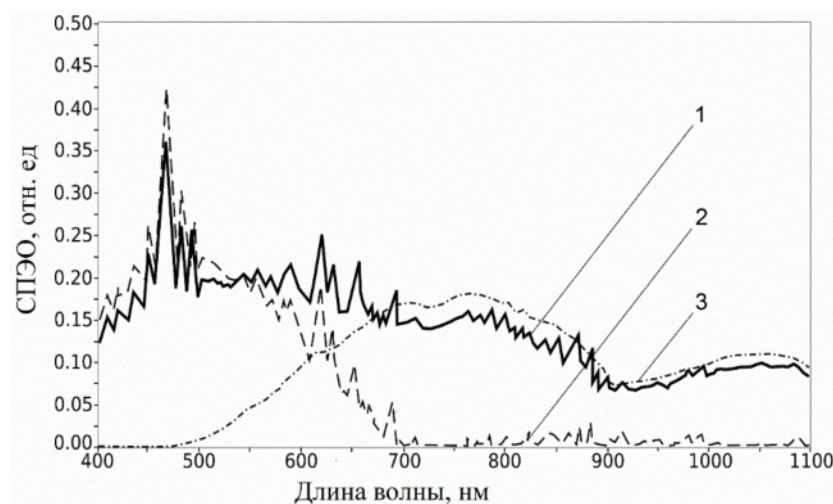


Рис. 2. Спектральная плотность энергетической освещенности (СПЭО) в рабочей области имитатора (1) и СПЭО для ксенонного (2) и галогенного (3) источников излучения

Fig. 2. The spectral irradiance in the test plane of the solar simulator (1) and the spectral irradiance for xenon (2) and halogen (3) sources of radiation

В [4] предложены два подхода к настройке (калибровке) имитаторов по энергетической освещенности с учетом спектра излучения при измерении ВАХ многопереходных ФЭМ:

- по силе тока короткого замыкания эталонного ФЭМ, скорректированного с учетом спектрального несоответствия [5];
- по силе тока короткого замыкания эталонного многопереходного ФЭМ при известных характеристиках спектральной чувствительности каждого субэлемента [6].

При реализации первого метода энергетическая освещенность имитатора настраивается в результате

многократных измерений силы тока короткого замыкания эталонного однопереходного ФЭМ, калибровочное значение которого, I_{sc}^{cal} , определяют из выражения [7]:

$$I_{sc}^{cal} = \frac{I_{sc}^{ref}}{MM}, \quad (1)$$

где I_{sc}^{ref} – значение силы тока короткого замыкания эталонного ФЭМ, приведенное в сертификате калибровки при стандартных условиях; MM – коэффици-

ент спектрального несоответствия, рассчитанный согласно [7] для субэлемента, ограничивающего фототок исследуемого многопереходного ФЭМ.

Второй метод настройки (калибровки) имитатора по параметру «энергетическая освещенность» основан на постоянстве значений отношения фототоков субэлементов как для стандартных условий, так и при исследованиях на имитаторе. Для каждого субэлемента справедливо равенство фототоков, генерируемых в стандартных условиях и под воздействием излучения имитатора: $I_{sim}^i = I_{ref}^i$. В этом случае настройка энергетической освещенности с учетом спектрального состава излучения осуществляется по силе тока короткого замыкания субэлементов, значения которых рассчитываются на основании результатов измерений характеристик спектральной чувствительности субэлементов и справочных значений спектральной плотности энергетической освещенности для стандартного спектра [4]:

$$I_{ref}^i = \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} E_{ref}(\lambda) SR_i(\lambda) d\lambda = \sum_k B_k \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} E_k(\lambda) SR_i(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

где I_{ref}^i – ток короткого замыкания (плотность фототока) i -го субэлемента при стандартных условиях; $SR_i(\lambda)$ – характеристика спектральной чувствительности i -го субэлемента; $E_{ref}(\lambda)$ – спектральная плотность энергетической освещенности для стандартного спектра [2]; B_k – коэффициент, устанавливающий соотношение интенсивностей излучения для k источников имитатора; $E_k(\lambda)$ – спектральная плотность энергетической освещенности k -го источника излучения имитатора.

Выбор соответствующего метода настройки (калибровки) основан на доступности измерительной информации при его реализации в производственных условиях. Оба рассмотренных метода основаны на использовании результатов измерений характеристик спектральной чувствительности эталонных и исследуемых ФЭМ, которые необходимы для вычисления коэффициента спектрального несоответствия (в первом методе) или плотностей фототоков (во втором методе). Измерения характеристик спектральной чувствительности (внешнего квантового выхода фотоответа) фотоэлектрических преобразователей выполняют на специализированных установках, обычно предназначенных для исследования солнечных элементов и малоразмерных ФЭМ площадью около $(0,2 \times 0,2)$ м² [8]. В процессе измерения многопереходного фотоэлектрического преобразователя необходимо создавать ограничение по фототоку исследуемого субэлемента, что обеспечивается подсветкой неисследуемых субэлементов от источников

дополнительного светового смещения. Следовательно, выполнить измерения характеристик спектральной чувствительности полноразмерного ФЭМ технически сложно, что создает препятствия для применения этих методов в производственных условиях. Дополнительным ограничением в случае первого метода является необходимость измерения спектральной плотности энергетической освещенности в диапазоне фоточувствительности фотоэлектрического преобразователя при каждом изменении спектра излучения имитатора.

В данной работе предложена методика настройки (калибровки) имитатора для измерений многопереходных a -Si/ μ c-Si ФЭМ, предполагающая использование двух эталонных ФЭМ: однопереходного – для настройки и калибровки энергетической освещенности и двухпереходного – для корректировки спектрального состава излучения.

Процедура настройки (калибровки) имитатора солнечного излучения, предназначенного для контроля энергопроизводительности многопереходных a -Si/ μ c-Si ФЭМ, реализуется в следующей последовательности:

- 1) корректировка спектральной плотности энергетической освещенности в результате измерения значений фотоэлектрических параметров (силы тока короткого замыкания, напряжения холостого хода, максимальной мощности, коэффициента заполнения ВАХ) эталонного многопереходного ФЭМ, структура и конструкция которого соответствуют исследуемому ФЭМ;
- 2) настройка (калибровка) энергетической освещенности по силе тока короткого замыкания эталонного однопереходного ФЭМ, характеристика спектральной чувствительности которого охватывает большую часть диапазона фоточувствительности исследуемого ФЭМ.

Методика эксперимента

- 1) Настройка спектрального состава излучения имитатора осуществлялась методом прямых измерений эталонного многопереходного фотоприемника при заданных соотношениях интенсивностей излучения от галогенного и ксенонного источников в суммарном световом потоке. В качестве эталонного фотоприемника использовался полноразмерный многопереходный ФЭМ, структура и конструкция которого соответствуют исследуемому ФЭМ. Конструкция многопереходного a -Si/ μ c-Si ФЭМ имеет ограничение по фототоку, генерируемому нижним μ c-Si субэлементом с целью компенсации негативного эффекта фотоиндуцированной деградации, вызывающего снижение фототока a -Si субэлемента в процессе эксплуатации ФЭМ [9].

Настройка спектральной плотности энергетической освещенности заключалась в определении оптимального сине-красного отношения спектра (доли галогенного излучения в суммарном световом потоке)



ке), при котором регистрируемые значения фотоэлектрических параметров эталонного ФЭМ (средние арифметические значения многократных повторений) оказываются в пределах доверительных интервалов, установленных в сертификате калибровки (при $k = 2$, $P = 95\%$). В эксперименте использовался многопереходный ФЭМ, в сертификате калибровки которого указаны следующие действительные значения и доверительные интервалы для фотоэлектрических параметров: для силы тока короткого замыкания ($1,38 \pm 0,03$) А; для напряжения холостого хода ($127,7 \pm 1,3$) В; для максимальной мощности ($122,5 \pm 3,7$) Вт; для коэффициента заполнения ВХ ($0,695 \pm 0,028$).

В процессе осуществления настройки спектрального состава излучения, при каждом изменении интенсивности излучения ксенонных и галогенных ламп, контролировалась стабильность величины энергетической освещенности в интервале ($1\ 000 \pm 5$) Вт/м² по силе тока короткого замыкания эталонного однопереходного α -Si ФЭМ.

2) Настройка (калибровка) имитатора по параметру «энергетическая освещенность» осуществлялась путем прямых измерений силы тока короткого замыкания эталонного фотоприемника. В результате было установлено соотношение между измеренным значением (средним арифметическим значением результатов многократных измерений) силы тока короткого замыкания эталонного фотоприемника и его

действительным значением, приведенным в сертификате калибровки. В качестве эталонного фотоприемника использовался однопереходный α -Si ФЭМ, в сертификате калибровки которого указаны следующие действительные значения и доверительные интервалы для фотоэлектрических параметров: для силы тока короткого замыкания ($1,31 \pm 0,03$) А; для напряжения холостого хода ($143,0 \pm 1,2$) В; для максимальной мощности ($126,7 \pm 5,1$) Вт; для коэффициента заполнения ВХ ($0,676 \pm 0,020$).

Результаты эксперимента

При настройке спектральной плотности энергетической освещенности были выполнены многократные измерения фотоэлектрических параметров эталонным α -Si/ μ c-Si ФЭМ (10 повторений) при различных соотношениях интенсивностей излучения от галогенного и ксенонного источников: доля галогенного излучения в суммарном световом потоке изменялась от 64 % до 71 %. Средние арифметические значения результатов многократных измерений фотоэлектрических параметров приведены в таблице 1. Установлено, что значения силы тока короткого замыкания, напряжения холостого хода, максимальной мощности, коэффициента заполнения ВХ находятся в пределах доверительных интервалов при соотношении излучений от галогенных и ксеноновых ламп 71 : 29.

Таблица 1

Средние арифметические значения результатов многократных измерений фотоэлектрических параметров эталонного многопереходного ФЭМ при настройке спектральной плотности энергетической освещенности в рабочей области имитатора

Table 1

Mean of the current-voltage characteristics in repeated measuring of reference multi-junction PV module for adjusting the spectral distribution in the test plane of solar simulator

Доля галогенного излучения, %	$I_{к.з.}$, А	$U_{х.х.}$, В	P_{max} , Вт	FF
64	1,2252	126,491	107,6878	0,6949
65	1,2639	126,6232	110,7651	0,6921
66	1,2840	126,6529	112,0278	0,6889
67	1,3158	126,7534	114,2400	0,6850
68	1,3360	126,7777	115,3353	0,6810
69	1,3557	126,8278	116,4255	0,6771
70	1,3869	126,8831	118,0843	0,6710
71	1,4096	126,9536	119,3982	0,6672

Примечание. Значения СКО результатов измерений: для тока короткого замыкания ($I_{к.з.}$) 0,15 %; для напряжения холостого хода ($U_{х.х.}$) 0,17 %; для максимальной мощности (P_{max}) 0,04 %; для коэффициента заполнения ВХ (FF) 0,22 %.

При настройке (калибровке) имитатора по энергетической освещенности были выполнены многократные измерения силы тока короткого замыкания эталонного α -Si ФЭМ (10 повторений) при выбранном соотношении излучений от галогенных и ксенонных ламп. Полученный результат измерения, $I_{к.з.} = (1,313 \pm 0,001)$ А при $P = 95\%$, находится в пре-

делах доверительного интервала, указанного в сертификате калибровки.

Заключение

Настройка (калибровка) имитатора солнечного излучения по энергетической освещенности проводится с целью обеспечения прослеживаемости ре-



зультатов измерений фотоэлектрических параметров ФЭМ к Международной системе единиц (СИ). При контроле энергопроизводительности многопереходных ФЭМ возникает необходимость корректировать спектральный состав излучения (спектральную плотность энергетической освещенности в рабочей области имитатора). В статье была предложена методика настройки (калибровки) имитатора по энергетической освещенности с учетом спектральной плотности энергетической освещенности, предполагающая использование двух эталонных ФЭМ. В результате выполненной работы можно сделать вывод о том, что данная методика обладает существенным преимуществом, обуславливающим ее применимость в промышленных условиях – простотой реализации измерительных процедур ввиду отсутствия необходимости в измерениях характеристик спектральной чувствительности фотоэлектрических преобразователей и спектра излучения для имитатора утвержденного класса.

Список литературы

1. ГОСТ 8.195 – 2013.ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм.
2. ГОСТ Р МЭК 60904-3-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения характеристик фотоэлектрических приборов с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения.
3. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. М.: Наука, 1985.
4. Guidelines for PV power measurement in industry (compiled by the European Commission Joint Research Center). Belgium, 2010.
5. Pravettoni M. et al. An alternative method for spectral response measurements of large-area thin-film photovoltaic modules // *Prog. Photovolt: Res. Appl.* 2012. V. 20. P. 416–422.
6. Hishikawa Y. et al. Irradiance and wavelength dependence of the I-V characteristics of solar cells // 12th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-12), Korea, 2001. P. 129–130.
7. ГОСТ Р МЭК 60904-7-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Вычисление поправки на спектральное несоответствие при испытаниях фотоэлектрических приборов.

8. ГОСТ Р МЭК 60904-8-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы фотоэлектрические. Часть 8. Измерение спектральной чувствительности фотоэлектрических приборов.

9. Staebler D.L., Wronsky C.R. Reversible Conductivity Changes in Discharge Produced Amorphous Si // *Appl. Phys. Lett.* 1977. V. 31, No 4. P. 292–294.

References

1. GOST 8.195–2013.GSI. Gosudarstvennââ poverochnââ shema dlâ sredstv izmerenij spektral'noj plotnosti ènergetičeskoj ârkosti, spektral'noj plotnosti sily izlučeniâ, spektral'noj plotnosti ènergetičeskoj osvešennosti, sily izlučeniâ i ènergetičeskoj osvešennosti v diapazone dlin voln ot 0,2 do 25,0 mkm (in Russ.).
2. GOST R MÈK 60904-3-2013. Gosudarstvennââ sistema obespečeniâ edinstva izmerenij. Pribory fotoèlektričeskie. Čast' 3. Principy izmereniâ harakteristik fotoèlektričeskih priborov s učetom standartnoj spektral'noj plotnosti ènergetičeskoj osvešennosti nazemnogo solnečnogo izlučeniâ (in Russ.).
3. Koltun M.M. Optika I metrologiâ solnečnyh èlementov. Moscow: Nauka Publ., 1985 (in Russ.).
4. Guidelines for PV power measurement in industry (compiled by the European Commission Joint Research Cen-ter). Belgium, 2010 (in Eng.).
5. Pravettoni M. et al. An alternative method for spectral response measurements of large-area thin-film photovoltaic modules. *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 2012, vol. 20, pp. 416–422 (in Eng.).
6. Hishikawa Y. et al. Irradiance and wavelength dependence of the I-V charateristics of solar cells. 12th *International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-12)*, Korea, 2001, pp. 129–130 (in Eng.).
7. GOST R MÈK 60904-7-2013 Gosudarstvennââ sistema obespečeniâ edinstva izmerenij. Priboryfotoèlektričeskie. Čast' 7. Vyčislenie popravki na spektral'noe nesootvetstvie pri ispytaniâh fotoèlektričeskih priborov (in Russ.).
8. GOST R MÈK 60904-8-2013. Gosudarstvennââ sistema obespečeniâ edinstva izmerenij. Pribory fotoèlektričeskie. Čast' 8. Izmerenie spektral'noj čuvstvitel'nosti fotoèlektričeskih priborov (in Russ.).
9. Staebler D.L., Wronsky C.R. Reversible Conductivity Changes in Discharge Produced Amorphous Si. *Appl. Phys. Lett.* 1977, vol. 31, no. 4, pp. 292–294 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 621.383

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОГО СКРАЙБИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ

Ф.С. Егоров, В.А. Мукин, Г.П. Охоткин

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова
РФ 428015, Чувашская Республика, Чебоксары, Московский пр-т, 15
тел.: +7(917)656-88-82; e-mail: egorovfs1990@gmail.com

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.012

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 12.10.15 Принято к публикации: 19.10.15

В работе представлен механизм поглощения двухтактного импульсного лазерного излучения тонкой пленкой солнечного модуля на основе ZnO, a-Si:H.

Теоретически обоснована возможность использования двухтактного режима лазерного скрайбирования тонкопленочного солнечного модуля (ТПСМ) на этапе производства. Рассмотрена реализация двухтактного режима лазерного скрайбирования ТПСМ: двухтактность создается за счёт одного дополнительного канала задержки одноактного лазерного импульса, а каналом задержки служит оптоволоконно.

Проанализировано поглощение первого и второго такта лазерного импульса тонкой пленкой ТПСМ. Первый такт импульса необходим для разогрева пленки, чтобы уменьшить градиент температуры во время поглощения второго такта импульса. Условия поглощения второго такта изменяются из-за подогрева первым. Изменение этого условия для второго такта лежит в диапазоне поглощения лазерного излучения.

Ключевые слова: тонкие пленки, двухтактное скрайбирование, солнечная энергетика, солнечные панели, оксид цинка, аморфный гидрогенизированный кремний.

OPTIMIZATION OF LASER SCRIBING IN MANUFACTURING OF THIN FILM SOLAR MODULES

F.S. Egorov, V.A. Mukin, G.P. Ohotkin

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
15 Moskovsky ave., Cheboksary, Chuvash Republic, 428015 Russian Federation
ph.: +7(917)656-88-82, e-mail: egorovfs1990@gmail.com

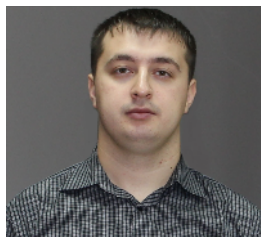
doi: 10.15518/isjaee.2015.19.012

Referred 7 October 2015 Received in revised form 12 October 2015 Accepted 19 October 2015

The paper presents the mechanism of absorption of dual laser pulse radiation by thin film of the ZnO, a-Si:H-based solar module. The authors of this paper theoretically justify the possibility of using mode of dual laser scribing of thin-film solar module (TFSM) at production stage and consider implementation of TFSM dual laser scribing. The duality is created by an additional channel of single laser pulse delay. Optic fiber serves as the delay channel.

Moreover, the authors analyze the absorption of the first and second cycle of the laser pulse by TFSM thin film. The first pulse cycle is required for heating up the film to reduce the temperature gradient during the second pulse cycle absorption. The conditions of the second cycle absorption change due to the heating up by the first one. The change of this condition for the second cycle is in the laser radiation absorption range.

Keywords: thin film, two-stroke scribing, solar energy, solar panels, zinc oxide, amorphous hydrogenated silicon.



Егоров Федор Сергеевич
Fedor S. Egorov

Сведения об авторе: аспирант, ассистент ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

Образование: СПбГЭТУ.

Область научных интересов: взаимодействие лазерного излучения с веществом, вакуумное осаждение, динамика нелинейных систем в силовой электронике.

Публикации: 17.

Information about the author: graduate student, assistant, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Saint-Petersburg Electrotechnical University.

Research area: interaction of laser beam with the material, vacuum deposition, nonlinear systems dynamics in power electronics.

Publications: 17.



Мукин Владимир Антонович
Vladimir A. Mukin

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

Образование: физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

Область научных интересов: физика горения и взрывов, физическая газодинамика, плазма и кинетические процессы в неравновесных средах.

Публикации: 93.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), assistant professor of Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Physics department of M.V. Lomonosov Moscow State University.

Research area: physics of combustion and explosions, physical gas dynamics, plasma and critical processes in nonequilibrium media.

Publications: 93.



Охоткин Григорий Петрович
Grigoriy P. Okhotkin

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

Образование: ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: динамика нелинейных систем в силовой электронике.

Публикации: 115.

Information about the author: DSc (engineering), professor of Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: nonlinear systems dynamics in power electronics.

Publications: 115.

Введение

В данной работе исследуется возможность уменьшения размеров кратеров в тонкоплёночных солнечных модулях (ТПСМ) путём двухтактного воздействия в ходе лазерного скрайбирования. Для этого очередной импульс делится на две части и оказывает на выжигаемую площадь двухтактное воздействие. Небольшое смещение не влияет на ширину скрайба, поскольку происходит вдоль полосы разделения. Первый такт импульса разогревает выжигаемую площадь, но сублимации не происходит. А второй такт сублимирует этот участок, формируя кратер и унося выжигаемое вещество. Поскольку выжигание в однократном режиме происходит при достаточно большом градиенте температуры выжигаемого вещества, то оно в условиях фазового перехода сопровождается микровзрывом в образующемся кратере, что увеличивает его размеры, а следовательно, и размеры ширины скрайба. Авторы данной статьи полагают, что двухтактное воздействие позволяет

избежать микровзрыва, поскольку градиент температуры при фазовом переходе сублимируемого вещества незначителен.

Целью исследования является теоретическое обоснование использования двухтактного режима и разработка идеи обеспечения этого режима с использованием элементов силовой электроники в технологии скрайбирования ТПСМ.

Кроме того, особый интерес представляет взаимодействие импульсного лазерного излучения с веществом в технологических условиях лазерного скрайбирования при изготовлении ТПСМ, а также двухтактный режим воздействия импульсного лазерного излучения на скрайбируемый материал для разработки принципа регулирования длительности тактов в автоматическом режиме подслеживания за обработкой с помощью устройств силовой электроники.

Актуальность проведения НИР обусловлена расширением практического использования альтернативных источников энергии в виде ТПСМ и состоит в уменьшении стоимости генерируемой электроэнер-

гии. В этой сфере имеются различные проекты, нацеленные на повышение КПД ТПСМ в производственном масштабе, которые требуют миллиарды рублей, что приведёт к увеличению стоимости генерируемой электроэнергии. В данной работе исследуется возможность снижения её стоимости с применением двухтактного лазерного скрайбирования. Для этой цели по ходу лазерного излучения ставится оптический блок, в котором происходит пространственно-временное разделение лазерного импульса, при этом сохраняется совокупная энергетическая характеристика. Новизна исследования заключается в решении задачи увеличения КПД ТПСМ с минимальными материально-ресурсными затратами, путём исключения из процесса скрайбирования микровзрывов, вызывающих сильное расширение кратеров взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым веществом.

Получение двухтактного режима с помощью одноимпульсного оптического генератора

Для выжигания разделительной полосы (скрайба) на плёнке ТПСМ от оптического квантового генератора (ОКГ) идут импульсы с определённым интервалом, связанным со скоростью подачи головки, фокусирующей луч на материал, который не перемещается. От жёсткости их корреляции зависит качество скрайба. При этом практически одновременно происходят два фазовых перехода: вещество сначала

переходит из твёрдого состояния в жидкое, а потом из жидкого состояния – в парообразное. Процесс завершается уносом вещества с разогреваемой зоны. В некоторых случаях наблюдается сублимация, т.е. унос вещества, минуя фазовые переходы. Главной проблемой в этом процессе является микровзрыв, происходящий вследствие большого градиента температуры на участке выжигания. Он приводит к росту кратера, образующегося ввиду уноса вещества, что увеличивает ширину скрайбирования. Предложенный в работе принцип двухтактного воздействия на вещество, как ожидается, должен позволить уменьшить эффект взрыва или вовсе его избежать, поскольку в таком режиме уменьшается градиент температуры, ответственный за эффект взрыва. Предлагается разделить импульс, используемый в обычном режиме, на два импульса с помощью оптических приспособлений (рис. 1).

Реализация разделения лазерного импульса на два импульса, представляющие собой два такта одного удара, осуществляется с помощью разделителя лазерного луча РЛ. Один импульс попадает в блок с варьируемой длиной оптоволоконна (рис. 1), а другой без задержки попадает в место обработки, где образуется «двугорбый» импульс со скажностью между двумя максимумами от 10 нс до 120 нс. Получается, что первым доходит лазерный импульс, который прошел через Аттенюатр 2, а вторым – через оптоволоконно и Аттенюатр 1.

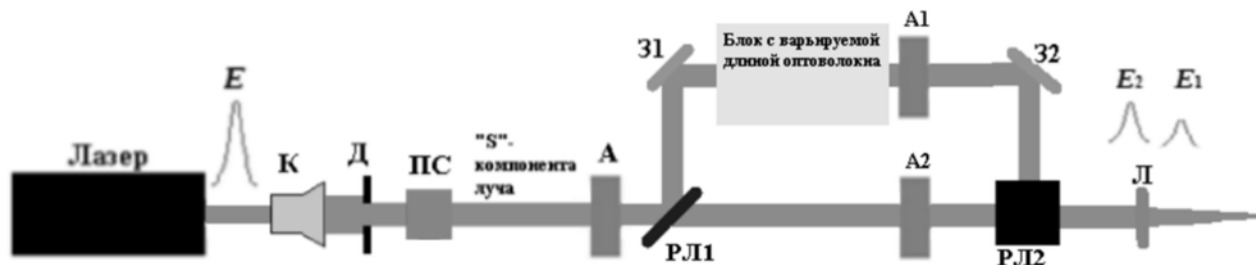


Рис. 1. Схема реализации двухтактного лазерного излучения: РЛ1, РЛ2 – разделители луча; 31 и 32 – зеркала; К – коллиматор;

Д – диафрагма; ПС – поляризационный светоделитель; А, А1, А2 – аттенюаторы; E , E_1 и E_2 – энергия лазерных импульсов
Fig. 1. The scheme of realization of the two stroke cycle of the laser radiation: РЛ1, РЛ2 – the beam splitter; 31, 32 – mirror; К – the collimator; Д – diaphragm, ПС – polarizing beam splitter; А, А1, А2 – attenuators; E , E_1 and E_2 – energy laser pulses

Из практики использования лазерного излучения известно, что двухимпульсное воздействие на материал применялось в области спектроскопии, например, в 1984 г. для обнаружения атомов Na, K, Mg и Ca в водном растворе [1]. Сегодня в этой области накоплен большой опыт [2, 3], но генерирование двух импульсов представляет собой достаточно сложный процесс с ограниченными возможностями варьирования скажности импульсов. В том варианте скрайбирования, который предлагают авторы настоящей статьи, эти ограничения снимаются, и, более того, не требуются дополнительные затраты на энергетическое обеспечение.

Механизм двухтактного импульсного воздействия на материал ТПСМ

Для достижения обозначенной в данной работе цели предлагается принципиально новый подход к процессу скрайбирования, суть которого заключается в двухтактном режиме лазерного облучения для формирования одного отверстия, что кратко можно описать как скрайбирование двумя тактами, идущими с очень коротким (примерно 30 нсек) интервалом. Первый в таком случае прогревает материал до температуры близкой к температуре плавления, но ниже (для ZnO и для α -Si температура плавления 2248 К и



1420 К соответственно [4]). Второй прожигает до нужной глубины, не провоцируя микровзрыв, поскольку, с одной стороны, происходит выжигание при небольшом градиенте температуры, недостаточном для микровзрыва, с другой, – энергия импульса пропорционально меньше.

Условия поглощения двух частей лазерного импульса в двухтактном режиме разные. Если рассматривать выжигание одного отверстия, то при поглощении первого импульса температура поглощаемого слоя имеет комнатную температуру $T_1=20^\circ\text{C}$, и оптические свойства поглощаемой пленки будут соответствовать данной температуре. После поглощения первого импульса оптические свойства пленки изменятся, и условия поглощения второго импульса бу-

дут другими. Прежде всего изменятся те параметры, которые зависят от температуры: коэффициент поглощения, коэффициент отражения, коэффициент пропускания, ширина запрещенной зоны E_g и др.

Схема тепловой модели попадания двухтактного лазерного импульса в обрабатываемую область для случаев P1, P2 и P3 представлена на рис. 2. В случае P1 используется длина волны лазерного излучения 355 нм, оптически прозрачная для стекла, и без больших потерь энергии импульса доходит до слоя ZnO, у которого коэффициент поглощения на данной длине волны составляет порядка 10^5 см^{-1} . В случае P2 и P3 длина волны лазерного излучения составляет 532 нм; для стекла и ZnO она оптически прозрачна, но активно поглощается слоями кремния.

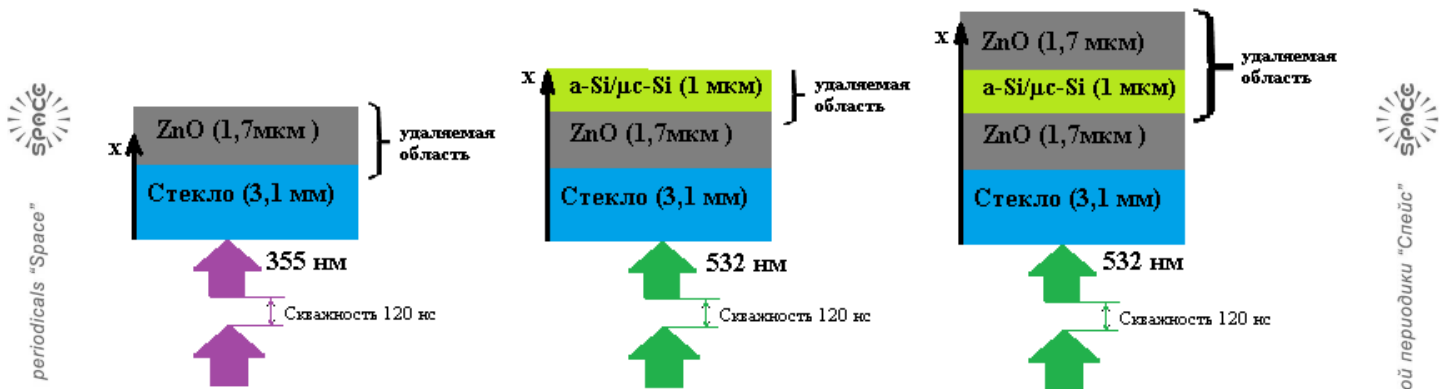


Рис. 2. Схема тепловой модели для случаев P1, P2 и P3
Fig. 2. Scheme of the thermal model for P1, P2 and P3 cases

Оптимизация механизма воздействия лазерного излучения на площадку солнечного модуля с целью уменьшения размера кратера, формирующего скрайб

Тепловая модель нагрева при поглощении первого импульса можно описать по формуле из работы [4]:

$$c_1 \rho_1 \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \sum (x, t), \quad (1)$$

где; c_1 , λ – теплоемкость и теплопроводность пленки; ρ_1 – плотность пленки; t – длительность лазерного импульса. Формула (1) справедлива, когда облучаемый материал нагревается до температуры, близкой температуре плавления $\leq T_2$, при которой не происходит удаления вещества, и материал имеет твердую фазу. Для случая P1 (рис. 3) слагаемое $\sum (x, t)$ является пространственно-временным источником лазерного излучения:

$$\sum (x, t) = (1 - R_{\text{вс}})(1 - R_{\text{cZnO}})\alpha_{\text{ZnO}} q_0 \exp(-\alpha_{\text{ZnO}}(x - \Delta X_c)),$$

где $R_{\text{вс}}$ – коэффициент отражения от границы воздуха и стекла; R_{cZnO} – коэффициент отражения от границы стекла и пленки ZnO; q_0 – мощность падающего излучения; α_{ZnO} – коэффициент поглощения пленки ZnO; ΔX_c – толщина стекла.

Слагаемое $\sum (x, t)$ для случаев P2 и P3 будет считаться одинаковым, так как условия попадания лазерного импульса в место поглощения одинаковое, различие только в значении энергии импульса. В случае P3 нужно немного больше энергии, так как удаляется сразу два слоя a-Si:H/μc-Si:H и ZnO, а в случае P2 удаляется только слой a-Si:H/μc-Si:H. Слагаемое $\sum (x, t)$ из формулы (1) примет вид для случая P2 и P3:

$$\sum (x, t) = (1 - R_{\text{вс}})(1 - R_{\text{cZnO}})(1 - R_{\text{ZnOa-SiH}})\alpha_{\text{a-SiH}} q_0 \times \exp(-\alpha_{\text{a-SiH}}(x - \Delta X_c - \Delta X_{\text{ZnO}})) \times \exp(-\alpha_{\text{a-SiH}} \Delta X_{\text{ZnO}}),$$

где $R_{\text{ZnOa-SiH}}$ – коэффициент отражения от границы пленок ZnO и a-Si:H; $\alpha_{\text{a-SiH}}$ – коэффициент поглощения a-Si:H; ΔX_{ZnO} – толщина пленки ZnO. Коэффициент отражения находится по формуле Френеля. Данные коэффициенты преломления для стекла, ZnO

и $a\text{-Si:H}$ при комнатной температуре и длине волны излучения 355 нм и 532 нм имеются в работе [5].

До момента прихода второго импульса локальный участок пленки нагревается до нужной температуры. В процессе нагрева этого участка уменьшается ширина его запрещенной зоны, которую можно считать по формуле:

$$E_g = E_g(T = 300\text{K}) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta}, \quad (2)$$

где α и β константы; T – температура. Для ZnO при комнатной температуре ширина запрещенной зоны $E_g(T = 300\text{K}) = 3,4$ эВ, при нагреве до 800 К она уменьшается на ~350 мэВ из-за механизмов теплового расширения и увеличения электронно-фононного взаимодействия. В результате нагрева ZnO лазерным импульсом изменяется оптический коэффициент поглощения α согласно формуле: $\alpha = \text{const}(h\nu - E_g)^{1/2}$.

При облучении $a\text{-Si:H}$ наносекундным лазерным импульсом происходит эффузия водорода [6], которая приводит к образованию шероховатостей на поверхности пленки [7]. Эффект эффузии водорода наблюдается при температуре 623 К [8]. При изменении концентрации водорода в пленке изменяется и ширина запрещенной зоны [9], что в свою очередь влияет на коэффициент оптического поглощения α , определяемый из соотношения Тауца [10]:

$$(\alpha h\nu)^{1/2} = \text{const}(h\nu - E_g). \quad (3)$$

Таким образом, при поглощении первого лазерного импульса пленка нагревается, вследствие чего происходит эффузия водорода, и тем самым изменяется ширина запрещенной зоны E_g , соответственно, меняется оптический коэффициент поглощения (3).

Повышение температуры приводит к изменению коэффициентов отражения R_{cZnO} и $R_{\text{ZnOa-Si:H}}$. Поскольку они связаны с коэффициентами преломления, изменение ширины запрещенной зоны E_g также приводит к изменению коэффициента преломления [11]:

$$n = \sqrt{1 + \left(\frac{A}{E_g(T) + B} \right)^2}, \quad (4)$$

где $A = 13,6$ эВ; $B = 3,47$ эВ [12, 13]. Авторы [12] утверждают, что данная модель в оптическом диапазоне длин волн имеет маленькую погрешность для элементов из группы III-V, I-VII таблицы Менделеева. В работе [14] при температуре от 20 °С до 300 °С и длине волны 633 нм коэффициент преломления ZnO линейно изменяется от 1,91 до 2,004.

Для сильно поглощающих пленок закон выделения тепла по глубине отличается от закона поглощения света, если длина свободного пробега электрона в пленке l соизмерима с ее толщиной h [15]. Пространственное распределение источников тепла в пленке толщиной $h \sim 100l$ принимают неравномерным по толщине, что приемлемо для ZnO . Длина свободного пробега для ZnO определяется по следующей формуле:

$$l = \left(\frac{h}{e} \right) \left(\frac{3n}{\pi} \right)^{1/3} \mu, \quad (5)$$

где h – постоянная планка; e – заряд электрона; n – концентрация электронов; μ – подвижность.

При толщине пленки ZnO $1,7 \times 10^{-6}$ м и длине свободного пробега электронов $\sim 10^{-9}$ м [16] источники тепла при поглощении лазерного импульса распределены по толщине неравномерно, так как она на 10^3 раза больше, чем длина свободного пробега электрона. При нагреве лазерным тактом, начиная от комнатной температуры (рис. 3), подвижность носителей уменьшается из-за увеличения поперечного сечения объема колебаний атомов решетки, что приведет к уменьшению длины свободного пробега электронов согласно (5).

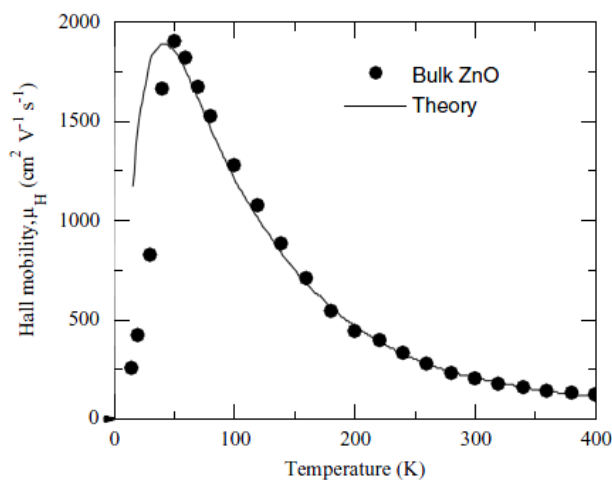


Рис. 3. Экспериментальные (кружки) и теоретические (непрерывная линия) данные подвижности в зависимости от температуры ZnO [17]

Fig. 3. Experimental (circle) and theoretical (solid line) data of mobility versus temperature

В случае $a\text{-Si:H}$ длина свободного пробега электрона на порядки меньше, чем ZnO из-за малой подвижности электронов (рис. 4). Учитывая большой коэффициент поглощения $\sim 10^5 \text{ см}^{-1}$ и длину свободного пробега, нагрев будет неравномерный по толщине.

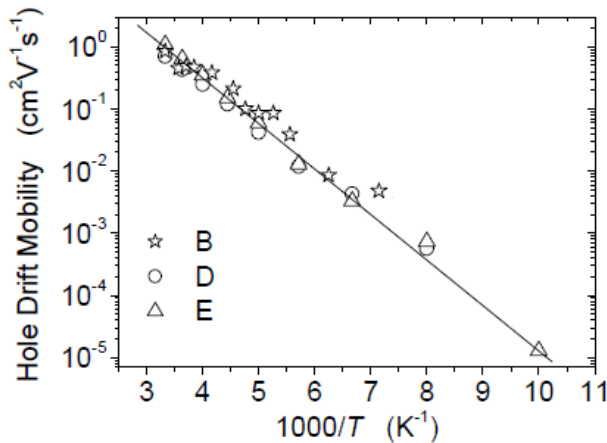


Рис. 4. Подвижность электронов в a-Si: B, D, E – образцы с рамановским соотношением 0,71; 0,6 и 0,61 и толщинами 4; 3,4 и 4,3 мкм соответственно [18]

Fig. 4. The mobility of electrons in the a-Si: B, D, E – samples with Raman ratio 0.76; 0.6 and 0.61

При поглощении однократного лазерного импульса пленками ZnO и a-Si:H/μc-Si:H происходит неравномерный нагрев по толщине, что приводит к большому градиенту температуры. Большой градиент температуры создает условие для микровзрыва из-за высокой температуры на границе интерфейса со стеклом для случая P1, а в случае P2 и P3 на границе с ZnO, при этом облучение идет со стороны подложки (стекла). Противоположная сторона пленки не успевает нагреться за время импульса до температуры на границе интерфейса. Это вызывает испарение облучающего вещества на границе интерфейса, а от взаимодействия лазерного импульса с веществом образуется плазма. Поскольку плазма имеет большое давление, она выдавливает верхний слой. Температура нагрева тонкой пленки определяется выражением [15]: $T = \frac{q_0 A_1 t}{\rho_1 c_1 \Delta X} + T_0$, где A_1 – по-

глощательная способность пленки; T_0 – комнатная температура. Подставляя вместо q_0 закон поглощения по толщине (закон Бугера – Ламберта – Бера), можно вычислить разницу температур между двумя границами пленок ZnO и a-Si:H. Численные решения показывают, что для пленки ZnO разница температуры составляет 3 500 K, а для пленки a-Si:H/μc-Si:H 4 700 K.

В момент попадания второго лазерного импульса пленка будет иметь температуру выше комнатной. С учетом этого тепловая модель нагрева будет отличаться от формулы (1) наличием слагаемого $L_m \delta(T_3 - T_m)$ [4], где L_m – скрытая теплота плавления, T_m – температура плавления, T_3 – температура испарения. Тепловая модель нагрева пленки вторым импульсом будет иметь вид:

$$(c_p \rho + L_m \delta(T_3 - T_m)) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \sum (x, t). \quad (6)$$

Данная модель позволяет учитывать фазовый переход тонкой пленки из твердого состояния в жидкое при поглощении второго такта лазерного импульса. Здесь (6) последнее слагаемое будет отличаться от (1), так как в момент поглощения второго такта коэффициенты поглощения и отражения будут другими из-за повышенной температуры.

Заключение

В данной работе предложена схема генерирования двухтактного лазерного импульса от одного импульса. Эта схема позволяет регулировать энергию каждого импульса, что даёт возможность выбрать оптимальный режим для того, чтобы уменьшить диаметр кратера, получаемого от двух импульсов. Проанализировано воздействие лазерных импульсов, первого и второго, на пленки (ZnO, a-Si:H/μc-Si:H). Сделан вывод о том, что в результате поглощения первого импульса изменяются оптические и физические свойства пленок (ZnO, a-Si:H/μc-Si:H), а также условия для поглощения второго импульса.

Работа поддержана фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, договором 4238ГУ2/2014 от 16.12.2014

Список литературы

1. Cremers D.A., Radziemski L.J., Loree T.R. Spectrochemical analysis of liquids using the laser spark // Applied Spectroscopy. 1984. Vol. 38, No 5. P. 721–729.
2. Weidman M. Nd: YAG-CO₂ double-pulse laser induced breakdown spectroscopy of organic films // Opt Express. 2010. Vol. 18, No 1. P. 259–266.
3. Babushok V.I. Double pulse laser ablation and plasma: Laser induced breakdown spectroscopy signal enhancement // Spectrochimica Acta Part B: At. Spec. 2006. Vol. 61, No 9. P. 999–1014.
4. Bovatsek J. Thin film removal mechanisms in ns-laser processing of photovoltaic materials // Thin Solid Films. 2010. Vol. 518, No 10. P. 2897–2904.
5. RefractiveIndex.info. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://refractiveindex.info/?shelf=main&book=ZnO&page=Bond-o> (дата обращения: 26.03.2015).
6. Adikaari A.A.D.T., Silva S.R.P. Thickness dependence of properties of excimer laser crystallized nanopolycrystalline silicon // J. Appl. Phys. 2005. Vol. 97, No 11. Article number 114305.
7. Форш П.А. Оптические и электрические свойства систем, содержащих ансамбли кремниевых нанокристаллов: дис... док. физ.-мат. наук. М., 2014. С. 41–43.

8. Афанасьев В.П. Влияние термообработки на структуру и свойства пленок α -Si:H, полученных методом циклического осаждения // Физика и техника полупроводников. 2002. Т. 36, № 2. С. 238–244.

9. Голикова О.А. Структурная сетка кремния в пленках α -Si:H, содержащих упорядоченные включения // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35, № 5. С. 600–604.

10. Афанасьев В.П., Теруков Е.И., Шерченков А.А. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.

11. Humayun Q., Kashif M., Hashim U. Structural, Optical, Electrical, and Photoresponse Properties of Postannealed Sn-Doped ZnO Nanorods // Journal of Nanomaterials. 2013. Vol. 2013, No 160. P. 1–8.

12. Degheidy A.R., Elkenany E.B. Theoretical Investigation of the Energy Gaps Temperature Dependence in Zinc-Blende GaP and InP Semiconductors at Normal Pressure // The African Review of Physics. 2012. Vol. 7, No 14. P. 145–163.

13. Herve P., Vandamme L.K.J. General relation between refractive index and energy gap in semiconductors // Infrared Phys. Technol. 1994. Vol. 35, № 4. P. 609–615.

14. Лапшинов Б.А., Магунов А. Н. Установка для измерения температурной зависимости показателя преломления твердых тел // Приборы и техника. 2010. № 1. С. 159–164.

15. Вейко В.П. Лазерная обработка пленочных материалов. Л.: Машиностроение, Ленингр., отд-ние, 1986.

16. Jianha Hu, Gordon R.G. Chemical vapor deposition of highly transparent and conductive boron doped zinc oxide thin films // MRS Proceedings. 1992. Vol. 242. P. 737–743.

17. Look D.C. Electrical properties of bulk ZnO // Solid State Communications. 1998. Vol. 105, No 6. P. 399–401.

18. Schiff E.A. Transport, Interfaces, and Modeling in Amorphous Silicon Based Solar Cells // NREL. 2008. SR-520-44101.

References

1. Cremers D.A., Radziemski L.J., Loree T.R. Spectrochemical analysis of liquids using the laser spark. *Applied Spectroscopy*, 1984, vol. 38, no. 5, pp. 721–729 (in Eng.).

2. Weidman M. Nd: YAG-CO₂ double-pulse laser induced breakdown spectroscopy of organic films. *Opt Express*, 2010, vol. 18, no 1, pp. 259–266 (in Eng.).

3. Babushok V.I. Double pulse laser ablation and plasma: Laser induced breakdown spectroscopy signal enhancement. *Spectrochimica Acta Part B: At. Spec.*, 2006. vol. 61, no. 9, pp. 999–1014 (in Eng.).

4. Bovatsek J. Thin film removal mechanisms in ns-laser processing of photovoltaic materials. *Thin Solid Films*, 2010, vol. 518, no. 10, pp. 2897–2904 (in Eng.).

5. RefractiveIndex.info. Available at: Режим доступа: <http://refractiveindex.info/?shelf=main&book=ZnO&page=Bond-o> (data obrašeniâ: 26.03.2015) (in Eng.).

6. Adikaari A.A.D.T., Silva S.R.P. Thickness dependence of properties of excimer laser crystallized nanopolycrystalline silicon. *J. Appl. Phys.*, 2005, vol. 97, no. 11. Article number 114305 (in Eng.).

7. Forsh P.A. Optičeskie i električeskie svojstva sistem, soderžaših ansamblu kremnievyh nanokristallov: DSc thesis (physics and mathematics). Moscow, 2014, pp. 41–43 (in Russ.).

8. Afanas'ev V.P. Vliânie termoobrabotki na strukturu i svojstva plenok α -Si:H, polučennyh metodom cikličeskogo osaždeniâ. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*, 2002, v. 36, no. 2, pp. 238–244 (in Russ.).

9. Golikova O.A. Strukturnââ setka kremniâ v plenkah α -Si:H, soderžaših uporiâdočennye vključeniâ. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*, 2001, vol. 35, no. 5, pp. 600–604 (in Russ.).

10. Afanas'ev V.P., Terukov E.I., Sherchenkov A.A. Tonkoplenočné solnečné elementy na osnove kremniâ. SPb.: Izd-vo SPbGÉTU «LÉTI» Publ., 2011 (in Russ.).

11. Humayun Q., Kashif M., Hashim U. Structural, Optical, Electrical, and Photoresponse Properties of Postannealed Sn-Doped ZnO Nanorods. *Journal of Nanomaterials*, 2013, vol. 2013, no. 160, pp. 1–8 (in Eng.).

12. Degheidy A.R., Elkenany E.B. Theoretical Investigation of the Energy Gaps Temperature Dependence in Zinc-Blende GaP and InP Semiconductors at Normal Pressure. *The African Review of Physics*, 2012, vol. 7, no. 14, pp. 145–163 (in Eng.).

13. Herve P., Vandamme L.K.J. General relation between refractive index and energy gap in semiconductors. *Infrared Phys. Technol.*, 1994, vol. 35, no. 4, pp. 609–615 (in Eng.).

14. Lapshinov B.A., Magunov A. N. Ustanovka dlâ izmereniâ temperaturnoj zavisimosti pokazatelâ prelomleniâ tverdyh tel. *Pribory i tehnika*, 2010, no. 1, pp. 159–164 (in Russ.).

15. Vejko V.P. Lazernaâ obrabotka plenočnyh materialov. Leningrad: Mašinstroenie Publ., Leningr., otd-nie, 1986 (in Russ.).

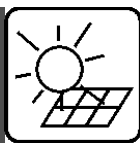
16. Jianha Hu, Gordon R.G. Chemical vapor deposition of highly transparent and conductive boron doped zinc oxide thin films. *MRS Proceedings*, 1992, vol. 242, pp. 737–743 (in Eng.).

17. Look D.C. Electrical properties of bulk ZnO. *Solid State Communications*, 1998, vol. 105, no. 6, pp. 399–401 (in Eng.).

18. Schiff E.A. Transport, Interfaces, and Modeling in Amorphous Silicon Based Solar Cells. *NREL*, 2008, SR-520-44101 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995





УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

М.В. Белова¹, М.А. Ершов², И.Г. Ершова³, Д.В. Поручиков⁴

¹АНО ВО Академия технологии и управления

РФ 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Гастелло, д. 6/40

тел.: +7(919)653-88-18

²ФГБОУ ВПО Чувашская государственная сельскохозяйственная академия (ЧГСХА)

РФ 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29

тел.: +7(352)62023034

³ФГБОУ ВПО Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева (ЧГПУ)

РФ 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38

тел.: +7(352)62-53-57

⁴ООО «МИКОНТ»

РФ 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр-т Мира, 1

тел.: +7(352)30-42-29; e-mail: eig85@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.013

Заключение совета рецензентов: 09.10.15 Заключение совета экспертов: 16.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Основными элементами устройства для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую являются: газовый котел, термоэлектрические генераторные модули, контур отопления, электронный трехходовой кран, аккумулятор и элементы автоматики.

Корпус отопительного котла является горячим теплообменником и служит для установки термоэлектрического генераторного модуля и холодного теплообменника. Термоэлектрический генераторный модуль устанавливается между холодным и горячим теплообменниками. Холодный теплообменник охлаждается теплоносителем контура отопления, а горячий теплообменник нагревается от корпуса отопительного котла.

Устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую предназначено для использования в индивидуальных жилищных строениях, расположенных как в городской черте, так и в сельской местности.

Ключевые слова: термоэлектрический преобразователь, термоэлектрический генераторный модуль, прямое преобразование тепловой энергии в электрическую.

SYSTEM FOR DIRECT CONVERSION OF THERMAL ENERGY INTO ELECTRICAL ENERGY

M.V. Belova¹, M.A. Ershov², I.G. Ershova³, D.V. Poruchikov⁴

¹ Academy of Technology and Management

6/40 Gastello st., Cheboksary, Chuvash Republic, 428000 Russian Federation

ph.: +7(919)653-88-18

² Chuvash State Agriculture Academy

29 Karl Marks st., Cheboksary, Chuvash Republic, 428003 Russian Federation

ph.: +7(352)62-23-34

³ Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev

38 Karl Marks st., Cheboksary, Chuvash Republic, 428000 Russian Federation

ph.: +7(352)62-53-57

⁴ Ltd MIKONT

1 Mira ave., Cheboksary, Chuvash Republic, 428000 Russian Federation

ph.: +7(352)30-42-29, e-mail: eig85@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.013

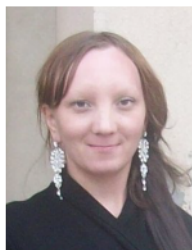
Referred 9 October 2015 Received in revised form 16 October 2015 Accepted 23 October 2015

The main elements of this unit are the gas boiler and the thermoelectric generator modules (TEGM), heating circuit, electronic three-way valve, the consumer battery and automation components.

The housing of the boiler is a hot heat exchanger, and serves for the installation of the heat exchanger and cold TEGM. TEGM is installed between the cold and hot heat exchangers. The cold heat exchanger is cooled heating circuit and the hot heat exchanger is heated by the boiler casing.

Thus, during the heating season, individual housing located in urban areas and in rural areas, using the device in their boilers, can receive and use cheap electricity.

Keywords: thermoelectric transformer, thermoelectric generator modules, direct transformer of thermal energy into electrical energy.



Белова Марьяна
Валентиновна
Maryana V. Belova

Сведения об авторе: канд. техн. наук., доцент АНО ВО «Академия технологии и управления».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».

Область научных интересов: энергия электромагнитных излучений, резонаторные камеры, переработка продукции животноводства.

Публикации: 225.

Information about the author: PhD (engineering), assistant professor of Academy of Technology and Management.

Education: Chuvash State Agricultural Academy.

Research area: energy of electromagnetic radiation, the resonator chamber, processing of animal products.

Publications: 225.



Ершов
Михаил Аркадьевич
Michail A. Ershov

Сведения об авторе: канд. хим. наук, проректор по общим вопросам, ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».

Область научных интересов: неорганическая химия, органическая химия, энергосбережение.

Публикации: 270.

Information about the author: PhD (chemistry), Vice Rector for general questions of Chuvash State Agricultural Academy.

Education: I.Ya. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University.

Research area: inorganic chemistry, organic chemistry, energy savings.

Publications: 270.



Ершова
Ирина Георгиевна
Irina G. Ershova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».

Образование: АНО ВО «Чебоксарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации».

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, энергия электромагнитных излучений, энергосбережение.

Публикации: 131.

Information about the author: PhD (engineering), assistant professor of I.Ya. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University.

Education: Cheboksary Cooperative Institute (branch) of Russian University of Cooperation.

Research area: renewable energy, the energy of electromagnetic radiation, energy saving.

Publications: 131.



Поручиков
Дмитрий Витальевич
Dmitrii V. Poruchikov

Сведения об авторе: младший научный сотрудник АНО ВО «Академия технологии и управления».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».

Область научных интересов: энергия электромагнитных излучений, резонаторные камеры, мясомассажер, термообработка.

Публикации: 44.

Information about the author: Jr researcher of Academy of technology and management.

Education: Chuvash State Agricultural Academy.

Research area: energy of electromagnetic radiation, the resonator chamber, meat massager, heat treatment.

Publications: 44.

Введение

В настоящее время одним из приоритетов энергетической политики является повышение эффективности использования энергетических ресурсов с помощью разработки и внедрения инновационных энергосберегающих устройств, а также технологических решений.

В соответствии с законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. и Распоряжения Правительства РФ «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» № 1715-р от 13.11.2009 необходимо расширить применение энерго-, ресурсосберегающих технологий и оборудования. Запасов нефти по разным оценкам хватит на 30–70 лет, поэтому следует повышать эффективность использования энергетических ресурсов за счет альтернативных, в том числе возобновляемых, источников энергии.

В связи с этим для социально-экономического развития Чувашской Республики рассмотрены пути решения проблемы энергосбережения – разработка и внедрение энергосберегающих технологий в сельское хозяйство.

Задачи исследования:

1. Обоснование параметров и режимов работы энергосберегающей установки на базе теплового насоса с использованием возобновляемых источников энергии, теоретическое обоснование применения возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве и разработка схемы управления потоком энергоносителя в преобразователе низкочастотного источника энергии на базе теплового насоса в системе поддержания микроклимата картофелехранилища.

2. Разработка алгоритма согласования режимов работы модернизированных электрических регуляторов теплового насоса с контролируемыми и регулируемыми параметрами микроклимата картофелехранилища.

3. Создание энергосберегающих схем установок с модернизированным тепловым насосом на возобновляемых источниках энергии.

4. Оценка технико-экономической эффективности внедрения энергосберегающих технологий в сельское хозяйство Чувашской Республики.

Исследование закономерностей технологических процессов выполнено на основе научной гипотезы о возможности описания поведения электродинамических систем при обеспечении поточного режима термообработки сырья, реализованного в СВЧ-установках с передвижными сферическими резонаторами. Применительно к проблематике использован комплекс существующих базовых методов исследования, позволивших сконструировать рабочие органы СВЧ-установок в виде изобретенных авторами данной статьи сферических передвижных резонаторных камер, расположенных в экранирующем корпусе с заперделными волноводами.

Теоретическая часть

Авторами настоящей статьи разработаны установки на базе теплового насоса с использованием возобновляемых источников энергии, а также установки с использованием сверхвысокочастотной энергии.

Теория построена на использовании известных положений диэлектрического нагрева СВЧ-диапазона, элементов теории электродинамических систем СВЧ-установок и распространения электромагнитных волн в объемных резонаторах.

Разработка резервного питания блока управления энергосберегающей системы путем прямого преобразования тепловой энергии в электрическую [2] представлено ниже.

Основными источниками энергии в энергоресурсосберегающей установке [1] являются: возобновляемый источник энергии (ВИЭ), в том числе солнечная энергия, низкочастотный источник энергии грунта (НПИЭ) и искусственный источник (ИИЭ) (рис. 1).

В качестве ИИЭ используется газовый котел 35.

Установка работает следующим образом. При работе системы на ВИЭ кнопка 31 эксплуатационного пульта управления запускает процесс.

На блоки сравнения 21, 24 начинают поступать сигналы от датчиков температуры 20 и 23. Сигналы рассогласования поступают на блок управления 19.

Если в датчике температуры 20 температура теплоносителя равна 90 °С, то блок управления 9 подает ток на регулятор 16. В тепловом насосе 3 повышает температуру теплоносителя до 80 °С, а отработавшая низкопотенциальная энергия возвращается обратно в НПИЭ 2.

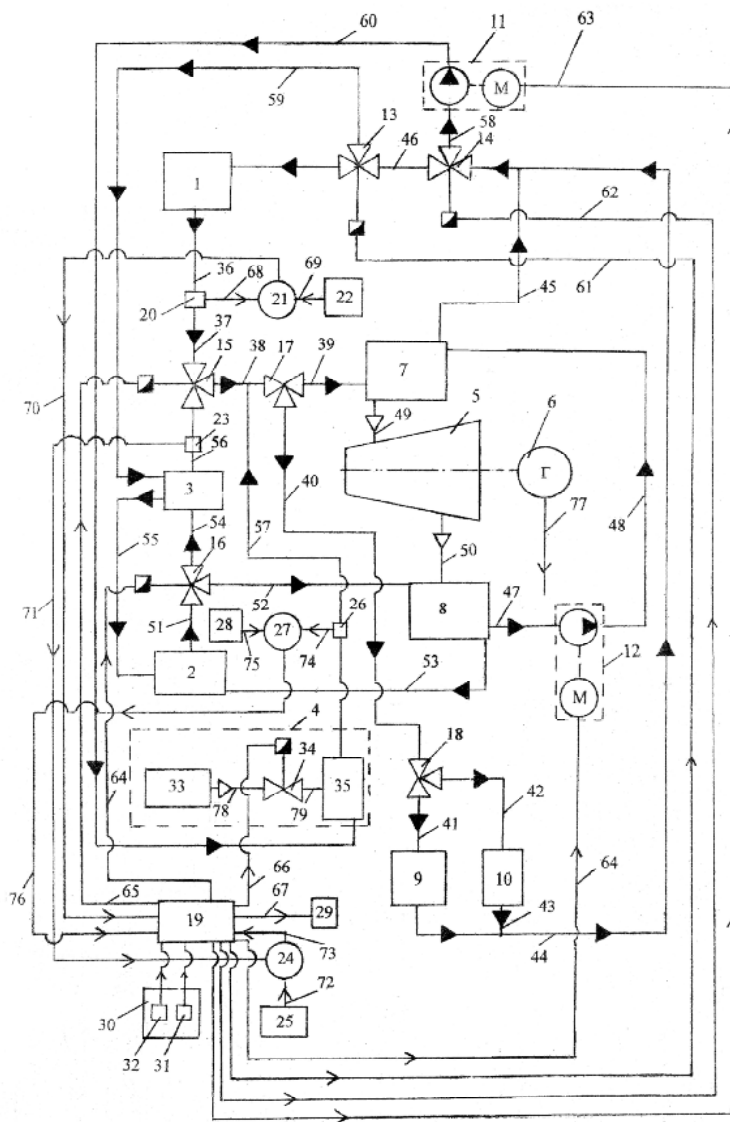


Рис. 1. Принципиальная схема энергоресурсосберегающей установки
 1 – источник солнечной тепловой энергии;
 2 – низкопотенциальный источник энергии;
 3 – тепловой насос; 4 – искусственный источник тепловой энергии; 5 – турбина;
 6 – генератор; 7 – испаритель;
 8 – конденсатор; 9 – объект отопления;
 10 – абсорбционная холодильная машина;
 11, 12 – электрические насосы; 13, 14, 15, 16;
 17, 18 – электрические регуляторы;
 19 – блок управления; 20, 23, 26 – датчики температуры; 21, 24, 27 – блок сравнения;
 22, 25, 28 – задатчики;
 29 – сигнализатор; 30 – эксплуатационный пульт управления; 31 – переключатель ВИЭ;
 32 – переключатель ИИЭ;
 33 – газовый баллон;
 34 – электромагнитный клапан; 35 – газовый котел; 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 – каналы теплоносителя; 47, 48, 49, 50 – каналы низкокипящего вещества; 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 – каналы подачи электроэнергии; 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 – каналы подачи электрических сигналов; 77 – канал передачи электроэнергии потребителю; 78, 79 – каналы подачи газа в котел

Fig. 1. Scheme of energy saving installation

Теплоноситель с повышенным давлением поступает в электрический регулятор 15, в электрический регулятор 17 и в испаритель 7, куда одновременно поступает низкокипящее рабочее вещество в виде жидкости. В испарителе 7 происходит испарение низкокипящего рабочего вещества. Далее пар поступает в турбину 5, где часть энергии рабочего вещества с помощью турбины 5 с генератором 6 преобразуется в электрическую энергию. Отработавший пар поступает в конденсатор 8, превращается в жидкость, которая поступает в испаритель 7. А теплоноситель низкопотенциальной энергии возвращается в НПИЭ 2. Отработанный теплоноситель после объекта отопления 9 и абсорбционной холодильной маши-

ны (АБХМ) 10 поступает в электрический регулятор 14, а затем возвращается в тепловой насос 3.

Если температура теплоносителя в канале 36 выше 90 °С, тогда в блоке сравнения 21 формируется сигнал рассогласования. При этом теплоноситель из источника солнечной энергии 1 подается в испаритель 7 и на объект отопления 9, и в АБХМ 10. Аналогично в испарителе 7 происходит испарение низкокипящего вещества и его превращение в пар. Далее рабочий пар поступает к турбине 5, где часть энергии рабочего пара с помощью генератора 6 преобразуется в электрическую энергию, которая направляется к потребителю.

Если в источнике солнечной энергии 1 и тепловом насосе 3 установится температура ниже 50 °С, то блок управления 19 подает энергию на сигнализатор 29. При этом запускается работа котельной установки на ИИЭ.

Теплоноситель поступает в котел 35 и нагревается. При температуре выше заданного значения блок сравнения 27 с помощью сигнала на блок управления 19 управляет подачей электроэнергии на электромагнитный клапан 34, тем самым регулируя работу котла 35 и обеспечивая получение необходимой температуры теплоносителя, который направляется в

испаритель 7, на объект отопления 9 и в АБХМ 10. Отработавший теплоноситель циркулирует по замкнутому контуру и цикл повторяется.

Для аварийных случаев разработано устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую с использованием электрического регулятора с твердым наполнителем и электронагревателем [2].

Устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую изображено на рис. 2.

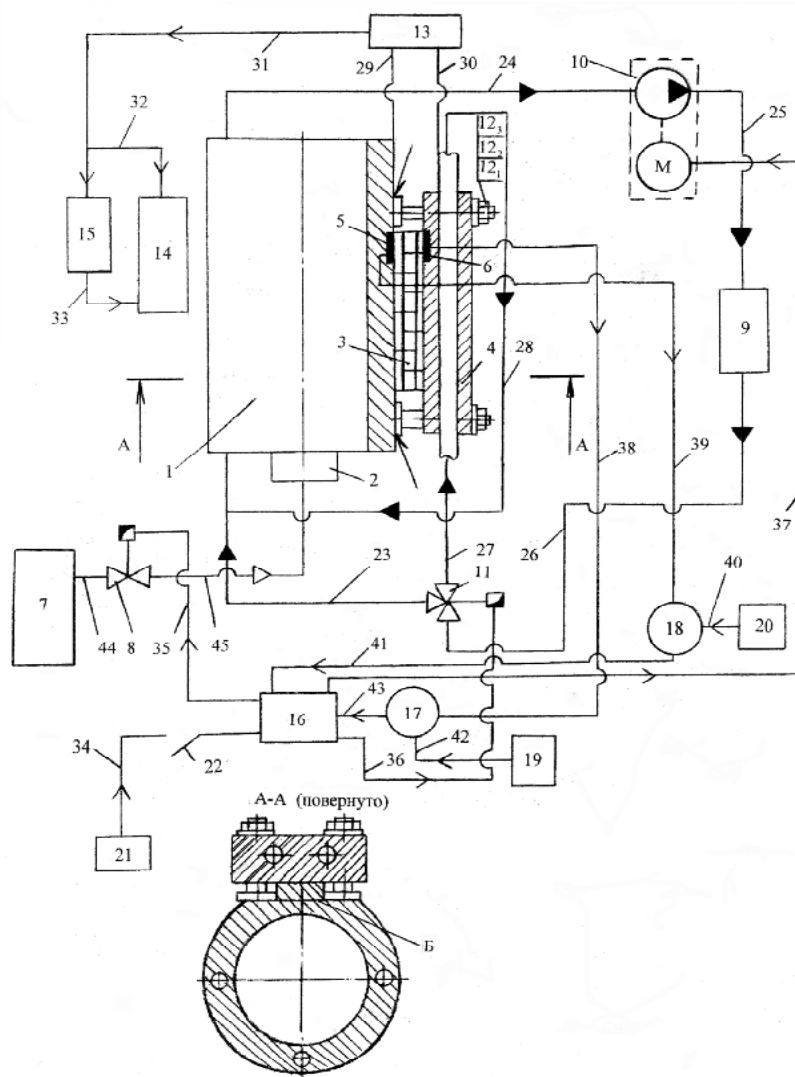


Рис. 2. Устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую:

- 1 – корпус отопительного котла; 2 – горелка; 3 – термоэлектрические генераторные модули; 4 – холодный теплообменник; 5, 6 – датчики горячих и холодных спаев; 7 – газовый баллон; 8 – электромагнитный вентиль; 9 – объект отопления; электрический; 10 – циркуляционный насос; 11 – электронный трехходовой кран; крепежные элементы: 12₁ – винт, 12₂ – гайка, 12₃ – шайба; 13 – преобразователь напряжения; 14 – потребитель; 15 – аккумулятор; 16 – блок управления; 17, 18 – блок сравнения; 19, 20 – датчики; 21 – пульт питания; 22 – переключатель; 23, 24, 25, 26 – каналы отопления; 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 – каналы электроэнергии; 38, 39, 40, 41, 42, 43 – каналы электрических сигналов; 44, 45 – каналы подачи газа

Fig. 2. A device for direct conversion of thermal energy into electrical energy

На наружной поверхности горячего теплообменника 1 крепится сточенная плоская площадка Б,

предназначенная для установки термоэлектрического генераторного модуля 3 (ТЭГМ) и плотного соедине-

ния теплообменников 1, 4. Кроме того, на этой поверхности при помощи сварки соединяются головки винтов 12₁. В горячем теплообменнике 1 выполнены отверстия для циркуляции теплоносителя контура отопления.

Горячие спаи ТЭГМ 3 нагреваются от теплообменника 1, а холодные спаи термоэлектрического генераторного модуля 3 охлаждаются от теплообменника 4.

Электронный трехходовой кран 11 регулирует поток теплоносителя контура отопления в зависимости от температуры холодных спаев термоэлектрического генераторного модуля 3.

Устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую работает следующим образом. Включается переключатель 22, при этом электромагнитный клапан 8 приводится в действие, и газ подается в горелку 2. Одновременно электроэнергия подается в электрический насос 10, который заставляет циркулировать теплоноситель замкнутого контура отопления. Также приводится в действие электронный трехходовой кран 11, который в зависимости от разности температур $\Delta T = T_{гор} + T_{хол}$ ($T_{гор}$ – температура горячих спаев ТЭГМ; $T_{хол}$ – температура холодных спаев ТЭГМ) контролирует подачу требуемого количества теплоносителя в холодный теплообменник 4. При этом теплоноситель контура отопления в результате теплообмена охлаждает холодный теплообменник 4, холодные спаи термоэлектрического генераторного модуля 3 и электронный трехходовой кран 11 – процесс циркуляции теплоносителя контура отопления продолжается.

Аналогично контролируется температура горячих спаев ТЭГМ 3, т.е. сигнал от датчика температуры 5 подается в блок сравнения 18, сюда же поступает сигнал от задатчика 20. В то же время если, например, $T_{гор} > T_{ном}$ ($T_{ном}$ – номинальная температура горячих спаев ТЭГМ), то сигнал рассогласования подается по каналу 41 в блок управления 16, который подачей электроэнергии на электромагнитный клапан 8 уменьшает подачу газа в горелку 2, и тем самым температура горячего теплообменника 4 уменьшается.

При работе устройства на горячих спаях ТЭГМ 3 происходит поглощение теплоты от горячего теплообменника 1, а с холодной стороны теплота отводится теплоносителем контура отопления за вычетом электроэнергии, полученной на внешней нагрузке. На внешней нагрузке в преобразователе напряжения 13 создается напряжение, равное термо-ЭДС, за вычетом падения напряжения и внутреннего сопротивления, электроэнергия подается потребителю 14 и в аккумулятор 15 – происходит накопление электроэнергии. Полученная электроэнергия в аккумуляторе 15 используется потребителем 14 при нерабочем состоянии устройства.

Механизм реализации проекта

Исследование коммерциализуемости научно-технического результата проекта и его практической значимости, проводимое на территории Чувашской Республики, показало, что промышленные и сельскохозяйственные предприятия нуждаются в данных установках. Некоторые предприятия (ООО «Агрофирма «Слава картофелю», СХПК «Ударник», Чебоксарский филиал ОАО Компании ЮНИМИЛК) дали предварительное согласие на приобретение данного оборудования, так как оценили эффективность использования возобновляемых источников энергии. Данный проект можно внедрять как на территории Чувашской Республики, так и в других регионах Российской Федерации. В роли потребителя могут выступать частные фирмы и инфраструктурные объекты, которым необходимо экономить электрическую и тепловую энергию.

В настоящее время предприятий, выпускающих подобные установки в РФ, недостаточно (например, компания «Светоч» в Приморском крае). Сегодня конечная стоимость «под ключ» 1 Вт в крупной солнечной электростанции составляет 125 руб./Вт, к 2030 г. – до 32 руб./Вт. При этом стоимость вырабатываемой такой станцией электроэнергии сегодня составляет 13 руб./кВт-час, к 2030 году – до 1,8 руб./кВт-час.

Новые технические свойства позволяют получить преимущества в эффективности перед прямыми и косвенными аналогами и прототипами, так как данная установка позволяет получать одновременно электрическую энергию, теплоту и холод.

Себестоимость установки опытного образца 1 млн. 900 руб., серийного образца 1 млн. 600 тыс.

Также авторами разработаны установки с использованием нетрадиционных источников энергии (кроме установок на солнечной энергии) – с использованием сверхвысокочастотной (СВЧ) энергии, в том числе – установка для термообработки мясного сырья [3], после проведения анализа электрофизических параметров которого [4] обоснованы электро-технологические процессы и техническое решение СВЧ-установки.

Методология и методы исследований

Для экспериментальных исследований применялись сертифицированные электроизмерительные цифровые приборы и аппаратура, обеспечивающие достаточную точность результатов, стандартная методика оценки воспроизводимости эффективных режимов работы установок, численные методы решения задач при теоретической разработке математических моделей процессов термообработки сырья. Подтверждение закономерностей динамики нагрева сырья в передвижных резонаторах достигается по



натуральной величине критериев оценки факторов в процессе апробирования СВЧ-установок в производственных условиях. При обосновании электротехнологических процессов и технических решений использована единая система взаимодействия основных узлов установки: источник СВЧ-излучения, объемный резонатор, запредельные волноводы, замедляющие и экранирующие элементы. В исследованиях применялась методика активного планирования трехфакторного эксперимента типа 2^3 и статистическая обработка результатов исследования с применением компьютерных программ Microsoft Excel 10.0, Statistic 5.0, трехмерного моделирования конструктивного исполнения СВЧ-установок в программе Компас-3D V13. В работе обосновываются методы расчета и конструирования объемных резонаторов, в том числе особенности проектирования установок с передвижными сферическими резонаторами СВЧ-генераторов.

В качестве *основных факторов*, влияющих на процесс термообработки кускового мясного сырья (таблица 1), выбраны:

– масса загрузки сырья в резонаторную камеру G , кг (x_1);

– продолжительность обработки сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты τ , ч (x_2);
– частота вращения барабана n , об/мин (x_3).

Выбор интервалов варьирования факторов обусловлен технологическими условиями процесса термообработки сырья и конструктивными характеристиками электромеханического мясомассажера. Все изучаемые факторы были совместимы и некоррелированы между собой (рисунки 3, 4, 5, 6), а пределы их изменения были следующими: (x_1) $2 \leq G \leq 10$ кг; (x_2) $0,5 \leq \tau \leq 1,5$ ч; (x_3) $13 \leq n \leq 33$ об/мин.

Критериями оптимизации являются:

Y_1 – производительность установки, кг/ч;

Y_2 – доза воздействия, кВт·ч/кг;

Y_3 – бактериальная обсемененность сырья, КОЕ/г

Y_4 – энергетические затраты на термообработку сырья, кВт·ч/кг.

Абсолютная величина фактора на любом уровне определяется по следующей формуле: $X = \frac{x_i - x_{io}}{\Delta x_i}$, где x_i – значение фактора на основном (нулевом) уровне; Δx_i – интервал варьирования фактора.

Таблица 1

Уровни варьируемых факторов

Table 1

Values of varied factors

Факторы	Кодовое значение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			Основной уровень	Верхний уровень	Нижний уровень
Масса загрузки сырья, кг	x_1	4	6	10	2
Продолжительность обработки, ч	x_2	0,5	1	1,5	0,5
Частота вращения барабана, об/мин	x_3	10	23	33	13

В исследованиях пользовались методикой активного планирования трехфакторного эксперимента типа 2^3 и статистической обработкой результатов исследования с применением компьютерной про-

граммы Statistic 5.0, при помощи которой вводились данные из таблицы 1.

Результаты, выданные программой, представлены ниже.

Final loss: 0.000004331 R=1.0000 Variance explained: 100,00 %

	B0	B1	B2	B3	B11	B22	B33	B12	B13	B23	без x	с x	с y
Estimate	7,071861	2,999901	-18,1375	-0,13366	6,51E-07	8,002521	7,29E-06	-1,99994	3,47E-06	0,266622	4,001499	2,99998	-12,0052

$$z = 4,0 + 2,99x_1 - 12,0x_2 + 0,000000651 x_1^2 + 8,00 x_2^2 - 1,99x_1x_2$$

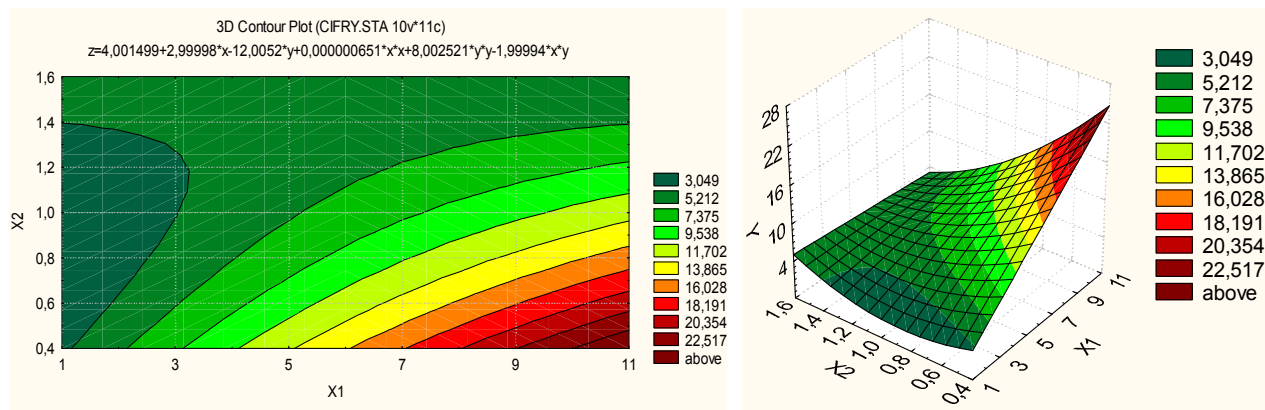


Рис. 3. Двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфакторной модели производительности электромеханического мясомассажера (кг/ч) при частоте вращения барабана 23 об/мин

Fig. 3. Two dimensional sections in isolines and response surface models of three-factor model of productivity

Варьируя параметрами (массой загрузки сырья, продолжительностью обработки) построены двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика

трехфакторной модели производительности электромеханического мясомассажера при частоте вращения барабана 23 об/мин. (рис. 3).

Final loss: 0,000000091 R = 1,0000 Variance explained: 100,00 %

	B0	B1	B2	B3	B11	B22	B33	B12	B13	B23	без x	с x	с y
Estimate	0,426	-0,111	0,370	-0,00795	0,0067	0,00127	-1,8E-06	-0,04	0,00134	2,58E-16	0,242	-0,08	0,370

$$Z = 0,242 - 0,08005 x_1 + 0,370 x_2 + 0,00667 x_1^2 + 0,00127 x_2^2 - 0,04 x_1 \cdot x_2$$

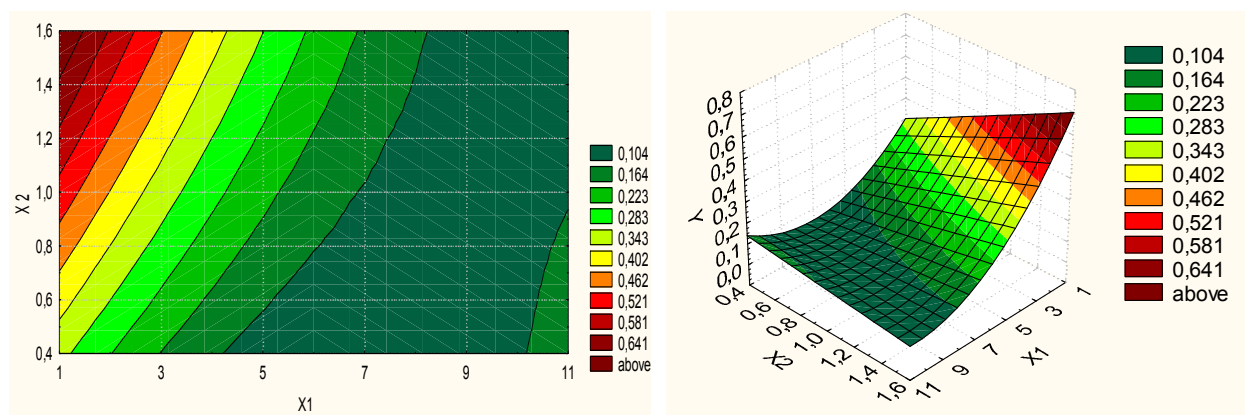


Рис. 4. Двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфакторной модели дозы воздействия (кВт·ч/кг, 800 Вт) ЭМП СВЧ на мясное сырье при частоте вращения барабана 23 об/мин.

Fig. 4. Two dimensional sections in isolines and response surface models of three-factor model of dose exposure

Варьируя параметрами (массой загрузки сырья, продолжительностью обработки) построены двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфакторной модели дозы воздействия электро-

магнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на мясное сырье при частоте вращения барабана 23 об/мин (рис. 4).

Final loss: 12111,363636 R = 0,99299 Variance explained: 98,604 %

	B0	B1	B2	B3	B11	B22	B33	B12	B13	B23	без x	с x	с y
Estimate	285,3	90,39	-322,95	28,93	-5,28	154,54	-0,663	-7,5	2,14	-22,5	599,54	139,66	-840,46

$$Z = 599,54 + 139,66 x_1 - 840,45 x_2 - 5,28 x_1^2 + 154,54 x_2^2 - 7,5 x_1 x_2$$

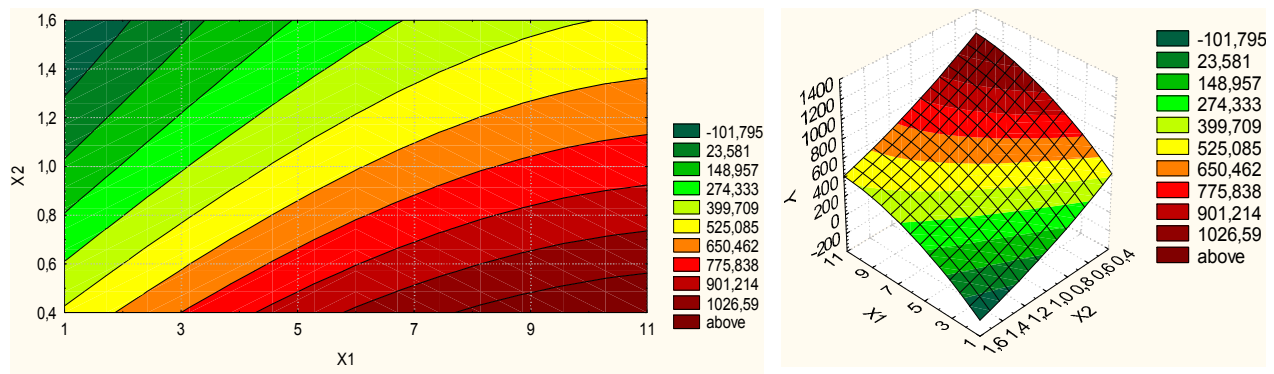


Рис. 5. Двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфакторной модели энергетических затрат на процесс термообработки мясного сырья (кВт·ч/кг, 800 Вт) в электромеханическом мясомассажере при частоте вращения барабана 23 об/мин.

Fig. 5. Two dimensional sections in isolines and response surface models of three-factor model of energy expenditures

Варьируя параметрами (массой загрузки сырья, продолжительностью обработки) построены двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфак-

торной модели энергетических затрат на процесс термообработки мясного сырья (кВт·ч/кг, 800 Вт) при частоте вращения барабана 23 об/мин (рис. 5).

Final loss: 2784,0909091 R = 0,99802 Variance explained: 99,605 %

	B0	B1	B2	B3	B11	B22	B33	B12	B13	B23	без x	с x	с y
Estimate	1025,42	6,84	-771,77	-3,13	-2,045	292,73	-0,318	-7,5	4,09	-13,5	785,23	100,79	-1082,27

$$z = 785,23 + 100,795 x_1 - 1082,27 x_2 - 2,045 x_1^2 + 292,73 x_2^2 - 7,5 x_1 x_2$$

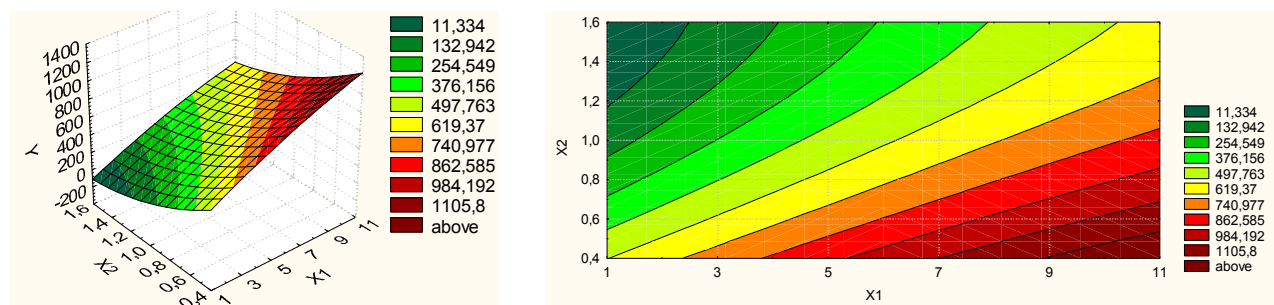


Рис. 6. Двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфакторной модели изменения общего микробного числа (КОЕ/г) в мясном сырье при воздействии ЭМП СВЧ

Fig. 6. Two dimensional sections in isolines and response surface models of three-factor model of changes in total count

Варьируя параметрами (массой загрузки сырья, продолжительностью обработки) построены двумерные сечения в изолиниях и поверхность отклика трехфакторной модели изменения общего микробного числа (КОЕ/г) в мясном сырье при воздействии ЭМП СВЧ (рис. 6).

На основе экспериментальных данных составлены конструктивные и технологические схемы разработанных и апробированных в производственных условиях установок для термообработки и обеззараживания сырья. Предложен нетрадиционный подход термообработки и обеззараживания с.-х. сырья, заключающийся в многократном воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты в установках с новым конструктивным исполнением рабочих органов, в виде передвижных сферических резонаторов, с

возможностью опрокидывания, расположенных в тороидальном волноводе, выполняющем функции экранирующего корпуса, содержащего заперделные волноводы для загрузки и выгрузки продукта.

В результате апробирования установок в производственных условиях выявлено: снижение удельных энергетических затрат на термообработку сырья до 30 %; улучшение качества продукта на 6–9 баллов и снижение бактериальной обсемененности продукта на два порядка; увеличение срока хранения продукта до 30 %.

Заключение

Энергоресурсосберегающая установка, работающая на ВИЭ и ИИЭ, может удовлетворить потребность в электроэнергии и холоде картофелехранилищ,

расположенных в труднодоступных районах, удаленных от линий электропередач, в течение всего года. Разработанная установка заменяет дизельные электроустановки, генераторы и котельные, стоимость энергии которых очень высока. К тому же установки, работающие на традиционном углеводородном сырье, загрязняют атмосферу и почву. Применение АБХМ позволяет сохранить качество клубней картофеля и увеличить срок их хранения. При этом АБХМ отличается значительно меньшим расходом электроэнергии, и ее применение сельхозпроизводителями позволяет снизить как эксплуатационные расходы, так и стоимость строительства. Во время отопительного сезона индивидуальные жилищные строения, расположенные как в городской черте, так и в сельской местности, используя преобразователь тепловой энергии в электрическую в отопительных котлах, могут производить и использовать электрическую энергию, что позволяет значительно экономить.

Составлены конструктивные и технологические схемы разработанных и апробированных в производственных условиях установок для термообработки и обеззараживания сырья. В результате апробирования установок в производственных условиях выявлено снижение удельных энергетических затрат на термообработку сырья до 30 %.

Годовой экономический эффект от применения установок для термообработки с.-х. сырья с использованием энергии электромагнитных излучений составляет 100–400 тыс. руб./год [6].

Контроль мощности потока излучений СВЧ-установки проводили в испытательной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Чувашской Республике – Чувашии» с помощью приборов ПЗ-33 М, ПЗ-41 и ПЗ-50А [7].

Список литературы

1. Патент 109507 РФ МПК F03G6/00. Энергосберегающая установка / Васильева И.Г. (Ершова И.Г.) // 2006. Бюл. № 29.
2. Патент 118406 РФ МПК F25B21/02. Устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую / Тимофеев В.Н. // 2006. Бюл. № 20.
3. Поручиков Д.В., Ершова И.Г., Наumenko О.В. Технологический процесс посола мясного сырья и устройство для его осуществления // Естественные и технические науки. 2014. № 8 (76). С. 126–127.
4. Самodelкин А.Г., Поручиков Д.В., Ершова И.Г., Белова М.В., Матвеева А.Н. Анализ электрофизических параметров мясного сырья // Естественные и технические науки. 2015. № 6 (84). С. 501–504.
5. Ершова И.Г. Инновационная энергосберегающая установка // Международный научно-теорети-

ческий и прикладной журнал «Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева», 2011. № 4 (72), Ч. 1. С. 7–12.

6. Ершова И.Г., Белова М.В., Уездный Н.Т. Экономическая эффективность применения СВЧ установки для термообработки субпродуктов // Международный научно-теоретический и прикладной журнал «Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева». 2013. № 4 (80). С. 30–33.

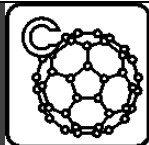
7. Наumenko О.В., Александрова Г.А. Исследование мощности потока излучений СВЧ установок // Актуальные проблемы развития науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Часть VI. Москва: «АР-Консалт», 2014. С. 110–111.

References

1. Vasil'eva I.G. (Ershova I.G.) Ènergoresurso-sberegaušaa ustanovka. Patent 109507 RF MPK F03G6/00 // 2006. Bul. no. 29 (in Russ.).
2. Timofeev V.N. Ustrojstvo dlâ prâмого preobrazovaniâ teplovoj ènergii v èlektričeskuû. Patent 118406 RF MPK F25B21/02 // 2006. Bul. no. 20 (in Russ.).
3. Poruchikov D.V., Ershova I.G., Naumenko O.V. Tehnologičeskij process posola mäsного syr'â i ustrojstvo dlâ ego osušeštveniiâ. *Estestvennye i tehničeskie nauki*, 2014, no. 8 (76), pp. 126–127 (in Russ.).
4. Samodelkin A.G., Poruchikov D.V., Ershova I.G., Belova M.V., Matveeva A.N. Analiz èlektrofizičeskikh parametrov mäsного syr'â. *Estestvennye i tehničeskie nauki*, 2015, no. 6 (84), pp. 501–504 (in Russ.).
5. Ershova I.G. Innovacionnaâ ènergosberegaušaa ustanovka. *Meždunarodnyj naučno-teoretičeskij i prikladnoj žurnal «Vestnik Čuvaškogo gosudarstvennogo pedagogičeskogo universiteta imeni I.Ya. Yakovleva»*, 2011, no. 4 (72), part 1, pp. 7–12 (in Russ.).
6. Ershova I.G., Belova M.V., Uezdnyj N.T. Èkonomičeskaâ èffektivnost' primeneniâ SVČ ustanovki dlâ termooobrabotki subproduktov. *Meždunarodnyj naučnoteoretičeskij i prikladnoj žurnal «Vestnik Čuvaškogo gosudarstvennogo pedagogičeskogo universiteta imeni I.Ya. Yakovleva»*, 2013, no. 4 (80), pp. 30–33 (in Russ.).
7. Naumenko O.V., Aleksandrova G.A. Issledovanie možnosti potoka izlučenij SVČ ustanovok. *Aktual'nye problemy razvitiâ nauki i obrazovaniâ: Sbornik naučnyh trudov po materialam Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii*, part VI, Moscow: «AR-Konsalt», 2014, pp. 110–111 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995





НАНОСТРУКТУРЫ NANOSTRUCTURES

НАНОСИСТЕМЫ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

NANOSYSTEMS: SYNTHESIS, PROPERTIES, AND APPLICATION

Статья поступила в редакцию 30.09.15. Ред. рег. № 2367

The article has entered in publishing office 30.09.15. Ed. reg. No. 2367

УДК 536.46

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА САЖИ В ПЛАМЕНИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

О.В. Васильева¹, С.И. Ксенофонов², А.Г. Краснова¹, А.В. Кошкина¹

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428023, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский пр., 15
тел.: +7(8352)58-30-36

²Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева
РФ 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К.Маркса, 38
тел.: +7(8352)62-03-12; e-mail: dprostokvashino@rambler.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.014

Заключение совета рецензентов: 09.10.15 Заключение совета экспертов: 16.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Выявлены активные центры в ансамбле частиц сажи, места их дислокации и характер структуры. Изучены особенности механизма образования и физико-химические свойства пиролитической пленки в пламени углеводородных топлив.

Комплексная методика, включающая ИК-спектральный анализ, пробоотбор конденсированных продуктов сгорания, изучение топографии поверхности сажевых частиц, определение оптических констант, выявление ярких неоднородностей в пламени, – может быть применена при изучении механизмов сажеобразования в гетерогенных конденсированных средах.

Ключевые слова: структура и свойства сажи, пленка пиролитического углерода, спектральная характеристика, оптические постоянные.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF SOOT IN HYDROCARBON FLAMES

O.V. Vasileva¹, S.I. Ksenofontov², A.G. Krasnova¹, A.V. Kokshina¹

¹Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
15 Moskovsky ave., Chuvash Republic, Cheboksary, 428023 Russian Federation
ph.: +7(8352)62-03-12

²Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev,
38 Karl Marks st., Chuvash Republic, Cheboksary, 428000 Russian Federation
ph.: +7(8352)62-03-12, e-mail: dprostokvashino@rambler.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.014

Referred 9 October 2015 Received in revised form 16 October 2015 Accepted 23 October 2015

The “active sites” were identified in the ensemble of soot particles, the place of their location, the nature of their structure. The mechanism of the formation and physico-chemical properties of the pyrolytic carbon film were studied in hydrocarbon flames.



Integrated technique, including infrared spectral analysis, sampling of the condensed combustion products, studying of the surface topography of the soot particles, finding values of the optical constants, revealing irregularities in the brightness of the flame, identify irregularities in the brightness of the flame can be applied in the research of mechanisms of soot formation in heterogeneous condensed media.

Keywords: structure and properties of soot, the pyrolytic carbon film, the spectral characteristics, the optical constants.



Васильева Ольга Васильевна
Olga V. Vasilyeva

Сведения об авторе: аспирант, старший преподаватель кафедры прикладной физики и нанотехнологий, ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».

Сфера научных интересов: нано- и микро-структуры, химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Публикации: 28.

Information about the author: postgraduate, senior lecturer, Department of Applied Physics and Nanotechnology, the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: the Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev.

Research area: nano- and microstructures, chemical physics of combustion and explosion, physics of extreme states of matter.

Publications: 28.



Ксенофонтов
Сергей Иванович
Sergey I. Ksenofontov

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, профессор кафедры общей и теоретической физики, ФГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».

Сфера научных интересов: нано- и микро-структуры, химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Публикации: 200.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), professor, Department of General and Theoretical Physics, the Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev.

Education: the Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev.

Research area: nano- and microstructures, chemical physics of combustion and explosion, physics of extreme states of matter.

Publications: 200.



Кошкина
Анна Владимировна
Anna V. Kokshina

Сведения об авторе: аспирант, ассистент кафедры прикладной физики и нанотехнологий, ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова».

Сфера научных интересов: халькогениды, тонкие пленки, металлоуглеродные пленки, линейно-цепочечный углерод, солнечная энергетика, оптические и электрофизические свойства тонких пленок.

Публикации: 26.

Information about the author: postgraduate, assistant professor, Department of Applied Physics and Nanotechnology, the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: chalcogenides, thin films, metal-carbon film, linear-chain carbon, solar, optical and electrical properties of thin films.

Publications: 26.



Краснова Алиса Геннадьевна
Alisa G. Krasnova

Сведения об авторе: аспирант, ассистент кафедры прикладной физики и нанотехнологий, ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова».

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова».

Сфера научных интересов: поверхность и тонкие пленки, нано- и микро-структуры, физика твердого тела.

Публикации: 25.

Information about the author: postgraduate, assistant professor, Department of Applied Physics and Nanotechnology, the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research interests: surface and thin film, nano- and microstructures, solid state physics.

Publishing: 25.

Введение

В изучении механизма сажеобразования достигнуты определенные успехи, но вместе с тем возросло число задач, которые необходимо решить для создания надежных математических моделей процессов образования и выгорания сажи, а также управления этими процессами в различных энергетических установках. Такое управление, как правило, должно обеспечивать снижение уровня образования и выделения сажи при горении. Однако в отдельных случаях, например для некоторых способов промышленного производства сажи, возникает необходимость в интенсификации процесса сажеобразования.

В литературе существуют различные мнения, согласно которым в ходе горения углеводорода протекает множество реакций с образованием углерода. Некоторые авторы [1, 2, 3] полагают, что в пламени образуются полициклические ароматические углеводороды (ПЦАУ), в которых в результате гидрогенизации число атомов водорода в молекуле уменьшается, соотношение C/H увеличивается. В итоге ПЦАУ превращается в углеродную частицу. Иные авторы [4, 5, 6] считают, что зародышем сажевых частиц являются простейшие углеводороды CH_4 , C_2H_2 или их радикалы C_2^+ , C_2H^+ , CH^+ , в результате взаимодействия которых происходит увеличение числа атомов углерода. В некоторый момент зародыш-радикал теряет свойства радикала и приобретает свойства физической поверхности – превращается в сажевую частицу. В дальнейшем скорость образования зародышей уменьшается, а скорость роста размеров частиц возрастает [7].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Для диффузионного режима горения характерно наличие тонкого реакционного слоя ($\sim 0,1$ мм), где протекают интенсивные химические реакции. Объем, занимаемый факелом, зоной горения делится на внутреннюю и наружную зоны. Внутри факела находятся пары горючей жидкости и продукты сгорания, вне зоны горения – смесь продуктов сгорания с воздухом.

Горение восходящих внутри факела паров горючей жидкости состоит из двух стадий: диффузионного подвода кислорода к зоне горения и самой химической реакции, протекающей во фронте пламени. Скорости протекания этих процессов не одинаковы: химическая реакция протекает очень быстро, тогда как диффузионный подвод кислорода – медленный процесс, ограничивающий общую скорость горения [8].

Сжигание топлива сопровождается большим химическим недожогом. Парообразные углеводороды при движении внутри конусообразного факела до фронта пламени при высокой температуре и недостатке кислорода подвергаются термическому разложению, вплоть до образования свободного углерода и водорода. Часть свободного углерода не успевает сгорать и уносится в виде сажи продуктами сгорания, образуя коптящий шлейф.

В экспериментах изучалось горение авиационного керосина марки ТС-1 с круглой горелкой диаметром 16 мм. Топливо подводилось к горелке через хлопчатобумажную фитильную ткань. Стабилизация температуры горелки осуществлялась за счет проточной воды комнатной температуры.

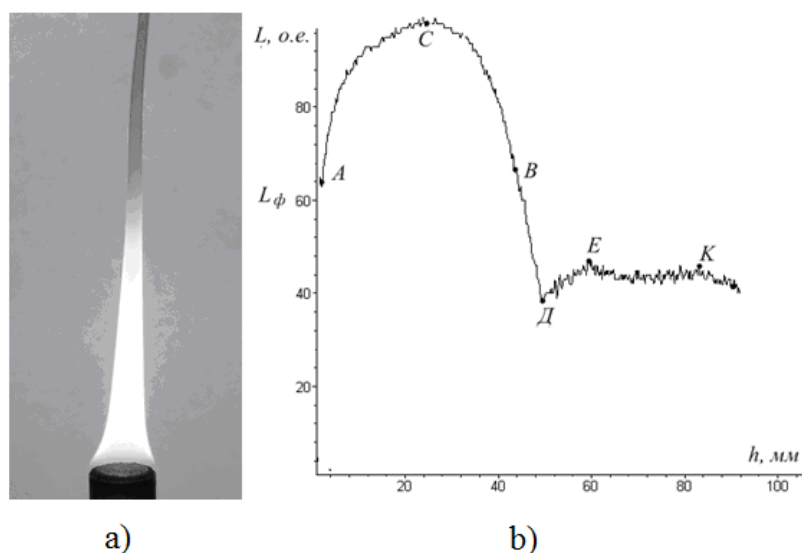


Рис. 1. Горение авиационного керосина марки ТС-1: а – пламя керосина, б – распределение яркости по высоте пламени
Fig. 1. Burning aviation kerosene TS-1: a – kerosene flame, b – flame intensity distribution along the OY-axis

Фотометрические методы исследования [9] позволяют выявить яркостные неоднородности в пла-

мени (рис. 1б). Начиная с некоторой высоты

($dL/dh = -4,89$ усл.ед.ярк./мм., участок СВД), наблюдается процесс объемного сажеобразования. Факел из сильно светящегося тела превращается в поглощающий элемент. Наряду с образованием и ростом сажевых частиц, протекает процесс агломерации ($dL/dh = 2,03$ усл.ед.ярк./мм., участок ДЕ), завершающийся выгоранием сажевых частиц ($dL/dh = 0,012$ усл.ед.ярк./мм., участок ЕК) или их выносом продуктами сгорания.

Исследование спектральных характеристик пламени показало [10], что углерод в пламени может существовать как в конденсированной, так и в газовой фазе (рис. 2а). На фоне сплошного спектра выделяется система полос, принадлежащая радикалам C_2 , CN и OH . С увеличением высоты пламени интенсивность отдельных полос по отношению к общему фону сплошного спектра падает (рис. 2б), часть из них становится едва различимыми, а интенсивность самого сплошного спектра возрастает (кривые 2 и 3). В зоне темного шлейфа интенсивность сплошного спектра уменьшается (кривая 4).

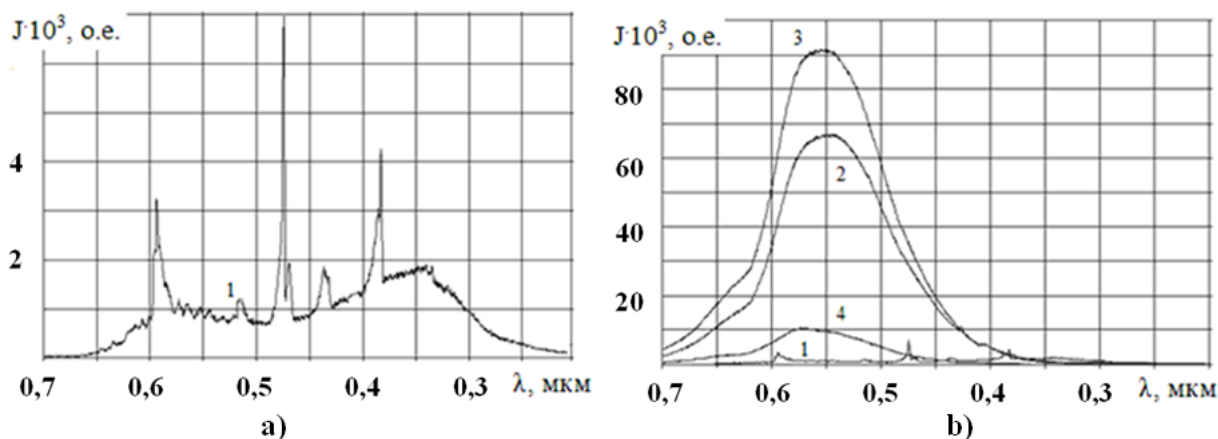


Рис. 2. Спектральная характеристика пламени авиационного керосина марки ТС-1 на разных высотах h , в мм: 1 – 2; 2 – 9; 3 – 22; 4 – 32

Fig. 2. Spectral characteristics of aviation kerosene TS-1 at different heights h , mm: 1 – 2; 2 – 9; 3 – 22; 4 – 32

Определение наличия тех или иных химических связей в веществе осуществляется с помощью ИК-Фурье спектрометра ФСМ-1201. В широком спектральном диапазоне $4000...1000\text{ см}^{-1}$ наблюдается

практически полное поглощение излучения. В далекой ИК-области прослеживается область прозрачности с отдельными полосами поглощения (рис. 3), присущими остаткам углеводородов (C_{60} , $\nu = 1429\text{ см}^{-1}$).

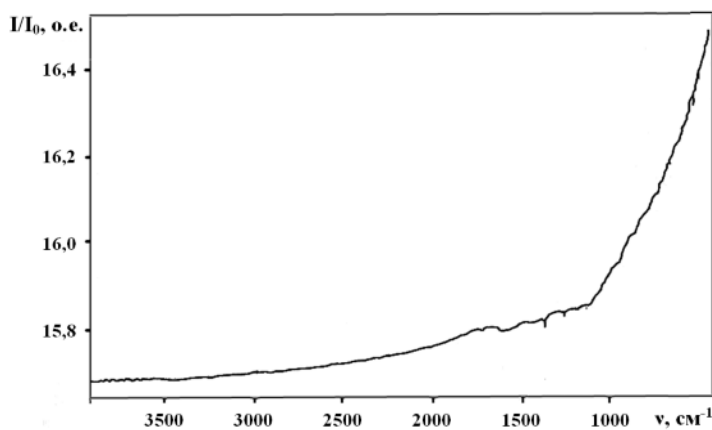


Рис. 3. Спектр поглощения высокодисперсной сажи в ИК-области
Fig. 3. Absorption spectrum of fine-grain soot in IR region

Микроскопический анализ частиц сажи проводился методом проноса пробоотборника в пламени на фиксированной высоте над поверхностью горения. В качестве подложки использовались кварцевые пластины.

Частицы сажи, осажденные на периферии пламени (рис. 4а), представляют собой высокодисперсные структурные образования. Размер большинства частиц в поперечнике составляет $8...12\text{ мкм}$.

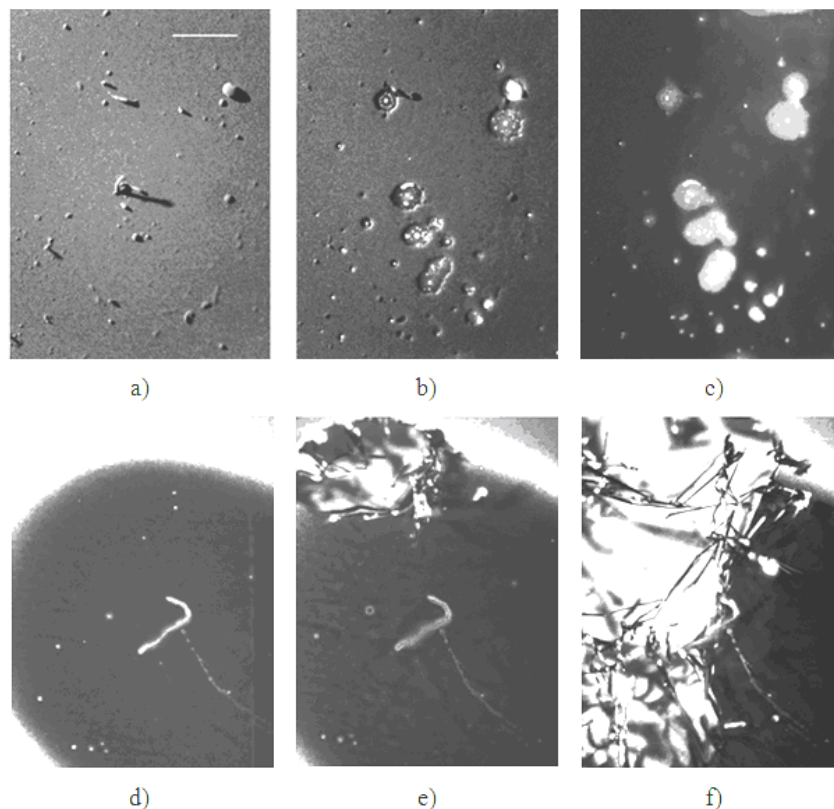


Рис. 4. Микрофотография поверхности пробоотборника: а, b, с – периферийная зона пламени; d, e, f – центральная зона пламени; а и d – в начале термического воздействия. Пробоотбор на высоте $h = 4$ см. Длина реперной линии 1 мм
Fig. 4. Micrograph of probe surface at height $h = 4$ cm: а, b, с – peripheral zone of the flame; d, e, f – central zone of the flame; а and d – at the beginning of thermal effects. Reference line 1 mm

Осажденная сажа подвергалась термическому воздействию. По мере нагревания пробоотборника в различных местах появляются очаги в виде круглых ям диаметром 50...70 мкм. В центре очага находится светлое пятно диаметром 10 мкм (рис. 4b). По мере выгорания сажи возникают дополнительные светлые пятна, расположенные строго коаксиально вокруг центрального пятна на расстоянии 20 мкм. Размеры этих пятен равны 4 мкм и расположены относительно друг друга на расстоянии от 2 до 5 мкм. В результате термического воздействия размеры ям увеличиваются, границы ранних ям могут сливаться между собой (рис. 4c).

В центральной области пламени, в зоне активного пиролиза, на поверхность пробоотборника осаждается углерод в виде тонкой пленки (рис. 4d). При термическом воздействии выгорание пленочного углерода не наблюдается. Пленка разрывается в определенных местах, отслаивается от пробоотборника и скручивается (рис. 4e). Длина скрученных пленок достигает 1 мм. При дальнейшем нагревании площадь разрушающейся пленки увеличивается, и на пробоотборнике образуется «ворох» отслоившихся пленок (рис. 4f).

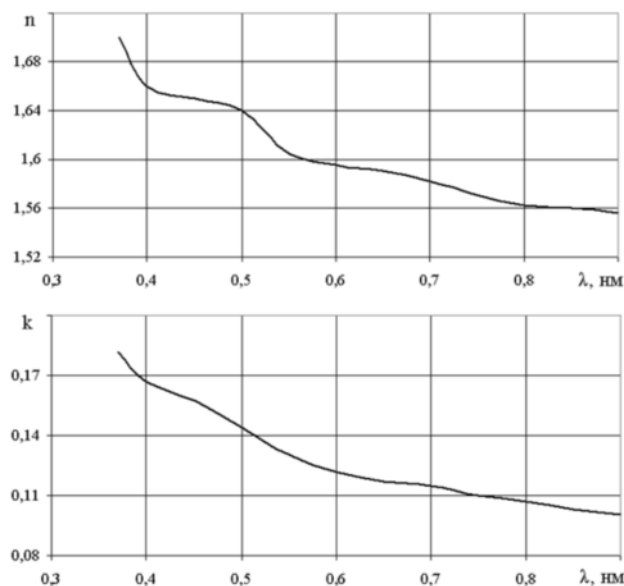


Рис. 5. Оптические постоянные пленки пиролитического углерода $n(\lambda)$ и $k(\lambda)$
Fig. 5. Optical constants of the pyrolytic carbon film $n(\lambda)$ and $k(\lambda)$

Оптические параметры пленки пиролитического углерода определялись методами отражательной эллипсометрии и спектрометрии. Начиная с ультра-

фиолетовой и заканчивая видимой областью спектра (рис. 5), значение действительной n и мнимой части k показателя преломления пленки с увеличением длины волны λ уменьшаются и описываются зависимостью $n = 1,76 - 0,25\lambda$, $k = 0,22 - 0,14\lambda$.

Прозрачность пленки возрастает от 0 до 50 % в УФ-области, от 50 % до 70 % в видимой, от 70 % до 85 % в ближней ИК-области (рис. 6). Такое поведение оптических констант характерно для большинства диэлектриков.

Исследование микроструктуры поверхности пленки с помощью атомно-силового микроскопа показывает, что имеется большое разнообразие частиц-глобул по форме и размеру (рис. 7а, рис. 7б).

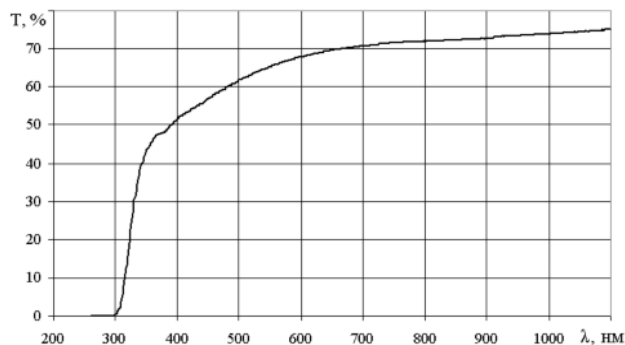


Рис. 6. Спектр оптического пропускания пленки пиролитического углерода

Fig. 6. Transmission spectrum of pyrolytic carbon film

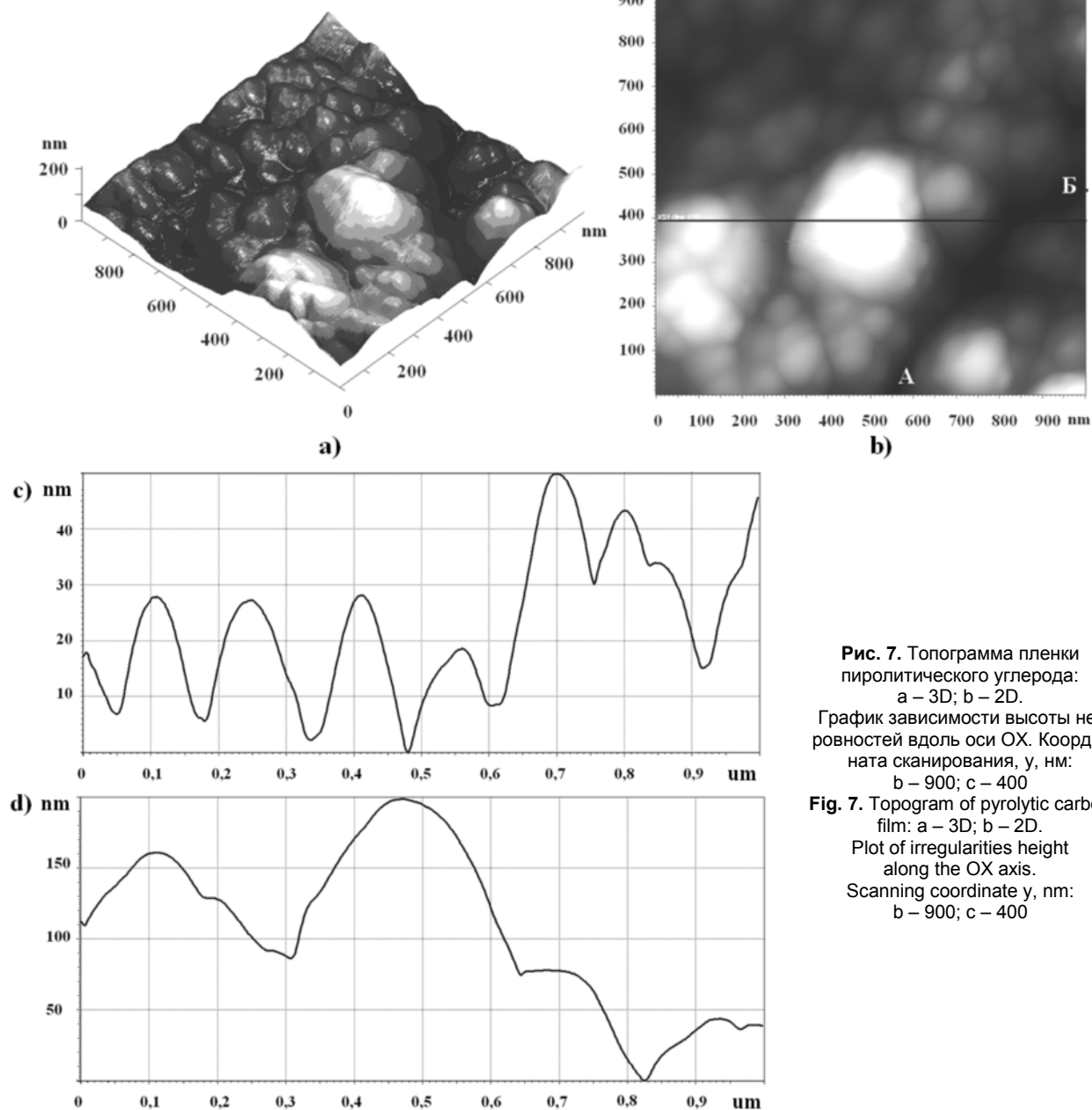


Рис. 7. Топограмма пленки пиролитического углерода: а – 3D; б – 2D.

График зависимости высоты неровностей вдоль оси ОХ. Координата сканирования, y, nm:

б – 900; с – 400

Fig. 7. Topogram of pyrolytic carbon film: a – 3D; b – 2D.

Plot of irregularities height along the OX axis.

Scanning coordinate y, nm: b – 900; c – 400

Частицы-глобулы, преимущественно сферической формы, имеют размеры от 130 до 320 нм. Наблюдаются и более мелкие элементы структуры (рис. 7с, рис. 7d) с характерными размерами от 80 до 100 нм. Частицы сажи аналогичных размеров были обнаружены в пламени и описаны в работах П.А. Теснера [11]. Наличие «глубоких впадин» между частицами-глобулами (рис. 7b вдоль линии АВ) в ходе термического воздействия приводит к разрушению пленки.

Выводы

- Фотометрические методы исследования позволяют выделить в факеле особые области, где преобладают процессы образования и роста сажевых частиц.
- Однородная высокодисперсная сажа в пламени содержит активные центры.
- Пиролитическая пленка углерода, полученная в пламени углеводородных видов топлива, обладает диэлектрическими свойствами.
- Наличие глобулярной структуры пиролитической пленки в значительной степени определяет ее механические свойства. Дефекты в пленке в результате термического воздействия приводят к ее разрушению.

Список литературы

1. Крестинин А.В., Теснер П.А., Шурупов С.В. Кинетика и механизм образования сажи при химическом разложении ацетилена // Кинетика химических реакций. 1992. С. 65–67.
2. Мансуров З.А. Сажеобразование в процессе горения // Физика горения и взрыва. 2005. Т. 41, № 6. С. 137–156.
3. Мансуров З.А., Попов В.Т., Королев Ю.М. и др. Сажеобразование при низкотемпературном горении метана // Физика горения и взрыва. 1991. Т. 27, № 1. С. 42–45.
4. Алемасов В.Е., Крюков В.Е., Алемасов В.Г. и др. Формирование механизма сажеобразования на основе метода больших молекул // Рабочие тела и процессы в двигателях летательных аппаратов: межвузовский сборник. 1986. С. 5–11.
5. Иванов Б.А. Физика взрыва ацетилена. М.: Химия, 1969.
6. Кнорре В.Г., Теснер П.А. Сажа из ацетилена // Процессы горения и химической технологии и металлургии. 1975. С. 58–69.
7. Бакиров Ф.Г., Захаров В.М., Полещук И.З. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив. М.: Машиностроение, 1989.
8. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства. М.: Энергия, 1976.
9. А.с. 11708 РФ. G06K 9/00, G06K 15/00. Программа расчета распределения яркости пламени по оптическому изображению / Порфирьев А.М., Ксенофонтов С.И. // Отраслевой фонд алгоритмов и программ. 2008.
10. Гейдон А.Г. Спектроскопия пламен. М.: ИЛ, 1957.
11. Теснер П.А. Образование углерода из углеводородной газовой фазы. М.: Химия, 1972.
12. Васильева О.В., Ксенофонтов С.И., Краснова А.Г., Кокшина А.В. Синтез пленки пиролитического углерода в пламени // Сборник материалов III Всероссийской научной конференции «Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики». 2015. С. 9–14.

References

1. Krestinin A.V., Tesner P.A., Shurupov S.V. Kinetika i mehanizm obrazovaniâ saži pri himičeskom razloženíi acetilena. *Kinetika himičeskih reakcij*, 1992, pp. 65–67 (in Russ.).
2. Mansurov Z.A. Sažebrazovanie v processe goreníâ. *Fizika goreníâ i vzryva*, 2005, vol. 41, no. 6, pp. 137–156 (in Russ.).
3. Mansurov Z.A., Popov V.T., Korolev Yu.M. et al. Sažebrazovanie pri nizkotemperaturnom gorenii metana. *Fizika goreníâ i vzryva*, 1991, vol. 27, no. 1, pp. 42–45 (in Russ.).
4. Alemasov V.E., Kryukov V.E., Alemasov V.G. et al. Formirovanie mehanizma sažebrazovaniâ na osnove metoda bol'sih molekul. *Rabočie tela i processy v dvigatelâh letatel'nyh apparatov: mežvuzovskij sbornik*, 1986, pp. 5–11 (in Russ.).
5. Ivanov B.A. Fizika vzryva acetilena. Moscow: Himiâ Publ., 1969 (in Russ.).
6. Knorre V.G., Tesner P.A. Saža iz acetilena. *Processy goreníâ i himičeskoj tehnologii i metallurgii*, 1975, pp. 58–69 (in Russ.).
7. Bakirov F.G., Zaharov V.M., Poleschchuk I.Z. Obrazovanie i vygoranie saži pri sžiganií uglevodorodnyh topliv. Moscow: Mašinstroenie Publ., 1989 (in Russ.).
8. Hzmalyan D.M., Kagan Ya.A. Teoriâ goreníâ i topočnye ustrojstva. Moscow: Ènergiâ Publ., 1976.
9. Porfirev A. M., Ksenofontov S. I. Programma rasčeta raspredeleniâ ârkosti plameni po optičeskomu izobraženiû. A.c. 11708 RF G06K 9/00, G06K 15/00. *Otraslevoj fond algoritmov i programm*, 2008 (in Russ.).
10. Gejdon A.G. Spektroskopiâ plamen. Moscow: IL Publ., 1957 (in Russ.).
11. Tesner P.A. Obrazovanie ugleroda iz uglevodorodnoj gazovoj fazy. Moscow: Himiâ Publ., 1972 (in Russ.).
12. Vasileva O.V., Ksenofontov S.I., Krasnova A.G., Kokshina A.V. Sintez plenki pirolytičeskogo ugleroda v plameni. *Sbornik materialov III Vserossijskoj naučnoj konferencii «Nanostrukturirovannye materialy i preobrazovatel'nye ustrojstva dlâ solnečnoj ènergetiki»*, 2015, pp. 9–14 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 538.975; 535.215.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СИСТЕМ CdO И CdO-ЛЦУ

А.В. Кошкина, В.Д. Кочаков

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428023, Чувашская Республика, Чебоксары, Московский пр., 15
тел.: +7(8352) 58-30-36; e-mail: annika21@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.015

Заключение совета рецензентов: 09.10.15 Заключение совета экспертов: 16.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния пленок линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) на свойства тонкопленочной системы CdO. Для изучения структурных и поверхностных свойств образцов применялись методы спектроскопии комбинационного рассеяния света, дифрактометрии и сканирующей зондовой микроскопии. Электрооптические свойства исследовались методами спектрофотометрии и вольтамперометрии. Было выявлено, что внедрение в систему CdO линейно-цепочечного углерода качественно улучшает ее свойства, уменьшая ширину запрещенной зоны и увеличивая фоточувствительность.

Ключевые слова: тонкие пленки, оксид кадмия, линейно-цепочечный углерод, термическое окисление, тонкопленочные фотопроводящие системы.

THE STUDY OF PROPERTIES OF CdO AND CdO-LCC THIN FILM SYSTEMS

A.V. Kokshina, V.D. Kochakov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
15 Moskovsky ave., Chuvash Republic, Cheboksary, 428023 Russian Federation
e-mail: annika21@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.015

Referred 9 October 2015 Received in revised form 16 October 2015 Accepted 23 October 2015

The article reports the results of experimental studies of the influence of films linear-chain carbon (LCC) on the properties of the thin film of CdO. For the study of structural and surface properties of samples were used methods of Raman spectroscopy, diffraction, and scanning probe microscopy. Electro-optical properties were studied by spectrophotometry and voltammetry. During the research it was found that the introduction of linear-chain carbon in the system CdO improves the properties of the system, reducing the band gap and increasing the photosensitivity.

Keywords: thin films, cadmium oxide, linear-chain carbon, thermal oxidation, photoconductive thin film system.



Кошкина Анна Владимировна
Anna V. Kokshina

Сведения об авторе: аспирант, ассистент кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова.

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

Область научных интересов: халькогениды, тонкие пленки, металлоуглеродные пленки, линейно-цепочечный углерод, солнечная энергетика, оптические и электрофизические свойства тонких пленок.

Публикации: 26.

Information about the author: postgraduate of Department of Applied Physics and Nanotechnology of the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: chalcogenides, thin films, metal-carbon film, linear-chain carbon, solar, optical and electrical properties of thin films.

Publications: 26.



Кочаков Валерий Данилович
Valery D. Kochakov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», член-корреспондент Академии электротехнических наук ЧР.

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

Область научных интересов: нанотехнологии, металлоуглеродные пленочные системы на основе углерода в состоянии Sp¹, фотовольтаика.

Публикации: более 90.

Information about the author: PhD (engineering), professor of Department of Applied Physics and Nanotechnology, a member of the Academy of Electrical Sciences of (the Chuvash Republic).

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: nanotechnology, metal-carbon film systems based on carbon in a state of Sp¹, photovoltaics.

Publications: more than 90.

Введение

Одной из главных особенностей современных наукоемких технологий является стремление создавать и использовать новые материалы, обладающие, помимо уникальных сочетаний механических, физических и других свойств, способностями активно реагировать на изменение внешних условий или внешнее воздействие. В этой связи формирование наноструктурных соединений, обладающих свойством фоточувствительности, является важным направлением.

Пленки линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) представляют собой двумерную упорядоченную структуру, состоящую из цепочек углеродных атомов, объединенных sp¹-гибридизацией. Линейно-цепочечный углерод синтезируется ионно-плазменным методом в виде пленки, модель которой представлена на рисунке 1.

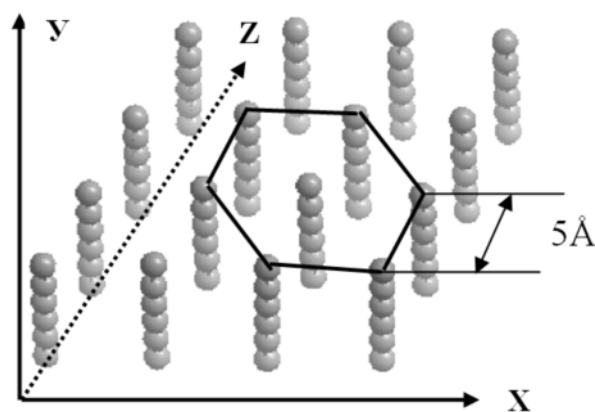


Рис. 1. Структура пленки линейно-цепочечного углерода
Fig. 1. The structure of the linear-chain carbon film

Цепочки углерода ориентированы перпендикулярно поверхности подложки и организованы в гек-

сагональную плотноупакованную решетку. Пленки ЛЦУ обладают одномерной проводимостью вдоль цепочек углерода и, по данным исследований авторов этой статьи, улучшают электрооптические характеристики многих сплавов и элементов. В настоящий момент вопрос о взаимодействии углерода в состоянии sp¹ (ЛЦУ) с различными некарбидообразующими (т.е. не образующими химического соединения с углеродом) металлами и их оксидами является малоизученным. Тонкие пленки CdO получают различными методами, такими как: золь-гель метод [1, 2], метод магнетронного распыления [3, 4], радиочастотного распыления, термического окисления [5, 6], импульсного лазерного осаждения [7], химического осаждения из паровой фазы [8, 9] и электрохимического окисления [10, 11].

Методика эксперимента

В ходе исследования был отработан метод получения тонких пленок окиси кадмия и тонкопленочной системы окись кадмия – линейно-цепочечный углерод, обладающих достаточной прозрачностью и фоточувствительными свойствами. Пленки окиси кадмия получали методом термического окисления, не требующим создания особых условий и много времени для получения окисной пленки. Для подбора оптимальных условий синтеза тонких пленок CdO на подложку из кремния или стекла термическим испарением в вакууме наносились пленки Cd. Затем эти пленки отжигались в атмосфере воздуха в вакуумной печи МИМП-ВМ при различных температурах (от 250 до 400 градусов по Цельсию) и продолжительности (20–40 мин.). Тонкопленочную систему CdO-ЛЦУ получали нанесением на пленку CdO ионно-плазменным способом пленки линейно-цепочечного углерода толщиной 100 нм, после чего производился отжиг полученной системы.

Для исследования структурных и поверхностных свойств тонких пленок CdO применялись методы спектроскопии комбинационного рассеяния света

(был применен спектрометр комбинационного рассеяния света Horiba Jobin Yvon T64000 с приставкой микро-КР; длина волны возбуждения 514 нм; исследование спектров проводилось в диапазоне $100\text{--}1750\text{ см}^{-1}$, в области, где находятся КР-линии кадмия и оксида кадмия), дифрактометрии и сканирующей зондовой микроскопии (в режиме атомно-силовой микроскопии).

Оптические свойства исследовались методами спектрофотометрии и спектроскопии (сняты

спектры пропускания, поглощения и отражения). Электрофизические свойства были исследованы методом вольтамперометрии.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 показаны спектры комбинационного рассеяния образцов CdO, отожженных при температуре $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 20 и 40 минут.

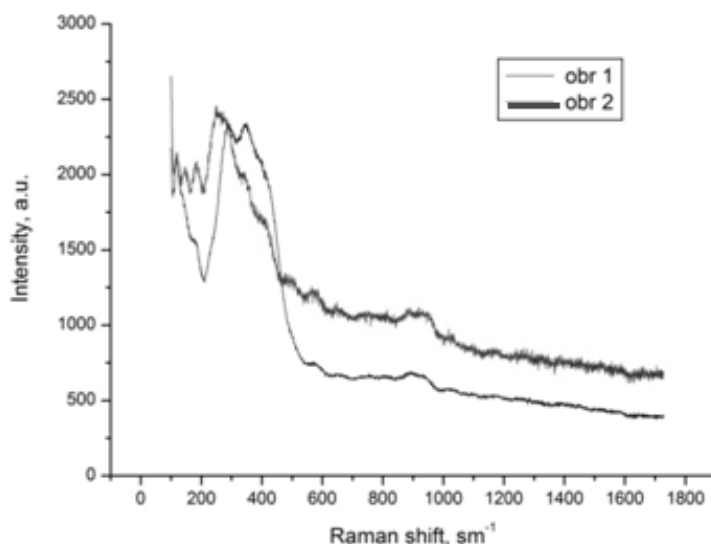


Рис. 2. Спектры комбинационного рассеяния образцов CdO (отжиг при температуре $350\text{ }^{\circ}\text{C}$):

obr1 – в течение 20 мин, obr2 – в течение 40 минут

Fig. 2. Raman spectra of samples CdO (annealing at a temperature of $350\text{ }^{\circ}\text{C}$): obr1 – for 20 min, obr2 – for 40 minutes

На рис. 3 и 4 изображены дифрактограмма и топография поверхности исследуемой пленки, отожженной при температуре $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 40 минут.

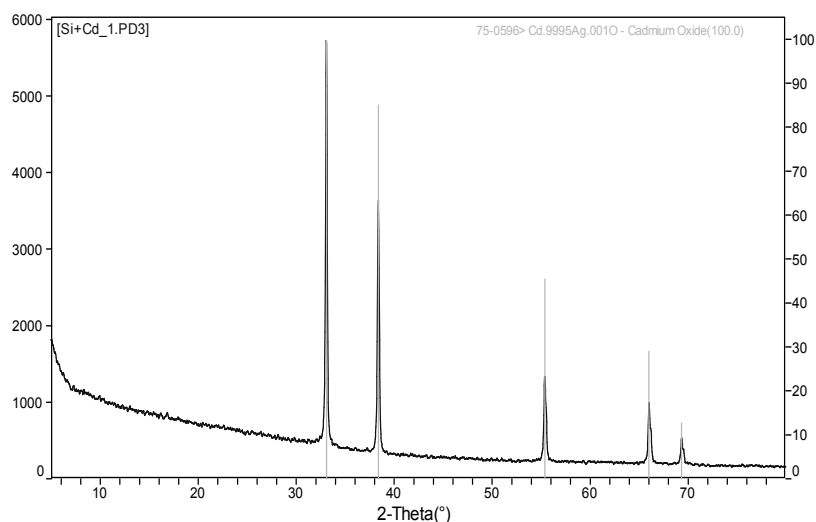


Рис. 3. Дифрактограмма пленки CdO (отжиг при температуре $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 40 минут)

Fig. 3. The diffraction pattern of CdO film (annealed at a temperature of $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 40 minutes)

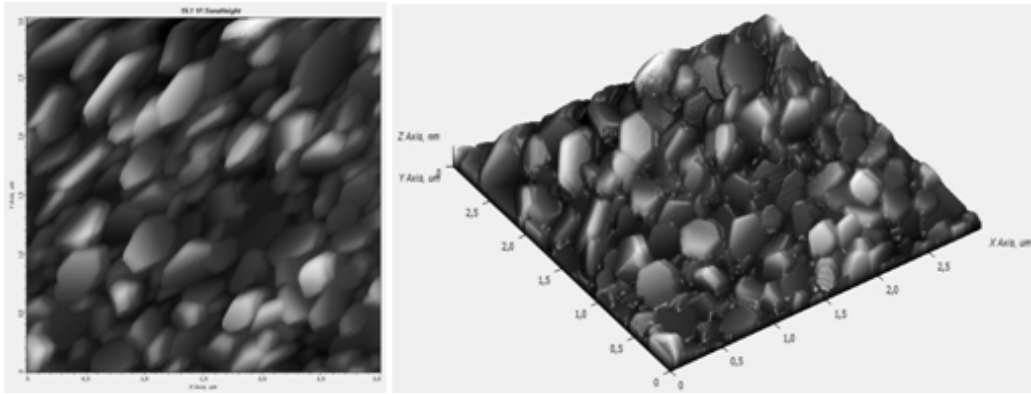


Рис. 4. Топология поверхности пленки CdO (отжиг при температуре 350 °С в течении 40 минут)
Fig. 4. The topology of the surface of the CdO film (annealing at temperature of 350 °C for 40 minutes)

Результаты дифрактометрии и спектроскопии комбинационного рассеяния света показывают, что полученная пленка действительно является оксидом кадмия [12]. После отжига пленки кадмия структура поверхности меняется, кластеры увеличиваются в размере, диаметр кластеров составляет 200–300 нм. Пленка CdO приобретает поликристаллическую структуру. Толщина пленки составляет 200 нм. Проведенные эксперименты свидетельствуют о состоятельности применения метода синтеза данных пленок путем термического окисления.

Оптические исследования показали, что полученные пленки CdO и CdO-ЛЦУ являются достаточно прозрачными в видимой области спектра, что говорит о перспективности применения их в качестве прозрачных проводящих покрытий. На рис. 5 приведены спектры пропускания исследуемых пленок. Добавление в систему CdO линейно-цепочечного углерода незначительно уменьшает ее прозрачность.

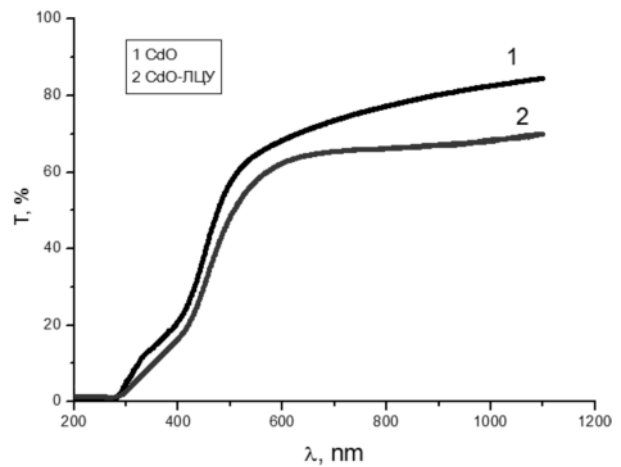


Рис. 5. Спектр пропускания пленки CdO
Fig. 5. The transmission spectrum of the film CdO

Оптическая ширина запрещенной зоны пленки CdO вычислялась по методу, описанному в [13], и составила 2,5 эВ (рис. 6), что согласуется с исследованиями российских и зарубежных коллег, занимающихся изучением данного соединения.

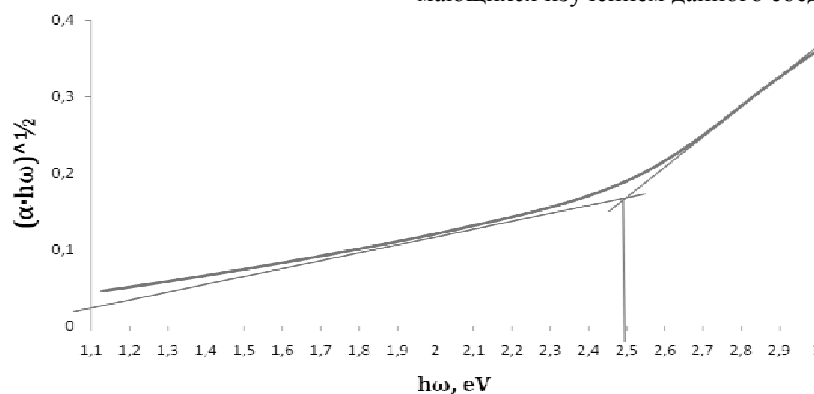


Рис. 6. Определение ширины запрещенной зоны пленки CdO
Fig. 6. The determination of the band gap of CdO films

Оптическая ширина запрещенной зоны системы CdO-ЛЦУ составила 2,3 эВ (рис. 7.). Как видно на рис. 6 и 7, внедрение в пленку окиси кадмия линейно-цепочечного углерода уменьшает ширину запрещенной зоны.

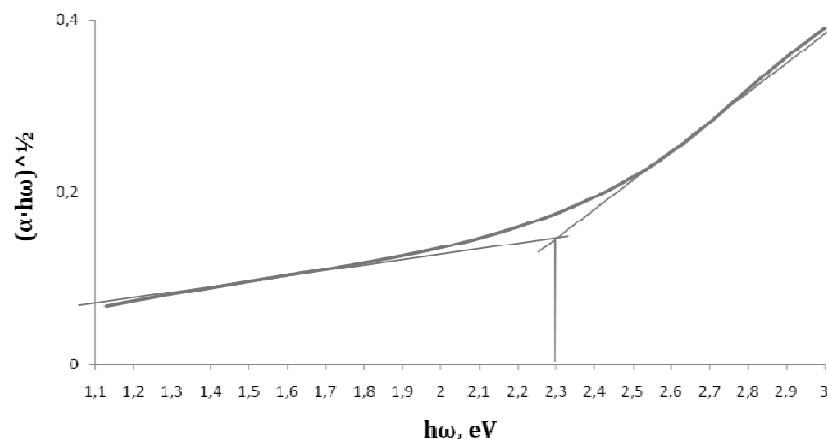


Рис. 7. Определение ширины запрещенной зоны пленки CdO-ЛЦУ
Fig. 7. The determination of the band gap of CdO-LCC films

Полученная пленка окиси кадмия обладает фото-чувствительными свойствами, которые проявляются не только у пленок, нанесенных на подложку из

кремния, но и нанесенных на подложку из стекла. На рис. 8 и рис. 9 показаны фотоотклики систем CdO и CdO-ЛЦУ, нанесенных на подложку из кремния.

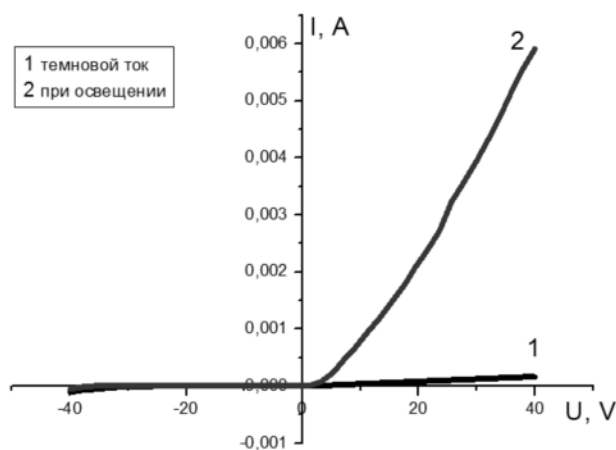


Рис. 8. Фотоотклик системы Si-CdO
Fig. 8. The photoresponse of the system of Si-CdO

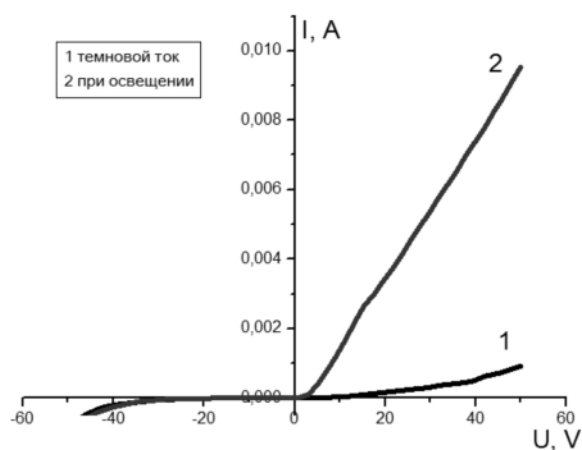


Рис. 9. Фотоотклик системы Si-CdO-ЛЦУ
Fig. 9. The photoresponse of the system of Si-CdO-LCC

Пленка линейно-цепочечного углерода увеличивает фотоотклик исследуемой системы.

Закключение

Полученные данные согласуются с исследованиями прошлых лет, проведенными авторами этой статьи [14, 15], что говорит о повторяемости и стабильности свойств синтезируемой пленки CdO. Эксперименты свидетельствуют о состоятельности применения метода их синтеза путем термического окисления. Таким образом, полученная пленка действительно является окисью кадмия, имеет поликристаллическую структуру и толщину порядка 200 нм, является полупроводником *n*-типа, с шириной запрещенной зоны 2,5 эВ и обладает fotocувствительностью. Добавление в систему линейно-цепочечного углерода качественно улучшает ее свойства. Толщина системы CdO-ЛЦУ составляет 300 нм, ширина запрещенной зоны 2,3 эВ. Наличие у данных систем прозрачности и фотоактивности говорит о перспек-

тивности их применения в качестве прозрачных электродов, антиотражающих покрытий в фотоэлектрических преобразователях, солнечных элементах и других оптоэлектронных устройствах.

Исследование выполнено в рамках стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-2698.2015.1.

Список литературы

1. Yakuphanoglu F. Nanocluster n-CdO thin film by sol-gel for solar cell applications // Applied Surface Science. 2010. No 257. P. 1413–1419.
2. Aksoy S., Caglar Y. Electrical Properties of n-CdO/p-Si Heterojunction Diode Fabricated by Sol Gel // World Academy of Science, Engineering and Technology. 2011. No 5. P. 1473–1476.

3. Баранов А.М., Малов Ю.А., Терешин С.А., Вальднер В.О. Исследование свойств пленок CdO // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23, № 20. С. 51–57.
4. Загоруйко Ю.А., Коваленко Н.О. Текстурированные пленки CdO, полученные методом фототермического окисления // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33, № 4. С. 51–57.
5. Ismail R.A., Abdulrazaq O.A. A new route for fabricating CdO/c-Si heterojunction solar cells // *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 2007. No 91. P. 903–907.
6. Hosseini A., Mahjoub A.R., Movahedi M. Low temperature synthesis and characterization of nanocrystalline CdO film by using a solvothermal method without any additives // *Journal of Applied Chemical Researches Summer*. 2010. Vol. 4, No 14. P. 43–46.
7. Солован М.Н., Брус В.В., Марьянчук П.Д. Электрические свойства анизотипных гетеропереходов n-CdO/p-Si // *Физика и техника полупроводников*. 2014. Т. 48, Вып. 7. С. 926–931.
8. Zaien M., Ahmed N.M., Hassan Z. Fabrication and characterization of nanocrystalline n-CdO/p-Si as a solar cell // *Superlattices and Microstructures*. 2012. No 52. P. 800–806.
9. Naje A.N. Optical Characteristics of CdO Nanostructure // *Physical Review & Research International*. 2013. No 3(4). P. 472–478.
10. Ortega M., Santana I.G., Morales-Acevedo A. Optoelectronic properties of CdO-Si heterojunctions // *Superficies y Vacío*. 1999. № 9. С. 294–295.
11. Khallafa H., Chenb C., Chang L. Investigation of chemical bath deposition of CdO thin films using three different complexing agents // *Applied Surface Science*. 2011. No 257. P. 9237–9242.
12. Oliva R. High-pressure Raman scattering of CdO thin films grown by metal-organic vapor phase epitaxy // *J. Appl. Phys.* 2013. № 113. P. 053514.
13. Василевский А.М., Коноплев Г.А., Панов М.Ф. Оптико-физические методы исследований: методические указания к лабораторным работам. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.
14. Кокшина А.В., Кочаков В.Д., Смирнов А.В. Фотоактивность пленочной системы Cd–углерод // *Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE)*. 2014. № 17. С. 72–77.
15. Кокшина А.В., Белова А.В., Петров Д.В., Кочаков В.Д. Исследование свойств тонких пленок оксида кадмия (CdO) // *Сборник материалов I Всероссийской научной конференции «Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечных элементов 3-го поколения»*, Чебоксары. 2013. С. 70–73.
2. Aksoy S., Caglar Y. Electrical Properties of n-CdO/p-Si Heterojunction Diode Fabricated by Sol Gel. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2011, no 5, pp. 1473–1476 (in Eng.).
3. Baranov A.M., Malov Yu.A., Tereshin S.A., Val'dner V.O. Issledovanie svojstv plenok CdO. *Pis'ma v ŽTF*, 1997, vol. 23, no. 20, pp. 51–57 (in Russ.).
4. Zagoruiiko Yu.A., Kovalenko N.O. Teksturirovannye plenki CdO, polučennye metodom fototermičeskogo okisleniâ. *Pis'ma v ŽTF*, 2007, vol. 33, no. 4, pp. 51–57 (in Russ.).
5. Ismail R.A., Abdulrazaq O.A. A new route for fabricating CdO/c-Si heterojunction solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2007, no 91, pp. 903–907 (in Eng.).
6. Hosseini A., Mahjoub A.R., Movahedi M. Low temperature synthesis and characterization of nanocrystalline CdO film by using a solvothermal method without any additives. *Journal of Applied Chemical Researches Summer*, 2010, vol. 4, no 14, pp. 43–46 (in Eng.).
7. Solovan M.N., Brus V.V., Mar'yanchuk P.D. Èlektričeskie svojstva anizotipnyh gete-roperehodov n-CdO/p-Si. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*, 2014, vol. 48, iss. 7, pp. 926–931 (in Russ.).
8. Zaien M., Ahmed N.M., Hassan Z. Fabrication and characterization of nanocrystalline n-CdO/p-Si as a solar cell. *Superlattices and Microstructures*, 2012, no 52, pp. 800–806 (in Eng.).
9. Naje A.N. Optical Characteristics of CdO Nanostructure. *Physical Review & Research International*, 2013, no 3(4), pp. 472–478 (in Eng.).
10. Ortega M., Santana I.G., Morales-Acevedo A. Optoelectronic properties of CdO-Si heterojunctions. *Superficies y Vacío*, 1999, no. 9, pp. 294–295 (in Eng.).
11. Khallafa H., Chenb C., Chang L. Investigation of chemical bath deposition of CdO thin films using three different complexing agents. *Applied Surface Science*, 2011, no. 257, pp. 9237–9242 (in Eng.).
12. Oliva R. High-pressure Raman scattering of CdO thin films grown by metal-organic vapor phase epitaxy // *J. Appl. Phys.*, 2013. # 113. R. 053514 (in Eng.).
13. Vasilevsky A.M., Konoplev G.A., Panov M.F. Optiko-fizičeskie metody issledovanij: metodičeskie ukazaniâ k laboratornym rabotam. Saint Petersburg: Izd-vo SPbGÈTU «LÈTI» Publ., 2011 (in Russ.).
14. Kokshina A.V., Kochakov V.D., Smirnov A.V. Fotoaktivnost' plenočnoj sistemy Cd–uglerod. *International Scientific Journal «Alternativnââ ènergetika i èkologiâ» (ISJAE)*, 2014, no. 17, pp. 72–77 (in Russ.).
15. Kokshina A.V., Belova A.V., Petrov D.V., Kochakov V.D. Issledovanie svojstv tonkih plenok oksida kadmiâ (CdO). *Sbornik materialov I Vserossijskoj naučnoj konferencii «Nanostруктуриrovannye materialy i preobrazovatel'nye ustrojstva dlâ solnečnyh èle-mentov 3-go pokoleniâ»*, Cheboksary, 2013, pp. 70–73 (in Russ.).
1. Yakuphanoglu F. Nanocluster n-CdO thin film by sol-gel for solar cell applications. *Applied Surface Science*, 2010, no. 257, pp. 1413–1419 (in Eng.).

References

Транслитерация по ISO 9:1995

УДК 538.975

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРА КРИСТАЛЛИЧНОСТИ ДЛЯ ПЛЁНОК mc-Si, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ PECVD, С ПОМОЩЬЮ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В.Л. Кошевой¹, А.О. Белорус², В.С. Левицкий^{2,3}

¹Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
РФ 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2
тел.: +7 (812) 328-82-01

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
РФ 194064, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 28
тел.: +7(812) 240-44-68

³НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ имени А.Ф. Иоффе
РФ 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5
тел.: +7 (812) 346-44-87; e-mail: k2446@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.016

Заключение совета рецензентов: 09.10.15 Заключение совета экспертов: 16.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Исследованные образцы были получены методом плазмохимического осаждения (ПХО) на установке KAI-1-1200, предназначенной для формирования фотоактивных слоёв аморфного и микрокристаллического кремния. Оптимальный средний параметр кристалличности для плёнок mc-Si составляет 52 %.

Для плёнки mc-Si была построена карта распределения параметра кристалличности по поверхности плёнки. Измерения рамановских спектров производились в разных точках, расположенных равномерно по всему периметру плёнки.

Важным фактором при получении плёнок является равномерное их нанесение на подложку. Поскольку установка KAI-1-1200 имеет ряд особенностей, которые мешают равномерному нанесению, данная карта распределения помогает учесть эти особенности и в дальнейшем устранить их или подобрать оптимальные параметры роста, которые будут компенсировать неравномерность распределения плёнки.

Ключевые слова: солнечная энергетика, микрокристаллический кремний, плазмохимическое осаждение, параметр кристалличности, рамановская спектроскопия.

STUDY OF CRYSTALLINITY PARAMETER DISTRIBUTION FOR mc-Si FILMS, OBTAINED BY PECVD, BY USING RAMAN SPECTROSCOPY

V.L. Koshevoi¹, A.O. Belorus², V.S. Levitskiy^{2,3}

¹National Mineral Resource University "Mining University"
2 Vasilevsky ostrov, 21 line, St. Petersburg, 199106 Russian Federation
ph.: +7 (812) 328-82-01

² Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"
5th Prof. Popova st., Saint-Petersburg, 197376 Russian Federation

³TF TE Ioffe R&D Center
ph.: +7(812) 240-44-68
28 Politehnicheskaya st., Saint-Petersburg, 194064 Russian Federation
ph.: +7 (812) 346-44-87, e-mail: k2446@yandex.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.016

Referred 9 October 2015 Received in revised form 16 October 2015 Accepted 23 October 2015

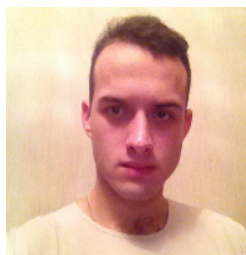


The article investigates the samples, obtained by Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD) on the KAI-1-1200 installation for forming the photoactive layers of amorphous and microcrystalline silicon. Optimal average crystallinity parameter for mc-Si film is 52%.

The authors of this article made a map of the crystallinity parameter distribution of the film surface for mc-Si film and took the measurements of Raman spectra at different points located evenly around the perimeter of the film.

An important factor in the studying films is their uniform deposition on the substrate. As the KAI-1-1200 installation has several features which prevent the uniform deposition of films this distribution map helps to take account of these factors in order to eliminate them or find the optimal parameters of growth that will compensate for the uneven distribution of the film.

Keywords: solar energy, microcrystalline silicon, plasma chemical deposition parameter crystallinity, Raman spectroscopy.



Кошевой Вениамин Леонович
Veniamin L. Koshevoi

Сведения об авторе: аспирант, инженер, Национальный минерально-сырьевой университет «ГОРНЫЙ».

Образование: Национальный минерально-сырьевой университет «ГОРНЫЙ».

Область научных интересов: пористые полупроводники.

Публикации: 11.

Information about the author: postgraduate, engineer, National Mineral Resources University (MINING University).

Education: National Mineral Resources University (MINING University).

Research area: porous semiconductors.

Publications: 11.



Белорус Антон Орестович
Anton O. Belorus

Сведения об авторе: аспирант, инженер, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина).

Область научных интересов: пористый кремний для применения в биомедицине.

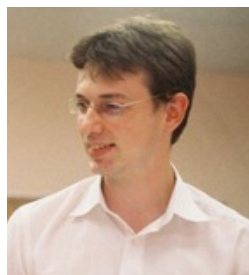
Публикации: 15.

Information about the author: postgraduate, engineer, Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

Research area: porous silicon for biomedicine application.

Publications: 15.



Левицкий Владимир Сергеевич
Vladimir S. Levitskiy

Сведения об авторе: инженер, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина).

Область научных интересов: физика полупроводников.

Публикации: 12.

Information about the author: postgraduate, engineer, Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

Research area: semiconductor physics.

Publications: 12.

Введение

В основе метода рамановской спектроскопии лежит процесс рассеяния фотонов на атомах исследуемого вещества. Рассеяние можно разделить на два типа: релеевское и рамановское. Первое – это тип упругого рассеяния, при котором длина волны и чистота излучения, падающего на образец, соответ-

ствует длине волны и частоте рассеянного излучения; второе – это неупругое рассеяние, при котором длина волны рассеянного излучения имеет отличное от первоначального значение [1]. Спектр рассеянного света содержит дополнительные линии, симметрично расположенные в низкочастотной и высокочастотной области спектра около линий возбуждения (стоксовская (S) и антистоксовская (AS) компоненты

рассеяния) [2]. Таким образом, часть энергии падающего излучения тратится на возбуждение колебаний молекул исследуемого вещества, следовательно, частота рассеянного света меньше частоты падающего (стоксов процесс). В противоположном случае энергия отбирается у колебаний кристаллической решетки (антистоксов процесс), и частота рассеянного света больше частоты падающего [1–3]. Спектры комбинационного рассеяния света (КРС) очень чувствительны к природе химических связей как в органических молекулах и полимерных материалах, так и в неорганических кристаллических решетках и кластерах. По этой причине каждое вещество, каждый материал обладает своим собственным индивидуальным спектром КРС, который является для него аналогом «отпечатков пальцев». [4].

Экспериментальная часть

Спектры КРС регистрировались в геометрии обратного рассеяния при комнатной температуре на спектрометре LabRam HR800, совмещенном с конфокальным микроскопом (производство фирмы Jobin-Yvon Horiba). В качестве источников возбуждения использовалась вторая гармоника Nd:YAG-лазера (длина волны излучения 532 нм). Лазерный луч фокусировался в пятно диаметром $\sim 1\text{--}2$ мкм на поверхности образца. Типичная плотность мощности не превышала 5 КВт/см^2 , чтобы избежать влияния лазерного воздействия на структуру исследуемых объектов.

На рисунке 1 представлена методика проведения эксперимента.

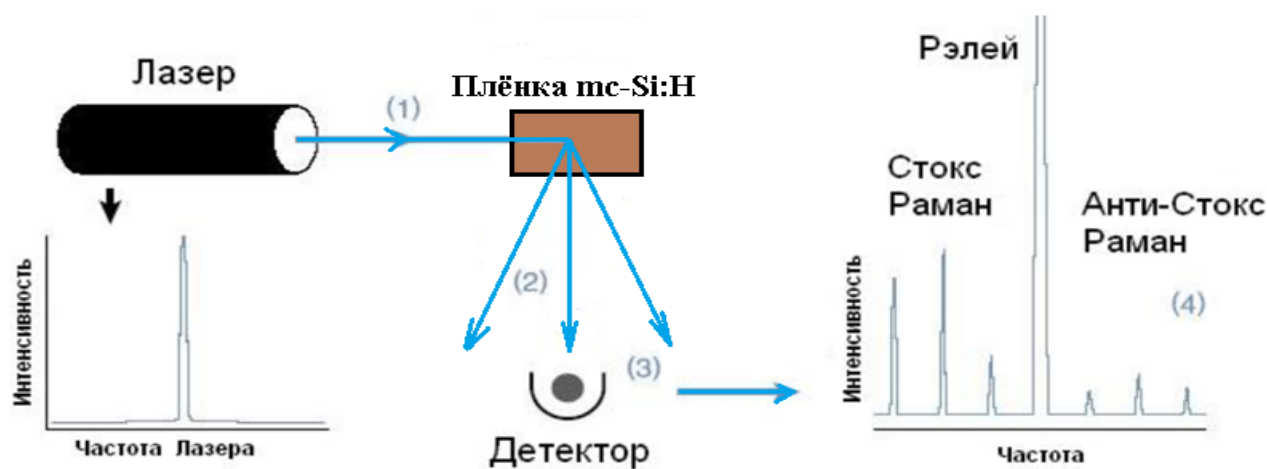


Рис. 1. Лазерный луч возбуждает образец (1); луч рассеивается во всех направлениях (2); частично свет падает на детектор, который регистрирует спектр (3); получаемый спектр исследуемого образца (4)

Fig. 1. A laser beam excites the sample (1); the beam is scattered in all directions (2); part of the light falls on the detector which detects the spectrum (3); the resulting spectrum of the sample (4)

Глубина проникновения света в геометрии обратного рассеяния определяется выражением $1/2\alpha$, где α является коэффициентом поглощения для измеряемого материала (например, $\mu\text{C-Si}$ слой кремния, 514 нм длина волны лазера: $\alpha \approx 3...4 \cdot 10^4$). Это означает, что для ms-Si слоя только верхние слои ~ 150 нм подходят для измерения параметра кристалличности. При измерении на глубине больше, чем значения $1/2\alpha$, качество полученных спектров будет ухудшаться экспоненциально. Для лазеров с длиной волны 633 нм (красный) параметр составляет $\text{RCD} \approx 500$ нм [5].

Исследованные образцы были получены методом плазмохимического осаждения (ПХО) на установке KAI-1-1200, предназначенной для формирования фотоактивных слоёв аморфного и микрокристаллического кремния [6].

Для определения равномерности нанесения плёнок был использован параметр кристалличности,

который характеризует равномерность распределения кристаллитов в образце. Для того чтобы рассчитать этот параметр, необходимо произвести деконволюцию спектра на 3 гауссовы полосы. Полосу с положением максимума 480 см^{-1} связывают с областью дисперсии поперечных оптических колебаний аморфного кремния, полосу с положением максимума в диапазоне от 505 до 515 см^{-1} – с колебаниями мелких нано- и микрокристаллов кремния, а полосу с положением максимума в диапазоне от 514 до 520 см^{-1} – с колебаниями крупных микрокристаллов кремния. Полученные данные, такие как: положение максимума, ширина на полувысоте, интенсивность и интегральная площадь описываемой кривой – принято приписывать различным особенностям колебаний фононов исследуемого материала, отражающим его физические свойства.

Анализ экспериментальных данных

В данном эксперименте была получена серия образцов mc-Si. В процессе роста для каждой плёнки устанавливалось различное значение мощности раз-

ряда в реакционной камере. Значения температуры подложки, давление в камере и поток моносилана оставались постоянными для каждой плёнки.

На рисунке 2 представлен график зависимости параметра кристалличности от мощности разряда в плазме.

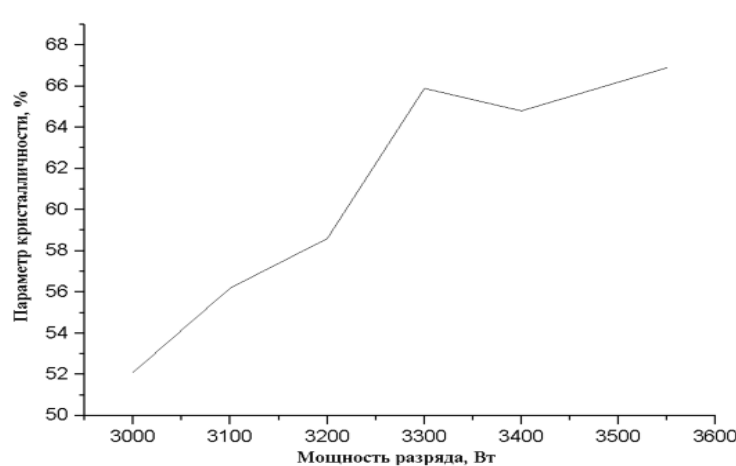


Рис. 2. График зависимости параметра кристалличности от мощности разряда в плазме

Fig. 2. A plot of the crystallinity parameter Raman Crystallinity (RC) dependence on the power of discharge plasma

Ниже представлена таблица, в которой собраны значения мощности разряда и параметра кристалличности микрокристаллического кремния, полученного методом ПХО.

Сопоставление мощности разряда в камере и параметра кристалличности

Таблица

A comparison of the power of the discharge chamber and the parameter of crystallinity

Table

Мощность разряда, Вт	Параметр кристалличности, %	Номер образца
3 000	52,1	406
3 100	56,2	429
3 200	58,6	409
3 300	65,9	393
3 400	64,8	430
3 550	66,9	413

Мощность разряда увеличивает энергию электронов, ионизирующих рабочий газ, вследствие чего в плазме появляются кремниевые наночастицы, тем самым обеспечивая кристаллизацию получаемой плёнки на начальном этапе роста. Одновременно увеличение мощности разряда позволяет увеличить скорость осаждения слоев. Рост начинается не с формирования аморфной сетки, а непосредственно с образования нанокристаллов различных размеров. Наночастицы образуются в плазме, и последующий

рост плёнки происходит за счет разрастания нанокристаллов [7].

При формировании плёнок микрокристаллического кремния необходимо учитывать, что при увеличении мощности выше порогового значения, процесс осаждения может смениться на процесс травления кремния, как и в случае повышения давления.

Как известно [8], оптимальный средний параметр кристалличности для плёнок mc-Si составляет 52 %. Этот параметр кристалличности достигается при значении мощности $P = 3\,000$ Вт (см. таблицу).

По данным, полученным в ходе эксперимента, можно утверждать, что для изготовления плёнок mc-Si с оптимальным параметром кристалличности необходимо соблюдать определенные условия в реакционной камере, а именно:

- 1) температура подложки, на которую осаждались пленки, 160 °C;
- 2) давление в реакционной камере 3,1 мбар;
- 3) поток моносилана 410 слм;
- 4) мощность разряда 3 000 Вт.

Для данного образца была построена карта, характеризующая равномерность распределения кристаллитов в плёнке через параметр кристалличности. Измерения рамановских спектров производились в разных точках, расположенных равномерно по всему периметру плёнки.

На рисунке 3 представлена карта распределения параметра кристалличности по поверхности плёнки mc-Si.

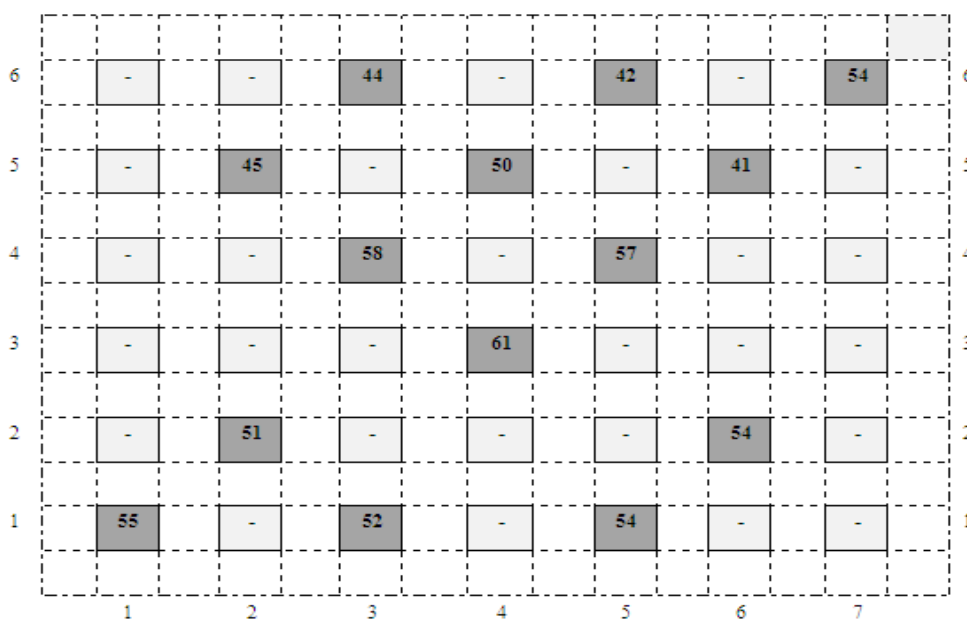


Рис. 3. Распределение параметра кристалличности по поверхности образца
Fig. 3. Distribution of the crystallinity parameter of the sample surface

На рисунке 3 видно неоднородное распределение кристаллитов в исследуемом образце. Неравномерное нанесение плёнок определяется рядом особенностей установки KAI-1-1200:

- 1) неравномерное нагревание стеклянной подложки в камере plasma box;
- 2) строение катода, из-за которого плазма образуется неравномерно;
- 3) проблемы с газораспределением из-за закупорок и протечек;
- 4) эффект стоячей волны.

При равномерном нагревании подложки достигается однородный рост пленки, улучшается распределение кристаллитов и предотвращается эффузия водорода из плёнки. Равномерное газораспределение и образование плазмы в рабочей камере также увеличивает однородность плёнки, улучшающую её свойства при использовании в фотопреобразователях. Карта распределения для установки KAI-1-1200 по-

могает учитывать факторы, влияющие на однородность плёнки, и после подбора оптимальных параметров роста компенсировать неравномерность распределения.

Выводы

В ходе работы было исследовано влияние мощности разряда в реакционной камере на равномерность распределения кристаллитов в плёнке. Экспериментально установлено, что оптимальные параметры роста плёнок mc-Si для получения образцов с наилучшим средним параметром кристалличности: 1) температура подложки, на которую осаждались пленки (160 °C); 2) давление в реакционной камере (3,1 мбар); 3) поток моносилана (410 слм) 4) мощность разряда (3 000 Вт). Кроме того, построена карта распределения параметра кристалличности для плёнки mc-Si. С помощью данной карты было опре-

делено, что установка KAI-1-1200 имеет ряд особенностей, которые мешают равномерному нанесению плёнок.

Авторы выражают благодарность профессору кафедры квантовой электроники и оптико-электронных приборов Санкт-Петербургского электротехнического университета "ЛЭТИ" Афанасьеву Валентину Петровичу.

Список литературы

1. Гавриленко Л.В., Дубинов А.А., Романов Ю.А. Учебно-научный и инновационный комплекс «Физические основы информационно-телекоммуникационных систем» Комбинационное рассеяние в твёрдых телах (Электронное методическое пособие). <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/43.pdf>
2. Комбинационное рассеяние света (рамановское рассеяние): методическое пособие для лабораторных работ. Режим доступа: http://lab2.phys.spbu.ru/pdf_to/opt21.pdf
3. Вересов А.Г., Наний О.Е. Комбинационное рассеяние света. «РОСНАНО». 2009–2011 [www.rusnano.com](http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article2041) Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article2041>
4. Спектрометр комбинационного рассеяния света Horiba Jobin Yvon T64000 [Электронный ресурс]. ГНЦ ФГУП «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша», отдел нанотехнологий. Режим доступа: <http://www.nanokerc.ru/node/143>
5. Markus Klindworth. Crystallinity measurement by Raman spectroscopy (std. approach).
6. Zhihua Hu , Xianbo Liao, Hongwei Diao, Yi Cai, Shibin Zhang, Elvira Fortunato, Rodrigo Martins. Hydrogenated p-type nanocrystalline silicon in amorphous silicon solar cells // Journal of Non-Crystalline Solids. 15 June 2006. Vol. 352, Iss. 9–20. P. 1900–1903.
7. Zhihua Hu , Xianbo Liao, Hongwei Diao, Yi Cai, Shibin Zhang, Elvira Fortunato, Rodrigo Martins. Hydrogenated p-type nanocrystalline silicon in amorphous silicon solar cells // Journal of Non-Crystalline Solids. 15 June 2006. Vol. 352, Iss. 9–20. P. 1900–1903.

8. Семёнов А.В. Технология тонкоплёночных солнечных модулей большой площади на основе аморфного и микрокристаллического кремния: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2015.

References

1. Gavrilenko L.V., Dubinov A.A., Romanov Yu.A. Učebno-naučnyj i innovacionnyj kompleks «Fizičeskie osnovy informacionno-telekommunikacionnyh sistem» Kombinacionnoe rasseânie v tвёрдых telah. Available at: www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/43.pdf (in Russ.).
2. Kombinacionnoe rasseânie sveta (ramanovskoe rasseânie): metodičeskoe posobie dlâ laboratornyh rabot. Available at: http://lab2.phys.spbu.ru/pdf_to/opt21.pdf (in Russ.).
3. Veresov A.G., Nanij O.E. Kombinacionnoe rasseânie sveta. «ROSNANO», 2009–2011. Available at: [www.rusnano.com](http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article2041) <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article2041> (in Russ.).
4. Spektrometr kombinacionnogo rasseâniâ sveta Horiba Jobin Yvon T64000. GNC FGUP «Issledovatel'skij centr imeni M.V. Keldysha», Otdel nanotehnologij. Available at: <http://www.nanokerc.ru/node/143> (in Russ.).
5. Markus Klindworth. Crystallinity measurement by Raman spectroscopy (std. approach) (in Eng.).
6. Zhihua Hu , Xianbo Liao, Hongwei Diao, Yi Cai, Shibin Zhang, Elvira Fortunato, Rodrigo Martins. Hydrogenated p-type nanocrystalline silicon in amorphous silicon solar cells. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2006, vol. 352, iss. 9–20, pp. 1900–1903 (in Eng.).
7. Zhihua Hu , Xianbo Liao, Hongwei Diao, Yi Cai, Shibin Zhang, Elvira Fortunato, Rodrigo Martins. Hydrogenated p-type nanocrystalline silicon in amorphous silicon solar cells. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2006, vol. 352, iss. 9–20, pp. 1900–1903 (in Eng.).
8. Semenov A.V. Tehnologija tonkoplenochnyh solnečnyh modulej bol'soj ploščadi na osnove amorfno go i mikrokristalličeskogo kremniâ: PhD thesis, 2015 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 620.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЫ Al-Pb-Se

А.Г. Краснова, В.Д. Кочаков

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428023, Чувашская республика, Чебоксары, Московский пр., 15
тел.: +7 (8352) 58-30-36; e-mail: aliska816@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.017

Заключение совета рецензентов: 09.10.15 Заключение совета экспертов: 16.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Создан новый материал с позисторной характеристикой на основе полупроводниковой системы Al-Pb-Se. В перспективе научно-технические результаты могут быть использованы как датчики температурной сигнализации, защиты от перегрузок по току, напряжению и температуре, для термостабилизации нагревательных устройств.

Ключевые слова: тонкие пленки, селенид свинца, позисторы, положительный температурный коэффициент сопротивления.

INVESTIGATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF THIN-FILM SYSTEM Al-Pb-Se

A.G. Krasnova, V.D. Kochakov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
15 Moskovsky ave., Chuvash Republic, Cheboksary, 428023 Russian Federation
ph.: +7 (8352) 58-30-36, e-mail: aliska816@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.017

Referred 9 October 2015 Received in revised form 16 October 2015 Accepted 23 October 2015

The paper presents the new material with PTC (Positive Temperature Coefficient) characteristics which was created on the basis of semiconductor Al-Pb-Se. In the future, scientific and technical results can be used as sensors temperature alarm, protection against over-current, voltage and temperature for thermal stabilization of heating devices.

Keywords: thin films, lead selenide, PTC thermistors, positive temperature coefficient of resistance.



*Краснова
Алиса Геннадьевна
Alisa G. Krasnova*

Сведения об авторе: ассистент кафедры прикладной физики и нанотехнологий, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: нанотехнологии, металлоуглеродные пленочные системы на основе углерода в состоянии Sp¹, термисторы.

Публикации: более 20.

Information about the author: assistant of Department of Applied Physics and Nanotechnology, Chuvash State University named after I.N. Ulyanova.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanova.

Research area: nanotechnology, metal-carbon film systems based on carbon in a state of Sp¹, thermistors.

Publications: more than 20.



Кочаков Валерий Данилович
Valery D. Kochakov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», член-корреспондент Академии электротехнических наук ЧР.

Образование: ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

Область научных интересов: нанотехнологии, металлоуглеродные пленочные системы на основе углерода в состоянии Sp¹, фотовольтаика.

Публикации: более 90.

Information about the author: PhD (engineering), professor of Department of Applied Physics and Nanotechnology, a member of the Academy of Electrical Sciences of (the Chuvash Republic).

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov.

Research area: nanotechnology, metal-carbon film systems based on carbon in a state of Sp¹, photovoltaics.

Publications: more than 90.

Введение

Пленочные материалы имеют особое значение в развитии микроэлектроники, основанной на высоких технологиях. Одной из главных особенностей данного направления является стремление создавать и использовать новые материалы, обладающие, помимо уникальных сочетаний механических, физических и других свойств, способностями активно реагировать на изменение внешних условий. В этой связи формирование пленочных систем, чувствительных к температуре, является важным направлением.

В работе использовался метод получения тонкопленочных систем в режиме твердофазного синтеза. Три последних десятилетия твердофазные реакции интенсивно исследуются в тонких пленках, которые составляют основу современной электроники. Большинство твердофазных реакций в тонких металлических пленках проходят в температурном интервале 400–800 К и делятся на два класса. К первому классу относятся реакции, в ходе которых формируются новые фазы. Ко второму – реакции, в продуктах которых не образуется новых фаз, а наблюдается перемешивание слоев при температурах ниже температур эвтектики. Для примера можно указать на данные, приведенные в работе [1]. Температуры контактного плавления пар тонких пленок с толщинами 125, 100 и 75 нм ниже температуры эвтектики: ТКП(Pb–Bi) = 118, 110 и 97 °C; ТКП(Pb–Sn) = 172, 169 и 165 °C; ТКП(Mg–Sn) = 202, 199 и 195 °C; ТКП(Sn–Zn) = 192, 189 и 187 °C; ТКП(In–Zn) = 136, 134 и 131 °C соответственно.

Методика эксперимента

В работе [2] были приведены результаты электрофизического исследования пленочного элемента на основе селенида свинца, обладающего эффектом положительного температурного коэффициента сопротивления (ТКС). С целью улучшения характеристик данного пленочного элемента были проведены эксперименты на основе выбранной схемы напыления системы Al-Pb-Se (рис. 1), полученные в вакууме термическим осаждением на стеклянные подложки с последующим отжигом в атмосфере азота при 250 °C в течение 45 минут.

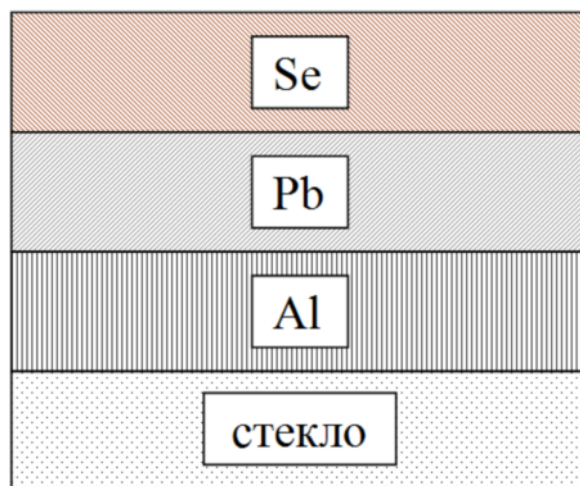


Рис. 1. Схема напыления тонкопленочной системы Al-Pb-Se
Fig. 1. The scheme of sputtering of Al-Pb-Se-thin film system

Результаты и их обсуждение

В настоящей работе исследовались температурные зависимости сопротивления резисторных структур

на основе тонкопленочной системы Al-Pb-Se (рис. 2а). Для сравнения на рисунке 2б приведена зависимость сопротивления от температуры для позистора B59901-D90-A40 (производитель: Epcos) [3].

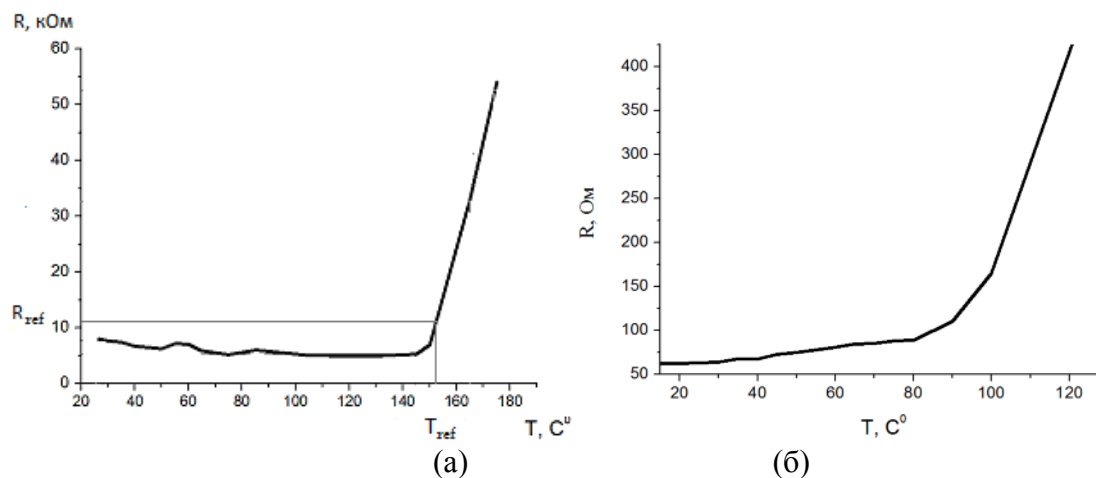


Рис. 2. Зависимость сопротивления (а) тонкопленочной системы Al-Pb-Se и (б) позистора B59901-D90-A40 от температуры

Fig. 2. The dependence of the resistance (a) of thin films system Al-Pb-Se and (b) the PTC B59901-D90-A40 on temperature

Результаты экспериментальных исследований показали, что тонкопленочная система Al-Pb-Se имеет положительный ТКС, т.е. является материалом для позистора. Температура переключения (T_{ref}), соответствующая началу области резкого увеличения сопротивления, 152 °C.

Сопротивление позисторного материала зависит не только от температуры образца, но и от приложенного напряжения. Как известно [4], вольтамперные характеристики (ВАХ) позисторов имеют характерный N-образный вид (рис. 3).

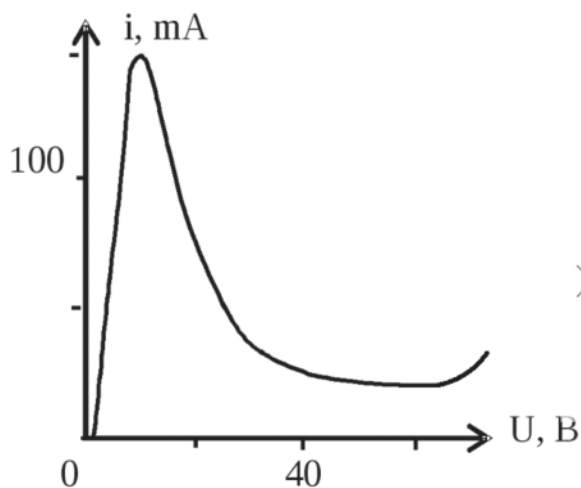


Рис. 3. Статическая ВАХ позистора
Fig. 3. Static current-voltage characteristic of PTC thermistor

С повышением напряжения сила тока сначала растет почти пропорционально напряжению, переходит через максимум и затем падает по гиперболическому

закону. Свойства позистора в этой области зависимости $I(U)$ противоположны свойствам терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. При некотором напряжении U_{max} кривая ВАХ поворачивает вверх и назад. В этот момент температура проходит значение, соответствующее максимальному сопротивлению. Выше этого напряжения равновесных тепловых состояний не существует, и позистор разогревается вплоть до саморазрушения [5].

ВАХ исследуемой полупроводниковой системы Al-Pb-Se показана на рисунке 4. На начальном участке кривой при увеличении напряжения растет сила тока. На втором участке кривой, сила тока снижается приблизительно по гиперболическому закону.

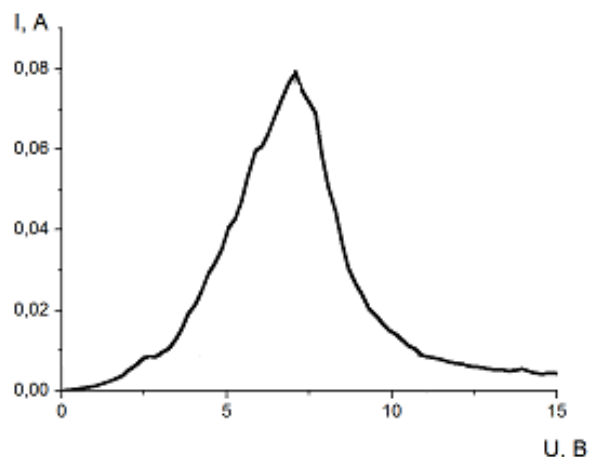


Рис. 4. ВАХ тонкопленочной системы Al-Pb-Se
Fig. 4. Current-voltage characteristic of Pb-Se thin films system

На рис. 5 приведены результаты вольтамперной характеристики обычного позистора B59901-D90-A40 (производитель: Epcos).

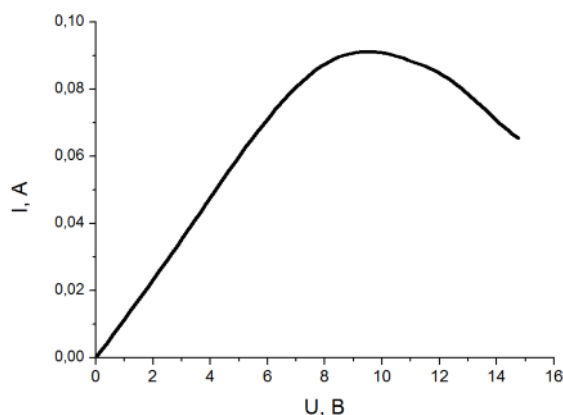


Рис. 5. Вольтамперная характеристика позистора B59901-D90-A40

Fig. 5. Current-voltage characteristic of PTC thermistor B59901-D90-A40

Электрические характеристики терморезисторов с положительным ТКС определяются крутизной участка на температурной характеристике сопротивления. Этот участок вместе с вольтамперной характеристикой определяет весь тот комплекс свойств, который необходим для применения данного типа терморезистора [6].

Заключение

Таким образом, получен материал на основе PbSe с улучшенными позисторными характеристиками путём добавления в исследуемую систему пленки алюминия. Основными материалами, обладающими положительным ТКС, длительное время оставались материалы на основе титаната бария, синтезированные редкоземельными элементами. Главными недостатками данных прототипов являются большой расход материалов и высокое энергопотребление при синтезе. Данные научно-технические результаты могут быть использованы для разработки датчиков температурной сигнализации, электронных защит от перегрева.

Работа выполнена в рамках программы УМНИК, договор №338ГУ1/2013.

Список литературы

1. Коротков П.К., Мусуков Р.А., Орквасов Т.А., Созаев В.А. Размерный эффект температуры фазовых превращений в контакте тонких металлических пленок // Журнал технической физики. 2008. Т. 78, Вып. 3. С. 99–100.
2. Краснова А.Г., Зимнухов М.А. Синтез и исследование полупроводниковой системы Pb-Se // Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики: сб. тр. III Всерос. науч. конф. Чебоксары, 2015. С. 27–28.
3. Техническая документация. PTC термисторы EPCOS. <http://www.chipdip.ru/product/b59901-d90-a40>.
4. Реута И.Б. Полупроводники на основе титана бария. М.: Энергоиздат, 1982.
5. Кузнецова Т.К. Влияние фазового состава и микроструктуры на полупроводниковые и позисторные свойства материалов на основе феррониобата свинца: диссертация кандидата физико-математических наук, 1999: 61 00-1/274-7.
6. Мэклин Э.Д. Терморезисторы. М.: Мир, 1983. С. 150.

References

1. Korotkov P.K., Musukov R.A., Orkvasov T.A., Sozaev V.A. Razmernyj éffekt temperatury fazovykh prevraşenij v kontakte tonkih metalličeskikh plenok. *Žurnal tehničeskoj fiziki*, 2008, vol. 78, iss. 3, pp. 99–100 (in Russ.).
2. Krasnova A.G., Zimnuhov M.A. Sintez i issledovanie poluprovodnikovoj sistemy Pb-Se. *Nanostrukturirovannye materialy i preobrazvatel'nye ustrojstva dlâ solnečnoj énergetiki: collection of works of III Scientific Conference*, Cheboksary, 2015, pp. 27–28 (in Russ.).
3. Technical documentation. PTC thermistors EPCOS. <http://www.chipdip.ru/product/b59901-d90-a40> (in Russ.).
4. Reuta I.B. Poluprovodniki na osnove titana bariâ. Moscow: Énergoizdat Publ., 1982 (in Russ.).
5. Kuznetsova T. K. Vliânie fazovogo sostava i mikrostruktury na poluprovodnikovye i pozistornye svojstva materialov na osnove ferroniobata svinca: dissertaciâ ... kan-didata fiziko-matematičeskikh nauk : 01.04.07 Rostov-na-Donu, 1999 209 s.: 61 00-1/274-7 (in Russ.).
6. Meklin E.D. Termorezistory. Moscow: Mir Publ., 1983 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

УДК 661.8...5; 538.971

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОКИСЛЕНИЯ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДОВ СВИНЦА И КАДМИЯ

***Е.В. Мараева, А.И. Максимов, Л.Б. Матюшкин,
В.А. Мошников, А.А. Шупта***

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
РФ 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5
тел.: +7(812) 346-44-87; e-mail: jenvmar@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.018

Заключение совета рецензентов: 01.10.15 Заключение совета экспертов: 15.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Работа посвящена получению и исследованию слоев на основе сульфида свинца и кадмия. Проведен термодинамический анализ системы $Pb-S-O$, $Cd-S-O$. Показано, что при окислении сульфида свинца возможно появление нанообразований чистого свинца, а при окислении сульфида кадмия наиболее вероятными оксидными фазами являются CdO и $CdSO_4$. Методом рентгеновского фазового анализа установлено, что в процессе термообработки слоев при температуре $200\text{ }^{\circ}C$ происходит перекристаллизация сульфида кадмия, что согласуется с данными атомно-силовой микроскопии. Результаты исследования могут быть использованы для создания фотоизлучателей и фотоприемников, работающих при комнатной температуре.

Ключевые слова: тонкие пленки, сульфид свинца, сульфид кадмия, окисные пленки, халькогениды.

THE STUDY OF OXIDIZING FEATURES IN LEAD SULPHIDE – CADMIUM SULPHIDE LAYERS

E.V. Maraeva, A.I. Maximov, L.B. Matyushkin, V.A. Moshnikov, A.A. Shupta

Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin)
5 Prof. Popov st., Saint-Petersburg, 197376 Russian Federation
ph.: +7(812) 346-44-87, e-mail: jenvmar@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.018

Referred 1 October 2015 Received in revised form 15 October 2015 Accepted 23 October 2015

The study is dedicated to obtaining and investigation of lead sulphide – cadmium sulphide based layers. The paper data of thermodynamical analyses of $Pb-S-O$, $Cd-S-O$ system are reported. It is shown that in case of lead sulphide oxidizing the appearance of Pb nanoparticles is possible; in case of cadmium sulphide oxidizing, the most probable oxygen phases are CdO and $CdSO_4$. With the use of X-ray analyses, it is determined that during the annealing of the layers at $T = 200^{\circ}$ recrystallization of cadmium sulphide takes place that has correlation with atomic force microscopy data. The results can be used for producing photosensitive devices and LEDs operating at room temperature.

Keywords: thin film, lead sulfide, cadmium sulfide, oxide film, chalcogenides.



Мараева Евгения Владимировна
Evgeniya V. Maraeva

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, ассистент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Область научных интересов: нанодиагностика, тонкие пленки, халькогениды, металлооксиды, пористые материалы

Публикации: 28.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), teaching assistant, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Research area: nanodiagnostics, thin film technology, chalcogenides, metal oxides, porous materials.

Publications: 28.



Максимов Александр Иванович
Alexander I. Maximov

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Область научных интересов: физическая химия микро- и наносистем.

Публикации: 39.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), docent, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Research area: physical chemistry of micro- and nanosystems.

Publications: 39.



Матюшкин Лев Борисович
Lev B. Matyushkin

Сведения об авторе: ассистент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Область научных интересов: нанодиагностика, коллоидные квантовые точки.

Публикации: 29.

Information about the author: teaching assistant, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Research area: nanodiagnostics, colloidal quantum dots.

Publications: 29.



Вячеслав Алексеевич Мошников
Vyacheslav A. Moshnikov

Сведения об авторе: д-р физ.-мат. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Область научных интересов: нанодиагностика, нанотехнология, узкозонные полупроводники.

Публикации: 319.

Information about the author: DSc (physics and mathematics), professor, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Research area: nanodiagnostics, nanotechnology, narrow-gap semiconductors.

Publications: 319.





Шупта Анастасия Александровна
Anastasiya A. Shupta

Сведения об авторе: студент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Образование: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Область научных интересов: нанодиагностика, халькогениды.

Публикации: 2.

Information about the author: student, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Education: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".

Research area: nanodiagnostics, chalcogenides.

Publications: 2.

Введение

Слои на основе халькогенидов свинца и кадмия традиционно используются для создания фотоизлучателей и фотоприемников, работающих в неохлаждаемом режиме и обладающих высоким быстродействием, малым энергопотреблением и небольшими габаритно-весовыми параметрами [1]. Сульфид свинца – типичный представитель класса соединений $A^{IV}B^{VI}$, являющийся узкозонным материалом с шириной запрещенной зоны 0,41 эВ [2]. Кристаллы PbS обладают кубической гранецентрированной решеткой типа NaCl. Сульфид кадмия – представитель класса соединений $A^{II}B^{VI}$ – является широкозонным полупроводником с шириной запрещенной зоны 2,42 эВ при 300 К [3]. Это свойство CdS используется в оптоэлектронике: как в фотоприёмниках, так и в солнечных батареях. Сульфид кадмия кристаллизуется как в структуре цинковой обманки (сфалерит), так и в структуре вюрцита.

Известно, что для получения фоточувствительности и фотолюминесценции соединения на основе халькогенидов свинца и кадмия подвергают термообработке в кислородосодержащей атмосфере [4–7]. В связи с этим задача предварительного термодинамического анализа систем Pb–S–O, Cd–S–O представляется актуальной.

Теоретическая часть

Для анализа процессов окисления слоев на основе сульфида свинца была составлена и обработана система уравнений химических реакций, которая характеризует все возможные фазовые равновесия для системы Pb–S–O. Большинство исследователей, начиная с В.П. Зломанова [8], склоняются к мнению, что фоточувствительность и фотолюминесценция в структурах на основе селенида свинца проявляются при образовании селенитных фаз. Получение той или иной оксидной фазы зависит от термодинамических и кинетических условий окисления, а также отклонения от стехиометрии исходного материала. Например, в работе [9] показано, что оксидная фаза с составом, близким к PbO, должна получаться для фаз селенида свинца с избытком металла, а PbSeO₃ – для фаз с составом,

близким к стехиометрии по соотношению «металл – неметалл». В случае сульфида свинца наиболее вероятно образующейся фазой является PbSO₄, в некоторых источниках указывается, что наряду с образованием оксида при отжиге может появляться и чистый свинец [10].

Диаграммы парциальных давлений для системы Pb–S–O были построены в координатах $\lg(P(SO_2))$ от $\lg(P(O_2))$ следующим образом. Пространство координат разбивалось равномерной сеткой на N₂ точек. В каждой точке определялась совокупность значений изменения свободной энергии Гиббса как функция от температуры $\Delta G_i(T)$ для всех возможных химических реакций, и вычислялось минимальное значение, соответствующее одному из заданных химических уравнений, а значит, определенному продукту реакции. Совокупность точек, для которых из всех реакций одна и та же обладает минимальным значением $\Delta G_i(T)$, образует область парциальных давлений, для которой при данной температуре продукт этой реакции является наиболее устойчивым. На рис. 1–3 приведены диаграммы парциальных давлений и составы сосуществующих фаз в системе Pb–S–O. Справочные данные для расчёта были взяты из [11, 12].

Расчеты проводились с учетом следующих зависимостей:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_p^0 dT,$$

$$\Delta S_T^0 = \Delta S_{298}^0 + \int_{298}^T \frac{\Delta C_p^0}{T} dT,$$

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_p^0 dT - \int_{298}^T \frac{\Delta C_p^0}{T} dT.$$

На диаграммах (см. рис. 1–3) видны точки невариантного трехфазного равновесия, которые реализуются при определенных давлениях газообразных компонентов. На рисунках видно, что при изменении температуры точки трехфазного равновесия смещаются. При температуре около 200 °С будет наблю-

даться точка, где в равновесии находятся сразу четыре твердые фазы. Можно проследить, что при повышении температуры точка трехфазного равновесия $PbS-Pb-PbO$ превращается в точку трехфазного равновесия $PbS-Pb-PbO-PbSO_4$.

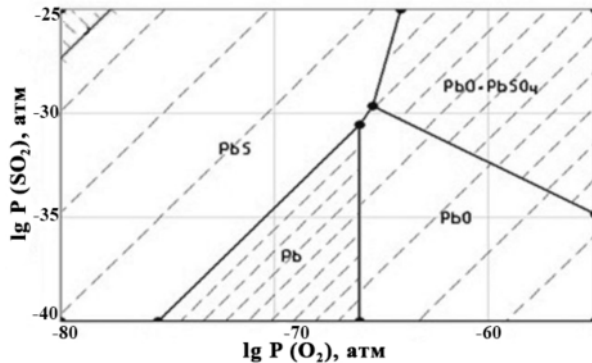


Рис. 1. Диаграмма парциальных давлений и составы сосуществующих фаз в системе $Pb-S-O$ при температуре 25 °C

Fig. 1. The diagram of partial pressures and the composition of coexisting phases in $Pb-S-O$ system at $T = 25\text{ °C}$

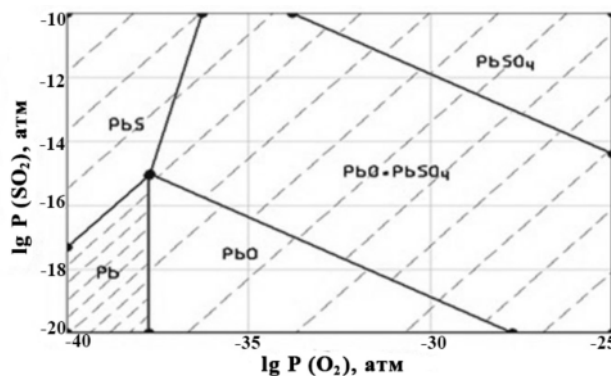


Рис. 2. Диаграмма парциальных давлений и составы сосуществующих фаз в системе $Pb-S-O$ при температуре 200 °C

Fig. 2. The diagram of partial pressures and the composition of coexisting phases in $Pb-S-O$ system at $T = 200\text{ °C}$

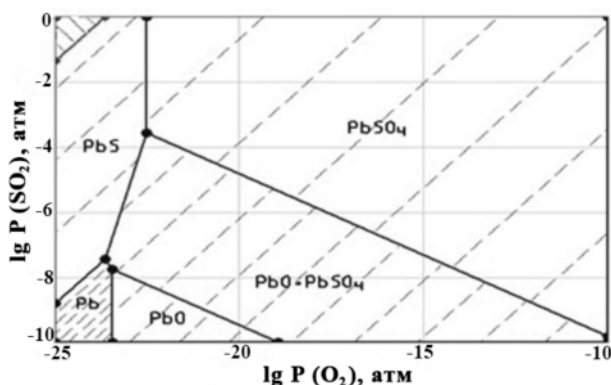


Рис. 3. Диаграмма парциальных давлений и составы сосуществующих фаз в системе $Pb-S-O$ при температуре 400 °C

Fig. 3. The diagram of partial pressures and the composition of coexisting phases in $Pb-S-O$ system at $T = 400\text{ °C}$

Согласно термодинамическим расчетам, при температурах ниже 200 °C термообработка слоев с небольшим отклонением от стехиометрии приводит к образованию сульфата свинца $PbO \cdot PbSO_4$ и оксида свинца PbO . В случае значительного отклонения от стехиометрии в сторону избытка свинца возможно также выделение отдельной фазы свинца наряду с образованием оксида свинца PbO .

Повышение температуры обработки (выше 200 °C) слоев даже с незначительным отклонением от стехиометрии приведет, наряду с образованием $PbO \cdot PbSO_4$, к выделению свободного свинца Pb на интерфейсе оксидной фазы и зерна PbS .

Результаты термодинамического анализа объясняют экспериментальные данные работы [10], в которой авторы методом фотоэлектронной спектроскопии обнаружили небольшое количество свободного свинца при высоких температурах обработки поликристаллических слоев сульфида свинца наряду с другими предсказываемыми фазами.

Как видно на рис. 1, при низких температурах сульфид свинца находится в сильно неравновесных условиях по отношению к парциальному давлению кислорода (0,21 атм.). Состав оксидного слоя на поверхности сульфида свинца существенно зависит от отклонения от стехиометрии. При значительных концентрациях носителей заряда n -типа (избыток свинца) оксидный слой соответствует фазе PbO . При уменьшении отклонения от стехиометрии наблюдаются две оксидные фазы: $PbO \cdot PbSO_4$ и $PbSO_4$. Рисунок 2 отвечает температуре четырехфазного равновесия. При дальнейшем повышении температуры (рис. 3) на поверхности PbS n -типа формируется оксид $PbO \cdot PbSO_4$. При этом, учитывая кинетику образования оксидного слоя при более низких температурах, на границе интерфейса $PbS-PbO$ протекает реакция: $PbS + 5PbO = 4Pb + PbO \cdot PbSO_4$.

Изменения, происходящие в системе, можно качественно проиллюстрировать, обратившись к независимому в данном случае методу – методу триангуля-

ции. На рис. 4 представлены диаграммы сосуществования фаз в системе Pb–S–O, построенные для комнатной температуры (а); для температуры 400 °С (б).

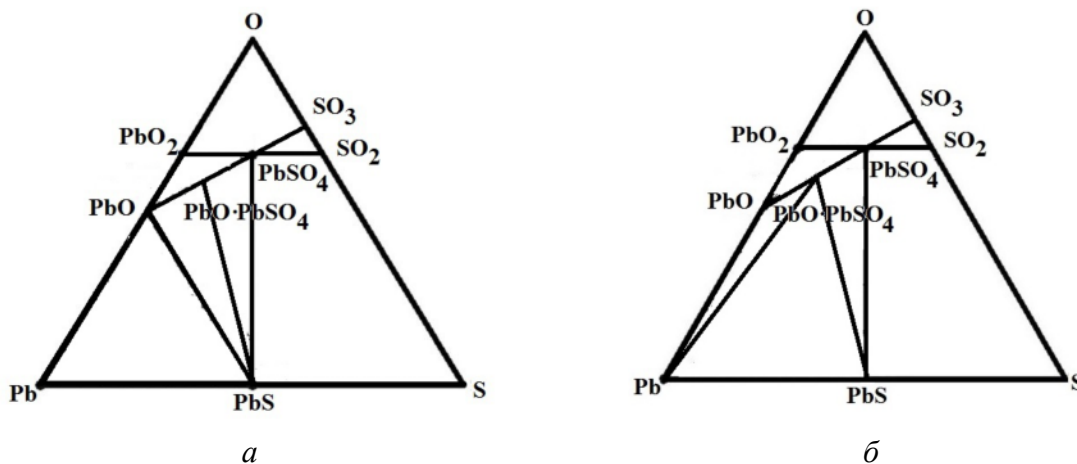


Рис. 4. Диаграмма сосуществующих фаз в системе Pb-S-O при комнатной температуре (а); при температуре 400 °С (б) (показаны основные квазибинарные разрезы)

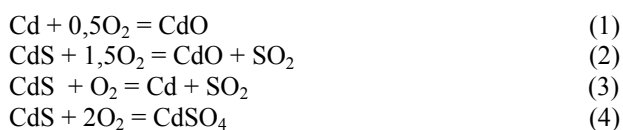
Fig. 4. The diagram of coexisting phases in Pb-S-O system at room temperature (a), at T = 400 °C (b) (the main quasi-binary sections are shown)

Как показал термодинамический расчет, отсутствие термообработки, а также термообработка при температуре ниже 200 °С, в случае слоев с небольшим отклонением от стехиометрии приводит к образованию оксисульфата свинца PbO·PbSO₄ и оксида свинца PbO. В случае значительного отклонения от стехиометрии в сторону избытка свинца вместе с образованием оксида свинца PbO возможно также выделение отдельной фазы свинца Pb.

При температуре выше 200 °С исчезает квазибинарный разрез PbS–PbO и становится возможным разрез Pb–PbO·PbSO₄, то есть определенное повышение температуры обработки слоев даже с незначительным отклонением от стехиометрии приведет, наряду с образованием PbO·PbSO₄, к выделению свободного свинца на интерфейсе оксидной фазы и зерна сульфида свинца.

Таким образом, после проведенных расчетов подтверждены наблюдаемые в работе [12] результаты экспериментального обнаружения фазы чистого свинца методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии при окислении сульфида свинца при повышении температуры обработки.

В системе Cd–S–O были рассмотрены и проанализированы следующие реакции:



Термодинамические расчеты показали, что в случае присутствия на пленках выделений металлического кадмия наиболее вероятно протекание процесса образования оксида кадмия по реакции (1). Также вероятно образование сульфата кадмия по реакции (4).

Эксперимент

В настоящей работе для получения слоев на основе сульфида свинца – сульфида кадмия использовался метод химического осаждения из водных растворов. Были выбраны следующие прекурсоры: ацетат свинца Pb(CH₃COO)₂; цитрат натрия Na₃Cit; хлорид кадмия CdCl₂, тиомочевина (NH₂)₂CS. Уровень pH регулировали путем добавления водного раствора аммиака NH₄OH. Осаждение слоев проводилось по технологии, разработанной в Уральском федеральном университете им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина [13].

При исследовании фазового состава нанодисперсных материалов на основе сульфида свинца было установлено, что в случае, когда термообработка не применялась, а также после проведения низкотемпературной обработки, на рентгенограммах присутствуют пики, соответствующие кристаллическому сульфиду свинца PbS и оксисульфату свинца PbO·PbSO₄. Проведение обработки при более высоких температурах приводит к выделению кристаллического свинца. Эти данные согласуются с проведенным термодинамическим анализом.

Следует подробнее остановиться на анализе фазового состава слоев, содержащих сульфид кадмия. На рис. 5 и 6 для примера представлены штрих-диаграммы слоя, полученного методом гидрохими-

ческого осаждения из раствора, содержащего соли свинца и кадмия, до и после проведения термообработки в кислородосодержащей среде при $T = 200^\circ\text{C}$ в течение 60 минут.

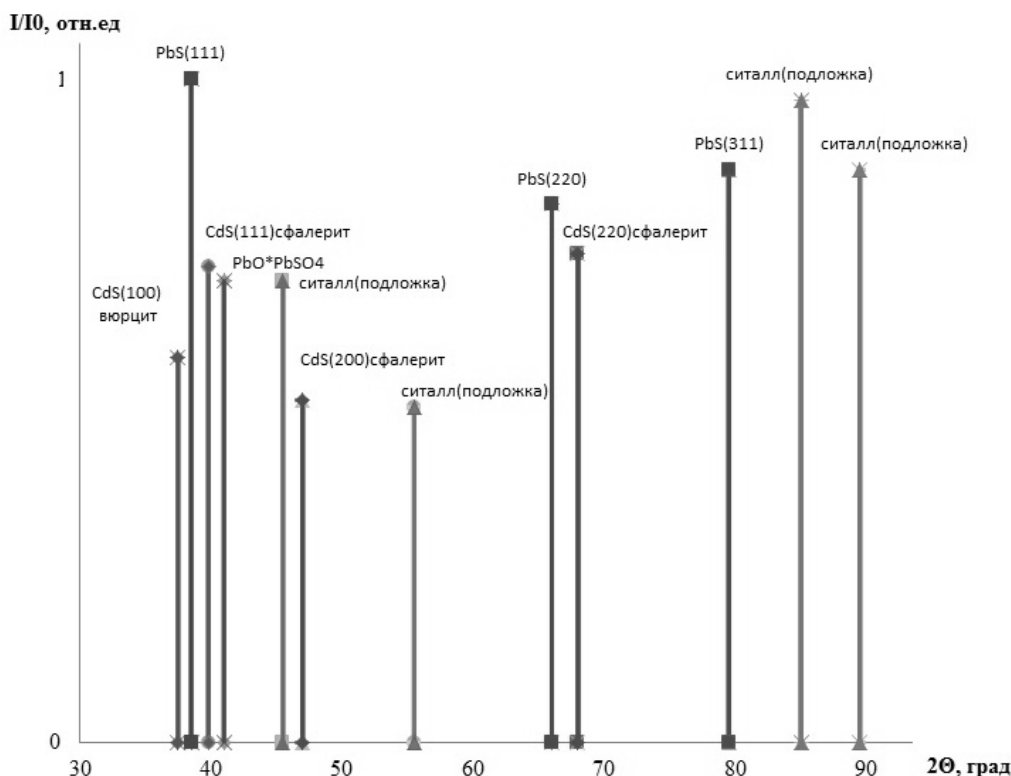


Рис. 5. Штрих-диаграмма слоя PbS–CdS, не прошедшего термообработку
Fig. 5. The bar chart of PbS–CdS layer which has not been heat treated

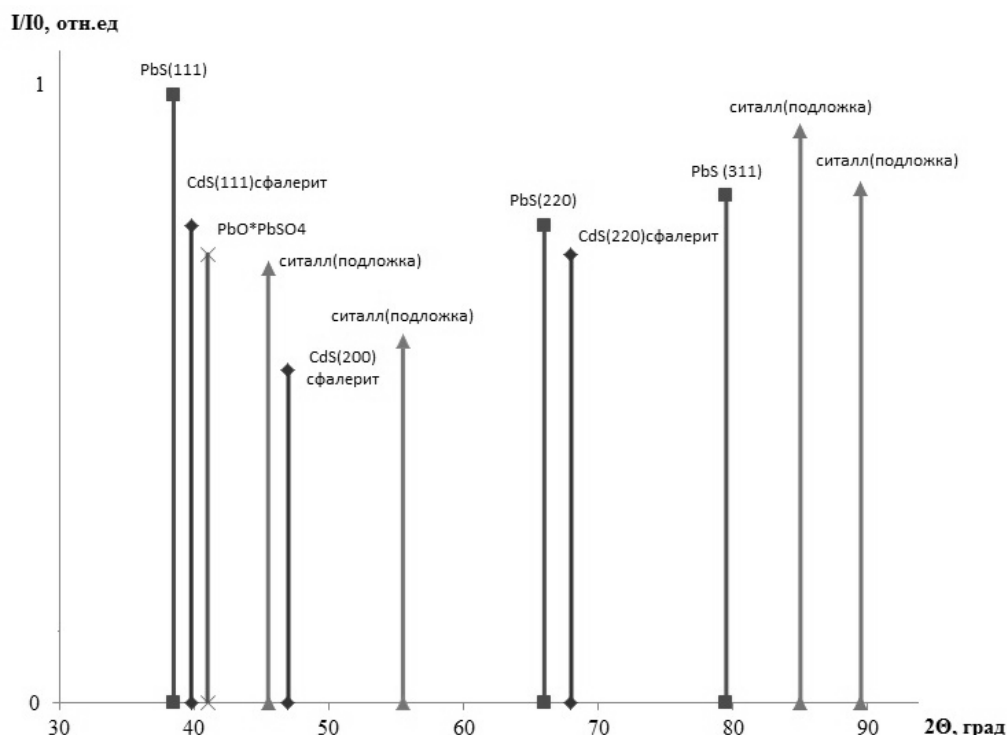


Рис. 6. Штрих-диаграмма слоя PbS–CdS после термообработки при $T = 200^\circ\text{C}$, $t = 60$ мин
Fig. 6. The bar chart of PbS–CdS layer after heat treatment at $T = 200^\circ\text{C}$, $t = 60$ minutes

Наличие линий, соответствующих фазам PbS и CdS, говорит о том, что методом гидрохимического осаждения были получены слои PbS и CdS, обладающие кристаллической структурой. Кроме того, зафиксировано наличие сложной оксидной фазы PbO·PbSO₄. После проведения отжига при $T = 200$ °C на рентгенограммах исчезают линии, соответствующие кристаллической фазе CdS-вюрцит, что говорит о частичной перекристаллизации сульфида кадмия в

процессе отжига. При этом относительная интенсивность линий, соответствующих фазе CdS-сфалерит, увеличивается. Вместе с тем, в процессе отжига возрастает интенсивность линий, соответствующих окисульфату свинца PbO·PbSO₄. Оксидные фазы кадмия при данной температуре отжига не наблюдаются.

Результаты, полученные методом рентгеновского фазового анализа, хорошо согласуются с данными атомно-силовой микроскопии (рис. 7).

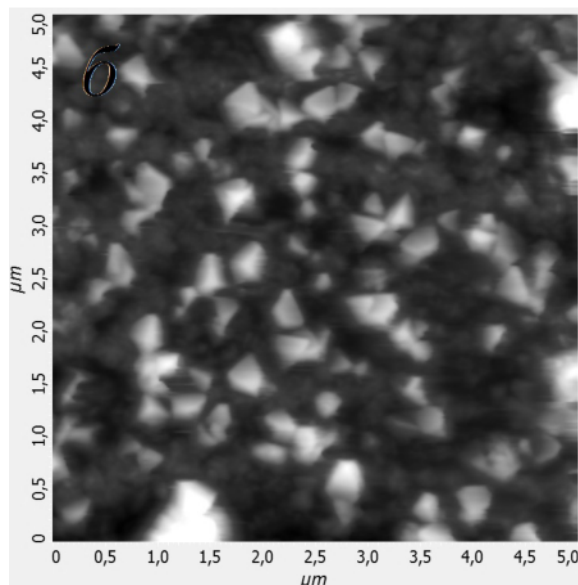
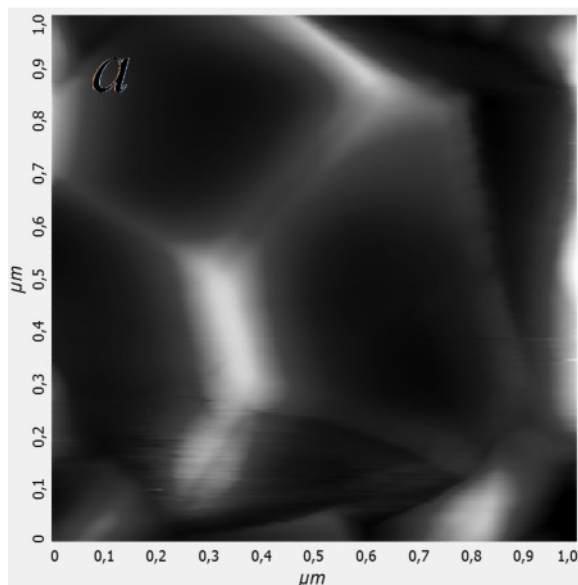


Рис. 7. Атомно-силовая микроскопия поверхности слоёв, полученных в присутствии источника кадмия в исходном водном растворе до (а) и после проведения термообработки (б)

Fig. 7. Atomic force microscopy of the surface layer obtained in the presence of a source of cadmium in the original aqueous solution before (a) and after heat treatment (b)

АСМ-исследование поверхности слоя, полученного из раствора, содержащего источник кадмия, в отдельных случаях показало присутствие кристаллитов гексагональной структуры. После проведения термообработки на поверхности наблюдались отдельно стоящие кристаллиты пирамидальной формы.

Заключение

Модельные представления, изложенные в настоящей работе, описывают закономерности образования оксидных фаз на основе халькогенидов свинца и кадмия и могут быть использованы для разработки эффективной технологии получения фоточувствительных слоев.

Несмотря на равновесный характер термодинамических расчетов, с их помощью была обоснована методика двухстадийной температурной обработки. При этом в случае халькогенидов свинца при низкой температуре создается оксидная прослойка (толщину оксида можно регулировать путем изменения времени отжига). При высокотемпературной обработке на границе между оксидом и халькогенидом свинца происходит образование новых фаз, в этом случае важнейшей чертой является наличие металлических нановыделений,

обеспечивающих эффективную рекомбинацию, в то время как сформированный оксидный слой затрудняет диффузию кислорода из внешней среды.

Более того, полученные авторами этой статьи данные были использованы для улучшения быстродействия фотоструктур. Поскольку инерционность фотоприемников зависит от наличия или отсутствия «быстрых состояний» на границе зерна узкозонного полупроводника в виде нанобразований металла [14], для повышения быстродействия технологически важным является создание таких состояний вблизи границы раздела. Термодинамический анализ показал, что на гетерогранице соседствующих фаз возможно формирование металлических нанобразований, которые будут повышать быстродействие.

Из полученных результатов следует целесообразность проведения окислительной термообработки в два этапа: низкотемпературная термообработка, когда на зерне растёт оболочка оксида, и высокотемпературная, когда на интерфейсе между оксидной фазой и зерном халькогенида свинца формируются металлические наночастицы. Эти модельные представления также качественно описывают и закономерности образования оксидных фаз в наночастицах PbS в пористых слоях.

Работа выполнена в рамках проекта «Получение и исследование пористых систем, функционализированных наноматериалами, для применений в фотонике, сенсорике и медицине» (в рамках госзадания Минобрнауки РФ № 16.2112.2014/К (проектная часть), а также при поддержке РФФИ в рамках проекта № 14-02-31680, мол-а.

Список литературы

1. Буткевич В.Г., Бочков В.Д., Глобус Е.Р. Фотоприемники и фотоприемные устройства на основе поликристаллических и эпитаксиальных халькогенидов слоев свинца // Прикладная физика. 2001. № 6. С. 66–112.
2. Зимин С.П., Горлачев Е.С. Наноструктурированные халькогениды свинца. Ярославль: ЯрГУ, 2011.
3. Авен М., Пренер Д.С. Физика и химия соединений $A^{II}B^{VI}$. М: Иностранная литература, 1970.
4. Александрова О.А., Максимов А.И., Мошников В.А., Чеснокова Д.Б. Халькогениды и оксиды элементов IV группы. Получение, исследование, применение. СПб: ООО «Технолит» / Изд-во «Технолит», 2008.
5. Голубченко Н.В., Мошников В.А., Чеснокова Д.Б. Влияние примесей на кинетику и механизм термического окисления поликристаллических слоев PbSe // Неорг. материалы. 2006. Т. 42, № 9. С. 1040–1049.
6. Dobrovolsky A.A. et al. Photoconductivity of oxidized nanostructured PbTe (In) films // Semiconductor Science and Technology. 2009. Vol. 24, No 7, P. 075010.
7. Kasiyan V. et al. Infrared detectors based on semiconductor pn junction of PbSe // Journal of Applied Physics. 2012. Т. 112, № 8. P. 086101.
8. Зломанов, В.П., Тананаева О.И., Новоселова А.В. Изучение взаимодействия селенида свинца с кислородом // Журн. неорганической химии. 1961. Т. 6, Вып. 12. С. 2753–2757.
9. Мараева Е.В., Мошников В.А., Таиров Ю.М. Модели формирования оксидных слоев в наноструктурированных материалах на основе халькогенидов свинца при обработке в парах кислорода и йода // Физика и техника полупроводников. 201. Т. 47, Вып. 10. С. 1431–1434.
10. Андреев С.И., Камчатка М.И., Чашин Ю.М. Анализ процесса окисления сульфида свинца // Известия СПбГЭТУ (ЛЭТИ). 1996. Вып. 495. С. 89–93.
11. Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. М.: Наука, 1978.
12. Равдель А.А., Пономарева А.М. Краткий справочник физико-химических величин. СПб: Специальная литература, 1998.
13. Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Иванов П.Н. Гидрохимическое осаждение пленок сульфидов металлов: моделирование и эксперимент. Екатеринбург: УрО РАН, 2006.
14. Дедегкаев Т.Т., Мошников В.А., Чеснокова Д.Б., Яськов Д.А. Исследование включений металлического характера в твердых растворах теллурида

свинца-теллурида олова, выращенных из расплава // Письма в Журнал технической физики. 1980. Т. 6, № 17. С. 1030–1033.

References

1. Butkevich V.G., Bochkov V.D., Globus E.R. Fotopriemniki i fotopriemnye ustrojstva na osnove polikristallicheskih i epitaksial'nyh hal'kogenidov sloev svinca. *Prikladnââ fizika*, 2001, no. 6, pp. 66–112 (in Russ.).
2. Zimin S.P., Gorlachev E.S. Nanostrukturirovannyye hal'kogenidy svinca. Yaroslavl: YarGU Publ., 2011 (in Russ.).
3. Aven M., Prener D.S. Physics and chemistry of II-VI compounds, 1967 (in Eng.).
4. Aleksandrova O.A., Maksimov A.I., Moshnikov V.A., Chesnokova D.B. Hal'kogenidy i oksidy èlementov IV gruppy. *Poluçenie, issledovanie, primenenie*. St. Petersburg: Ltd "Tehnolit" Publ., 2008 (in Russ.).
5. Golubchenko N.V., Moshnikov V.A., Chesnokova D.B. Doping effect on the kinetics and mechanism of thermal oxidation of polycrystalline PbSe layers. *Inorg. materials*, 2006, vol. 42, no. 9, pp. 942–950 (in Eng.).
6. Dobrovolsky A.A. et al. Photoconductivity of oxidized nanostructured PbTe (In) films. *Semiconductor Science and Technology*, 2009, vol. 24, no. 7, p. 075010 (in Eng.).
7. Kasiyan V. et al. Infrared detectors based on semiconductor pn junction of PbSe. *Journal of Applied Physics*, 2012, vol. 112, no. 8, pp. 086101 (in Eng.).
8. Zlomanov, V.P., Tananaeva O.I., Novoselova A.V. Izučenie vzaimodejstviâ selenida svinca s kislorodom. *Žurn. Neorgan. himii*, 1961, vol. 6, issue 12, pp. 2753–2757 (in Russ.).
9. Maraeva E. V., Moshnikov V. A., Tairov Y. M. Models of the formation of oxide phases in nanostructured materials based on lead chalcogenides subjected to treatment in oxygen and iodine vapors. *Semiconductors*, 2013, vol. 47, issue. 10, pp. 1422–1425 (in Eng.).
10. Andreev S.I., Kamchatka M.I., Chashchinov Yu.M. Analiz processa okisleniâ sul'fida svinca. *Izvestiâ SPbGÈTU (LÈTI)*, 1996, issue 495, pp. 89–93 (in Russ.).
11. Gurvich L.V., Veyc I.V., Medvedev V.A. et al. *Termodinamičeskie svojstva individual'nyh vešestv*. Moscow: Nauka Publ., 1978 (in Russ.).
12. Ravdel' A.A., Ponomareva A.L. *Kratkij spravočnik fiziko-himičeskih veličin*. St. Petersburg: Special'naâ literatura Publ., 1998 (in Russ.).
13. Markov V.F., Maskaeva L.N., Ivanov P.N. *Gidrohimičeskoe osaždenie plenok sul'fidov metallov: modelirovanie i èksperiment*. Ekaterinburg: UrO RAN, 2006 (in Russ.).
14. Dedegkaev T.T., Moshnikov V.A., Chesnokova D.B., Yas'kov D.A. Issledovanie vključenij metalličeskogo haraktera... *Pis'ma v Žurnal tehničeskoj fiziki*, 1980, vol. 6, no. 17, pp. 1030–1033 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995





РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

Я.А. Сычикова

Бердянский государственный педагогический университет
Украина, Запорожская обл., г. Бердянск, ул. Шмидта, 4
тел.: +38(066)3387864; e-mail: yanasuchikova@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.019

Заключение совета рецензентов: 01.10.15 Заключение совета экспертов: 15.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

Пористый кремний целесообразно получать методом электрохимического травления. Пористость полученных образцов составила порядка 70 %. Толщина пористого слоя (150–250) нм. Результаты измерения полного коэффициента отражения для солнечных элементов с различными толщинами слоев пористого кремния показали увеличение поглощающей способности пористого кремния с ростом его толщины, что прямо указывает на возможность использования этого материала в солнечных элементах. Слой пористого кремния толщиной от 70 мкм имеет большую рассеивающую способность, чем слой меньшей толщины.

Таким образом, использование пористого кремния в качестве сырья для получения солнечных элементов имеет широкие перспективы развития. Такие структуры обладают явным преимуществом перед традиционными и позволяют значительно оптимизировать технологию получения фотовольтаических устройств.

Ключевые слова: солнечные элементы, пористый кремний, электрохимическое травление, морфология поверхности, наноструктуры.

RESOURCE AND ENERGY SAVING TECHNOLOGIES BASED ON NANOSTRUCTURED SILICON

Y.A. Suchikova

Berdiansk State Pedagogical University
4 Schmidt st., Berdiansk, Zaporizhia region, Ukraine
ph.: +38(066)3387864, e-mail: yanasuchikova@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.019

Referred 1 October 2015 Received in revised form 15 October 2015 Accepted 23 October 2015

Porous silicon is advisable to get by electrochemical etching. The porosity of the obtained samples was about 70%. The thickness of the porous layer is (150–250) nm. The results of measurement of a reflectance of solar cells with different layer thicknesses of porous silicon show increased absorptive capacity of the porous silicon with increasing thickness, which directly indicates the possibility of using this material in solar cells. The porous silicon layer thickness from 70 microns has a greater dispersibility than the layers of lesser thickness.



Thus, the use of porous silicon as a raw material for solar cells has excellent prospects. Such structures have a clear advantage over traditional and greatly improved technology to produce photovoltaic devices.

Keywords: solar cells, the porous silicon, electrochemical etching, the surface morphology, nanostructures.



Сычикова
Яна Александровна
Yana A. Suchikova

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент Бердянского государственного педагогического университета.

Образование: Бердянский государственный педагогический университет.

Область научных интересов: нанотехнологии, энергетика.

Публикации: 202.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), associate professor of Berdyansk State Pedagogical University.

Education: Berdyansk State Pedagogical University.

Research area: nanotechnology, energy.

Publications: 202.

Введение

В последние десятилетия большое внимание мирового сообщества уделяется альтернативной и возобновляемой энергетике. Среди альтернативных источников наиболее привлекательной выглядит энергия Солнца. Общее количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли только за неделю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана. Поэтому развитие солнечной энергетики является одной из первоочередных задач мировой стратегии энергоэффективности.

Солнечная энергетика классифицируется как возобновляемый источник энергии. Во всем мире разрабатываются и поддерживаются программы использования солнечной энергии. В Японии действуют программы «Солнечный свет» и «Лунный свет». В Германии действует правительственная программа, предоставляющая налоговые льготы производителям солнечных батарей, которые монтируются на крышах домов. Одновременно уже несколько лет работает программа «Сто тысяч солнечных крыш». Аналогичную программу «Миллион солнечных крыш» приняли в США.

Однако на практике существуют многочисленные барьеры роста рынка солнечной энергетики. В первую очередь следует выделить экономические проблемы:

- достаточно высокая цена на солнечные системы и длительный период окупаемости;
- отсутствие оборотных средств у предприятий-производителей;
- отсутствие конкретных механизмов стимулирования производства в виде предоставления субсидий, освобождение от налогов, льготной тарифной политики и т.д.

Развитие солнечных технологий также может сдерживать отсутствие:

- благоприятной государственной политики;

– координации в сфере развития солнечных технологий;

– информационной системы для распространения сведений о наличии солнечных технологий, их параметров.

Теоретическая часть

Базисом самых распространенных на сегодня коммерческих фотоэлектрических устройств являются твердотельные монокристаллические кремниевые солнечные элементы с $p-n$ -переходами. Хорошо отработанная технология получения и обработки монокристаллического кремния позволяет ожидать удержания ключевых позиций для солнечных элементов на его основе в ближайшем будущем [1].

Главные конкуренты монокристаллических кремниевых элементов – высокоэффективные фотопреобразователи, основанные на многослойных структурах GaInP, GaAs. Широкому применению фотоэлектрических преобразователей препятствуют в первую очередь высокая стоимость получения монокристаллических пленок кремния и поликомпонентная технология многослойных полупроводниковых структур [2].

Солнечные элементы на mono-Si обладают КПД порядка 15–20 %. В ближайшем будущем техническую и экономическую альтернативу существующим устройствам фотовольтаики могут составить элементы, принцип действия которых базируется на фотоэлектрохимических методах преобразования энергии фотонов в электрическую энергию. Принципиально новые концепты, такие как органические солнечные элементы (ОСЭ), все увереннее завоевывают рынок, поскольку их технологии обладают перспективой значительного снижения стоимости и становятся все более простыми.

Миссией проектов по энергоэффективности должно быть обеспечение потребностей общества и экономики в энергетических ресурсах технически



надежным и безопасным, экономически эффективным, экологически приемлемым способом, который в результате поможет улучшить условия жизнедеятельности общества.

Для успешной реализации этой стратегии необходимо решить две глобальные задачи [1–5]:

- выработать оптимальную технологию производства солнечных элементов (экономически и экологически приемлемую);
- сформировать целевую траекторию развития энергетического сектора, обеспечивая согласованность его приоритетов с более широкими целями общества и рассматривая развитие энергетического сектора как составляющую устойчивого социально-экономического развития.

Целевое состояние энергетического сектора государства должно определяться, исходя из необходимости:

- удовлетворения потребностей общества в условиях как нормального, так и особого состояния;
- технически надежного и безопасного функционирования систем энергообеспечения общества;
- экономической эффективности функционирования систем энергообеспечения общества;
- энергетической эффективности использования энергоресурсов обществом и национальной экономикой;
- экологически приемлемого решения воздействия энергетики на окружающую среду и климат;
- способности государства формировать и осуществлять политику защиты национальных интересов независимо от существующих и потенциальных угроз внутреннего и внешнего характера в энергетической сфере.

Наряду с проблемой получения энергии в мире остро стоит вопрос о ее накоплении и сохранении. Основной аспект проблемы – колебание потребления электроэнергии и непостоянство производства солнечной энергии, которая напрямую зависит от погодных и сезонных условий. Необходимым является установление баланса между выработкой и потреблением, в связи с этим встает необходимость создания накопителей большого объема. Сегодня существует огромное число всевозможных аккумуляторов, которые отличаются высокой стоимостью и значительной степенью загрязнения окружающей среды. К тому же, традиционные аккумуляторы не способны к длительному хранению энергии и не могут применяться в производственных объемах.

В этой связи особый интерес представляют суперконденсаторы, которые используются для хранения энергии в гибридных электрических устройствах, питающихся от аккумуляторов, благодаря их высокой удельной мощности, отличной оборачиваемости и большей циклической жизни по сравнению с батареями. Исследования в этой области направлены на развитие материалов электродов, морфологии пористой поверхности и оптимизации некоторых параметров.

Мировой рынок по перспективам использования суперконденсаторов можно условно разделить на три основных сегмента: транспорт, индустрия и электроника (приборы последней с повышением портативности и мобильности все более нуждаются в автономных источниках с высокой плотностью энергии и мощности [6]).

Следует отметить, что суперконденсаторы обладают уникальной комбинацией важных характеристик по сравнению с литиевыми элементами: на порядок большей плотностью мощности, большими сроками хранения (свыше 10 лет), отсутствием токсичных и опасных компонентов, огромным числом циклов перезарядки (до 10 000 000 циклов) без изменения емкости [7, 8].

На сегодня существует потребность в низковольтных конденсаторах с рекордно высокими частотно-емкостными характеристиками.

Суперконденсаторы имеют ряд преимуществ перед гальваническими элементами и аккумуляторами: высокие скорости зарядки и разрядки; малая деградация даже после сотен тысяч циклов заряда/разряда; малый вес; низкая токсичность материалов; высокая эффективность; неполярность [5].

В плоском конденсаторе заряд концентрируется на обратных друг к другу поверхностях электродов, а энергия электрического поля сконцентрирована в объеме межэлектродного промежутка. В суперконденсаторе с двумя одинаковыми электродами, разделенными жидким электролитом, при заряде на гетеропереходах электролит/электрод формируются двойные электрические слои (ДЭС), то есть слои пространственно разделенных зарядов разного знака [6]. На одном электроде ДЭС формируются избыточные электроны и притянутые к электроду катионы электролита, а на другом – положительно заряженная поверхность электрода и притянутые к этой поверхности анионы. Оба ДЭС соединены последовательно через электролит и концентрируют заряд, напряжение и энергию. В редких электролитах ДЭС имеет толщину до 0,1 нм и высокую емкость 10^{-5} Ф/см² [6–8]. Пористые электроды суперконденсаторов с внутренней поверхностью к 10^7 см²/ч обеспечивают гигантские значения емкости (до 100 Ф) [6, 10].

Симметричный суперконденсатор состоит из пористых электродов, между которыми расположен сепаратор, являющийся проницаемым для ионов жидкого электролита. При подаче разности потенциалов на электродах формируются двойные электрические слои. ДЭС образуется избыточными носителями противоположной полярности.

Таким образом, техническая реализация суперконденсатора представляет собой элементарную ячейку (элементарный суперконденсатор), состоящую из двух последовательно соединенных суперконденсаторов, причем соединение происходит по электрическим слоям в электролите, а заряд снимается с электрических слоев в пористом материале.



Представленное устройство способно решить проблему интеграции солнечных источников энергии в электрические сети в коммерческом масштабе. При таком подходе тенденция использования возобновляемых источников энергии может оказаться экономически благоприятной как для потребителей, так и для производителей энергии за длительный период времени.

Эксперимент и обсуждение результатов

На сегодняшний день производство солнечных батарей в промышленном масштабе наиболее рентабельно выполнять по кремниевой технологии, это наиболее изученная и дающая наивысший выход технология производства. Ниже приведена схема производства солнечных батарей на основе мультикристаллического кремния. Данная цепочка складывается из следующих этапов:

- подготовка кремниевой пластины, очистка ее после резки, промывка;
- структурирование поверхности пластины, создание топологии на ее поверхности, травление;
- легирование, нанесение фосфора;
- диффузия фосфора, вжигание;
- создание *p-n*-перехода, изолирование его, удаление ненужных слоев;
- нанесение антиотражающего слоя SiN₃;
- металлизация (создание металлических контактов на обратной стороне пластины методом трафаретной печати);
- сушка и вжигание;
- создание контактов на лицевой стороне пластины;
- выравнивание пластины;
- проверка и тестирование.

Солнечная энергетика имеет перспективы развития и распространения на мировом рынке благодаря

открытию нового класса материалов – наноматериалов. Данное направление изучается ведущими научными группами мира. В частности, следует выделить пористые материалы – благодаря многократному увеличению рабочей площади пластины (из-за присутствия огромного числа пор на поверхности) ожидается значительное увеличение КПД солнечных элементов, а также интенсивности поглощения света, возможности накапливать большие объемы энергии, более долгому сроку эксплуатации [3–5].

Автором данной статьи предлагается производить солнечные элементы по кремниевой технологии, однако с использованием пористого кремния. Поэтому, учитывая классическую технологию производства солнечных элементов и предложенную автором модель повышения качества, предлагается двухступенчатая технология:

- 1) получение пористых слоев кремния;
- 2) непосредственно производство солнечных элементов.

Пористый кремний целесообразно получать методом электрохимического травления (как вариант – фотоэлектрохимического). Данная технология автором достаточно хорошо изучена и освоена. Кроме того, она имеет ряд преимуществ перед другими видами травления (плазменного, плазмохимического, ионного), среди которых:

- простота;
- процесс идет при низкой температуре;
- малое повреждение поверхности;
- низкая стоимость, включая оборудование;
- возможность управлять диаметром пор, толщиной пористого слоя и пористостью, подбирая соответствующие условия.

На рис. 1. изображен солнечный элемент, выполненный на основе *por-Si* (рис. 1а) и фрагмент поверхности пористого кремния (рис. 1б).

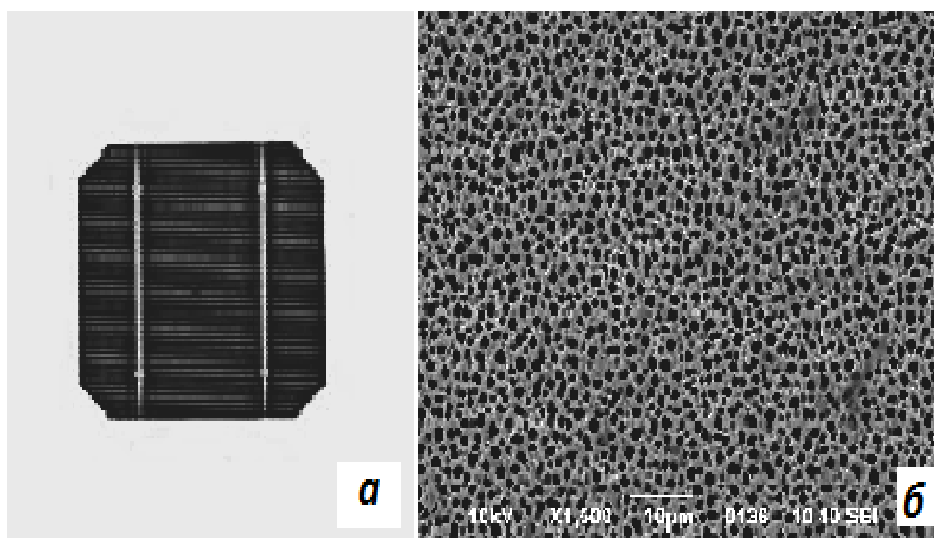


Рис. 1. Солнечный элемент, выполненный на основе пористого кремния (а); пористый кремний (б)

Fig. 1. A solar cell based on porous silicon (a); porous silicon (b)

После электрохимической обработки образцы очищались в деионизированной воде, отжигались в потоке горячего азота и хранились в темноте. Контактная сетка на передней поверхности и сплошная пленка на тыльной поверхности кремниевого образца создавались методом магнетронного напыления алюминиевой пленки толщиной 1 мкм под давлением $7 \cdot 10^{-5}$ Па (рис. 2).

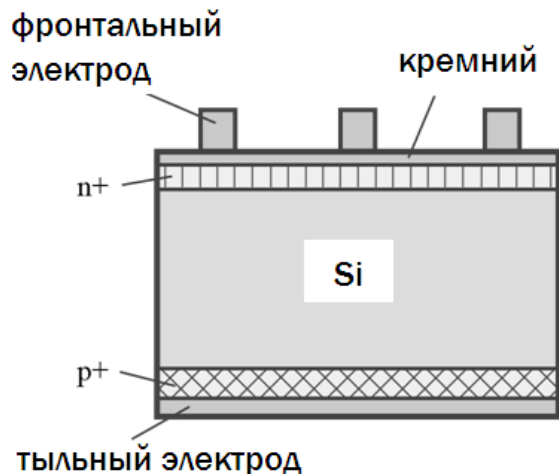


Рис. 2. Схематическая структура кремниевого солнечного элемента на основе por-Si
Fig. 2. Schematic structure of a silicon solar cell based on por-Si

Пористость образцов составила порядка 70 %. Толщина пористого слоя (150...250) нм. Результаты измерения полного коэффициента отражения (R), как функции длины волны для солнечных элементов с различными толщинами слоев пористого кремния, показали явное увеличение поглощающей способности пористого кремния с ростом его толщины. Такой результат свидетельствует о возможности использования этого материала в солнечных элементах и связан прежде всего с тем, что размеры нанокристаллитов (межпоровых простенок) составляют не более десятой доли от длины падающей волны, а поэтому свет многократно рассеивается на кристаллитах внутри пор и почти полностью там увлекается.

Кроме того, наблюдается явное увеличение поглощающей способности пористого кремния с ростом его толщины, что прямо указывает на возможность использования этого материала в солнечных элементах. Слой пористого кремния толщиной от 70 мкм имеет большую рассеивающую способность, чем слой меньшей толщины. При этом увеличивается расстояние, которое преодолевают лучи света в базе солнечного элемента.

Аналогичные выводы по использованию пористого кремния можно сделать и для суперконденсато-

ров. Тем более, такое техническое решение позволит сделать значительный шаг в изготовлении гибридных устройств с возможностью получения и накопления энергии.

В глобальной реализации развитие альтернативной энергетики предусматривает:

- переход энергетического сектора на рыночные принципы функционирования и конкуренции, что будет стимулировать повышение эффективности экономической деятельности субъектов энергетического сектора и эффективности использования энергоресурсов субъектами хозяйствования и вообще обществом;
- ликвидацию критической зависимости от поставок энергоресурсов из монопольных источников, повышение уровня энергетической безопасности путем диверсификации маршрутов и источников энергообеспечения национальной экономики;
- обеспечение конкурентоспособности энергетического сектора на мировом энергетическом рынке путем создания благоприятных условий для привлечения инвестиций и технической модернизации объектов энергетического сектора;
- технологическое обновление энергетического сектора.

Выводы

Таким образом, наноструктурированный кремний целесообразно применять в качестве сырья для изготовления солнечных батарей и суперконденсаторов, что является решением проблем ресурсо- и энергосбережения. В статье представлена технология производства солнечных батарей на основе por-Si, а также рассмотрены преимущества суперконденсаторов перед традиционными накопителями энергии.

Список литературы

1. Алфёров Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фото-энергетики // Физика и техника полупроводников. 2004. Т. 38, Вып. 8. С. 937–948.
2. Шве́ц Е.Я., Коломоец А.Г. Оценка перспектив применения арсенида галлия и сплавов на его основе в качестве материалов для солнечных элементов // Металургия. 2013. 2 (30). С. 132–136.
3. Sychikova Y.A., Kidalov V.V., Sukach G.A. Morphology of porous n-InP (100) obtained by electrochemical etching in HCl solution // Functional Materials. 2010. Vol. 17, № 1. P. 1–4.

4. Сычикова Я.А., Кидалов В.В., Сукач Г.А. Влияние дислокаций на процесс порообразования в монокристаллах *n*-InP (111) // Физика и техника полупроводников. 2011. Т. 45, № 1. С. 123–126.

5. Сычикова Я.А., Кидалов В.В., Сукач Г.А. Зависимость величины порогового напряжения порообразования фосфида индия от состава электролита // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2013. № 5. С. 1–6.

6. Деспотулин А., Андреева А. Суперконденсаторы для электроники // Современная электроника. 2006. № 5. С. 13–14.

7. Крутиков А. Альтернативные источники хранения энергии // Силовая электроника. 2005. № 3. С. 22–25.

8. Иванов А.М., Герасимов А.Ф. Молекулярные накопители электрической энергии на основе двойного электрического слоя // Электричество. 1991. № 8. С. 16–19.

9. Денычиков К.К., Щербина Б.В. Состояние техники и рынка суперконденсаторов. М.: изд. МГУ прикладной биотехнологии. 2004. С. 100.

10. Denshchikov K. Stacked Supercapacitor Technology // New Perspectives & Chances, Supercaps Europe – European Meeting on Supercapacitors: Development and Implementation in Energy and Transportation Techniques. Berlin, Germany, Nov. 2005.

References

1. Alferov Zh.I., Andreev V.M., Rumyantsev V.D. Tendencii i perspektivy razvitiâ solnečnoj fotoènergetiki. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*, 2004, vol. 38, iss. 8, pp. 937–948 (in Russ.).

2. Shvets E.Ya., Kolomoets A.G. Ocenka perspektiv primeneniâ arsenida galliâ i spлавov na ego osnove v kačestve materialov dlâ solnečnyh èlementov, *Metallurgîâ*, 2013, 2 (30), pp. 132–136 (in Russ.).

3. Suchikova Y.A., Kidalov V.V., Sukach G.A. Morphology of porous *n*-InP (100) obtained by electrochemical etching in HCl solution. *Functional Materials*, 2010, vol. 17, no. 1, pp. 1–4 (in Eng.).

4. Suchikova Ya.A., Kidalov V.V., Sukach G.A. Vliânie dislokacij na process poroobrazovaniâv monokristallah *n*-InP (111). *Fizika i tehnika poluprovodnikov*. 2011, vol. 45, no. 1, pp. 123–126 (in Russ.).

5. Suchikova Y.A., Kidalov V.V., Sukach G.A. Zavisimost' veličiny porogovogo naprâženiâ poroobrazovaniâ fosfida indiâ ot sostava èlektrolita. *Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovaniâ*, 2013, no. 5, pp. 1–6 (in Russ.).

6. Despotulin A., Andreeva A. Superkondensatory dlâ èlektroniki. *Sovremennââ èlektronika*, 2006, no. 5, pp. 13–14 (in Russ.).

7. Krutikov A. Al'ternativnye istočniki hraneniâ ènergii. *Silovââ èlektronika*, 2005, no. 3, pp. 22–25 (in Russ.).

8. Ivanov A.M., Gerasimov A.F. Molekulârnye nakopiteli èlektričeskoj energii na osnove dvojnogo èlektričeskogo sloâ. *Èlektričestvo*, 1991, no. 8, pp. 16–19 (in Russ.).

9. Denyčikov K.K., Shcherbina B.V. Sostoânie tehniki i rynka superkondensatorov. Moscow: izd. MGU prikladnoj biotehnologii Publ., 2004, p. 100 (in Russ.).

10. Denshchikov K. Stacked Supercapacitor Technology. New Perspectives & Chances, Supercaps Europe – European Meeting on Supercapacitors: Development and Implementation in Energy and Transportation Techniques. Berlin, Germany, Nov. 2005 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995





Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в **REENCON-XXI** – Международном Конгрессе «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность».

Даты проведения: 27–28 октября 2015 года

Место проведения: Москва, Центр Международной торговли, зал Ладога.

Рабочие языки: русский и английский.

Организаторы Конгресса:

Российская Академия наук: Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) и Институт энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН);

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ);

Международный центр устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР).

При поддержке Министерства образования Российской Федерации, Российского Фонда Фундаментальных исследований, Российского Научного Фонда, ОАО «Русгидро», энергетических технологических платформ.

Председатель Программного комитета Конгресса – Президент РАН, академик В.Е. Фортов, сопредседатель – Первый проректор НИУ ВШЭ, д.э.н., профессор Л.М. Гохберг.

Руководитель Организационного комитета Конгресса – заместитель директора по науке института энергетике НИУ ВШЭ, д.э.н. Медведева Е.А.

Руководитель Редакционного комитета Конгресса – директор Института энергетике НИУ ВШЭ, чл.-корр. РАН Филиппов С.П.

В программе Конгресса:

Обсуждение новейших тенденций в развитии экологически чистой энергетики, эффективных инновационных технологических направлений в использовании ВИЭ систем аккумулирования энергии, определяющих формирование нового технологического уклада в мировой энергетике;

Определение новых условий и вызовов и обусловленной ими роли, цели и масштабов развития ВИЭ и накопителей энергии в становлении нового энергетического уклада в России, странах ЕАЭС и СНГ в условиях масштабного развития газовой энергетики;

Разработка научно обоснованных рекомендаций для законодательной и исполнительной власти России, обсуждение возможностей развития ВИЭ в странах ЕАЭС и СНГ;

Обсуждение достижений и проблем в использовании ВИЭ и накопителей энергии и обмен опытом;

Содействие установлению международного научно-технического и коммерческого сотрудничества между участниками Конгресса;

Содействие расширению государственно-частного партнерства в развитии возобновляемых источников энергии и накопителей энергии.

По итогам проведения Конгресса:

Будет подготовлен и направлен в Правительство РФ доклад по содействию развитию ВИЭ и накопителей энергии в России, включая дорожную карту развития ВИЭ и накопителей энергии;



Будут подготовлены и направлены в исполнительные органы ЕАЭС и СНГ Рекомендации по целям, задачам и основным направлениям поддержки и развития ВИЭ в странах ЕАЭС и СНГ;

Доклады Конгресса, оформленные в соответствии с **требованиями**, будут опубликованы в Сборнике трудов Конгресса в России;

Лучшие доклады, оформленные в соответствии с **требованиями** и отобранные Редакционным комитетом, будут опубликованы в журналах «Теплоэнергетика», «Форсайт» и в Сборнике трудов Конгресса в издательстве Springer Verlag.

Лучшие панельные доклады будут отмечены грамотами и опубликованы в Сборнике трудов Конгресса в России.

Сайт Конгресса: www.reencon-xxi.ru

Секретариат Конгресса:

Тел. +7 (985) 177-53-35 e-mail: reencon@yandex.ru

Ответственный секретарь: Ирина Толмачева



Форум «Композиты без границ» стартует в третий раз подряд

Третий по счету форум «Композиты без границ» состоится 2 ноября 2015 года в Конгресс-центре Технополиса «Москва». В рамках мероприятия будут обсуждаться основные тенденции развития композитной отрасли в России и мире, состоятся экскурсии на современное производство изделий из композитов, а также впервые пройдут практические мастер-классы по работе с композитными материалами.

Форум проводится «Холдинговой компанией «Композит» и Союзом производителей композитов.

Деловая программа форума в 2015 году будет включать региональную конференцию по вопросу разработки и реализации региональных программ внедрения композитов и изделий из них в приоритетных отраслях экономики, проводимую по заказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. Оператор проведения конференции – ООО «Инновации будущего».

Основными темами обсуждения на конференции станут вопросы становления рынка композитных материалов на региональном уровне, создание новых производств, разработка и развитие технологий изготовления композиционных материалов, применение композитов в разных отраслях промышленности, а также решение проблемы вторичной переработки изделий из композитов. С докладами на конференции выступят представители ведущих компаний композитной отрасли России и мира.

Помимо этого, в рамках форума пройдет практический мастер-класс по производству готовых изделий из композитов. Для участников мероприятия будут организованы туры по производственным площадкам «Холдинговой компании «Композит»

(текстильный цех по производству мультиаксиальных тканей и преформ, цех по производству препрегов, «Нанотехнологический центр композитов» по изготовлению готовых изделий из композитов). В программе посещения также предусмотрена экскурсия в «Научно-исследовательский центр «Композит», где ведутся разработки новых видов ПАН и углеродного волокна. Одновременно в рамках форума будет работать салон композитных материалов, где будут представлены образцы применения композитов в разных отраслях промышленности.

«Форум «Композиты без границ» проводится уже третий год подряд. В течение этого времени мировой рынок композиционных материалов увеличился на 30 %. Увеличение применения композиционных материалов произошло во всех традиционных отраслях. Также за последние три года появились новые масштабные производственные мощности, в том числе в России был запущен современный завод «Алабуга-Волокно» по производству углеродного волокна. Формат форума «Композиты без границ» позволяет выявить основные тенденции развития технологий и рынка композитов и определить вектор на будущее», – рассказал и.о. генерального директора «Холдинговой компании «Композит» Владимир Хлебников.

«В настоящее время в субъектах Российской Федерации разрабатываются и реализуются региональные программы внедрения композитов. Эффективная реализация данных программ позволит увеличить объемы потребления композитов и изделий из них в строительстве, как гражданском, так и промышленном, ЖКХ, транспортной инфраструктуре, инфра-

структуре транспортировки нефти и газа и других приоритетных секторах экономики. На форуме «Композиты без границ» можно будет не только узнать о запущенных в действие программах, но и най-

ти партнеров для развития бизнеса», – рассказал исполнительный директор «Союза производителей композитов Сергей Ветохин.

Холдинговая компания «Композит»

Холдинговая компания «Композит» создана в 2009 году с целью формирования рынка композиционных материалов в России. В Холдинг входят предприятия по производству высокопрочных и высокомодульных углеродных волокон и тканей на их основе, а также высококачественных препрегов, которые используются в авиапромышленности, ветроэнергетике, строительстве, авто-, судостроении и др.

<http://www.hccomposite.com/>

В 2016 году Москва примет всемирную конференцию технопарков

Делегация Правительства Москвы во главе с руководителем Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства Олегом Бочаровым приняла участие в работе 32-й Всемирной конференции научных парков и инновационных территорий IASP 2015 в Пекине. В рамках презентаций и деловых встреч участникам мероприятия был продемонстрирован огромный потенциал развития специализированных территорий в российской столице. По завершении конференции Пекин официально передал эстафету Москве, где в следующем году пройдет IASP 2016.

Мероприятие, учрежденное в 1984 г. и проходящее с того времени ежегодно, является площадкой для взаимодействия отраслевых специалистов и направлено на выработку единых стандартов по эффективному развитию бизнеса и исследовательской работы в технопарках.

Организатором 32-й конференции IASP выступил ведущий технопарк Китая Чжунгуаньцунь (Zhongguancun Science Park), специализирующийся на электронике и фармацевтике. Деловая программа мероприятия включила сессии по влиянию технологий на экономический рост, целенаправленной поддержке инноваций, коммерциализации научных разработок, инкубированию стартапов, поиску перспективных моделей работы резидентов, роли технопарков в развитии городов и регионов.

Олег Бочаров в своей презентации напомнил участникам мероприятия, что в 2016 году Москва впер-

вые примет конференцию IASP. По его словам, московские власти ожидают, что благодаря проведению мероприятия на площадках города зарубежные специалисты и инвесторы смогут познакомиться с преимуществами новой столичной системы специализированных территорий – технопарков и технополисов. Руководитель Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства также отметил, что IASP отбирает лучшее из опыта технопарков-членов ассоциации (всего в нее входят более 400 участников из 74 стран мира) и на этой основе создает высокие отраслевые стандарты.

«Мы стремимся к тому, чтобы московские технопарки сертифицировались по методике IASP с самого начала своей работы. Основным драйвером экономики города становится именно высокотехнологичная промышленность, и поэтому сегодня для столицы особенно важно взаимодействие с ассоциацией», – заявил Олег Бочаров.

33-я конференция IASP пройдет в Москве в сентябре 2016 года. Она будет посвящена объединению усилий мирового инновационного сообщества для интернационализации бизнес-технологий ускоренного роста высокотехнологичных проектов и достижения стабильного развития всех государств-членов ассоциации. Предполагается, что участниками мероприятия станут более 1 500 специалистов и предпринимателей из десятков стран, в том числе представители управляющих компаний российских технопарков, резидентов, инвестиционных фондов.

nanonewsnet.ru



РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ,
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ФИРМ И ФИРМ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ADVERTISING MATTERS OF INVESTMENT
COMPANIES AND MANUFACTURERS

РЕКЛАМА

Научно-технический центр "ТАТА" (Россия) осуществляет поставку заказчикам графеновых материалов: оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO) в виде порошка, водной суспензии, пасты

1. GRAPHENE OXIDE

(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)

Properties

Form: concentrated suspension of graphene oxide

Particle size 1-30 microns

Color: Dark Brown

Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol) Solvent: water

Concentration: 5 mg / ml

Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

2. GRAPHENE OXIDE

(a highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)

Properties

Form: concentrated suspension of graphene oxide

Particle size 1-30 microns

Color: Dark Brown

Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)

Solvent: water

Concentration: 5 mg / ml

Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

3. GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1g)

Properties

Form: concentrated suspension of graphene oxide

Particle size 1-30 microns

Color: Dark Brown

Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)

Solvent: water

Concentration: 5 mg / ml

Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

4. REDUCED GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1g)

Properties

Form: powder with very low bulk density

Reduction method: microwave exfoliation of graphene oxide powder

Color: black

Dispersibility: N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, a dilute aqueous ammonia solution

Conductivity: ~ 2 S / cm

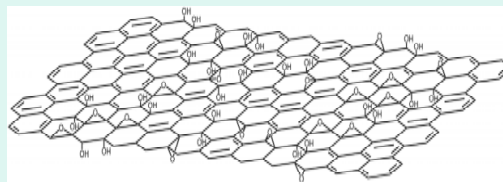
BET specific surface area: 650-680 m²/g

BET surface standard porosimetry: > 2400 m²/g

Изготовление Заказа - 2 недели. Доставка почтой DHL. Оплата на расчетный счет предприятия Научно-технический центр "ТАТА" по Договору изготовления, аттестации и поставки продукции.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА

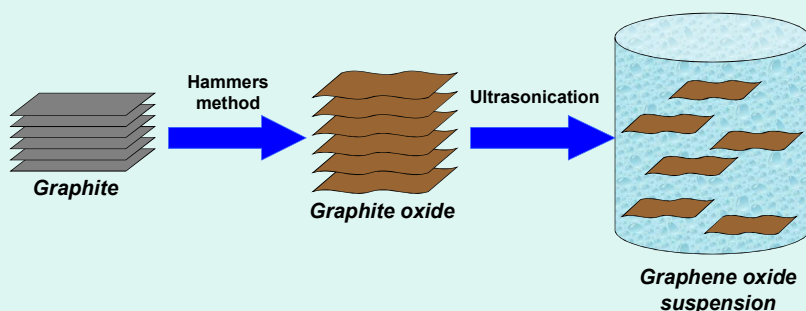
Оксид графита – продукт глубокого окисления графита, имеет простейшую формулу $C_4O_2H_2$ и содержит большое количество кислородсодержащих функциональных групп. Оксид графита, являясь гидрофильным материалом, способен образовывать коллоидные растворы в воде, диметилформамиде, N-метилпиrolлидоне, водных растворах этанола и других полярных растворителях, где он расщепляется на тонкие (вплоть до одного углеродного слоя) листы **оксида графена (ОГ)**.



Химическая структура ОГ

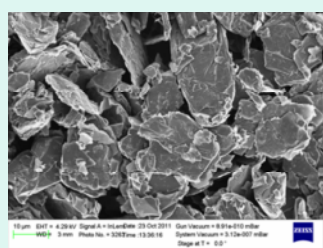
J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 374015 (19pp)

Схематическая методика синтеза оксида графена

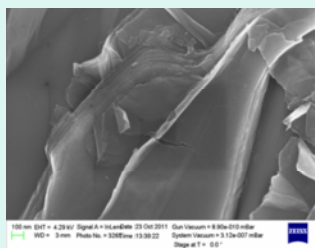
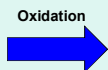


Оксид графита получали модифицированным методом Хаммера. Для приготовления водной суспензии нанолистов ОГ оксид графита смешивали с дистиллированной водой и полученную смесь обрабатывали в ультразвуковой ванне в течение 1 час. Далее образовавшуюся суспензию для удаления крупных частиц центрифугировали 15 мин при 3000g.

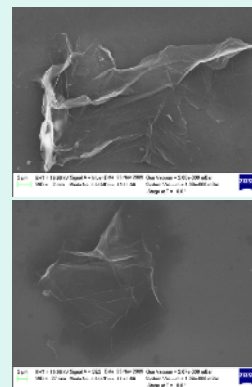
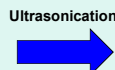
Микрофотографии графита, оксида графита и нанолистов оксида графена



Graphite

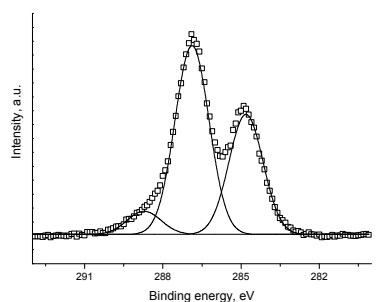
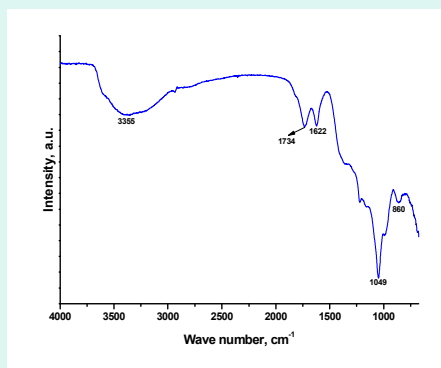


Graphite oxide



Graphene oxide nanosheets

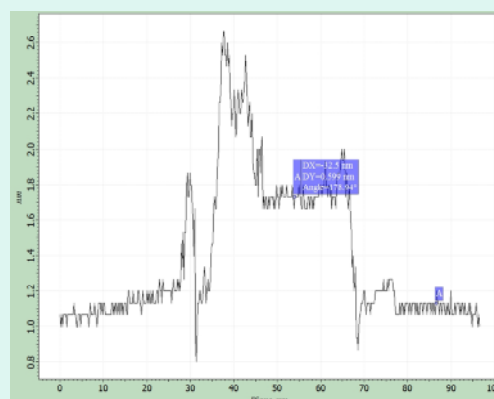
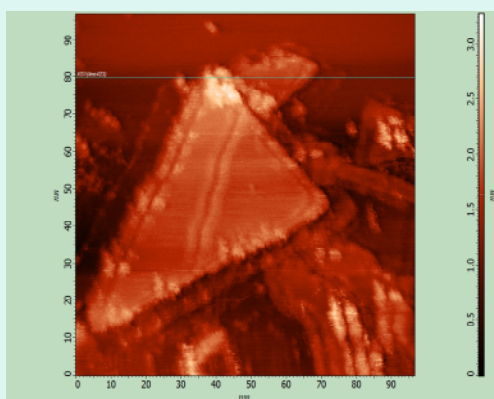
ИК-спектр оксида графена



Рентгеновский фотоэлектронный спектр наночастиц оксида графена

Элементный состав пленки оксида графена

C – 45,3 вес.%
O – 48,7 вес.%
H – 2,8 вес.%
S – 2.1 вес.%
N – <0.1 вес.%



Из данных АСМ видно, что частицы оксида графена, присутствующие в видной суспензии после облучения ультразвуком, являются плоскими листами толщиной приблизительно 0,6 нм, что соответствует толщине 1 слоя ОГ.

Size:	1-20 μm
Thickness:	0,6-1,3 nm (80% 1-2 layer) by AFM
Solubility:	Water, DMF, DMS, Aqueous Ethanol, NMP
pH	4-5

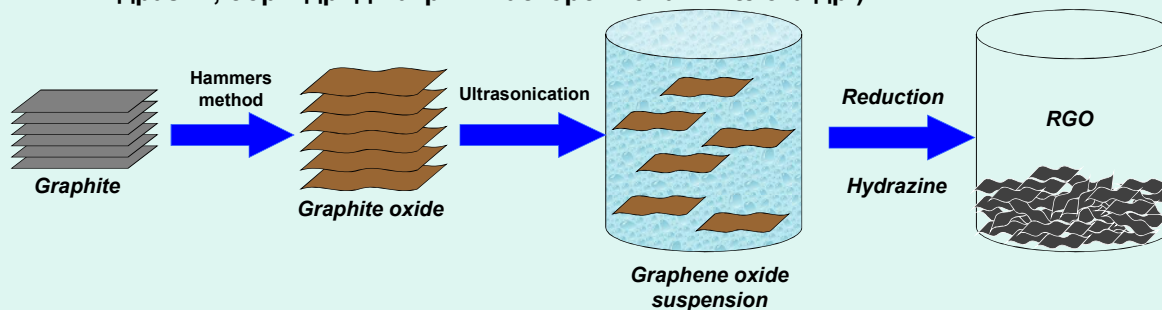
Graphene Oxide Applications

- Solar Cells
- Graphene Semiconductor Chips
- Conductive Graphene Films
- Chemical Power Sources (Supercapacitors and Batteries)
- Catalysts and Sorbents
- Graphene Computer Memory
- Transparent Conductive Coatings
- Graphene Sheets and Many Others Applications

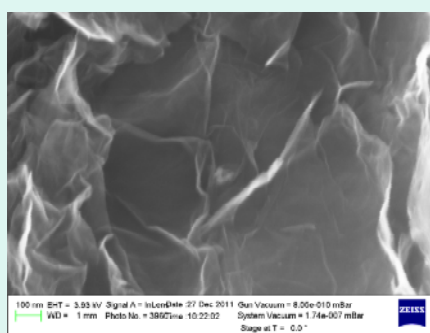
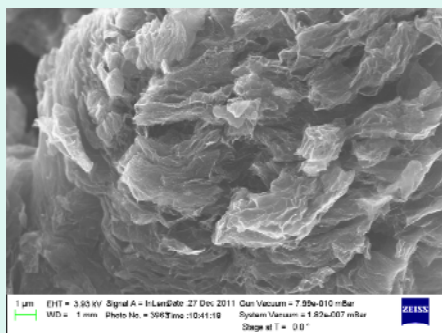
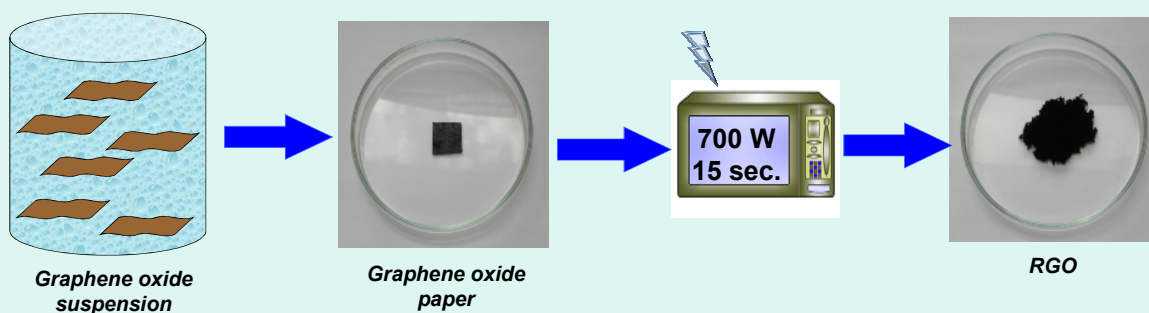


ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

1. Химическое восстановление (использование сильных восстановителей – гидразин, боргидрид натрия и аскорбиновая кислота др.).

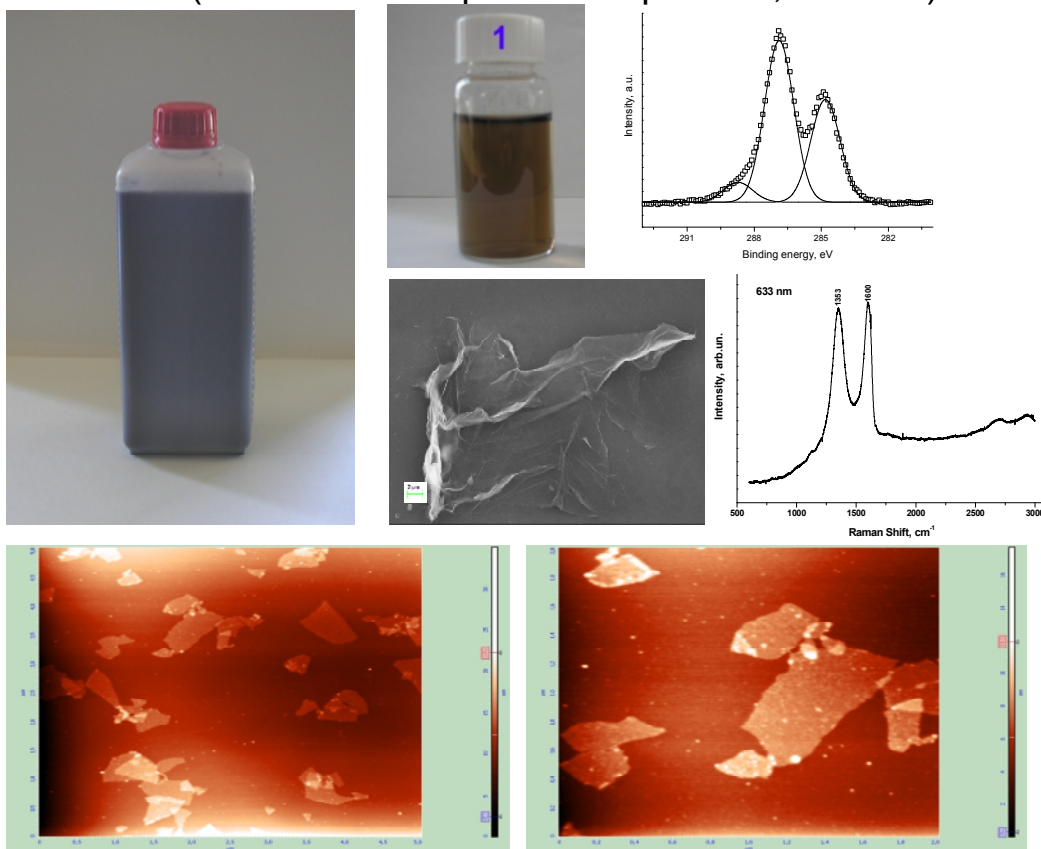


2. Термическое восстановление. Наиболее часто применяется восстановление СВЧ-облучением.



GRAPHENE OXIDE

(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)



Graphite oxide - a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2OOH and contains a large amount of oxygen-containing functional groups. Graphite Oxide - a hydrophilic material, it is capable of forming colloidal solutions in water, dimethylformamide, N-metilpirrolidone, ethanol and aqueous solutions of other polar solvents, where it exfoliated thin (up to one carbon layer) sheets of **graphene oxide (GO)**.

Application of graphene oxide

- Solar Cells
- Semiconductor Electronics
- Conductive graphene films and coatings (including transparent)
- Electrode material for chemical power sources (batteries and supercapacitors)
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials
- Conductive inks including for 3D-printing
- and many other applications.

Properties

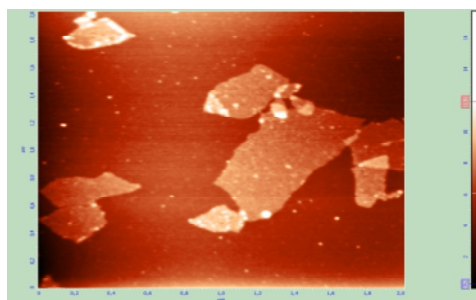
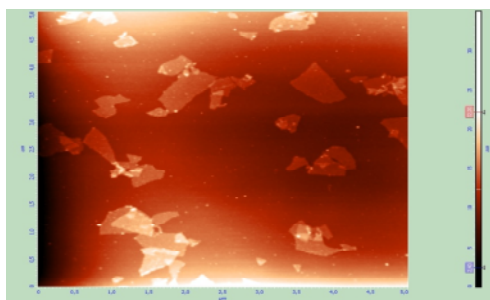
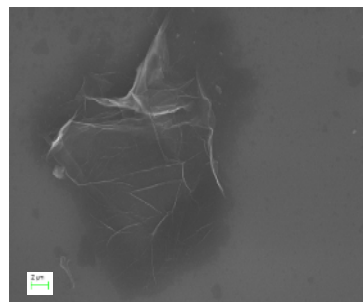
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrolidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

The elemental composition

C – 45,3 wt.%; O – 48,7 wt.%; H – 2,8 wt.%; S – 2.1 wt.%; N – <0.1 wt.%

GRAPHENE OXIDE

(a highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)



Graphite oxide - a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2OOH and contains a large amount of oxygen-containing functional groups. Graphite Oxide - a hydrophilic material, it is capable of forming colloidal solutions in water, dimethylformamide, N-metilpirrolidone, ethanol and aqueous solutions of other polar solvents, where it exfoliated thin (up to one carbon layer) sheets of **graphene oxide (GO)**.

Application of graphene oxide

- Solar Cells
- Semiconductor Electronics
- Conductive graphene films and coatings (including transparent)
- Electrode material for chemical power sources (batteries and supercapacitors)
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials
- Conductive inks including for 3D-printing
- and many other applications.

Properties

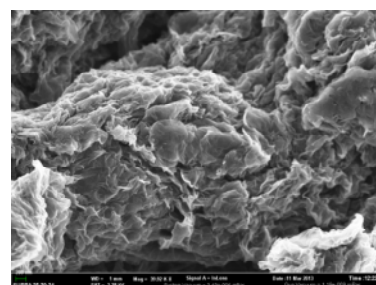
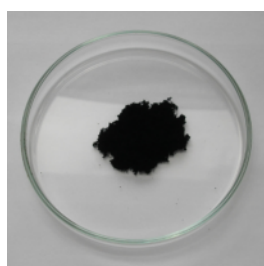
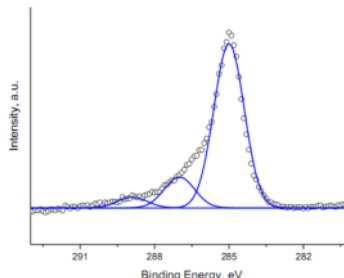
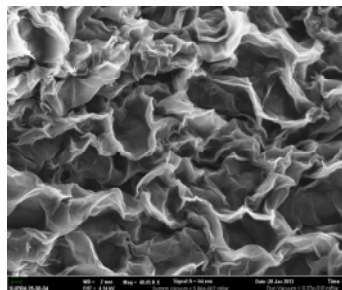
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrolidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

The elemental composition

C – 45,3 wt.%; **O** – 48,7 wt.%; **H** – 2,8 wt.%; **S** – 2.1 wt.%; **N** – <0.1 wt.%

REDUCED GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1g)



Properties

Form: powder with very low bulk density

Reduction method: microwave exfoliation of graphene oxide powder

Color: black

Dispersibility: N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, a dilute aqueous ammonia solution

Conductivity: ~ 2 S / cm

BET specific surface area: 650-680 m²/g

BET surface standard porosimetry: > 2400 m²/g

Application of RGO

- Due to the large specific surface area and high conductivity RGO is a promising material for chemical power sources (Supercapacitors and batteries). Specific electrical capacity can reach 200-250 F/g in inorganic electrolytes.
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials with improved characteristics
- Conductive inks (including materials for 3D-printing) etc.

Reduced graphene oxide

it is a product of the thermal reduction of graphene oxide powder under microwave irradiation. In contrast to graphene oxide, the reduced graphene oxide has a large specific surface and a high conductive characteristics. This is a black powder with a low bulk density (~ 0.7 g/100cm³) contains more than 96 wt.% Carbon.

The elemental composition

C – 96,1 wt.%; O – 2,7 wt.%; H – 0,3 wt.%; S – 0,4 wt.%; N – 0,5 wt.%



Международный опыт Schneider Electric для солнечной генерации Schneider Electric: осваиваем энергию солнца вместе



В России начинает активно развиваться солнечная электроэнергетика. Надежным партнером в реализации проектов по созданию электростанций, работающих на энергии солнца, может стать компания Schneider Electric, имеющая многолетний опыт в данной области.

Путь решения актуальных проблем

Энергопотребление на планете постоянно растет, и в то же время перед человечеством стоит задача сократить выбросы парниковых газов, чтобы предупредить глобальные изменения климата. Поэтому необходимость освоения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится все более необходимой.

Солнечная генерация — одно из самых перспективных и активно развивающихся на сегодняшний день направлений возобновляемой энергетики. Не случайно солнечные электростанции (СЭС) сегодня создаются на территории порядка сотни стран (причем по темпам развития лидируют азиатские государства). По данным на декабрь 2013 г. в общей сложности во всем мире уже установлено около 140 ГВт солнечных электростанций.

Солнечная энергия имеет ряд преимуществ по сравнению с другими ВИЭ. Во-первых, СЭС достаточно легко устанавливать и монтировать. Во-вторых, такие электростанции просты в обслуживании, поскольку имеют мало движущихся частей.

Необходимость конкурировать с традиционными источниками энергии и широкое предложение на мировом рынке оборудования способствовало развитию технологий солнечной генерации и их быстрому удешевлению. Постоянное увеличение объемов производства позволяет еще больше снизить себестоимость. В итоге за последние десять лет стоимость солнечной генерации уже уменьшилась в восемь раз и, по мнению экспертов, продолжит падать. При этом параллельный рост тарифов на электроэнергию способствует достижению паритета стоимости солнечной и традиционной генерации, делая первую еще более привлекательной.

Надежный партнер для долгосрочных проектов

Солнечная энергетика — молодая отрасль: эксплуатируемым по всему миру фотоэлектрическим установкам в среднем чуть менее трех лет. Игроки рынка быстро меняются — многие уходят, не выдержав конкуренции. В то же время, солнечная энергетика — объект для долгосрочных инвестиций. Чтобы выгодно вложить средства в проект сроком более 20 лет, необходимо выбрать надежного поставщика, обладающего финансовыми ресурсами и передовым отраслевым опытом, способного предложить решения высокой надежности и обеспечить долгосрочную техническую поддержку.

Инвестируя в эту молодую отрасль, важно быть уверенным в эффективности оборудования, экономичности его эксплуатации — в конечном счете, это обеспечивает предсказуемые сроки окупаемости и уровень рентабельности. Неграмотный подход к проектированию фотоэлектрических систем может превратить их в абсолютно неэффективные объекты. Здесь нет мелочей: чтобы достичь хороших результатов, важно правильно выбрать местоположение будущей станции, спроектировать систему преобразования электроэнергии и определить тип солнечных панелей. Все эти характеристики варьируются в зависимости от объекта, климатической зоны, широтного пояса.

Компания Schneider Electric, мировой эксперт в области управления энергией и промышленной автоматизации, уже 17 лет работает в сфере солнечной энергетике, имеет внушительный список реализованных проектов по всему миру и, благодаря накопленному опыту, может стать по-настоящему надежным партнером в реализации проектов по созданию СЭС.

Schneider Electric предлагает индивидуально разработанные решения любых конфигураций — от солнечных электростанций до установок на коммерческих и жилых зданиях, с подключением или без подключения к сети, с накоплением или без накопления энергии. Компания обладает необходимыми ресурсами — финансовыми, кадровыми и научными, — чтобы обеспечить инвесторам и потребителям высокий уровень рентабельности на всем протяжении срока эксплуатации солнечной системы генерации.

В долгосрочной перспективе инвесторы могут гарантированно получать надлежащее обслуживание и техническую поддержку посредством всемирной сети сервисных центров.

Решения Schneider Electric постоянно совершенствуются: компания ежегодно инвестирует в НИОКР свыше 5% годового оборота, сотрудничает с лучшими специалистами во всем мире, проводя совместные исследования с ведущими университетами, независимыми лабораториями, частными компаниями, а также местными и национальными органами власти. Практический опыт позволяет разрабатывать комплексные технические решения для самых разных условий эксплуатации — от влажных тропиков и пыльной пустыни до заснеженных гор.



Солнечная энергетика приходит в Россию

Еще недавно бытовало мнение, что в нашей стране достаточно ископаемого топлива и традиционных электростанций, вырабатывающих дешевую электроэнергию, что позволяет не задумываться об альтернативных источниках в обозримой перспективе. Некоторые утверждали, что Россия — северная, «несолнечная» страна и перспектив у СЭС здесь нет. Однако в последние годы экспертное сообщество меняет свою точку зрения, убеждаясь, что в России есть все предпосылки для развития солнечной генерации.

На самом деле уровень инсоляции в ряде регионов РФ превышает аналогичные показатели в странах Европы, где успешно развивается солнечная энергетика. Кроме того, Россия остро нуждается в развитии экономически привлекательной и экологически чистой распределенной генерации. Дело в том, что две трети территории страны находятся вне единой энергосистемы. И себестоимость электроэнергии, которую получают жители этих зон (а это порядка 17 млн человек), очень высока. Например, в Якутии (к слову, это один из самых солнечных регионов страны) стоимость 1 кВт·ч может достигать 100 руб.; электроэнергия вырабатывается зачастую на устаревших, часто выходящих из строя дизель-генераторах, наносящих огромный ущерб окружающей среде; при этом государство вынуждено тратить огромные средства на дотации населения. Для территорий с децентрализованным электроснабжением внедрение солнечной генерации — оптимальный способ решить разом множество проблем.

С другой стороны, по-прежнему существуют энергодефицитные регионы, которые сегодня снабжаются за счет энергопрофицитных. Естественно, транспортировка электроэнергии на большие расстояния влечет за собой большие ее потери. Если предполагать, что начнется массовое использование электромобилей, то потребности в энергии и нагрузка на сети станут расти еще быстрее. В то же время дефицитные области можно было бы поддерживать за счет включения в региональную энергосистему солнечных электростанций.

Важность развития возобновляемой энергетики сегодня осознают и на государственном уровне. Значимым шагом в развитии ВИЭ стало Постановление №449 Правительства РФ от 28 Мая 2013 г., определившее механизм стимулирования использования ВИЭ на оптовом рынке электрической энергии, что дало толчок строительству солнечных электростанций мощностью от 5 МВт в ряде регионов России. Согласно документу установлены минимально допустимые показатели локализации производства оборудования для солнечных электростанций. Сегодня в России должно быть выпущено не менее 50% оборудования, а с 2016 года — не менее 70%. К 2020 г. при поддержке Правительства планируется построить солнечных станций на 1,5 ГВт. Направлением начинает интересоваться все больше частных инвесторов.

Компания Schneider Electric также верит в перспективы солнечной энергетики в нашей стране. Не случайно два года назад было создано подразделение, развивающее бизнес «Солнечная энергетика» в России и странах СНГ. Обширный опыт, наработанный за рубежом, позволил сразу показать высокий уровень компетенции и за короткий срок реализовать несколько значимых проектов на территории России и стран Таможенного союза.

Энергия солнца для Алтая

В сентябре 2014 г. в Республике Алтай была запущена Кош-Агачская солнечная электростанция мощностью 5 МВт — на момент постройки это был крупнейший подобный российский объект. СЭС может обеспечивать стабильное электроснабжение не менее 1000 домохозяйств, а на полной мощности покрывать потребности трёх соседних муниципальных районов. В первый же месяц эксплуатации станция позволила снизить переток мощности на близлежащие территории до нуля.

Проект реализован «Авелар Солар Технолоджи» — дочерней структурой компании «Хевел» (совместного предприятия ГК «Ренова» и ОАО «Роснано»). По соглашению с «Авелар Солар Технолоджи» компания Schneider Electric поставила ключевые высокотехнологичные компоненты СЭС — инверторы, АСУ ТП и другое оборудование. Инверторы необходимы для преобразования постоянного электрического тока, вырабатываемого солнечными модулями, в переменный ток, поступающий в электросеть.

В соответствии с принятым в 2013 г. механизмом стимулирования использования ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности, требовалось обеспечить необходимый уровень локализации производства оборудования в России. Schneider Electric производил сборку, конечное соединение элементов проводки и тестирование инверторов на территории Российской Федерации, что дало дополнительные 12% к степени локализации генерирующего объекта. Использование также и других российских компонентов, позволило компании «Авелар Солар Технолоджи» выполнить целевые показатели степени локализации для Кош-Агачской СЭС.

Сегодня специалисты Schneider Electric внимательно отслеживают ход эксплуатации инверторов на первой российской СЭС 5МВт, учитывают пожелания клиентов, стараясь максимально эффективно использовать этот опыт в будущем.

Станция в Оренбургской области

В мае 2015 г. при участии Schneider Electric запущена в эксплуатацию еще одна солнечная электростанция мощностью 5 МВт в поселке Переволоцкий Оренбургской области. Проект также реализован в соответствии



с Постановлением Правительства № 449. Инвестором и генеральным подрядчиком строительства Переволоцкой СЭС выступили структуры компании «Хевел». В строительство энергообъекта вложено более 500 млн рублей, которые будут возвращены за 15 лет при норме доходности на уровне 12–14% годовых.

Установленная мощность объекта генерации соответствует энергопотреблению не менее 1000 частных домохозяйств. СЭС имеет высокую производительность: уровень удельной выработки электроэнергии здесь достигает 1250–1300 кВт·ч в год с каждого киловатта установленной мощности. Ввод электростанции позволит сократить выбросы углекислого газа в атмосферу на 4,5 тысячи тонн в год.

Для создания Переволоцкой СЭС на конкурсной основе были выбраны инверторы Schneider Electric серии Core XC, внедренные на сотнях солнечных станций по всему миру и уже зарекомендовавшие себя как надежное оборудование. Данная линейка включает несколько модификаций и позволяет оптимально спроектировать солнечную станцию любой требуемой мощности.

В комплект поставки входили готовые инверторные станции для крупных СЭС PV BOX. Это полнофункциональное решение Schneider Electric обеспечивает автоматическое управление, мониторинг, защиту и распределение электрической энергии. В состав PV BOX входят установленные в одной оболочке солнечные инверторы (в данном случае — Core XC 540), сумматоры постоянного тока, повышающие трансформаторы, выключатели среднего напряжения и другое оборудование.

Кроме этого Schneider Electric поставил на Переволоцкую СЭС программный пакет SCADA Conext Control, комплектное распределительное устройство 10 кВ и сумматоры ArdayBox, устанавливаемое между солнечным модулем и инвертором и обеспечивающее защиту и мониторинг солнечной станции. Часть оборудования, использованного при реализации проекта, произведено на заводе «Шнейдер Электрик Эквипмент Казань (ШЭЭК)».

Контрактом предусмотрена трехлетняя гарантия производителя, по желанию клиент может воспользоваться SLA-контрактом (контракт с гарантированным сервисом на базовое техническое обслуживание) на 15 лет.

Объект для Казахстана

В апреле 2015 г. на территории Казахстана было закончено строительство солнечной электростанции мощностью 50 МВт «Бурное-1».

Для этого объекта компания Schneider Electric предоставила и ввела в эксплуатацию 32 инверторные станции PV Box RT в комплекте с инверторами Conext Core XC и сетевой подстанцией на напряжение 220 кВ. Инверторные станции PV Box были изготовлены заранее и доставлены на площадку протестированными и полностью готовыми к подключению. Сервисная команда Schneider Electric Казахстан выполнила пусконаладочные работы устройств среднего и низкого напряжения в составе оборудования PV Box, а также оказала помощь в настройке системы мониторинга PACIS на подстанции 220 кВ.

Солнечные перспективы

Schneider Electric рассчитывает на дальнейшее сотрудничество с компанией «Хевел» и ее дочерними структурами. Реализованные проекты по строительству СЭС можно рассматривать как первый шаг на пути создания целой отрасли солнечной электроэнергетики в России. По мере развития технологий, накопления опыта и увеличения количества объектов, их эффективность будет возрастать, а себестоимость — снижаться. И в этом смысле долгосрочные цели компаний совпадают.

Так, «Авелар Солар Технолоджи» планирует в ближайшие три года построить 254 МВт новой солнечной генерации.

В целом российский рынок электрооборудования для СЭС до 2020 года можно оценить в 15–20 млрд рублей. Значительную часть этих средств составят инвестиции в локализацию производства в России при условии выполнения плана строительства 1,5 ГВт солнечной генерации.

Компания Schneider Electric активно развивает направление, связанное с солнечной энергетикой. После успешного завершения текущих проектов в планах компании — локализация и других систем для СЭС, в частности инверторных подстанций PVBox, в нашей стране.

О компании Schneider Electric

Компания Schneider Electric является мировым экспертом в управлении энергией. Подразделения компании успешно работают более чем в 100 странах. Schneider Electric предлагает интегрированные энергоэффективные решения для энергетики и инфраструктуры, промышленных предприятий, объектов гражданского и жилищного строительства, а также центров обработки данных. Более 150 000 сотрудников компании, оборот которой достиг в 2013 году 24 миллиарда евро, активно работают над тем, чтобы энергия стала безопасной, надежной и эффективной. Девиз компании: "Познайте возможности вашей энергии!"

АО "Шнейдер Электрик" имеет коммерческие представительства в 35 городах России с головным офисом в Москве. Производственная база "Шнейдер Электрик" в России представлена 7-ю действующими заводами и 3-мя логистическими центрами. Имеется собственный Научно-технический центр.

www.schneider-electric.ru



Оборудование Данфосс на выставке «Энергоэффективное Подмосковье»



25 сентября 2015

В Доме Правительства Московской области состоялась региональная конференция и выставка «Энергоэффективное Подмосковье». Специалисты «Данфосс» представили посетителям выставки образцы высокотехнологичного оборудования. Экспозицию посетил губернатор Московской области Андрей Воробьев.



«Энергоэффективное Подмосковье» – первое конгрессно-выставочное мероприятие в регионе, направленное на демонстрацию энергоэффективных проектов и обсуждение приоритетных путей оптимизации энергопотребления. На экспозиционной части мероприятия были представлены тематические стенды 21 муниципального образования Московской области, производителей энергоэффективной продукции и предприятий ТЭК и ЖКХ.

Компания «Данфосс» – ведущий мировой производитель энергосберегающего оборудования. Занимает лидирующие позиции на рынке тепловой автоматики, холодильного оборудования, приводной техники. На российском рынке тепловой автоматики доля «Данфосс» составляет 35 %. В настоящее время у компании 22 представительства на территории России и Белоруссии. Российское представительство компании «Данфосс» было образовано в 1993 году. На сегодняшний день на российском рынке представлена вся продукция, производимая концерном. Доля локализации предприятия в 2014 г. составляет более 30%. На текущий момент у компании 2 действующих производства в России – в Истринском районе Московской области и в г. Дзержинск Нижегородской области. В 2013 г. подписан договор на проектирование и строительство 3-го завода в России, который также будет расположен в Нижегородской области. Объем инвестиций в строительство нового завода составит около 1 млрд руб.

Специалисты «Данфосс» продемонстрировали целый комплекс решений, предназначенных для энергоэффективного функционирования зданий. Кроме блочных тепловых пунктов, актуальность работы которых была подтверждена многими проектами в Подмосковье, на стенде Данфосс были представлены термостатические и балансировочные клапаны. Так же на экспозиции были выставлены шаровые краны JIP Standard, их производство было запущено весной на заводе «Данфосс» в Истринском районе. Представленное оборудование вызвало у губернатора живой интерес и множество вопросов о функционировании представленных образцов.

«Внедрение инноваций – приоритет, в Подмосковье большая программа модернизации ЖКХ. Важно, чтобы современное «умное» оборудование производилось и внедрялось на территории региона», – сказал Андрей Воробьев, губернатор Московской области.

Организаторами конференции и выставки выступили Министерство энергетики Московской области и Российская Ассоциация инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике. В рамках конференции обсуждались вопросы энергосбережения в системах инженерного обеспечения зданий и сооружений, а также при строительстве, проведении капитального ремонта и реконструкции жилого фонда.



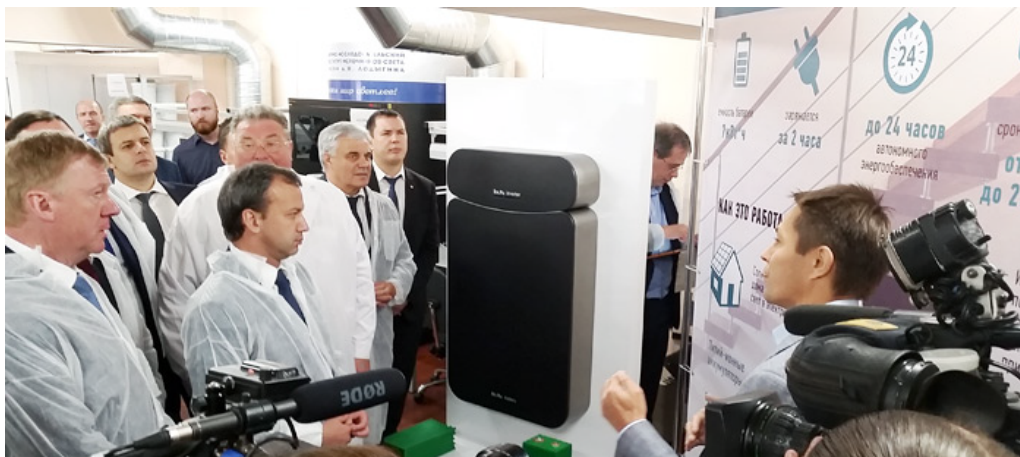


ПРЕСС-РЕЛИЗ

Запущен двенадцатый наноцентр РОСНАНО

25 сентября 2015

Заместитель председателя Правительства РФ Аркадий Дворкович, Глава Республики Мордовия Владимир Волков и председатель Правления РОСНАНО Анатолий Чубайс открыли двенадцатый наноцентр сети РОСНАНО в Саранске.



Основная задача наноцентра – коммерциализация инновационных технологий, создание стартапов и их превращение в успешный высокотехнологичный бизнес. К моменту открытия советом директоров наноцентра утверждено 49 проектов в области специализации наноцентра – силовой электроники, современной светотехники, приборостроения, наноматериалов в строительстве.

Общий бюджет саранского наноцентра составляет 1,97 млрд рублей, включая инвестиции Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО в размере 1,15 млрд рублей.

Среди партнеров проекта – инновационные компании Мордовии «Электровыпрямитель», АУ «Технопарк-Мордовия», а также Республиканский фонд поддержки социально-экономических программ «Созидание». В наноцентре и его портфельных компаниях создано 65 высококвалифицированных рабочих мест, а налоговые отчисления в бюджет в 2014 году составили 18,3 млн рублей.

В ходе церемонии открытия была изготовлена первая партия плат для карбид-кремниевых инверторов повышенной эффективности. Планируется, что такие инверторы будут использоваться в проекте по созданию мощной отечественной системы накопления электроэнергии для частных домохозяйств, заряжаемой как от сети, так и от солнечных батарей. Проект реализуется на базе сети наноцентров РОС-

НАНО. Задачей мордовского центра станет производство инверторов и компонентов на базе карбида кремния совместно с отечественными и иностранными партнерами. Над созданием подобных батарей работают многие мировые компании, среди которых – американская Tesla.

Среди проектов наноцентра:

Многофункциональные покрытия

Лакокрасочные материалы и покрытия на основе фторполимеров, обладающие гидрофобными и коррозионностойкими свойствами. Продукция проекта востребована для защиты металлоконструкций, в том числе в области строительства, и может быть использована в холодном и влажном климате. Еще одна область применения – обработка буровых труб и резьбовых соединений для нефтяной промышленности, обеспечивающая защиту от коррозии и абразивного износа.

Покрывтия, создаваемые в рамках проекта, отличаются высокой прочностью, длительным сроком эксплуатации, а их цена в 2–4 раза ниже аналогов.

Гибкие источники света

Проект подразумевает запуск международного R&D-центра, специализирующегося на создании новых источников света печатным методом, а также



на развитии смежных проектов в этой области: создании люминофорных покрытий, адаптированных для использования печатного способа производства светового полотна, разработке токопроводящих чернил для создания световых компонентов, а также создании системы дистанционного управления параметрами светоизлучения (яркостью и спектром излучения).

Нанодетонация для очистки оборудования от загрязнений

Цель проекта – создание средства для безразборной очистки технических агрегатов, емкостей и коммуникаций от загрязняющих образований и коррозии на основе механизма нанодетонации. Этот метод позволяет разрушить отложения до пескообразного состояния с последующим выводом из агрегатов в

нерастворенном виде, что позволяет уменьшить затраты на последующую утилизацию. Технология не наносит вреда окружающей среде и материалам оборудования и может применяться для очистки теплообменного оборудования, систем отопления и водоснабжения, холодильных установок, вентиляционных отсеков, котлов и бойлеров.

Скальпель с алмазоподобным покрытием

Такие скальпели используются в пластической и челюстно-лицевой хирургии. Алмазоподобное покрытие, наносимое на кромку лезвия, делает его поверхность менее шероховатой. Поэтому при использовании подобных скальпелей производятся минимальные повреждения тканей и сокращается срок послеоперационной реабилитации.

Открыт 60-й завод РОСНАНО – первое в России предприятие по производству оптоволокна

25 сентября 2015

Первое отечественное производство телекоммуникационного оптического волокна открыто сегодня в городе Саранске, столице Мордовии. Проект реализован портфельной компанией РОСНАНО ЗАО «Опτικο-волоконные Системы» при участии Газпромбанка и Республики Мордовия. Новое предприятие стало 60-м заводом, построенным РОСНАНО в России.



Завод портфельной компании РОСНАНО ЗАО «Опτικο-волоконные Системы»

В торжественной церемонии пуска приняли участие Заместитель председателя Правительства РФ Аркадий Дворкович, Глава Республики Мордовия Владимир Волков и председатель Правления РОСНАНО Анатолий Чубайс.

На сегодняшний день потребности российского рынка в оптоволокне на 100 % удовлетворяются за счет импорта. Первоначальная мощность нового завода – 2,4 млн км телекоммуникационного волокна в год – позволит обеспечить около 50 % потребности кабельных заводов страны в этой высокотехнологичной продукции. Программа модернизации и повышения эффективности оборудования завода позволит в течение 2–3 лет почти удвоить выпуск.

Общий бюджет проекта составил 2,7 млрд рублей, из которых 1,3 млрд рублей вложены РОСНАНО. Поддержка проекта на уровне Президента России Владимира Путина, Правительства России, про-

фильных министерств и ведомств и Республики Мордовия позволили не только реализовать импортозамещающий проект в короткие сроки, но и обеспечить реализацию стимулирующих механизмов развития высокотехнологичных проектов в сфере волоконной оптики.



Продукции предприятия – катушки отечественного оптоволокна

Предприятие в первую очередь будет производить телекоммуникационное волокно для кабелей связи. Ведущие предприятия отрасли, такие как «Саранскабель-Оптика», «Еврокабель-1», «Москабель-Фуджикура» уже протестировали первые образцы российского оптического волокна и представили положительные заключения. Успешная реализация программы сертификации продукции с участием ОАО «ВНИИКП» и совместное тестирование российского оптического волокна и оптоволоконного кабеля с ПАО «Ростелеком» позволят уже в бли-

жайшее время максимально расширить спектр их применения при строительстве сетей связи в России, в том числе в рамках федерального проекта «Устранение цифрового неравенства».



Почетные гости церемонии открытия оставили свои автографы на продукции предприятия – катушках отечественного оптоволокна

Программа развития производства «Оптического Волоконного Комплекса» предусматривает дальнейшую локализацию выпуска оптического волокна в России. Получено разрешение на строительство 2-го пускового комплекса – собственного производства преформ. Таким образом, будет эффективно реализована вертикальная интеграция, что, в том числе, позволит расширить ассортимент производимого специального оптического волокна в расчете на потребности предприятий нефтегазового сектора, производителей медицинского оборудования, а также оборонного комплекса. Оптоволокно имеет большой потенциал использования в эндоскопах, гироскопах, гидролокационных приборах, в датчиках для измерения давления, температуры и электрического напряжения, волоконных лазерах.

Открытое акционерное общество «РОСНАНО» создано в марте 2011 г. путем реорганизации государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий». ОАО «РОСНАНО» содействует реализации государственной политики по развитию наноиндустрии, инвестируя напрямую и через инвестиционные фонды нанотехнологий в финансово эффективные высокотехнологичные проекты, обеспечивающие развитие новых производств на территории Российской Федерации. Основные направления инвестирования: электроника, оптоэлектроника и телекоммуникации, здравоохранение и биотехнологии, металлургия и металлообработка, энергетика, машино- и приборостроение, строительные и промышленные материалы, химия и нефтехимия. 100% акций ОАО «РОСНАНО» находится в собственности государства.

Функцию управления активами ОАО «РОСНАНО» выполняет созданное в декабре 2013 г. Общество с ограниченной ответственностью «Управляющая компания «РОСНАНО», председателем правления которого является Анатолий Чубайс.

Задачи по созданию нанотехнологической инфраструктуры и реализации образовательных программ выполняются Фондом инфраструктурных и образовательных программ, также созданным в результате реорганизации госкорпорации. Подробнее - www.rusnano.com

Контактная информация: 117036, г. Москва, просп. 60-летия Октября, 10А. Тел. +7 (495) 988-5677, факс +7 (495) 988-5399, e-mail press@rusnano.com.

Наноцентр «Дубна» запускает новую лабораторию и открывает опытное производство

1 октября состоится торжественное открытие лаборатории инжинирингового центра тонкопленочных покрытий и композитных материалов (ООО «Инжиниринговый инкубатор») и опытного производства нового поколения металлопластиковых труб (Проект «Дипайп Технология») Наноцентра «Дубна». Посетить эти официальные мероприятия смогут участники Шестой Всероссийской научно-практической конференции «Принципы и механизмы формирования национальной инновационной системы» в рамках экскурсионной программы. Представители ведущих проектов наноцентра «Дубна» выступят в нескольких секциях конференции.

Первыми посетителями новых объектов инфраструктуры Наноцентра «Дубна» 1-го октября станут участники российско-германского семинара «Тонкопленочные покрытия – процессы, технологии, кооперация», который проводится в рамках конференции. Во второй день конференции, 2-го октября, по-

сле доклада генерального директора ООО «Инжиниринговый инкубатор» Кривченко Виктора Александровича о концепции развития, инкубатор посетят участники секции «Композиционные материалы: компоненты, технологии, конструкции».

ООО «Инжиниринговый инкубатор» – это центр испытаний и сертификации продукции по направлениям тонкопленочных покрытий и композитных материалов. Открываемая лаборатория инжинирингового центра будет располагаться на территории Университета «Дубна» и будет использоваться не только для проведения исследований и разработки производственных технологий, но и в образовательном процессе. Инкубатор создан Наноцентром «Дубна» совместно с Ульяновским наноцентром, Университетом «Дубна», ООО «Экструзионные машины» и НТИЦ «АпАТек».

«Дипайп Технология» – еще один совместный проект Наноцентра «Дубна» и компании «Экструзи-



онные машины». Опытное производство нанокomпозитных металлопластиковых труб в рамках этого проекта будет торжественно открыто на территории инновационного технопарка «Экстен». Трубы и фитинги будут производиться по уникальной технологии, суть которой заключается в том, что на одном из слоев трубы формируется наноразмерный рельеф, что в несколько раз увеличивает адгезию полимера к металлу. Внедрение труб такого типа позволит снизить стоимость трубопроводных систем за счет увеличения срока службы и упростить их монтаж. В 4-й секции конференции «Продвижение инновационной продукции на рынки капитального строительства и жилищно-коммунального хозяйства» генеральный директор ООО «Экструзионные машины», к.т.н. Крикотин Виктор Владимирович, представит доклад по проекту «Дипайп Технология» на тему «Новое

поколение трубопроводных систем для водоснабжения и отопления».

В этой же, 4-й секции, представят свои доклады и представители других проектных компаний наноцентра «Дубна»: Брунь Дмитрий Александрович, генеральный директор ООО «Защитные покрытия», расскажет о гидрофобизации современными материалами в сфере строительства и эксплуатации объектов недвижимости; Никитин Виктор Максимович, генеральный директор LiveNet, LLC, представит оборудование передачи энергии и данных по единому оптоволоконному кабелю для Wi-Fi, видеонаблюдения и освещения; Черных Сергей Петрович, руководитель совместного с Наноцентром «Дубна» проекта «ДубнаЛайт», сделает доклад «Светодиодный лоукостер с гарантиями от 3 до 5 лет».

nanonewsnet.ru по материалам новости ОЭЗ «Дубна»

В пригороде Ульяновска в 2016 году построят ветроэлектростанцию

В следующем году в пригороде Ульяновска планируется построить ветроэлектростанцию (ВЭС) с общей мощностью 25 мегаватт. Об этом сообщил гендиректор ООО «Русский ветер» Евгений Николаев на недавно прошедшем Всероссийском инженерно-практическом форуме «Цифровое производство».

«В ближайшее время нами будет подписано соглашение с правительством Ульяновской области о создании ветропарка «Симбирский». К этому проекту готовы также присоединиться областная Корпорация развития, Ульяновский центр трансфера технологии (РОСНАНО) и частные инвесторы», – пояснил Евгений Николаев.

По словам гендиректора ООО «Русский ветер», ветропарк собираются создавать в несколько этапов. В 2016 году в пригородном селе Архангельское построят первую электростанцию мощностью 25 МВт. На втором и третьем этапах – в 2017 и последующие годы – возведут ВЭС мощностью 75 и 150 МВт.

«Ульяновская область выбрана неслучайно для реализации данного проекта. Во-первых, уже проведен ветромониторинг: исследование, которое дли-

лось 12 месяцев, показало, что средняя скорость ветра в выбранном месте на высоте 67 метров составит 6,5 м/с. «Коммерчески интересным» ветер считается, если данный показатель 5 м/с. Кроме того, нужно учитывать, что высота наших «ветряков» будет более ста метров. Во-вторых, Ульяновск располагается на берегу Волги в логистически удобном месте», – отмечает руководитель «Русского ветра».

Логистически удобное расположение Ульяновского центра в первую очередь связано с Волгой. Негабаритные грузы, к примеру шестидесятиметровые лопасти, удобнее перевозить именно по реке.

«Россия отстает от многих стран мира по развитию возобновляемой энергетики, и это делает экономику страны уязвимой. Жесткая зависимость от углеводородов может привести в будущем к тому, что российская продукция станет неконкурентоспособной. Именно поэтому развитие ветроэнергетики привлекает сейчас все большее внимание. Ульяновская область может стать одной из пилотных площадок для проектов, связанных с альтернативной энергетикой», – заявил Евгений Николаев.

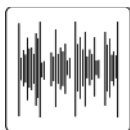
nanonewsnet.ru по материалам Первый ульяновский портал

ООО «Русский Ветер» – первый российский холдинг, оказывающий полный комплекс услуг в области ветроэнергетики. Включает следующие направления (с указанием вклада в степень локализации к 2019 году при квалификации ветроэнергетической станции): девелопмент ветропарков; производство ветроэнергетических установок: производство лопастей (18 %), производство башен (13 %), сборка гондол (до 12 %), прочие механизмы и работы (до 9 %), проектные и изыскательские работы (7 %); услуги по логистике и строительству ветропарков (14 %); услуги по обслуживанию и сопровождению ветропарков.

Московский офис:
Телефон: +7 495 225 93 90.
Факс: +7 495 225 93 00
Адрес: Москва, 115035, ул. Садовническая, 82/2, 6 подъезд, 2 этаж.

Чебоксарский офис:
Адрес: Чувашия, гор. Чебоксары, ул. Комбинатская, д.4
Скайп: russianwind.su
Почта: info@russianwind.su





Сотрудник Boeing предложил добывать электричество из шума самолетов

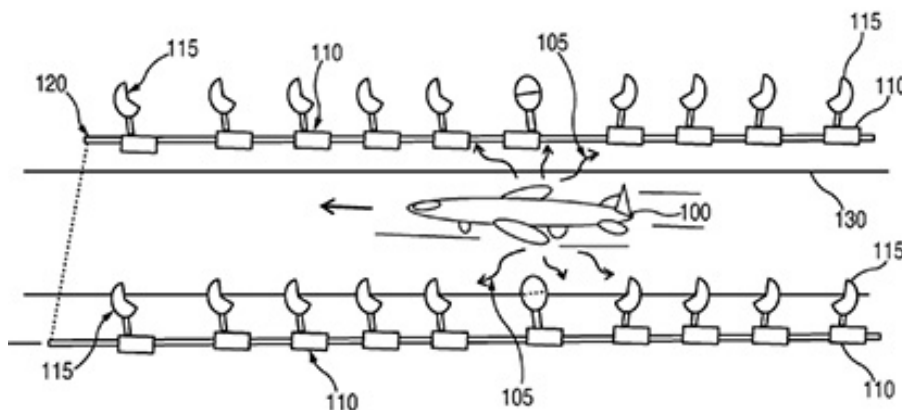


FIG. 1

Изображение: Chin H.

Сотрудник авиаконцерна Boeing нашел способ извлекать пользу из рева реактивных двигателей самолетов. Как говорится в новом патенте, шум можно будет преобразовать в электричество. Об изобретении сообщает Gizmodo.

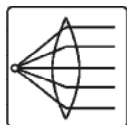
«Акустическая энергия от взлетающих и садящихся самолетов рассеивается в воздухе и представляет собой потерянный для человека ресурс», – пишет инженер Чинь Тох (Chin Toh).

Изобретатель предлагает перестроить взлетно-посадочные полосы, установив по их периметру устройства по сбору акустических волн. Они будут собирать и фокусировать звуки (то есть вибрации) от двигателей. Затем эта колебательная энергия конвертируется в поток воздуха, приводящий в движение турбину. Электричество, генерируемое такими турбинами, будет собираться несколькими подстанциями.

При этом в патенте ничего не сообщается о КПД системы, что переносит сроки ее возможной установки в аэропортах в отдаленное будущее. Ученые из Массачусетского технологического института отмечают, что наиболее слабым местом подобных проектов является низкая эффективность устройств по сбору акустической энергии.

Шум от реактивных двигателей (его уровень громкости достигает 140 децибел) остается важной нерешенной проблемой аэропортов. Так, амстердамская воздушная гавань Схипхол заказала крупномасштабную ландшафтную архитектуру, способную заглушать шум, однако пустующие территории, необходимые для реализации этого решения, есть не у каждого аэропорта.

lenta.ru

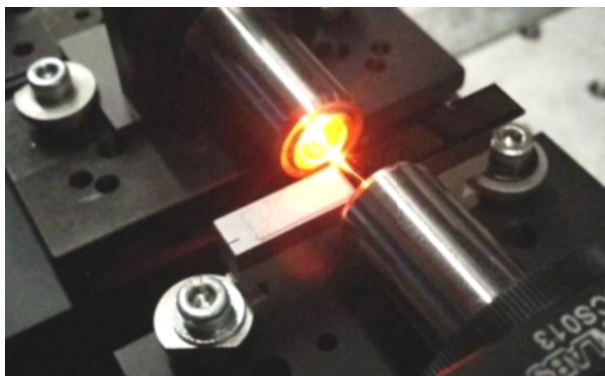


Создан оптический чип, имеющий рекордно широкую полосу пропускания

Группа ученых из университета Твенте (University of Twente), Голландия, добилась успеха в деле создания оптического чипа, который имеет самую широкую на сегодняшний день полосу пропускания сигнала. Ширина полосы нового чипа составляет 495 ТГц, и это на 50 процентов больше ширины полосы пропускания чипа, являвшегося предыдущим обладателем рекорда.

Новый широкополосный чип изначально может выполнять весь набор функций, имеющих жизненное значение для области оптических телекоммуникаций, таких как генерация излучения, усиление света и его модуляция. Тело чипа изготовлено из стекла, прошедшего специальный цикл производства и последующей обработки, что позволяет ему работать в диа-

пазоне от синего до инфракрасного, охватывая длины волн от 470 до 2 130 нанометров соответственно.



«Основным достижением является то, что нам удалось изготовить этот чип из материалов, которые распространены и уже давно используются в оптике, – рассказывает профессор Клаус Боллер (Klaus Boller), который возглавлял исследовательскую группу. – Использование этих материалов позволило снизить до возможного минимума потери оптических сигналов и получить весьма высокую повторяемость при производстве».

Основу оптического чипа составляет стеклянное тело, своего рода световод, в который вводится луч лазерного света. Состав стекла этого световода обогащен кремнием и азотом, что позволяет получить на выходе свет в достаточно широком диапазоне. Кроме

этого, подавая на вход чипа два луча света с различными, но определенными длинами волн, можно управлять уровнем модуляции исходящего луча света.

Одной из ключевых проблем, с которой пришлось столкнуться исследователям, стало предохранение нитрида кремния, вводимого в состав стекла, от распада под воздействием высокой температуры. Для решения этой проблемы была разработана уникальная относительно низкотемпературная технология производства стекла, которая позволила получить высококачественные пластины материала, толщиной в 800 нанометров, что вполне достаточно для реализации всех функций чипа.

Спектр света, выдаваемого чипом, не является непрерывным, он состоит из двадцати миллионов пиков, лежащих друг от друга на строго определенном расстоянии. Такой образец спектра называют «частотной гребенкой», и свет с таким спектром уже давно используется для увеличения пропускной способности оптических коммуникационных каналов.

Разработанная голландскими учеными технология уже доведена до уровня готовности к массовому производству. И она может стать основой будущих коммуникационных систем, которым придется справляться с передачей и обработкой все увеличивающегося из года в год потока данных, который циркулирует в недрах всех современных глобальных и локальных сетей.

daillytechinfo.org



В северных районах Приморья планируют использовать японские ветрогенераторы

В Приморском крае уже в ближайшем будущем могут начать активно внедрять инновационные технологии генерации альтернативной энергетики от японской корпорации Komai Haltec Inc. Ее руководитель Танака Сусуму заявил, что производимые компанией ветрогенераторы создавались специально под климатические условия российского севера и сейчас идет монтаж трех тестовых образцов ветряков на Камчатке, которые покажут их эффективность в российских условиях.

Всесторонне оценить проект поможет и негосударственная экспертиза смет, которая позволит избежать расходных статей, не являющихся критически необходимыми.

При этом в Komai Haltec Inc. рассчитывают, что прекрасные эксплуатационные характеристики заинтересуют руководство Приморья в тесном сотрудничестве, что позволит начать масштабный процесс перевода хозяйства региона с мазута на альтернативные источники энергии.



При этом господин Сусуму выразил готовность наладить производство ветрогенераторов непосредственно на территории Приморского края, что даст возможность серьезно уменьшить стоимость оборудования и создать сотни новых рабочих мест.

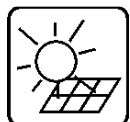
В свою очередь представитель администрации Приморья Василий Усольцев заявил, что в регионе заинтересованы в сотрудничестве с Komai Haltec Inc. и готовы рассматривать активное внедрение альтернативной энергетики наряду с переводом котельных с мазута на газ. Особенно актуально использование японских ветрогенераторов для северных районов Приморья, где применение традиционного топлива влечет за собой увеличение расходов.

Вице-губернатор также заявил, что уже поручил профильным ведомствам и департаментам изучить

возможность и перспективы такого сотрудничества, а также оценить с точки зрения эффективности и экономической привлекательности предложение японской стороны.

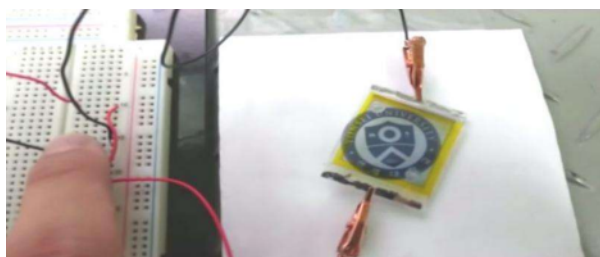
Если же выводы специалистов будут положительными, то уже в ближайшее время северные районы Приморья начнут переводить на альтернативные источники энергии, что станет хорошим толчком для дальнейшего развития экономики и хозяйства этого региона.

zelenet.com



Новые гибридные солнечные батареи генерируют в 5 раз больше энергии, используя солнечный свет и тепло

Ученые разработали новый гибридный солнечный элемент, который использует солнечный свет и тепло, чтобы создать больше энергии благодаря соединению фотоэлемента с полимерными пленками.

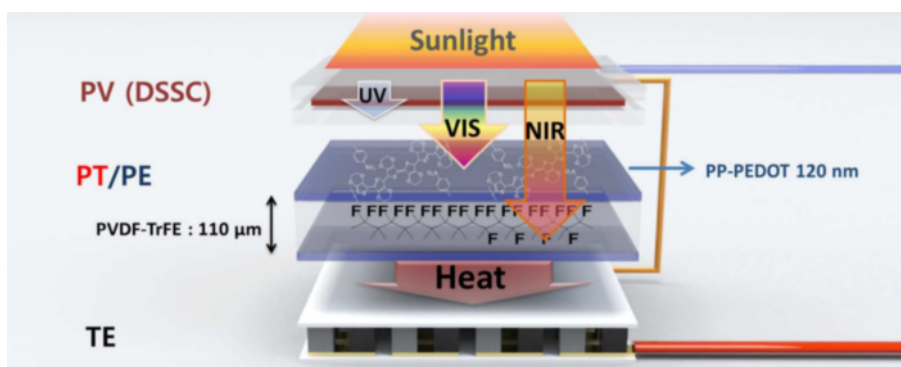


В результате гибридная солнечная батарея может производить до пяти раз больше электрического напряжения, чем существующие технологии. Хотя этот тип солнечной ячейки намного дороже, чем другие, исследователи, стоящие за этой технологией, надеются, что потребители отдадут предпочтение увели-

чению производства солнечной энергии, несмотря на высокую стоимость.

Иногда разработчики пытаются поднять эффективность ячейки, просто увеличивая площадь поверхности, или придумывают способы получения большего количества солнечного света с помощью постоянного слежения за движением Солнца.

Тем не менее, даже самые последние итерации по-прежнему не используют большую часть спектра солнечного излучения, хотя солнечные ячейки подвергаются его воздействию в достаточной мере. Гибридизация материала, из которого состоят солнечные батареи, является одним из способов повышения эффективности, поэтому исследователи экспериментируют с различными веществами, чтобы достичь лучшего результата. В этом исследовании Эункунг Ким (Eunkyoung Kim) и его коллеги использовали чистый, проводящий полимер, известный как PEDOT и он показал себя намного лучше, чем ожидалось.



PEDOT – пленка, которая нагревается под действием света, – покрывается тонкопленочной солнечной ячейкой на основе светочувствительных красителей, а затем помещается поверх пьезоэлектрической тонкой пленки и термоэлектрического устройства, которые могут преобразовывать тепло в электричество.

В результате получается устройство, которое собирает на 20 процентов больше солнечной энергии, чем самостоятельный солнечный элемент. Это стало возможным благодаря гибридной ячейке, которая может генерировать электричество из получаемого тепла, точно так же как из света.

Идея создания гибридного солнечного элемента не нова, но это изобретение демонстрирует эффек-

тивность в пять раз выше, чем другие сопоставимые гибридные системы.

Facepla.net по материалам: American Chemical Society



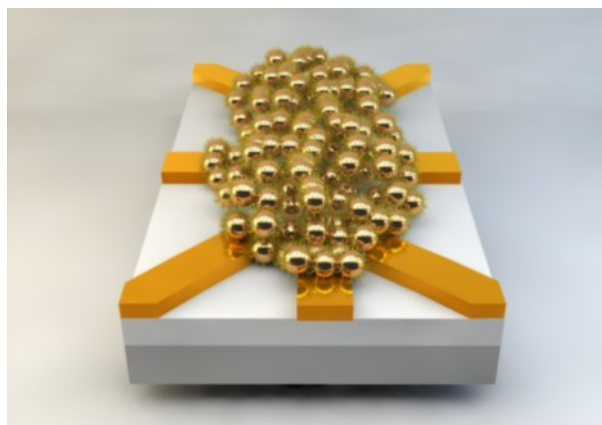
Ученые впервые создали работоспособные электронные схемы при помощи искусственных эволюционных методов



Исследователи из Института нанотехнологий MESA+ и университета Твенте, Нидерланды впервые изготовили работоспособные электронные схемы с помощью радикально новых методов, весьма напоминающих принципы эволюционного развития, описанные Чарльзом Дарвином. Размеры компонентов этих электронных схем сопоставимы с размерами компонентов, изготовленных традиционными способами, но по своей сути эти компоненты находятся намного ближе к сетям естественного происхождения, к которым относится и головной мозг человека. И эта новая технология может стать основой будущих электронных устройств, имеющих более широкие возможности, высокую производительность и отличающихся низким количеством потребляемой энергии.

Отметим, что появление компьютеров стало одним из самых главных достижений XX века, буквально определившим дальнейший путь развития науки и технологий. В последние десятилетия компьютеры обрели потрясающую вычислительную мощность, а количество транзисторов на кристаллах их микропроцессоров уже исчисляется сотнями миллионов и миллиардами. Однако в настоящее время наблюдается снижение темпов роста вычислительных мощностей процессоров, обусловленное рядом ограничений физического и технологического плана, и дальнейшее развитие вычислительной техники должно пойти несколько в ином направлении. Одним из таких направлений является создание элек-

тронного аналога мозга человека, который способен решать параллельно ряд невероятно сложных задач, затрачивая на это лишь незначительную долю энергии, требующейся любому из современных суперкомпьютеров.



Подход к изготовлению электроники, использованный учеными из Нидерландов, основан на методах, позаимствованных из живой природы. Основу этого подхода составляют сети из золотых наночастиц, организованных для решения определенных задач. Такой подход не требует процессов разработки электронных схем, как это делается в случае традиционной электроники, что сразу позволяет избе-



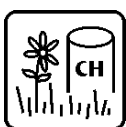
жать дорогостоящих ошибок, допускаемых на этапе проектирования.

Искусственные эволюционные процессы, реализованные учеными, происходят максимум в течение часа, а не требуют миллионов лет, как это происходит в природе. Последовательности из управляющих электрических сигналов могут заставить определенный участок сети наночастиц самостоятельно перестроиться и сформировать схему из 16 различных логических элементов. При этом дефекты материала, которые имеют фатальные последствия по отношению к обычной электронике, могут быть обращены в функциональные части создаваемой логической сети.

Конечно, схемам с 16 элементами еще очень далеко до сложности схем не то что микропроцессоров,

но и большинства базовых цифровых микросхем. Однако данное достижение является первым случаем в истории науки, когда электронные схемы были изготовлены при помощи эволюционных методов. Использование такой гибкой электроники, которая сможет перестраиваться буквально на лету, позволит решать в будущем задачи, сложность которых не позволяет решать их даже самым мощным суперкомпьютерам или требует для этого огромных затрат энергии и времени. Кроме этого, электронные приборы, основанные на сетях умных наночастиц, могут использоваться и во множестве других областей, включая медицину, биологию и носимую малогабаритную электронику.

dailytechinfo.org



Коммерческие авиарейсы на биотопливе в США



Авиакомпания United Airlines станет первой в США, которая начнет осуществлять регулярные пассажирские рейсы на альтернативном топливе для реактивных двигателей, а точнее, на смеси технических масел и отходов сельского хозяйства, смешанных с традиционным топливом.

«Мы считаем, что одной из наших самых больших возможностей для снижения воздействия на окружающую среду в авиационной промышленности является использование устойчивых альтернативных видов топлива», – сказала Анжела Фостер-Райс (Angela Foster-Rice), управляющий директор United по вопросам охраны окружающей среды и устойчивого развития.

Авиакомпания впервые провела в США тестовый полет на биотопливе в 2009 году (с использованием топлива на основе водорослей), а первый коммерческий рейс был в 2011 году. Шесть лет назад United

подписала соглашение с AltAir Fuels – компанией, реализующей топливо. Но только сейчас производство биотоплива набирает обороты для обеспечения регулярных поставок. «Проблемы расширения повлекли за собой затраты на сырье для альтернативных видов топлива и повышения капиталовложений», – объяснила Фостер-Райс.

В течение следующих трех лет авиакомпания планирует купить 15 миллионов галлонов биотоплива на основе сельскохозяйственных отходов у Altair. Этим летом она также вложила \$ 30 млн в Fulcrum BioEnergy, стартап, который превращает бытовой мусор в топливо для реактивных двигателей. Первый очистительный завод Fulcrum будет построен в Неваде в 2016 году недалеко от нового аккумуляторного завода Теслы, затем планируется построить еще пять.

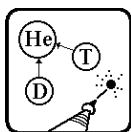


Согласно действующему законодательству, коммерческие рейсы не могут летать на 100 % биотопливе. Тем не менее сочетание обычного реактивного топлива и биотоплива сокращает выбросы углекислого газа. Топливо Fulcrum, например, производит выбросов на 80 % меньше. Отчасти потому, что они избегают загрязнений, связанных с добычей и переработкой нефти, отчасти потому, что используют мусор, который иначе оставался бы на свалках: когда мусор гниет, он испускает метан – мощный парниковый газ.

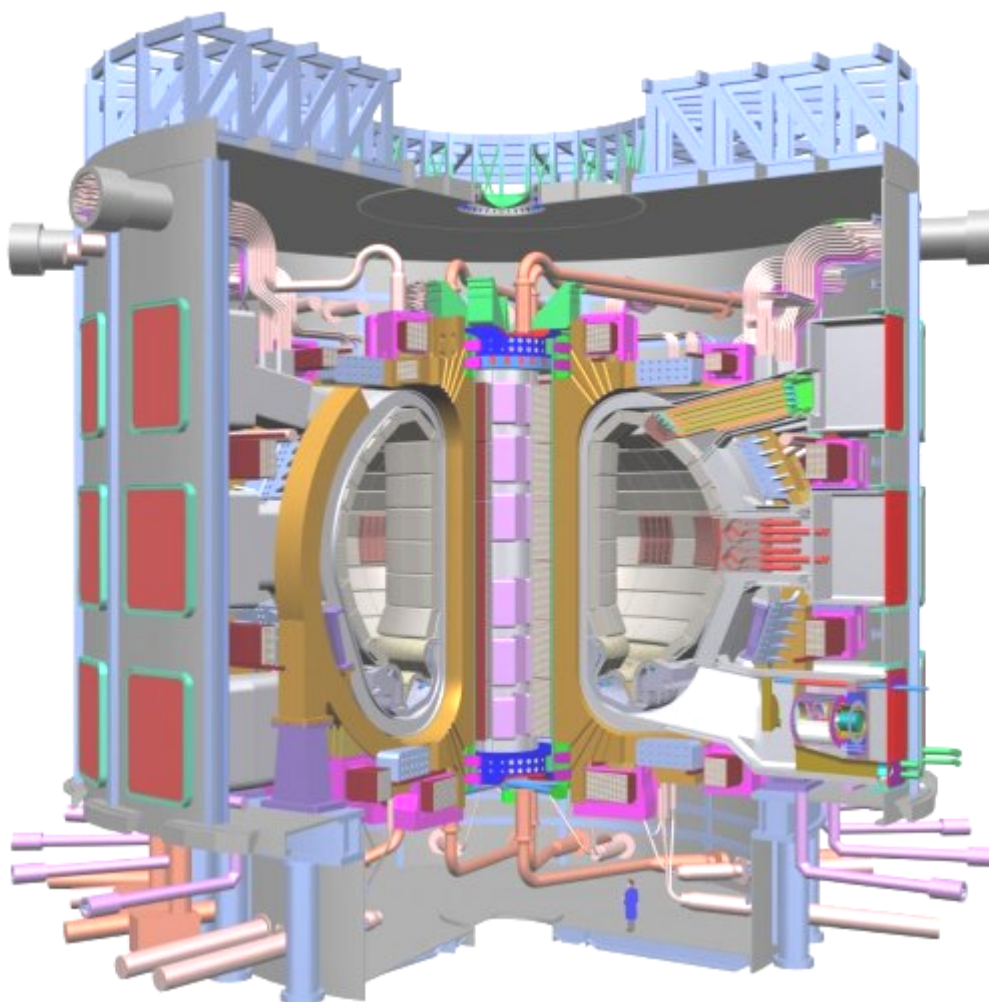
Стоимость биотоплива также падает, а поставщики становятся все более надежными. Fulcrum заключила соглашение с компанией по управлению отходами для обеспечения бесперебойных поставок мусора.

В США United может стать первой авиакомпанией, сделавшей использование биотоплива мейнстримом, конкуренты не хотят отставать, но пока они все еще выясняют, как лучше организовать процесс. Alaska Airlines будет использовать биотопливо по крайней мере в одном аэропорту в 2016 году; Southwest начнет покупать топливо для реактивных двигателей, изготовленное из древесных отходов.

Facepla.net no материалам observer.com



Создание самой большой и сложной сверхпроводящей системы, предназначенной для реактора ITER, близится к завершению



В настоящее время выполнено более семидесяти процентов всех работ по изготовлению системы сверхмощных электромагнитов и сопутствующей инфраструктуры для будущего реактора термоядерного синтеза ITER. Эта система, над которой в течение

восьми лет трудились группы из Европы, Японии, Кореи, Китая, России и США, является самой большой и самой сложной сверхпроводящей системой на сегодняшний день. В ее состав входит порядка 200 километров сверхпроводящих кабелей, общим

весом в 2 800 метрических тонн и стоимостью 610 миллионов евро.

Без использования явления сверхпроводимости реализация управляемого термоядерного синтеза практически невозможна. Использование сверхпроводников позволяет избежать огромных энергетических потерь, получая одновременно магнитные поля невероятной силы. В реакторе ITER используется множество магнитных систем со сверхпроводящими обмотками, а общее количество энергии, которая будет циркулировать по этим магнитам, составляет 51 гигаджоуль. Циркуляция этой энергии приведет к возникновению магнитных полей, которые будут формировать, удерживать и ограничивать «шнур» высокотемпературной плазмы, разогретой до температуры в 170 миллионов градусов по шкале Цельсия.

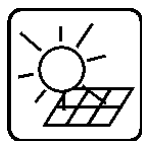
Новые стандартные блоки, из которых строится магнитная система реактора ITER, отличаются высокой эффективностью за счет использования технологии внутреннего охлаждения кабеля CICC (cable-in-conduit), которые представляют собой сложный пакет из сверхпроводящего материала и медных проводников, заключенный в оболочку из нержавеющей стали. Для создания магнитной систе-

мы потребовалось 200 километров такого кабеля, а затраты на ее создание были разделены между участниками проекта.

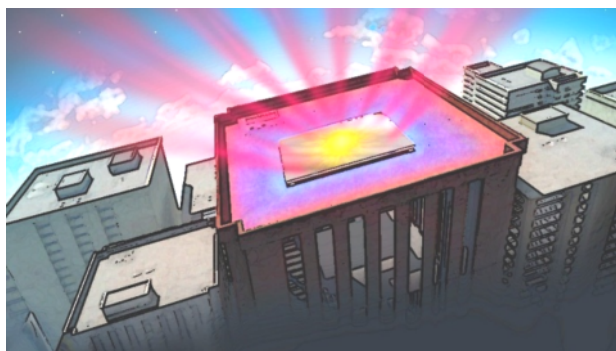
Отметим, что начиная с 2007 года, организация ITER Organization взяла на себя роль «мирового стандартизатора» технологических процессов производства сверхпроводников, самих сверхпроводящих кабелей и всего сопутствующего оборудования. В этой области был разработан ряд технических требований, стандартов, методов контроля качества и методик проведения испытаний, условия которых могут быть выполнены лишь считанными единицами предприятий в мире. В связи с вышесказанным, 500 метрических тонн кабеля из ниобата олова (Nb_3Sn), который используется в обмотках тороидальных магнитов реактора ITER, были изготовлены всего девятью предприятиями.

Следующим этапом процесса изготовления магнитной системы реактора ITER, станет интеграция сверхпроводящих элементов в готовые модули катушек электромагнитов, которые после этого будут отправлены к месту возведения реактора, находящегося на юге Франции.

dailytechinfo.org



Прозрачное покрытие сохраняет температуру солнечных панелей в течение дня, обеспечивая их эффективность



Инженеры Стэнфорда разработали прозрачное кремниевое покрытие, которое может повысить эффективность солнечных панелей, сохраняя их температуру. Покрытие собирает, а затем излучает тепло непосредственно в пространство, не блокируя входящие фотоны.

При массовом производстве разработка может быть использована для охлаждения любого устройства на открытом воздухе, например, в дополнение к кондиционерам в автомобилях.

После целого дня на солнце, температура солнечных батарей в Калифорнии может достигать 80 °C (175 °F) даже в зимние месяцы. Избыточное тепло может приводить к проблемам: в то время как ячейки

нуждаются в солнечном свете, чтобы собрать энергию, они также, по мере нагревания, теряют эффективность. Стандартные кремниевые ячейки теряют от 20 до 19 процентов эффективности при нагреве всего до 10 °C (18 °F).

В ноутбуках проблема перегрева решается с помощью тщательно спроектированных вентиляторов и радиаторов, а для солнечных панелей и других устройств, которые работают на открытом воздухе, само пространство может служить теплоотводом. Прохладное окружение, температура которого приближается к абсолютному нулю, свело бы на нет необходимость в сложных и дорогих приспособлениях тепловыделения – главное, чтобы был доступ к земле.

Кремниевое (SiO_2) покрытие для солнечной панели, разработанное профессором Шанхай Фэн (Shanhui Fan) и коллегами из Стэнфорда, успешно использует окружающее пространство как крупнейший тепловой поглотитель. Оно делает это путем сбора, а затем излучения тепла в виде инфракрасных электромагнитных волн, которые могут легко проходить через атмосферу в космос. Покрытие прозрачно, поэтому оно не влияет на способность ячеек собирать солнечный свет и улучшает теплоотвод крем-

ния, присутствующего в большинстве солнечных панелей.

Исследователи протестировали свою технологию на солнечном тепловом коллекторе, сравнивая «голый» коллектор с двумя другими, использующими механизмы, отводящие тепло – диоксид кремния и фотонные кристаллы (наноразмерный шаблон, влияющий на движение фотонов) для рассеивания тепла. Они обнаружили, что последний метод является наиболее эффективным.

По результатам исследования, покрытие позволяет видимому свету пройти до солнечных батарей, одновременно охлаждая основной элемент до 13 °C (23 °F). Это приводит к абсолютному повышению показателя эффективности на более чем один процент, что является достаточно существенным на протяжении всей жизни ячейки.

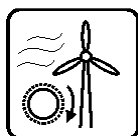
Существует еще ряд усовершенствований, которые могли бы принести пользу охлаждению ячейки и повышение эффективности. Покрытие, однако, луч-

ше всего работает в сухом и чистом окружении – идеальные условия для больших солнечных батарей. Следует отметить, что, поскольку тестирование было проведено зимой, коллекторы должны быть наклонены на 60 градусов к югу, чтобы максимизировать солнечное излучение, при этом уменьшается площадь проекции в небо, а это ведёт к снижению охлаждающей способности технологии.

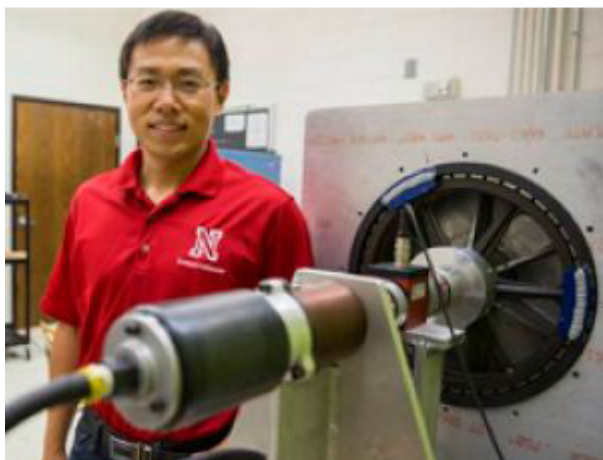
Наконец, элементы более традиционного конвективного охлаждения также могут быть добавлены к кремневому покрытию.

Фэн и его команда с оптимизмом смотрят на расширение производства для коммерческих приложений. Они считают, что технология может применяться к любому образцу, где на открытом воздухе система нуждается в эффективном рассеивании тепла таким образом, чтобы охладить автомобили и помочь сэкономить на кондиционере и топливе, не затрагивая эстетической стороны.

Facepla.net no materialam news.stanford.edu



Предложена технология, сохраняющая избыток энергии ветра



Troy Fedderson, University Communications at University of Nebraska-Lincoln / www.treehugger.com

Одной из важнейших задач альтернативной энергетики является модернизирование возобновляемых источников энергии с целью повышения их надежности. Ветровые турбины работают до тех пор, пока дует ветер достаточно высокой скорости, чтобы произвести электричество, но когда ветер ослабевает, они останавливаются. Это означает, что энергия ветра недостаточно стабильна и полагаться только на эту составляющую невозможно.

Современные ветряные турбины обладают максимальной скоростью, с которой они могут вращаться и использовать энергию ветра, преобразовывая ее в электричество. Это защищает ветровые турбины от

воздействия сильных ветров, таким образом можно продлить срок службы турбин, но это также приводит к потере энергии ветра, известной в промышленности как «утечка».

Новая технология, разработанная в Университете Небраски-Линкольна докторантом Jie Cheng, занимающимся электротехникой, решает обе эти проблемы путем использования избыточной энергии ветра, как правило, уходящей впустую, и сохранения ее для высвобождения в моменты, когда скорость ветра снижается, что делает ветровые турбины более эффективными.

Система Jie Cheng преобразует и направляет избыточную энергию ветра к сжимающему воздух резервуару, где энергия хранится до момента, когда скорость ветра опустится ниже максимальной. С помощью роторно-пластинчатой машины, которая подключена между коробкой передач турбины и генератором, избыточная энергия отводится и хранится в сжимающем воздух резервуаре. Когда ветер стихает, поток воздуха из резервуара подается обратно в роторную машину для непрерывной выработки электроэнергии.

Во время недавнего тестирования прототипа установки, Jie Cheng установил, что система мощностью 250 кВт будет производить дополнительные 3 830 кВт-ч электроэнергии в неделю или дополнительные 16 400 кВт-ч в месяц. Эти показатели основаны на данных о скорости ветра в Спрингвью, штат Небраска. Дополнительно полученная электроэнергия в 18 раз превышает ежемесячную потребность в



электроэнергии типичного американского домашнего хозяйства.

Предложенная технология поможет снизить расходы на электроэнергию и предотвратить перебои в производстве электроэнергии.

Исследователь видит большой потенциал для его изобретения в штате Небраска, где дуют сильные

ветра и много земельных участков для установки ветровых турбин. Он сотрудничает с организациями Lincoln Electric System, American Public Power Association и UNL's NUtech Ventures office с целью развития новой технологии и внедрения ее в производство.

energy-fresh.ru no материалам treehugger.com



3D печать переработанной кофейной гущей



Индустрия 3D-печати не стоит на месте, но эко-сознательные потребители задаются вопросом, насколько материал устойчив, так как многие изделия печатаются из пластика и другого не утилизируемого материала, вызывая беспокойство за окружающую среду.

К счастью, компания 3Dom – один из крупнейших производителей нити для 3D-печати – объединился с разработчиком биокompозитного материала s2renew для создания первой в мире нити, сделанной из переработанной кофейной гущи. Хотя это и большой шаг для социально ответственного инжиниринга, мы готовы поспорить, что лучшая часть – это вкусный аромат кофе при печати.

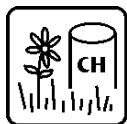
Материал с его богатым коричневым оттенком и природной зернистостью бобов не похож ни на какой другой. Кроме того, его можно сформировать во всевозможные инструменты, фигуры или детали декора.

Каждая из катушек может быть использована в любом 3D-принтере, способном печатать при помощи PLA пластика. Нить представляет собой смесь кофе и полилактида, и доступна в размерах 1,75 и 2,85 мм. Каждая катушка упакована в фирменную упаковку из 100 % переработанного материала, так компания демонстрирует свою приверженность к устойчивости. Цена такой катушки составляет USD 49 за килограмм.



Компания 3Dom была лидером в материалах для 3D-печати, а s2renew известен своей репутацией в использовании сельскохозяйственных остатков (например, льняного волокна, шелухи сои, и древесной муки) в сочетании с нефтью и возобновляемыми пластмассами для производства биокompозитных изделий.

Facepla.net no материалам: springwise.com



HORSE – компактная биоэнергетическая система

Проблема переработки огромного объема пищевых отходов носит глобальный характер. Компостирование является одним из действенных способов, но процесс этот требует времени, места и специальной инфраструктуры.



impactbioenergy.com / www.treehugger.com

Одним из инновационных предложений в сфере переработки отходов – установка HORSE или High-solids Organic-waste Recycling System with Electrical Output, разработанная компанией Impact Bioenergy.

Эта портативная система анаэробного сбраживания может перерабатывать широкий спектр органических отходов, начиная с пищевых отходов и заканчивая макулатурой, а также генерировать как жидкое удобрение, так и энергию в виде биогаза или электроэнергии.

Компания-разработчик сообщает, что HORSE преобразовывает 25 тонн органических отходов в год при этом вырабатывает около 5 400 галлонов жидкого удобрения и до 37 МВт (мегаватт-часов) энергии. Ежедневно установка может перерабатывать 61,2 кг органических отходов, при этом производя 2,5 кВт в час электроэнергии и до 360 000 БТЕ энергии в день практически без отходов, при этом основную работу здесь выполняют микробы.

Стоимость одного блока составляет \$ 43 300 USD. Для начала перехода от прототипа к массовому производству Impact Bioenergy проводит краудфандинговую кампанию на Kickstarter.

Доступное и портативное устройство анаэробного сбраживания может использоваться в сфере местного управления отходами, в сфере возобновляемых источников энергии, а также повлиять на снижение транспортных выбросов. Кроме того, компания предлагает использовать эту мини-биоэлектростанцию для питания электрических транспортных средств.

energy-fresh.ru по материалам treehugger.com



Новую Tesla подготовили к встрече с биологическим оружием



Tesla Model X
Фото: Stephen Lam / Reuters

Основатель Tesla Motors Илон Маск сообщил, что разработанный его компанией электрокар Model X снабжен защитой от биологического оружия. Об

этом он заявил во время презентации, предшествующей старту продаж, передает портал The Verge.

Согласно заявлению Маска, в Model X установлен воздушный фильтр, который примерно в десять раз больше стандартного. При активации режима защиты он в 800 раз эффективнее предотвращает попадание вирусов в салон, чем фильтр в обычных автомобилях. Соответствующая опция в меню системы вентиляции обозначена значком биологической угрозы.

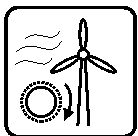
Маск заявил, что эта особенность Model X будет полезна в случае, если на Земле начнут разворачиваться события, обычно описываемые в апокалиптических сценариях. Он заявил, что Tesla Motors пытается стать лидером по внедрению средств защиты от подобных катастроф.

Продажи электрокара Model X по предзаказам начались в Калифорнии в ночь на 30 сентября. Стоимость базовой версии электрокара сейчас со-

ставляет примерно 132 тысячи долларов. Model X станет самой большой машиной в модельном ряду Tesla Motors. Автомобиль имеет привод на все колеса, особенность дизайна – открывающиеся вверх задние двери типа «крыло чайки». Предсерийная

версия Model X была представлена в 2012 году. Предполагалось, что потребительская модель станет доступна в 2013-м, однако из-за производственных трудностей запуск отложили.

lenta.ru



Обновленная портативная ветротурбина Trinity



Первые образцы обновленных ветряных станций Trinity были отправлены инвесторам в этом месяце. Дизайн и мощность новой Trinity, разработанной компанией Janulus, основанной Einar Agustsson и базирующейся в штате Миннесота, изменились по сравнению с пилотной моделью.

Самая маленькая из четырех новых моделей Trinity мощностью 50 Вт позволяет заряжать гаджеты, самая большая мощностью 2 500 Вт снабжена

батареей 300 000 мАч и способна вырабатывать электроэнергию для питания небольшого дома, автофургона или даже электрического автомобиля.

Мощность и стоимость новинок модельного ряда соответственно: Trinity 50 Вт – \$ 369, Trinity 400 Вт – \$ 999, Trinity 1000 Вт – \$ 2 799 и Trinity 2500 Вт – \$ 5599.

Турбины начинают производить электричество при скорости ветра от 2 м/с (4 миль в час). Основные преимущества этих турбин: легкий вес – крупнейшая из моделей весит всего 42 фунтов (19 кг), – портативность и проста установки.

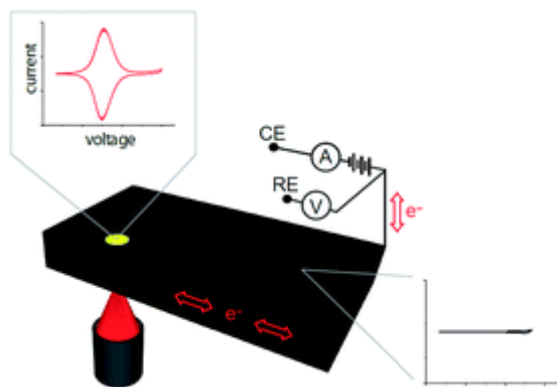
Гарантия на литий-ионные аккумуляторы составляет 2 года, затем они могут быть заменены; приложение для смартфона позволяет пользователям видеть производственную статистику в реальном времени, а также сохранять архивные данные о скорости ветра и объеме выработанной электроэнергии.

Модели мощностью 1 000 Вт и 2 500 Вт включают инвертор, благодаря чему устройство может поставлять электричество переменного тока для питания стандартных бытовых приборов, не требуя никаких дополнительных проводов.

energy-fresh.ru материалам *treehugger.com* со ссылкой на Janulus



Электроды можно связать с помощью света



Исследователи из Австралии разработали метод, который позволит заменить провода в электрохимических устройствах видимым светом – видимый свет может обеспечить генерацию электрического тока на стабилизированном кремниевом полупроводниковом электроде.

В обычных электронных устройствах электроды должны быть соединены внешней электронной схемой. Это приводит к тому, что для создания системы независимо контролируемых электродов требуется большое количество проводов и связующих деталей,

которые занимают место в электронных схемах, ограничивая плотность электродов.

Для решения этой проблемы Джастин Гудинг (Justin Gooding) с коллегами из Университета Нового Южного Уэльса (Австралия) разработали фоточувствительные поверхностно модифицированные слои для кремниевых электродов, не окисляющиеся и при этом достаточно тонкие для того, чтобы обеспечить транспорт электродов.

Гудинг уверен, что применение возможностей химических процессов, протекающих на поверхности, включающих гидросилилирование 1,8-нонадина на свободном от оксидного слоя кремнии, терминированного водородом, было обнаружено по счастливой случайности. Значение такого типа модификации поверхности заключалось в возможности прививки к кремнию алкина, способного к вступлению в click-реакцию с азидом.

При контакте с электролитом внешний слой полупроводникового электрода (в данном случае кремния) теряет часть переносчиков заряда, в полной темноте электрохимическая реакция не протекает.

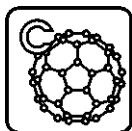
При освещении кванты света способствуют генерации носителей заряда в освещенной области, заставляя электроны валентной зоны полупроводника переходить в проводящую зону, и электрохимиче-

ские процессы в системе «включаются». Все вышеизложенное означает в свою очередь то, что каждый элемент в схеме может быть независимо активирован светом, для объединения электродов в единую схему отпадает необходимость применения соединительных проводов.

Группе Гудинга удалось доказать возможность применения новой фотохимической системы, записывая и считывая шаблоны определенной формы на электроде из кремния. Так, исследователям удалось изобразить на электроде карикатурную рожицу, используя индуцированное светом электроосаждение электропроводного полипиррола – при облучении электрода мономерный пиррол, окисляясь, вступал в реакцию ступенчатой полимеризации, образуя полипиррол там, где происходила «светопись».

Шриниваксан Сампат (Srinivasan Sampath), эксперт по химии поверхности и электрохимии из Индийского Института науки, уверен, что результаты новой работы могут оказаться полезными для создания высокочувствительных сенсоров, позволяющих определять одновременно несколько анализов, а сам Гудинг в настоящее время планирует расширить свою методологию на создание системы для анализа содержания нуклеиновых кислот.

nanonewsnet.ru по материалам chemport.ru



В США изобрели саморасплавляющиеся электрические цепи

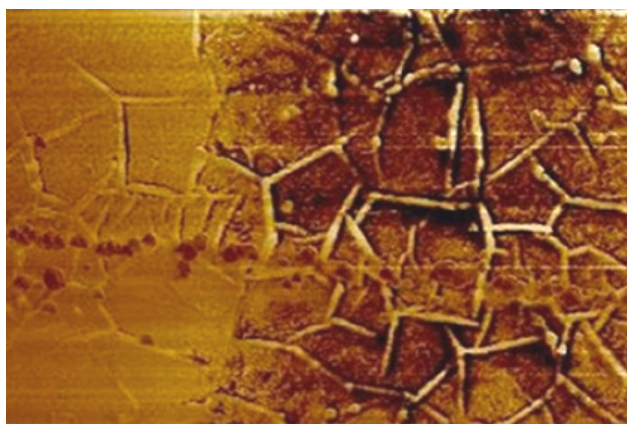


Фото: Fedorov Laboratory / Georgia Tech

Ученые Технологического института Джорджии придумали метод, позволяющий создавать электрические цепи, которые расплавлялись бы через не-

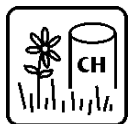
сколько часов работы. Результаты исследования были опубликованы в журнале *Nanoscale*, краткое изложение приводит портал *Gizmodo*.

Авторы использовали электронный микроскоп, чтобы разместить на графеновой подложке атомы углерода. Атомы образуют электрическую цепь, однако со временем поглощаются графеном. В результате цепь может как полностью исчезнуть, так и изменить рисунок. По словам исследователей, все зависит от того, как именно будут размещаться атомы и будут ли создаваться барьеры, предотвращающие их движение.

В дальнейшем ученые планируют использовать найденный ими метод, чтобы создать набор модульных устройств, которые могут использоваться вместе и меняться с различной скоростью.

lenta.ru





Предложена новая технология получения энергии с помощью биометана

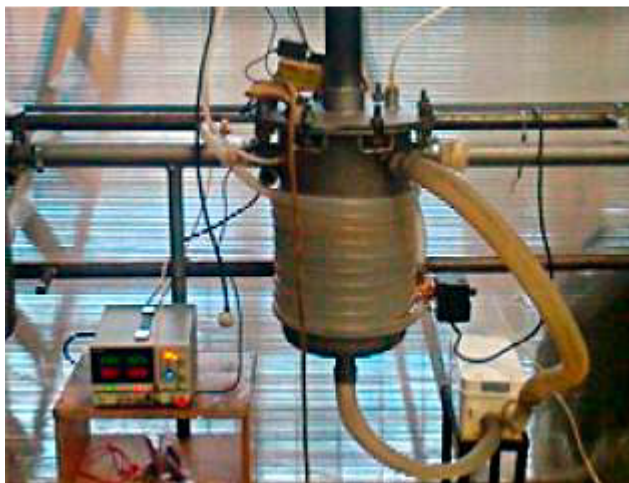


фото: www.tsu.ru

В контексте развития экологических (возобновляемых) источников энергии одну из ведущих позиций занимают биогазовые технологии. Переработка органических отходов в биогаз, способный дать до 20 % энергобаланса страны, может стать ответом на вызовы нового времени и для России.

Традиционная биогазовая технология подразумевает брожение биомассы с выделением газов – в основном это метан и углекислый газ с небольшими примесями сероводорода. Наибольший интерес в этой смеси вызывает метан – газ, который можно превращать в электроэнергию или топливо для автомобилей. Однако в классической технологии выход метана составляет не более 70 %, и в дальнейшем требуется доочистка биогаза. А это дополнительные затраты времени и средств.

Ученые НИИ биологии и биофизики ТГУ нашли способ усовершенствовать технологию, используемую во всем мире.

«С помощью электроактивации мы увеличили скорость брожения биомассы в три раза. При этом, что самое главное, нам удалось добиться того, что содержание углекислого газа на выходе управляемо стремится к нулю, то есть в результате процесса брожения мы получаем уже не смесь газов, а почти чистый биометан», – пояснил сотрудник НИИ ББ Александр Яговкин.

Сбраживание биомассы при обычной технологии идет с небольшой скоростью, поскольку метанобактерии, участвующие в переработке, очень медленно размножаются и развиваются. Электрическая активация среды постоянным напряжением позволяет

придать бактериям дополнительную энергию и ускорить их работу. Затраты на эту активацию возвращаются сторицей (до 10 % энергии в плюсе).

Производство биогаза помогает решить не только энергетический вопрос, но и ряд экологических вопросов. Во-первых, метан, выделяемый в атмосферу, является парниковым газом, который дает эффект нагрева планеты и ведет, по мнению многих ученых, к глобальному потеплению. Во-вторых, биогазовые технологии приходят на помощь предприятиям, производящим органические отходы (например, крупному животноводческому комплексу).

«Мы обсуждали эту тему с руководством томского свиного комплекса, – рассказал Алексей Коледов, НИИ ББ. – Предприятие ежедневно производит две тысячи тонн отходов. Это большая экологическая проблема. В то же время, если эти отходы переработать в соответствующих установках на биометан, то, исходя из данных свиного комплекса, при переработке всех отходов можно получить в два раза больше электроэнергии, чем требуется самому предприятию. А остальное выводить в городскую сеть».

Разработку томских ученых высоко оценили за рубежом. Крупная европейская компания, построившая более 10 % биогазовых станций в Германии, заинтересовалась идеей томичей.

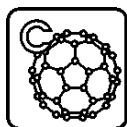
«В Германии биогазовые технологии развивались издавна, сейчас там уже достаточное количество станций по переработке биомассы. Однако они постоянно ищут новые решения, и наша разработка, позволяющая значительно улучшить качество работы станции (скорость переработки и чистоту биометана), не могла их не заинтересовать», – сказал А. Коледов.

Сейчас создатели новой технологии производства биогаза выходят на стадию полупромышленной установки. Предложенная ими разработка может найти широкое применение и в России. Она позволит сократить сроки окупаемости станций (по предварительным оценкам это 2–3 года) и даст значительный вклад в энергетику страны.

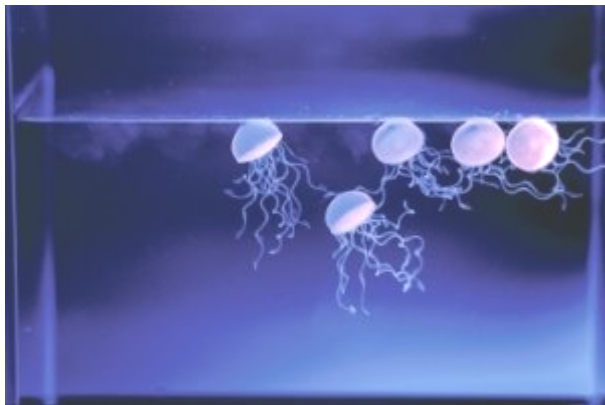
«Идея любой инновационной технологии лежит на стыке нескольких наук, – подчеркнул директор НИИ ББ Сергей Воробьев. – Междисциплинарность лежит в основе научной деятельности университета. Глубокое понимание основ химии и биологии позволяет нашим специалистам выдвигать новые идеи и воплощать их в реальность».

energy-fresh.runo matepualam tsu.ru





Гидрогель как подложка для трехмерной печати



Исследователи сконструировали этих псевдоживых медуз, просто печатая на гранулярном гидрогеле

Исследователи из Университета Флориды в Гейнсвилле разработали гидрогелевую матрицу, которая может выступать в качестве твердой подложки для объектов, получаемых методом трехмерной печати, при этом гель сохранял жидкую консистенцию.

Исследователи из группы Тапомой Баттачарджи (Tapomoy Bhattacharjee) и Томаса Ангелини (Thomas E. Angelini) изготовили методом трехмерной печати большое количество архитектур из частично упорядоченных структур – полимеров и даже живых клеток, которые, находясь в гидрогеле и вне его, сохраняют свою форму.

Разработанный гидрогель увеличивает возможности применения трехмерных принтеров для создания функциональных структур, включая живые ткани.

Разработанный гель содержит микроскопические частицы, полученные из сополимера полиаспараги-

новой кислоты и полиэтиленгликоля, однако масса сополимера составляет всего лишь 1% от массы гидрогелевой матрицы – остальное главным образом приходится на воду.

Сопло устройства для трехмерной печати может проскользнуть в гидрогель из-за его жидкой консистенции, однако частицы полимера достаточно велики и достаточно устойчивы для того, чтобы удерживать отпечатанный образец на месте. По словам одного из исследователей, ситуация похожа на ту, когда объект, погруженный в жидкость, не может ни всплыть, ни утонуть.

Как говорит Дженнифер Льюис (Jennifer A. Lewis) из Гарварда, также разрабатывающая новые материалы, которые можно было бы использовать в качестве подложки для получения трехмерных структур, но не принимавшая участие в исследовании, ее коллеги проделали хорошую работу, и одно из преимуществ нового материала в том, что содержащий гранулы гидрогель возвращается к исходной форме вскоре после того, как сопло принтера проходит сквозь него.

По словам Ангелини, растущая группа исследователей и инженеров конденсированных сред из Университета Флориды в настоящее время пополняется все новыми и новыми студентами, и в настоящее время занята печатью точных трехмерных полимерных моделей мозга, которые, как планируется, будут использоваться хирургами для тренировок перед операциями по удалению опухолей мозга.

nanonewsnet.ru no материалам chemport.ru



Японцы установили рекорд по эффективности получения водорода при помощи солнечного света

Исследователи из Токийского университета (University of Tokyo) и университета Миядзак (University of Miyazaki), несколько лет разрабатывавшие технологии искусственного фотосинтеза, которые позволяют получать водород путем расщепления воды под воздействием солнечного света, преуспели в создании новой системы, имеющей рекорд-

ный на сегодняшний день показатель эффективности, который равен 24,4 процента. Группа австралийских исследователей, которая поставила предыдущий рекорд, в августе 2015 года добилась показателя эффективности в 22,4 процента при помощи подобного принципа.



Ключевым моментом в повышении эффективности преобразования стало уменьшение потерь энергии солнечного света и увеличение конверсионной способности фотокаталитических ячеек при помощи так называемой фокусирующей солнечной батареи. Эта батарея вырабатывает электричество, которое используется в процессе электролиза, при помощи яркого света, сфокусированного множеством небольших линз. А усовершенствованная конструкция ячейки обеспечивает минимизацию потерь энергии при ее передаче от фотоэлектрического к электролизному элементу ячейки.

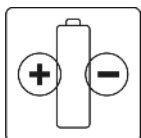
Экспериментальный образец фокусирующей солнечной батареи, изготовленной компанией Sumitomo Electric Industries Ltd, был установлен на системе производства THK Co Ltd, которая постоянно отслеживала положение солнца на небе и поддерживала оптимальный угол падения солнечных лучей на поверхность батареи. В условиях яркого естественного освещения в районе полигона университета Миядзакки новая батарея продемонстрировала эффектив-

ность в 31 процент. Однако, с учетом снижения эффективности при конверсии солнечного света в электроэнергию и в водород в процессе электролиза, общая эффективность новой батареи составляет от 24 до 25 процентов.



В настоящее время система, основанная на разработанных японскими учеными принципах, уже доступна на потребительском рынке. Конечно, фокусирующие солнечные батареи за счет использования сложной оптической системы дороже, чем обычные солнечные батареи. Но с учетом высокой эффективности срок их окупаемости не превышает, а порой оказывается меньше срока окупаемости обычных систем фотоэлектролиза, эффективность которых достигает максимум 10-и процентов. Ожидается, что стоимость получаемого на такой системе водорода не будет превышать 4 долларов за килограмм, и это значение является порогом, определенным американским Министерством энергетики, при преодолении которого технология может считаться коммерчески жизнеспособной.

dailytechinfo.org



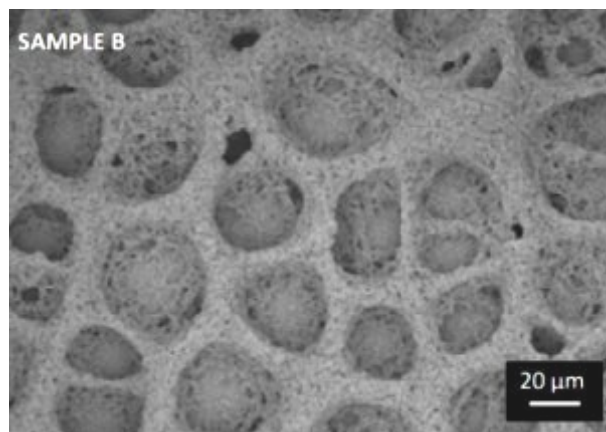
Микросуперконденсатор в 1 000 раз побил коллег

Коллектив материаловедов из Франции и Канады разработал новый материал для микроразмерных суперконденсаторов, поверхностная емкость которого превышает аналоги в 1 000 раз и практически достигает значений, характерных для литий-ионных батарей. Этот класс устройств позволяет создавать токи значительно выше, чем у классических аккумуляторов, однако главной его проблемой является низкая объемная емкость. Разработка описана в журнале *Advanced Materials*, кратко о ней рассказывает

пресс-релиз Национального научно-исследовательского института (Канада).

Основой для нового материала стала золотая сеточка, содержащая полости размером от 50 нанометров до 20 микрометров. Она была получена путем осаждения золота на поверхность, на которой происходило интенсивное выделение водорода. Образующиеся пузырьки работали как динамически изменяющийся шаблон, который мешал золоту сформировать равномерную пленку. Поверх золота исследо-

ватели осадили оксид рутения – основной материал, запасующий заряд.



Микроструктура материала. Изображение: Anaïs Ferris et al. / Advanced Materials, 2015

Оксид рутения – псевдоконденсатор и, помимо возникновения двойного электрического слоя, в котором и запасается энергия конденсатора, в нем протекают обратимые электрохимические процессы, связанные с проникновением различных ионов в активный материал электродов, то есть он сочетает в себе свойства аккумулятора и конденсатора.

Поверхностная емкость у полученного устройства составила около 3,5 фарада на квадратный сантиметр. Для сравнения более традиционные материалы конденсаторов, такие как активированный уголь, графен и углеродные нанотрубки обладают емкостями порядка 0,5–2,1 микрофарада на квадратный сантиметр. Такое большое значение емкости соответствует высоким значениям запасенной поверхностной энергии – порядка 126 микроватт-часов на квадратный сантиметр, всего в 10 раз меньше, чем у литий-ионных аккумуляторов.

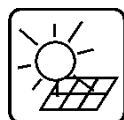
Electrode material	Electrolyte	Potential window	Specific capacitance	Specific Energy	Specific Power
Capacitive materials					
rGO	PVA	1 V	< 0.4 mF cm ⁻²	0.01 μWh cm ⁻²	9 μW cm ⁻²
Graphene	0.5 M Na ₂ SO ₄	1.1 V	0.5 mF cm ⁻²	0.07 μWh cm ⁻²	7.5 μW cm ⁻²
OLC	IL mixture	3.7 V	1.1 mF cm ⁻²	4.2 μWh cm ⁻²	240 mW cm ⁻²
CDC	1M Et ₄ NBF ₄ in PC	2 V	1.5 mF cm ⁻²	0.8 μWh cm ⁻²	84 mW cm ⁻²
CNT	PVA-based	0.9 V	1.8 mF cm ⁻²	0.2 μWh cm ⁻²	1.3 W cm ⁻²
AC	1M Et ₄ NBF ₄ in PC	2.5 V	2.1 mF cm ⁻²	1.8 μWh cm ⁻²	44.9 mW cm ⁻²
Pseudo-capacitive materials					
VN-NiO asymmetric	1 M KOH	1.3 V	1.2 mF cm ⁻²	1 μWh cm ⁻²	40 mW cm ⁻²
CNT-MnO ₂	0.5 M Na ₂ SO ₄	1.8 V	2.4 mF cm ⁻²	1 μWh cm ⁻²	675 mW cm ⁻²
RuO ₂	0.5 M H ₂ SO ₄	0.9 V	12.8 mF cm ⁻²	0.4 μWh cm ⁻²	1.3 W cm ⁻²
MnO ₂	-	0.8 V	56.3 mF cm ⁻²	5 μWh cm ⁻²	12 mW cm ⁻²
Structured materials					
Si nanowires	1M Et ₄ NBF ₄ in PC	0.9 V	0.4 mF cm ⁻²	0.01 μWh cm ⁻²	-
Tubular RuO ₂	0.1 M Na ₂ SO ₄	1 V	99 mF cm ⁻²	3.9 μWh cm ⁻²	1.3 mW cm ⁻²
rGO + CNT	PVA	0.8 V	177 mF cm ⁻²	3.8 μWh cm ⁻²	0.02 mW cm ⁻²
Graphene fibers	PVA	1 V	228 mF cm ⁻²	7.9 μWh cm ⁻²	0.02 mW cm ⁻²
RuO ₂ / Pt nanotubes	0.5 M H ₂ SO ₄	1.35 V	320 mF cm ⁻²	20.3 μWh cm ⁻²	-
RuO ₂ / CNW	PVA-based	0.9 V	1,239 mF cm ⁻²	48.9 μWh cm ⁻²	28.1 mW cm ⁻²
RuO ₂ / porous Au	PVA-based	0.9 V	3,473 mF cm ⁻²	126 μWh cm ⁻²	7.9 mW cm ⁻²

Сравнение емкости конденсаторных материалов (восстановленный оксид графена, графен, многослойный графен, углеродные нанотрубки и другие материалы) с предложенным авторами (внизу). Изображение: Anaïs Ferris et al. / Advanced Materials, 2015

Как и другие устройства для запасаения энергии микросуперконденсаторы могут применяться в различных беспроводных приборах. При этом их размеры могут составлять всего несколько квадратных

миллиметров, что позволяет встраивать их, например, в микросхемы. При этом они имеют практически неограниченное количество циклов перезарядки и могут работать в различных температурных режимах.

nanonewsnet.ru по материалам nplus1.ru

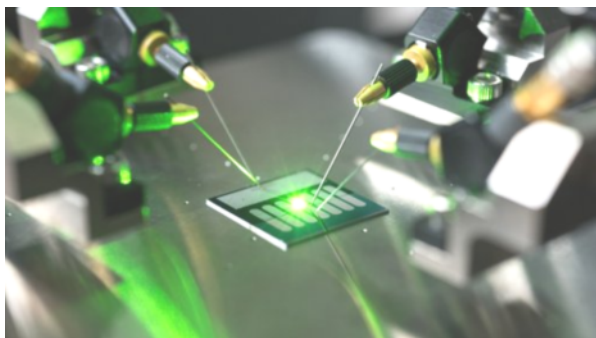


Создана первая выпрямляющая антенна, которая преобразует свет прямо в постоянный электрический ток

Выпрямляющие антенны (Rectifying antennas) уже некоторое время используются в различных технологиях для поглощения радиочастотного излучения и преобразования его в постоянный электрический ток, пригодный для дальнейшего использова-

ния. Однако создание подобных устройств, способных поглощать свет и выпрямлять сверхвысокочастотный электрический ток, раньше было практически невозможным. Появление углеродных нанотрубок, исследования их экзотических свойств и по-

следние достижения технологий микропроизводства позволили ученым из Технологического института Джорджии создать выпрямляющие антенны, преобразовывающие свет непосредственно в постоянный электрический ток. И такие технологии могут стать революционным прорывом, который позволит увеличить эффективность систем солнечной энергетики.

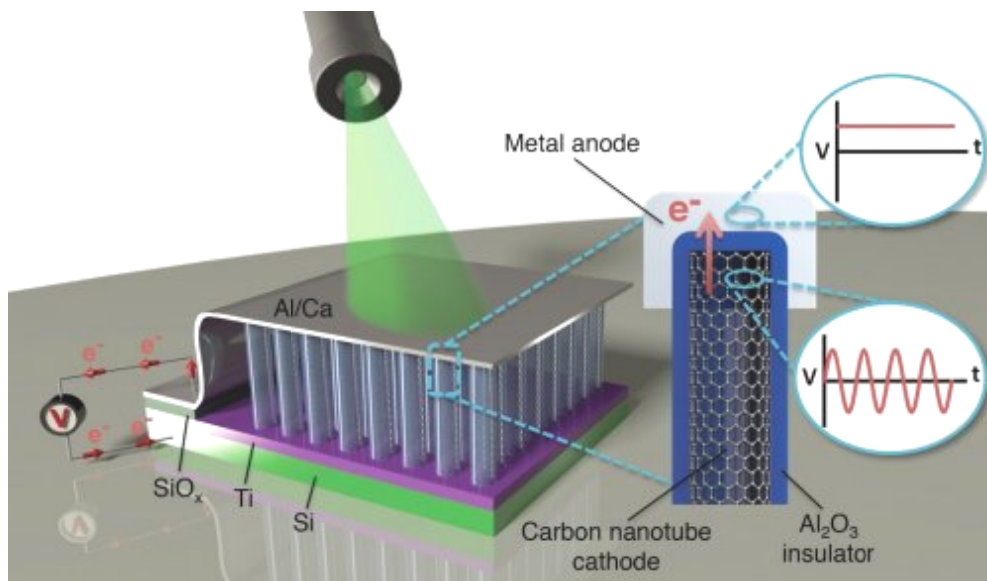


Первые выпрямляющие антенны были созданы чуть более 40 лет назад – они были способны работать с электромагнитным излучением с длиной волны не короче 10 микрон (инфракрасный диапазон). С того момента эти технологии были значительно усовершенствованы и получили распространение в системах снабжения энергией малопотребляющих электронных устройств и коммуникационных систем ближнего

радиуса действия (near-field communications, NFC). Кроме того, были попытки создания антенн, работающих и в диапазоне видимого света, но они все без исключения не привели к значительным успехам.

Современные технологии позволили исследователям вырастить миллиарды вертикально расположенных углеродных нанотрубок на кремниевом основании. Каждая из нанотрубок была покрыта защитной пленкой из оксида алюминия, обладающего диэлектрическими свойствами, и весь этот «лес» был покрыт монолитным слоем прозрачного кальция. После этого на тонкий слой кальция был напылен слой алюминия, который выступал в качестве анода.

Углеродные нанотрубки, заключенные в защитных оболочках, начинают колебаться, когда на них попадают фотоны света. Эти колебания производят высокочастотный переменный электрический ток, который пройдя через выпрямитель, превращается в постоянный ток. Быстродействие выпрямителей (туннельных диодов из углеродных нанотрубок) очень велико, они способны работать на частотах порядка петагерца (квадриллиона колебаний в секунду). Электроны, из которых состоит выпрямленный ток, туннелируются на внешний алюминиевый электрод, откуда этот ток можно направить в любом направлении.



Несмотря на громкие заявления о солнечной энергетике, эффективность работы выпрямляющей антенны пока низкая: опытный образец способен преобразовать в электрический ток около одного процента энергии падающего света. Однако ученые и инженеры, задействованные в этом проекте, уже

имеют некоторые планы насчет оптимизации структуры антенны, что позволит поднять ее эффективность до уровня, который даст возможность применять их в устройствах получения электрической энергии, другими словами, в солнечных батареях.

dailytechinfo.org



Пористая структура грибов подсказала учёным идею для создания эффективного аккумулятора энергии



В ближайшие десятилетия ожидается рост количества электрических транспортных средств и мобильных устройств. По этой причине инженеры активно работают над созданием инновационных технологий для аккумуляторов нового поколения.

В попытке найти более устойчивые альтернативы для создания батарей, исследователи из Калифорнийского университета в Риверсайде разработали батарею с использованием шампиньонов двуспоровых.

Как утверждают учёные, их детище сможет не просто снизить экономическую и экологическую стоимость при производстве батарей (последнее за счёт близости к природе), но и привести к созданию аккумуляторов, мощность которых не падает, а наоборот, возрастает с течением времени.

Инновационные батареи состоят из трёх основных элементов: отрицательный полюс (катод), положительный полюс (анод) и твёрдый или жидкий разделитель (электролит).

В качестве анода в литиево-ионных батареях используется синтетический графит, однако этот материал требует применения агрессивных химических веществ (таких как плавиковая или серная кислота) для очистки и подготовки. Эти процессы не просто дороги сами по себе – их побочным продуктом являются опасные отходы, которые наносят вред окружающей среде.

Учёные решили использовать грибы шампиньоны как заменители для графита по двум причинам.

Во-первых, более ранние исследования показали, что эти грибы – очень пористые, а это свойство важно при создании аккумулятора (большее количество отверстий позволяет запасать и передавать больше энергии, что повышает производительность).

Во-вторых, они содержат много соли калия, а значит, могут привести к созданию батарей, активных в течение долгого времени, по сути, даже повышающих собственную мощность со временем.

Учёные обнаружили, что кожица со шляпки двуспоровых шампиньонов при нагреве до 500 градусов Цельсия превращается в структуру из естественных углеродных нанолент. После нагрева до 1100 градусов она превращается уже в пористую сеть углеродных нанолент (материал с большой площадью поверхности, пригодный для хранения большого количества энергии). Исследователи говорят, что, если дальше оптимизировать процесс, углеродные аноды, полученные из грибов, могут стать достойной альтернативой обычным графитовым анодам.

«С подобными материалами аккумуляторы мобильных телефонов будущего будут не разряжаться быстрее со временем, а напротив, начнут дольше держать заряд из-за активизации пор внутри углеродных структур», – комментирует Бреннан Кэмпбелл (Brennan Campbell), аспирант Калифорнийского университета в Риверсайде и один из соавторов работы.

Научная статья о необычной разработке была опубликована журналом *Nature Scientific Reports*.

nanonewsnet.ru no материалам vesti.ru





В Праге установлен "мобиломат", перерабатывающий мобильные телефоны



«Мобиломат» без труда распознаёт, что в него помещено
(фото: aroundprague.cz)

В Праге в торговом центре «Ходов» был установлен первый во всей Европе «Мобиломат» – автомат, главной и единственной задачей которого является переработка старых мобильных телефонов. Таким

образом, жители столицы могут избавиться от старых устройств, не нанося вреда окружающей среде.

«Мобиломат» без труда распознаёт, что в него помещено, если это действительно сотовый телефон, то он моментально начинает его переработку: разбирает телефон на отдельные детали и измельчает. Полученное сырьё забирают представители организации Asekol, которая занимается сбором и переработкой старой электроники.

Современное устройство находится в магазине Datart. Первое время около «Мобиломата» сотрудники магазина будут объяснять его принцип работы и важность для экологии. Только первые 500 клиентов «Мобиломата» получают финансовое вознаграждение за утилизацию своего устройства, остальные же смогут это сделать безвозмездно. Максимум, что смогут получить за это граждане – небольшую скидку на дальнейшие покупки в магазине Datart.

Если «Мобиломат» хорошо себя зарекомендует, и горожане действительно его будут использовать, то компания Asekol установит подобные автоматы и в других районах города.

energy-fresh.ru по материалам aroundprague.cz



Умный душ определяет, чем вы заняты и экономит воду



Во время обычной процедуры приема душа много воды тратится впустую, когда вы фактически ничего не делаете: может быть, вы наносите пену для бритья, шампунь или ждете, когда вода нагреется, прежде чем встать под душ.

EvaDrop, новый умный душ, определяет, что именно происходит для того, чтобы уменьшить ко-

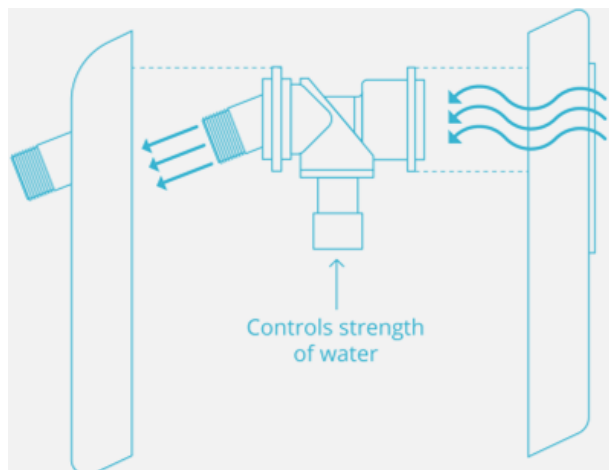
личество воды, когда вам она не нужна, и включить ее снова тогда, когда это понадобится.

«Существует большая разница между душем EvaDrop и душем со слабой струей, наш продукт на самом деле лучше экономит воду, – говорит Торри Тайенака (Torrey Tayenaka), основатель EvaDrop. – Большинство душевых насадок слабого напора некомфортны в использовании, из-за этого люди зачастую отдают предпочтение обычному душу».

Система умного душа, которая использует датчики, может сократить использование воды в душе примерно в два раза. В дополнение специальное приложение может помочь уменьшить использование воды еще больше, позволяя устанавливать время принятия других водных процедур. Обычно, на душ приходится около 20 % от общего расхода воды.

Основатели проекта системы умного душа разработали его в свое свободное от основной работы время и впервые запустили кампанию финансирования в конце 2014 года. В настоящее время, так как Калифорния страдает от засухи, они возобновляют свою кампанию, благодаря некоторым инвестициям от про-

екта под названием Shock the Drought, который помогает продвигать новые продукты, экономящие воду.

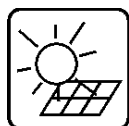


Shock the Drought пожертвует 600 наборов умного душа жителям Калифорнии, при этом экономия составит около 11 миллионов галлонов воды ежегодно.

«Shock the Drought оказывает огромную поддержку для EvaDrop, – говорит Тайенака. – Мы использовали большую часть наших ресурсов для разработки продукта и подготовки его для коммерческого производства. С помощью такой поддержки мы сможем существенно снизить наши затраты в производстве и, в свою очередь, снизить стоимость конечного продукта».

Умный душ в настоящее время находится на завершающей стадии разработки, и первые заказы начнут поставлять в декабре. Стоимость такой системы в зависимости от выбранной комплектации составляет примерно 100 долл. США.

Facepla.net по материалам: evadrop.com



Для СЭС в Орске разработан оригинальный тип свай



24 тысячи нестандартных свай составляют более 70 % свайного поля
(фото: www.orinfo.ru)

Специалисты Группы «Т Плюс» используют при строительстве солнечной фотоэлектрической станции в городе Орске (Оренбургская область) специально разработанный тип свай. Причиной послужило то, что объект альтернативной энергетики возводится на нестандартном для строительства месте – золоотвале Орской ТЭЦ-1.

Солнечная станция будет иметь двойной экологический эффект для региона. Основной – это возможность замещения выработки от традиционных источников и, как следствие, снижение выбросов в

атмосферу. Кроме того, при подготовке площадки под строительство проведена дополнительная рекультивация золоотвала с увеличением почвопокровного слоя. С этой целью перемещено более 200 тысяч кубометров земли.

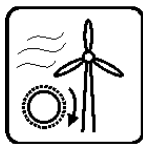
По словам руководителя проекта Александра Фролова, подготовка площадки стала не единственной трудностью. Ни один из известных типов свай для строительства не подошел. Проводились десятки испытаний различных типов фундамента свайного поля и нескольких видов свай. В результате было принято решение разрабатывать оригинальный тип свай, так как ни одна из испытываемых свай не выдерживала необходимой нагрузки.

Специалисты Орского филиала по реализации приоритетных инвестиционных проектов «Т Плюс» совместно с компанией-проектировщиком сконструировали совершенно новый тип свай, который нигде до этого не применялся – двухлопастную сваю с определенным шагом лопастей и углом установки лопастей к стволу сваи, которые определены специально для зольных грунтов площадки строительства.

24 тысячи таких нестандартных свай составляют более 70 % свайного поля. На сегодняшний день свайное поле смонтировано почти полностью – на 97 %. Завершить строительство солнечной фотоэлектрической станции планируется в ноябре этого года.

energy-fresh.ru по материалам «Оренбургские новости»





Портативный ветряк Trinity: новый этап в автономном энергообеспечении

Фантастический прогноз Международного энергетического агентства, по самым оптимистичным сценариям которого доля ветровой электроэнергетики достигнет к 2030 году 29 % от общей выработки, был составлен еще в 2006 году. За прошедшие десять лет число скептиков уменьшилось значительно – пропорционально росту числа ветропарков в странах мира, снижению себестоимости выработки кВтч, улучшению конструкций турбин и увеличению их КПД.

А вот насколько появление портативных ветряков, использование которых имеет вполне конкретное утилитарное значение, приблизит достижение цели – покажет время. Работы в этом направлении ведутся, и результаты действительно впечатляют. Яркий пример – новый проект исландских стартапов из Janulus.

Линейка портативных турбин состоит из четырех моделей: Trinity 50, Trinity 400, Trinity 1000, Trinity 2500. В собранном виде выглядят они так (рис. а):



а



б



в

Преобразовывают энергию в двух режимах: с горизонтальной осью вращения для ветра, дующего со скоростью от 2 до 8 м/с (рис. б), и в положении вертикальной оси вращения для ветров более 8 м/с (рис. в).

Для понимания условия применимости – к примеру, в нашей стране средняя скорость ветра находится в пределах 5 м/с, в течение коротких промежутков времени доходя и до 20–25 м/с.

Внутренняя начинка Trinity состоит из генератора-преобразователя, литий-ионной батареи, а в моделях 1000 и 2500 добавлен grid-инвертор для преобразования генерируемого постоянного тока в переменный на 110/220 В.

Технические характеристики по турбинам (рис. г), а если проанализировать габаритные и весовые параметры (рис. д), то области потенциального применения становятся очевидны.

TRINITY	50	400	1000	2500
	3-4 charges	10-16 charges	50-55 charges	160-170 charges
	7.500 mAh	30.000 mAh	100.000 mAh	300.000 mAh
	50 W	400 W	1.000 W	2.500 W
	4 mph / 2 m/s	4 mph / 2 m/s	4 mph / 2 m/s	4 mph / 2 m/s

TRINITY	50	400	1000	2500
	12" / 30 cm	18" / 45 cm	26" / 65 cm	39" / 100 cm
	2" / 5.5 cm	3" / 8.5 cm	5" / 12 cm	7" / 18.5 cm
	24" / 60 cm	35" / 90 cm	51" / 130 cm	79" / 200 cm
	35" / 90 cm	55" / 140 cm	79" / 200 cm	126" / 320 cm
	0.65 kg / 1.4 lbs	3 kg / 6.6 lbs	8 kg / 17.6 lbs	19 kg / 42 lbs



2

Компактная Trinity 50 мощностью генератора в 50 Вт, батареей емкостью 7 500 мАч, весом 650 грамм и длиной в 30 см в сложенном виде станет отличным решением для походов и туризма – можно, например, три раза полностью зарядить iPhone 6.

Максимальная же версия Trinity 2500 вырабатывает 2,5 кВт, имеет батарею емкостью 300 000 мАч и вполне может использоваться как элемент энергообеспечения дома. В том числе для подзарядки электромобиля.

В моделях 1000 и 2500, оснащенных внутренним grid-инвертором и розеткой на 110/220 В, потребители могут подключаться прямо к турбине:

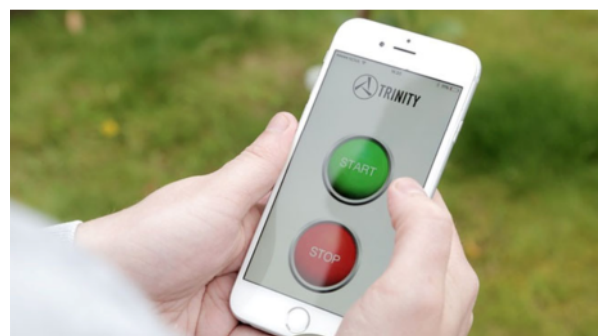


Вес Trinity 2500 составляет 19 кг, в собранном виде турбина легко помещается в багажнике.

Что касается времени зарядки накопительной батареи турбины, то разработчики приводят данные только по модели Trinity 400: полная зарядка достигается за 3–4 часа при скорости ветра 4,5 м/с.

Все модели линейки имеют отсоединяемые и защищенные от погодных условий USB-разъемы. Управление турбиной и мониторинг состояния батареи осуществляется в приложении:

d



Но на что Janulus делает основной акцент, помимо высокой эффективности турбин и их универсальности в применении, так это на цене. Сегодня линейка выглядит так: Trinity 50 – \$399, Trinity 400 – \$999, Trinity 1000 – \$2 799, Trinity 2500 – \$5 599. При этом доставка в любую точку мира абсолютно бесплатная.

Для сравнения они приводят средние параметры аналогичных Trinity 2500 по мощности турбин, продающихся сейчас в США (до \$30 000) и Англии (до 19 000 фунтов).

Мы тоже решили поискать среди заказов наших клиентов аналогичные девайсы. Ветряков на 2,5 кВт среди них не было, а вот портативную модель от ALEKO, генерирующую 300 Вт, на Амазоне кое-кто покупал.

Стоила она \$250, а доставка «до двери» методом LiteMF Express при весе посылки в 12 кг обошлась клиенту в \$129,5.

Таким образом, какие-то аналоги на рынке уже имеются, но если есть желание поэкспериментировать с новым источником энергии, о котором пишут все издания мира, посвященные высоким технологиям, от Tech Times и Digital Trends до Science Alert и Alternative Energy, то можно поучаствовать в проекте на Кикстартере, он в самом разгаре.

nanonewsnet.ru no материалам geektimes.ru





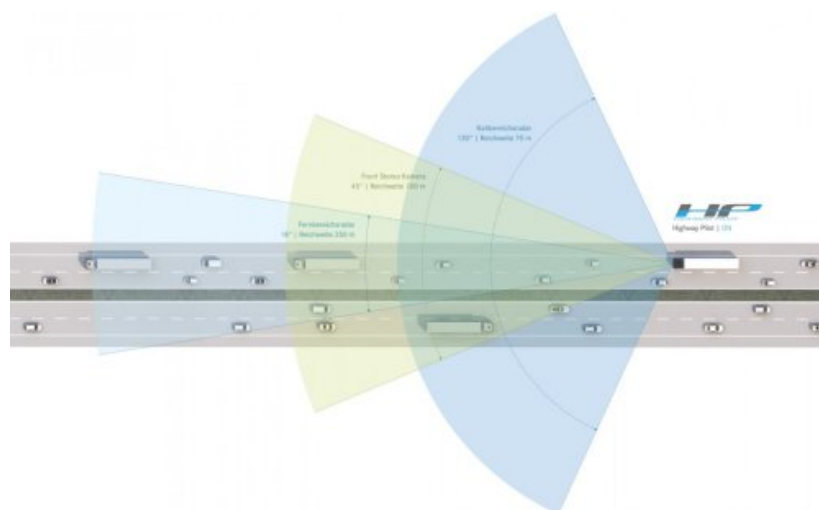
Компания Daimler впервые выпускает грузовик-робот на дорогу общего пользования



Компании Daimler Trucks первой в истории удалось вывести на дорогу общего назначения самоуправляемый грузовой автомобиль-робот. Этот автомобиль, Mercedes-Benz Actros, приобрел способности к автономному передвижению благодаря системе управления Highway Pilot, работа которой была проверена впервые в реальных условиях на шоссе Autobahn A8 неподалеку от Штутгарта, Германия. Использование такой системы, снимающей часть нагрузки с водителя во время длительных поездок, позволит уменьшить вероятность совершения им ошибок в результате усталости и рассеивания внимания. Кроме того, расчет оптимального режима передвижения, ускорения и торможения позволит выполнять перевозки грузов с максимально возможной эффективностью, снижая количество затрачиваемого топлива и, как следствие, количество вредных выбросов в окружающую среду.

Система Daimler Highway Pilot была впервые продемонстрирована в прошлом году. Она была установлена на грузовом автомобиле Mercedes-Benz Future Truck 2025, который под ее управлением совершал поездки по дорогам испытательного полигона. А последний вариант системы Highway Pilot уже имеет уровень универсальности, позволяющий ей быть установленной не только на опытный автомобиль, но и на автомобиль серийного производства.

Система Highway Pilot использует радар малого радиуса действия, который охватывает 70 метров дистанции с углом обзора в 130 градусов. Более дальнедействующая система покрывает своим вниманием 250 метров пространства, правда ее угол обзора составляет всего 18 градусов. Данные, получаемые этими системами и стереоскопическими камерами, поступают в блоки Active Cruise Control и Active Brake Assist, которые производят идентификацию дорожной разметки, указателей и дорожных знаков.



Несмотря на свое название, система Highway Pilot не позволяет водителю бросить руль, закинуть свои ноги на приборную панель и дремать все время на пути к пункту назначения. Работа системы Highway Pilot подобна работе системы авиационного автопилота, которая требует того, чтобы водитель или пилот был готов в любой момент взять управление на себя. Система передает управление человеку в случае кардинальных изменений погодных условий, усложнения ситуации на дороге, а если водитель не успевает среагировать своевременно, то система

Highway Pilot полностью останавливает движение грузовика.

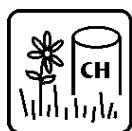
Для того чтобы вывести грузовик с системой Highway Pilot на дорогу общего назначения, компании Daimler пришлось получить соответствующее разрешение в германской организации, занимающейся регулированием вопросов в области дорожного движения. В результате всех усилий такое разрешение было получено, правда максимальная скорость, которую позволили развивать грузовику-роботу, была ограничена 80 километрами в час.



Начало интенсивного проведения испытаний грузовиков-роботов в реальных условиях, несомненно, приблизит тот момент, когда на плечи автоматики будет переложена большая часть работы в области перевозок. «Успешные испытания в условиях реального транспортного движения являются ключевыми моментами для дальнейшего развития этих техноло-

гий, – рассказал руководитель Daimler доктор Вольфганг Бернхард (Dr Wolfgang Bernhard), который находился в кабине грузовика-робота во время испытательной поездки. – И, в скором времени мы доведем работу нашей системы до полного совершенства».

dailytechinfo.org



Гигантский мешок с биогазом (B)pack

Мешок с биогазом (B)pack является частью проекта немецкого стартапа (B)energy, который помогает людям создавать малые предприятия по производству и продаже метана.

В регионах, где традиционные виды топлива для приготовления пищи, такие как дерево и древесный уголь, встречаются редко и стоят дорого, биогаз служит дешевой и экологически чистой альтернативой.

Предоставляя технологии создания и транспортировки биогаза, компания надеется создать устойчивые бизнес-возможности для людей в сельской местности.

Для того чтобы произвести метан, пользователи собирают навоз и другие органические отходы, которые помещают в полупортативный реактор (B)plant. Биореактор покрыт тентовым куполом, что увеличивает тепло внутри и помогает ускорить процесс ферментации, в результате которого метан ак-

кумулируется в верхней части реактора. Затем пустые сумки для транспортировки газа присоединяются к системе и наполняются газом, в результате чего мешок надувается.

Наполненный газом мешок весит около 9 фунтов (4 кг), поэтому газ можно легко транспортировать к дому покупателя или месту продажи. Полный мешок обеспечивает около 4 часов работы газовой горелки для приготовления пищи.

Пока зарождающийся бизнес продвигается двумя фирмами-франчайзи, которые работают в Эфиопии и Судане.

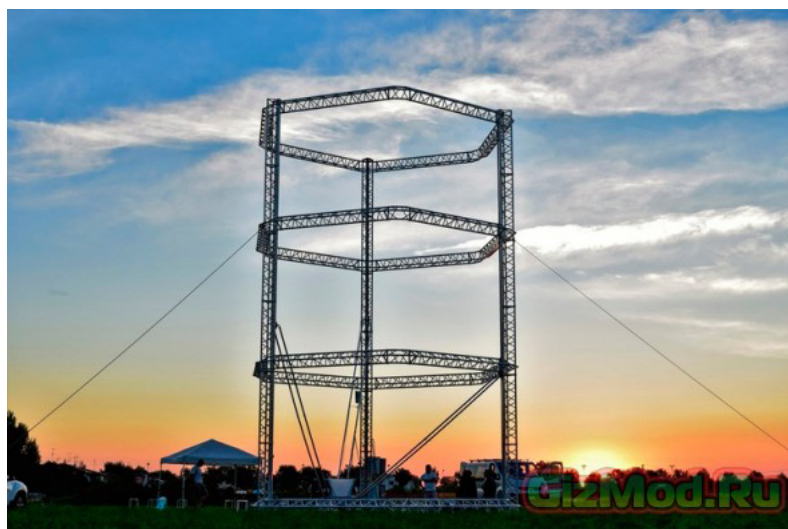


(фото: www.be-nrg.com)

energy-fresh.ru по материалам inhabitat.com



Большой 3D-принтер



Итальянская компания WASP завершила строительство самого большого в мире 3D-принтера.

3D-принтер под названием Big Delta планируется использовать для печати элементов для строительства дешевого жилья из глины и грунта.

Сам 3D-принтер высотой 12 метров и шириной 6 метров, а максимальный размер одной детали, кото-

рую он может напечатать, равен 12 метрам. Big Delta имеет скромное энергопотребление – всего 100 Вт.

Разработчики Big Delta надеются, что их принтер поможет обеспечить жильем бедные слои населения, а также в будущем будет использоваться при колонизации других планет.

gizmod.ru



О КОНКУРСАХ НА СОИСКАНИЕ ЗОЛОТЫХ МЕДАЛЕЙ И ПРЕМИЙ ИМЕНИ ВЫДАЮЩИХСЯ УЧЕНЫХ, ПРОВОДИМЫХ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК В 2015 году

Российская академия наук объявляет конкурсы на соискание следующих золотых медалей и премий имени выдающихся ученых, каждая из которых присуждается в значительную дату, связанную с жизнью и деятельностью ученого, именем которого названа медаль или премия.

ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ (присуждаются отечественным ученым)

1. Золотая медаль имени **М.М. Сперанского** – за выдающиеся научные работы в области государственного управления.
2. Золотая медаль имени **Л.С. Берга** – за выдающиеся работы в области географии, биогеографии и ихтиологии.
3. Золотая медаль имени **С.И. Вавилова** – за выдающиеся работы в области физики.
4. Золотая медаль имени **С.А. Чаплыгина** – за выдающиеся теоретические работы по механике.
5. Золотая медаль имени **А.С. Попова** – за выдающиеся достижения в области развития методов и средств радиоэлектроники, в том числе для передачи информации.
6. Золотая медаль имени **И.Е. Тамма** – за выдающиеся работы по теоретической физике и физике элементарных частиц, теории поля.
7. Золотая медаль имени **Н.С. Курнакова** – за выдающиеся работы в области физико-химического анализа, химии и технологии.
8. Золотая медаль имени **Н.Г. Басова** – за выдающиеся работы в области физики.
9. Золотая медаль имени **С.П. Королёва** – за выдающиеся работы в области физики.

ПРЕМИИ (присуждаются отечественным ученым)*

- Премия имени **С.В. Ковалевской** – за выдающиеся результаты в области математики.
- Премия имени **В.О. Ключевского** – за выдающийся вклад в области отечественной истории и славяноведения.
- Премия имени **А.Ф. Кони** – за выдающиеся научные работы в области права.
- Премия имени **Б.Б. Голицына** – за выдающиеся научные работы в области геофизики.
- Премия имени **В.И. Векслера** – за выдающиеся работы по физике ускорителей.
- Премия имени **А.А. Андропова** – за выдающиеся работы в области классической механики и теории управления.
- Премия имени **А.Н. Колмогорова** – за выдающиеся результаты в области математики.
- Премия имени **Л.И. Мандельштама** – за выдающиеся работы по физике и радиофизике.
- Премия имени **А.А. Шахматова** – за выдающиеся работы в области источниковедения, текстологии, языкознания.
- Премия имени **А.А. Маркова** – за выдающиеся результаты в области математики.
- Премия имени **И.В. Гребенникова** – за выдающиеся работы в области химии, физикохимии и технологии стекла.
- Премия имени **А.А. Ухтомского** – за выдающиеся работы в области физиологии нервной системы и физиологии трудовой деятельности.
- Премия имени **Н.К. Кольцова** – за выдающиеся работы в области молекулярной генетики.
- Премия имени **Ю.А. Овчинникова** – за выдающиеся работы в области физико-химической биологии и биотехнологии.
- Премия имени **А.А. Расплетина** – за выдающиеся достижения в области создания радиотехнических систем автоматизированного управления.
- Премия имени **Н.С. Шатского** – за выдающиеся научные работы по тектонике.
- Премия имени **С.Н. Виноградского** – за выдающиеся работы в области общей микробиологии.
- Премия имени **А.Н. Несмеянова** – за выдающиеся работы в области химии элементорганических соединений.
- Премия имени **С.Ф. Ольденбурга** – за выдающиеся работы в области востоковедения.
- Премия имени **С.С. Смирнова** – за выдающиеся научные работы по изучению месторождений полезных ископаемых и металлогении.
- Премия имени **И.Е. Забелина** – за выдающийся вклад в исследование проблем археологии.
- Премия имени **Л.А. Чугаева** – за выдающиеся работы в области химии комплексных соединений.

* Кроме премии имени Д.С. Лихачева (пункт 34).

23. Премия имени **А.А. Григорьева** – за выдающиеся работы в области физической географии.
24. Премия имени **С.А. Лебедева** – за выдающиеся работы в области разработок вычислительных систем.
25. Премия имени **Е.С. Варги** – за выдающиеся научные работы в области мировой экономики.
26. Премия имени **Е.В. Тарле** – за выдающиеся научные работы в области всемирной истории и современного развития международных отношений.
27. Премия имени **А.Н. Туполева** – за выдающиеся работы в области авиационной науки и техники.
28. Премия имени **П.Н. Яблочкова** – за выдающиеся работы в области электрофизики и электротехники.
29. Премия имени **М.А. Лаврентьева** – за выдающиеся результаты в области математики и механики.
30. Премия имени **А.О. Ковалевского** – за выдающиеся работы в области биологии развития, общей, сравнительной и экспериментальной эмбриологии беспозвоночных и позвоночных животных.
31. Премия имени **В.Н. Ипатьева** – за выдающиеся работы в области технической химии.
32. Премия имени **Н.И. Кареева** – за выдающийся вклад в изучение проблем всеобщей истории.
33. Премия имени **А.И. Мальцева** – за выдающиеся результаты в области математики.
34. Премия имени **Д.С. Лихачева** присуждается российским и зарубежным ученым за выдающийся вклад в исследование литературы и культуры Древней Руси.
35. Премия имени **Г.В. Плеханова** – за выдающиеся научные работы в области философии.
36. Премия имени **Е.С. Федорова** – за выдающиеся работы по кристаллографии.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях поощрения ученых за научные труды, научные открытия и изобретения, имеющие важное значение для науки и практики, Российская академия наук присуждает золотые медали и премии имени выдающихся ученых.

Золотые медали присуждаются за выдающиеся научные работы, открытия и изобретения или по совокупности работ большого научного и практического значения.

В конкурсах на соискание золотых медалей могут участвовать лишь отдельные лица персонально.

Премии присуждаются за отдельные выдающиеся научные работы, открытия, изобретения, а также за серии научных работ по единой тематике.

На соискание премий могут быть представлены работы или серии работ единой тематики, как правило, отдельных авторов. При представлении работ выдвигаются лишь ведущие авторы, причем не более трех человек.

Право выдвижения кандидатов на соискание золотых медалей и премий предоставляется:

- а) академиком и членом-корреспондентом Российской академии наук;
- б) научным учреждениям, высшим учебным заведениям;
- в) научным и инженерно-техническим обществам;
- г) научным советам Российской академии наук и других ведомств по важнейшим проблемам науки;
- д) научно-техническим советам государственных комитетов, министерств, ведомств; техническим советам промышленных предприятий; конструкторским бюро.

Организации или отдельные лица, выдвинувшие кандидата на соискание золотой медали или премии, обязаны представить в Российскую академию наук (119991, Москва, Ленинский проспект, 14, корп. 2, Экспедиция) с надписью "На соискание золотой медали (премии) имени..."

а) мотивированное представление, включающее научную характеристику работы, ее значение для развития науки и народного хозяйства;

б) при выдвижении работ на соискание премии – опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретения – в трех экземплярах (при выдвижении закрытых работ допускается представление рукописных материалов в одном экземпляре);

Примечание: При выдвижении кандидата на соискание золотой медали представление опубликованных научных работ (серий работ), материалов научного открытия или изобретения не обязательно.

в) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место работы и занимаемая должность, домашний адрес, номера служебного и домашнего телефонов);

г) справку о том, что представляемая на конкурс работа ранее не была удостоена Государственной премии, а также именных государственных премий.

Работы, удостоенные Государственной премии, а также именных государственных премий, на соискание золотых медалей и премий имени выдающихся ученых не принимаются.

Ученым, удостоенным золотых медалей или премий, предоставляется право при печатании работ отмечать в заголовке "Удостоена золотой медали (премии) имени... Российской академии наук за...год".

Решения Президиума РАН о присуждении золотых медалей и премий, а также краткие аннотации о работах, удостоенных золотых медалей или премий, публикуются в "Вестнике Российской академии наук", в "Известиях Российской академии наук" соответствующей серии и в газете "Политик". В "Вестнике Российской академии наук" помещаются портреты ученых, удостоенных золотых медалей и премий.

Рассмотренные на заседании Президиума РАН печатные научные работы, за которые присуждены золотые медали или премии, передаются в Библиотеку Российской академии наук на хранение.

Золотые медали, а также дипломы о присуждении золотых медалей вручаются удостоенным их лицам на годовом Общем собрании Российской академии наук. Дипломы о присуждении премий вручаются удостоенным их лицам на заседании Президиума РАН.

Справки по телефону: (499) 237-99-33



Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология"

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» издается с 2000 г., выходит ежемесячно и распространяется по подписке через агентства «Роспечать», «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы», «Интерпочта-2003», «Артос-ГАЛ», «Деловая пресса», «ЕРМАК-ПРЕСС», а также через редакцию журнала.

Журнал включен в состав Международной научно-образовательной системы «Водород» (<http://www.hydrogen.ru>).

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» зарегистрирован в правительстве России в качестве СМИ, одобрен Организацией Объединенных Наций, включен в перечень ВАК, награжден Европейской Академией Естественных Наук медалью Рентгена, в 2000 и 2003 гг. награжден Президентом Международной ассоциации водородной энергетики (МАВЭ) академиком Т.Н. Везируглу денежной премией за достигнутые успехи, в 2008 году журнал награжден Премией «Российский Энергетический Олимп-2008».

Под эгидой журнала проведен ряд научных форумов:

- Первый Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2000.
- Второй Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2003.
- Первый Всемирный конгресс
«Альтернативная энергетика и экология» WCAEE-2006.
- Первая Международная конференция
«Водород и возобновляемые источники энергии» ICHRSE-2006.
- Третий Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2006.
- Первый Международный симпозиум
«Водородные сенсоры и рекомбинаторы» ISHSR-2006.
- Национальный Российский семинар
«Получение альтернативных энергоносителей с помощью атомно-водородного цикла» АВЭ-2007.

Материалы всех мероприятий опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология».

Все статьи, поступающие в журнал, рецензируются, реферируются, в кратчайшие сроки согласуются с авторами и публикуются в журнале. Авторские коллективы лучших научных работ участвуют в конкурсах редколлегии и награждаются почетными дипломами, грамотами, призами и наградами, учрежденными Международной редколлегией журнала и одобренными ООН.



Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) приглашает руководителей и исполнителей проектов к публикации рукописей по результатам проведенных исследований и выполненных научно-технических работ по следующим основным направлениям:

1. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы.
2. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.
3. Технологии новых и возобновляемых источников энергии.
4. Технологии создания и обработки полимеров и эластомеров.
5. Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов.
6. Технологии производства топлив и энергии из органического сырья.
7. Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом.
8. Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф.
9. Технологии создания мембран и каталитических систем.
10. Технологии водородной энергетики.
11. Нанотехнологии и наноматериалы.
12. Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем.
13. Базовые и критические специальные и промышленные технологии.
14. Технологии обеспечения защиты и жизнедеятельности населения и опасных объектов при угрозах террористических проявлений.
15. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.

Анонсы и Интернет-версии статей публикуются на сайте Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) в разделе «Новости».

Электронные версии статей публикуются на сайте журнала с некоторой задержкой по времени (36 месяцев). Ежемесячно сайт журнала посещают читатели из 205 стран мира. Общее число посещений достигает 1 000 000 в год.

Авторские коллективы, выполнившие наиболее значимые работы, могут номинироваться на награждение высшей Международной наградой редколлегии журнала (орденом или медалью) по представлению руководителя головной организации-исполнителя работ.

Награды присуждаются в соответствии с решением Международной наградной комиссии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Редколлегия оказывает содействие своим авторам в получении финансовой поддержки ведущих международных научных фондов, компаний и институтов, для чего публикует на страницах журнала краткое предложение по международному проекту.





International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

The International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology has been published since 2000 on a monthly basis. The Journal is distributed by subscription through the Rospechat, Russian Press: Russian and Foreign Newspapers and Magazines, Interpochta-2003, Artos-GAL, Business Press, YERMAK-PRESS subscription agencies and through the Editorial Board of the Journal.

The Journal is part of International Scientific and Educational System "Hydrogen" (<http://www.hydrogen.ru>).

The International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology has been entered into the Mass Media Register of the Government of Russia, approved by the United National Organization, included in the List of the State Commission for Academic Degrees and Titles, awarded the Roentgen Medal by the European Academy of Natural Sciences. In 2000 and 2003 the Journal awarded a cash prize by President of International Hydrogen Energy Association Member of Academy T.N. Veziroglu for achievements, and in 2008 the Journal received the Prize of Russian Energy Olympus-2008.



A number of scientific forums have been conducted under the aegis of the Journal

- First International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT-2000.
- Second International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT-2003.
- First World Congress on Alternative Energy and Ecology WCAEE-2006.
- First International Conference on Hydrogen and Renewable Energy Sources ICHRSE-2006.
- Third International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT--2006.
- First international Symposium on Hydrogen Sensors and Recombiners ISHSR-2006.
- National Russian Workshop on Production of Alternative Energy Sources Using the Atomic Hydrogen Cycle AHE-2007

Proceedings of all these events have been published in the International Journal of Alternative Energy and Ecology.

All manuscripts received by the Journal are reviewed, confirmed by the authors and published in the Journal in the shortest possible time. Authors of the best scientific manuscripts participate in contests announced by the Editorial Board and awarded honorable diplomas and prizes established by the International Editorial Board of the Journal and approved by UNO.



The Editorial Board of the International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) invites managers and participants of current and completed projects to publish manuscripts presenting the results of accomplished research and development projects in the following areas:

1. Monitoring and prediction of atmosphere and hydrosphere conditions
2. Development of energy saving heat and power transportation, distribution and consumption systems
3. Advanced and renewable energy sources
4. Development and processing of polymers and elastomers
5. Development and processing of composite and ceramic materials
6. Energy and fuel processing from organic raw materials
7. Nuclear power, nuclear fuel cycle, safe management of radioactive waste and spent nuclear fuel
8. Risk reduction and mitigation of consequences of natural and technology-related catastrophes
9. Development of membranes and catalytic systems
10. Hydrogen energy
11. Nanotechnologies and nanomaterials
12. Development of energy efficient engines and propulsion devices for transport systems
13. Basic and critical special and commercial processes
14. Protection and life support of population and hazardous facilities under threat of terrorist acts
15. Processing and disposal of civilization-related waste

Announcements and Internet-versions of journal manuscripts are published on the web-site of the International Scientific Journal of Alternative energy and Ecology (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) in the News section.

Electronic versions of the manuscripts are published on the Journal's web-site with some delay (36 months). Visitors of the Journal's web-site represent 205 countries worldwide. The total number of web-site visits is 1,000,000 per year.

Authors of the most significant papers can be nominated for the highest award of the Journal's International Editorial Board (order or medal) upon request submission by the head of the leading participating organization.

The awards are conferred in accordance with resolutions of the International Award Commission of the International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology.

The Editorial Board assists authors of published papers in getting international financial support of leading international scientific foundations and search for leading companies and institutes that specialize in the area of scientific interest for cooperation under international research and development projects.

Upon request of the authors, the Editorial Board publishes a free-of-charge summary of international project proposal in the Journal that helps the authors find foreign co-participants.



ПЕРЕЧЕНЬ
необходимых материалов для публикации
в Международном научном журнале
«Альтернативная энергетика и экология»

По тематике: _____

Тематика определяется в соответствии с Тематикой журнала Form36 с указанием номера раздела и секции (желательно определиться с тематикой, если есть затруднения у авторов, Редакция вправе самостоятельно определить тематику рукописи).

Авторов: _____**Статья:** _____

Для своевременного выхода журнала и быстрой публикации работ авторы должны предоставлять в редакцию материалы по перечню, приведенному в таблице ниже. Авторы должны заполнить знаками (+) или (-) графы в столбце «Наличие»

№ п/п	Материал	Наличие
1	Заявление	
2	Квитанция об оплате или платежное поручение	
3	Твердая копия рукописи статьи	
4	Электронная версия рукописи статьи	
5	Название статьи на русском языке	
6	Название статьи на английском языке	
7	УДК (PACS)	
8	Автор(ы) статьи	
9	Координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail)	
10	Рисунки (фотографии, схемы)	
11	Подписные подписи на русском языке	
12	Подписные подписи на английском языке	
13	Таблицы	
14	Названия таблиц на русском языке	
15	Названия таблиц на английском языке	
16	Ссылки в тексте на таблицы и рисунки	
17	Список литературы (библиография)	
18	Библиографические ссылки в тексте в соответствие со списком литературы	
19	Структурированность текста, наличие подзаголовков	
20	Аннотация на русском языке	
21	Аннотация на английском языке	
22	Реферат на русском языке	
23	Реферат на английском языке	
24	Резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора*	
25	Фотография автора (авторов)*	
26	Разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение)	
27	Интернет-сообщение на русском языке*	
28	Интернет-сообщение на английском языке*	
29	Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале, на электронных ресурсах E-Library, сайте журнала (архив) и на CD – коллекция журнала	
30	Рецензии	
31	Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора)	
32	Акт проведенных испытаний (если в статье присутствует экспериментальная часть), подписанный участниками испытаний*	
33	Ходатайства*	

* Материалы, предоставляемые по желанию



К сведению авторов. Редакция Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» считает, что авторы, направляя рукопись в Редакцию, согласны передать учредителям и редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» право опубликовать рукопись на русском языке и в переводе на английский язык. Просим авторов прикладывать к направляемой рукописи Обязательство по форме, приведенной ниже. При этом за авторами сохраняются все остальные права как собственников этой рукописи.

Форма № 2-ISJAEЕ -2013

ОБЯЗАТЕЛЬСТВО

Автор(ы) статьи предоставляет (ют) издательству ООО НТЦ «ТАТА» на безвозмездной основе на срок действия авторского права, предусмотренного действующим законодательством РФ, исключительную лицензию на использование созданного Автором (ми):

Название рукописи на русском языке

Название рукописи на английском языке

1. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*
2. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*
3. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*

для использования в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» в пределах предусмотренных п.2ст.1270 ГК РФ.

В соответствии с п.2ст.1270 ГК РФ под использованием Статьи, понимается:

- воспроизведение Статьи или ее отдельной части на русском языке в любой материальной форме, в том числе на бумажном и электронном носителях в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя и/или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- распространение Статьи или ее отдельной части на любом носителе на русском языке по всему миру в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- доведение Статьи или ее отдельной части до всеобщего сведения таким образом, что любое лицо может получить доступ к Статье из любого места и в любое время по собственному выбору (доведение до всеобщего сведения, в т.ч. через Интернет);
- право на перевод Статьи на английский язык;
- воспроизведение Статьи или ее отдельной части на английском языке в любой материальной форме, в том числе на бумажном или электронном носителе в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или на базах данных Издателя и/или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- распространения Статьи на английском языке или ее отдельной части на любом носителе на английском языке по всему миру в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- доведение Статьи на английском языке или ее отдельной части до всеобщего сведения, таким образом, что любое лицо может получить доступ к Статье из любого места и в любое время по собственному выбору (доведение до сведения, в т.ч. через Интернет);
- сублицензирование (выдача разрешения) полученных прав по настоящему соглашению в целом или частичном виде для перевода, издания, распространения и доведения до всеобщего сведения на английском языке.

1. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*
2. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*
3. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*

Главному редактору
Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология»
Гусеву Александру Леонидовичу

ЗАЯВЛЕНИЕ*

Раздел I. ПРОИЗВОЛЬНАЯ ФОРМА

Прошу (просим) рассмотреть возможность публикации рукописи «**НАЗВАНИЕ РУКОПИСИ**» авторов (ПЕРЕЧИСЛЕНИЕ: должности, Фамилия Имя Отчество) в *Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология»* в сроки (указывается наиболее оптимальный срок публикации рукописи).

****Материал представлен в электронном виде по E-mail в соответствии с требованиями Правил публикации Form16 - ISJAEЕ и Form1-ISJAEЕ. Твердые копии документов и окончательный вариант электронной версии (CD) будут направлены в Редакцию в месячный срок.**

Раздел II. ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ФОРМА

Авторы (фамилия, имя, отчество), должность, полный титул для представления	1. 2. 3. 4. 5.
Наименование организации (если рукопись представляется от организации)	
Название статьи (на русском языке)	
Название статьи (на английском языке)	
Ответственный автор (ФИО, адрес, телефоны, факс, E-mail)	
Адрес, мобильный телефон и ФИО ответственного лица для получения оттисков опубликованной статьи	
Полные платежные реквизиты для оплаты предусмотренных в Правилах позиций по подготовке рукописи к печати и печати, а также для получения счета для получения необходимого количества экземпляров журнала с публикацией	
Бронирование необходимого количества печатных версий журнала с авторской публикацией	
Подписка на журнал (подписан, планирую, не планирую)	
Подписка на электронную версию журнала на CD на полугодие, год, на все выпуски журнала	
Включение в базу данных для распространения (да, нет)	

Подписи авторов:

* Заявление по форме Form01-ISJAEЕ обязательно для авторов и авторского коллектива независимо от наличия Сопроводительного письма руководителя организации или автора. Информация по Разделу II **не может изменяться на протяжении рассмотрения рукописи и на этапе подготовки рукописи к публикации** (за исключением особых случаев). Информация по Разделу II используется для оформления Справок (Приоритетная справка, Справка об опубликовании и т.д.).

**** Если материал представлен обычной почтой в твердой копии и в электронной версии на CD, то сообщается E-mail Ответственного автора (для переписки). Если E-mail отсутствует, переписка ведется обычной почтой.**

***** Если авторы не могут подписать Заявление - командировка, авторы из разных мест, - допускается электронная подпись (ответственность за согласие автора опубликовать материал и достоверность подписи несет Ответственный автор).**



Правила публикации и порядок прохождения процедуры рецензирования, реферирования, экспертизы и публикации (2015-2016 годы)

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Каждая рукопись подвергается обязательному рецензированию трех рецензентов из числа рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и двух рецензентов из числа приглашенных Редколлегий.

Каждая статья проходит этап предварительного рецензирования и итогового рецензирования.

В целях обеспечения наиболее качественной предпечатной подготовки и предварительного рецензирования, а также своевременного выкупа тиражей и их распространения все публикации в журнале осуществляются на платной основе, за исключением п.п. 7, 10, 11, 14 Раздела 6.

Раздел 1. Порядок предварительного рецензирования

Каждая рукопись регистрируется Ответственным секретарем Редколлегии в Реестре учета поступающих рукописей с присвоением четырехзначного номера, например, Рег. № 0687 от 23 августа 2009 года. После регистрации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется Приоритетная справка по форме **Form 16 ISJAEE**. Приоритетная справка уведомляет авторский коллектив о регистрации рукописи и о факте международного приоритета рукописи. После рассмотрения рукописи главным редактором и редакцией сопроводительные материалы и рукопись передаются для проведения Формальной экспертизы в соответствующее подразделение Редакции Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В дальнейшей переписке авторы и редакция ссылаются на Регистрационный номер.

По завершению процедуры Формальной экспертизы и выработки решения автору-корреспонденту направляется форма **Form 17 ISJAEE**, в которой определяется **Статус (2)** рукописи, в соответствии с принятым в редакции Перечнем статусов формы **Form 17 ISJAEE**: 2/1 – представленные материалы полностью соответствуют Правилам редколлегии; 2/2 – отсутствует название статьи на английском языке; 2/3 – отсутствует УДК (PACS); 2/4 – отсутствуют координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail); 2/5 – отсутствуют подписи на английском языке; 2/6 – отсутствуют названия таблиц на английском языке; 2/7 – отсутствуют ссылки в тексте на таблицы и рисунки; 2/8 – отсутствует список литературы (библиография); 2/9 – отсутствуют библиографические ссылки в тексте в соответствии со списком литературы; 2/10 – отсутствует аннотация на русском языке; 2/11 – отсутствует аннотация на английском языке; 2/12 – отсутствует реферат на русском языке; 2/13 – отсутствует реферат на английском языке; 2/14 – отсутствует: резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора*, фотография автора (авторов)*; 2/15 – отсутствует: разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение); 2/16 – отсутствует: Интернет-сообщение на русском языке, Интернет-сообщение на английском языке; 2/17 – отсутствует: Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале; 2/18 – отсутствует: Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора); 2/19 – отсутствует: Акт проведенных испытаний, подписанный участниками испытаний.

Регистрационный Редакционный номер рукописи на этом этапе усложняется добавлением к нему номера статуса через знак «/»: например, если рукописи присвоен статус 2/1, то регистрационный номер будет выглядеть следующим образом: Рег. № 0687/2/1 от 23 августа 2009 года. В форме **Form 17 ISJAEE** сообщается об ориентировочной дате публикации рукописи.

Далее авторские материалы рукописи передаются в Совет Рецензентов и Экспертный Совет.

По завершению процедуры экстренного рецензирования и получения положительного решения Совета Рецензентов и Экспертного Совета статья будет опубликована в журнале.

После завершения процедуры рецензирования и выработки решения в Международном Совете Рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» автору-корреспонденту направляется форма **Form 18 ISJAEE**, в которой сообщается, что по результатам рецензирования рукописи присвоен **Статус (3) по Form 18 ISJAEE**. Перечень статусов формы **Form 18 ISJAEE**: 3/2 – научная новизна сомнительна; 3/3 – научное значение работы сомнительно; 3/4 – научный результат соответствует современному состоянию науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/5 – научный результат превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/6 – научный ре-

зультат существенно превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/7 – научный результат превосходит современное состояние науки и может обеспечить прорыв в данном направлении науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/8 – важнейшая научная работа, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/9 – наиважнейшее открытие, способное изменить весь ход развития науки, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами

После этапа рецензирования рукопись передается в **Совет Экспертов** для оценки технического уровня разработки.

После прохождения экспертизы в Международном **Совете Экспертов** и выработки решения рукописи присваивается **Статус (4)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 19 ISJAEЕ**: 4/2 – техническая реализация сомнительна, 4/3 – техническая реализация возможна, но положительный эффект сомнителен, 4/4 – техническая реализация возможна и технический результат удовлетворительный, 4/5 – технический результат соответствует лучшим современным мировым образцам, 4/6 – технический результат превосходит современный Мировой уровень техники, 4/7 – выдающаяся разработка, технический результат, которой может обеспечить прорыв в данном направлении техники, 4/8 – важнейшая разработка, достойная немедленного финансирования Международным сообществом и технический результат принесет значительную пользу человечеству, 4/9 – наиважнейшее открытие, технический результат, которого способен изменить весь ход развития техники.

В форме также уточняется ориентировочная дата публикации.

После принятия окончательного решения о возможности публикации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется **Решение Редакционного Научного Совета FORM 20 ISJAEЕ**.

В форме сообщается о том, что рукопись прошла процедуру рецензирования в Международном Совете Рецензентов (научное качество) и научно-техническую экспертизу (техническая реализуемость) в Международном Совете Экспертов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная Энергетика и Экология». В этой же форме сообщается об оценке качества рукописи и об научно-технической ценности идеи или концепции (устройства). Рукописи присваивается один из статусов формы **FORM 20 ISJAEЕ** и сообщается об окончательной дате публикации. Перечень статусов формы **FORM 20 ISJAEЕ**: А – печать в ближайших номерах, Б – печать после устранения всех замечаний, В – печать после получения от авторского коллектива всех запрашиваемых материалов.

После опубликования рукописи автору-корреспонденту направляется **Свидетельство об опубликовании по FORM 21 ISJAEЕ**, в котором рукописи присваивается **Статус (5)** по форме **FORM 21 ISJAEЕ**.

Перечень статусов формы **FORM 21 ISJAEЕ**: α – рекомендовать в Наградном комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Орденом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить выдающийся научный результат, β – рекомендовать в Наградном комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Медалью Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить значительный научный результат, γ – рекомендовать Наградному комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Дипломом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить высокий научный результат.

Если по результатам рецензирования и научно-технической экспертизы получена отрицательная оценка, то в адрес автора-корреспондента направляется **FORM 13 ISJAEЕ**, в которой сообщается о **Статусе (13)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 13 ISJAEЕ**: 13-1 – отклонить без возможности дальнейшего рассмотрения рукописи в связи с большим объемом нарушений Правил оформления рукописи, 13-2 – отклонить с возможностью авторской переработки рукописи с сохранением Редакционного номера, но с отсрочкой публикации, 13-3 – отклонить из-за нарушения приоритета или существенного заимствования материала без ссылок, 13-4 – отклонить в связи с существенным нарушением основных законов природы.

Итоговое рецензирование

После этапа предварительного рецензирования материалы рукописи выкладываются на закрытом электронном ресурсе с правом доступа ограниченного круга лиц из числа Международного Научного Совета или ограниченный круг лиц из числа Международного Научного Совета извещается Специальным Бюллетенем о материалах рукописей, принятых к публикации и получивших оценки рецензентов и экспертов. На этапе итогового рецензирования (срок 10 дней) результаты предварительного рецензирования могут быть пересмотрены Международным Научным Советом, о чем в течение 10 дней извещается автор-корреспондент.

В случае возникновения спорных ситуаций по научным вопросам рукопись передается на рассмотрение в **Совет рецензентов** Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В случае возникновения спорных ситуаций по возможности технического воплощения идеи, опубликованной в рукописи, последняя передается в **Совет экспертов** Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Срок публикации каждой рукописи **не превышает 3 месяцев**. В случае наличия рекомендательного письма одного из членов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» может быть сокращено время рассмотрения рукописи **до 2 месяцев**. Срок публикации рукописей, направленных на кон-



курс, проводимый Редколлегией, **не превышает 2 месяцев**. Срок публикации заказных научных обзоров **не превышает 2 месяцев**.

В любом случае **все рукописи**, направляемые в журнал, рецензируются и реферируются в известных международных научных изданиях.

Рукописи в журнале публикуются на русском и на английском языках. Каждой рукописи, поступившей в Редакцию присваивается редакционный номер и дата поступления.

Журнал публикует исключительно оригинальные статьи. Автор несет полную ответственность за соблюдение этого требования.

Раздел 2. Порядок представления рукописей

Для своевременного выхода журнала убедительно просим соблюдать следующие правила оформления рукописей:

1. Рукопись представляется как в машинописном, так и в электронном виде. Бумажный вариант рукописи представляется в 1 экземпляре, который обязательно подписывается авторами на обороте.

Объем рукописей:

- краткие сообщения – до 7 страниц (1800 печатных знаков),
- объем статей, как правило, не должен превышать 12 страниц,
- письма в редакцию – до 4 страниц,
- объем научных обзоров – не более 40 страниц.

2. Рукопись сопровождается:

- сопроводительным письмом руководителя организации, представляющей рукопись, оформленным экспертным заключением или другим документом, разрешающим опубликование в открытой печати (1 экз.), утвержденным руководителем организации и заверенным гербовой печатью. Экспертное разрешение представляют только авторы из России;

- компакт-диск или дискетой, содержащей обязательный пакет электронных файлов, перечисленных в разделе III.

3. Текст аннотации на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, аннотация на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности – на английском языке. Аннотация излагается в индикативной форме, в состав аннотации в обязательном порядке должны входить: область исследования (2-3 предложения), теоретические положения (5-6 предложений), экспериментальные исследования (6-7 предложений), основные результаты работы (4-5 предложений, предполагаемые потребители результата (2-3 предложения).

Аннотация также публикуется на сайте международного научного информационного портала «Водород» (на русском и английском языках).

4. Текст авторского резюме (15 строк) на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (10 кегль) должен содержать: место работы, должность, образование, научное звание, ученая степень, награды и научные премии, профессиональный опыт, основной круг научных интересов, количество публикаций каждого из авторов. Желательно включить: ORCID, индекс Хирша, Research ID, SPIN, и другие наукометрические показатели.

5. Фотографии авторов для резюме в формате TIFF или JPEG. Фотографии авторов представляются в обязательном порядке.

6. Текст реферата (одна страница) для опубликования в реферативных журналах (РЖ) ВИНТИ, «Письма в журнал «Альтернативная энергетика и экология»» (на английском языке).

Параметры страницы:

- **формат** A4 (210 × 297 мм);

- **межстрочный интервал** полуторный;

- **шрифт** Times New Roman, (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, реферат на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности — на английском языке.

7. Интернет-сообщение для размещения сигнальной информации на сайтах Информационного портала «Водород» и на сайтах информационной сети, посвященной энергетике и экологии. Сообщение размером не более одной страницы излагается в произвольной форме:

- **формат** A4 (210 × 297 мм);

- **межстрочный интервал** полуторный;

- **шрифт** Times New Roman (12 кегль).

Сообщение может включать фотографии и графики.



Раздел 3. Оформление рукописи

• Редколлегия рекомендует авторам обзоров и статей структурировать представляемый материал, используя подзаголовки (например: ВВЕДЕНИЕ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ).

• текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором, следует избегать повторов, не следует без необходимости подробно описывать иллюстративный материал;

• текст должен быть напечатан на белой бумаге:

▪ формат А4 (210 × 297 мм);

▪ межстрочный интервал полуторный;

▪ шрифт Times New Roman (12 кегль).

Рукопись может включать фотографии и графики.

Текст рукописей оформляется в следующей последовательности:

▪ **индекс универсальной десятичной классификации (УДК или PACS);**

▪ **название статьи на русском и на английском языке** (прописными буквами без кавычек, кегль 14 полужирный, выравнивание по центру; переносы не допускаются, точка в конце строки не ставится, подчеркивание не используется);

▪ **авторы** (инициалы, фамилия, кегль 14 полужирный курсив, выравнивание по центру, точка в конце строки не ставится)

▪ **название организации, адрес, город, страна, индекс, телефон, факс, e-mail** (кегль 12, выравнивание по центру. Если авторы — представители различных организаций, то используется метод надстрочных ссылок, например: А. В. Иванов, Ю. С. Седов*);

▪ **заголовок раздела** (кегль 14, выравнивание по левому краю, точка не ставится);

▪ **текст статьи:** шрифт 12, абзацный отступ 1 см, выравнивание по формату;

▪ **подзаголовок** (шрифт курсивный, кегль 14, выравнивание по левому краю);

▪ **список литературы** (шрифт обычный, кегль 14, выравнивание по центру).

При написании статьи используются общепринятые термины, единицы измерения и условные обозначения, единообразные по всей статье. **Расшифровка всех(!) используемых авторами обозначений дается при первом употреблении в тексте.**

При наборе статьи на компьютере все латинские обозначения физических величин (A , I , d , h и т. п.) набираются курсивом, греческие обозначения, названия функций (β , $\sin$, $\exp$, $\lim$), химических элементов (H_2O) и единиц измерения ($МВт/см^2$) – прямым (обычным) шрифтом. Символы ($\Re$, ρ , $\otimes$, $\in$ и т. п.) оговариваются на полях рукописи.

Таблицы, рисунки, фотографии (только черно-белые) размещаются внутри текста и имеют сквозную нумерацию по статье (не по разделам!) и собственные заголовки. Буквенно-цифровая нумерация ($1a$, $2b$) нежелательна. **Названия всех рисунков, фотографий и таблиц приводятся на русском и на английском языках!!!**

Нумерация обозначений на рисунках дается по порядку номеров по (против) часовой стрелки (для чертежей) или сверху вниз (снизу вверх). Файлы иллюстраций предоставляются в формате TIFF или BMP (максимальное качество) с разрешением не менее 300 dpi.

Формулы создаются с помощью встроенного редактора формул (Math Type, Microsoft Equation) с нумерацией в круглых скобках (2), выравниваются по центру; **расшифровка всех обозначений (букв) в формулах дается в порядке упоминания в формуле.**

Формулы должны быть аккуратно набраны на компьютере.

Во избежание недоразумений и ошибок редакция рекомендует авторам использовать в формулах буквы латинского, греческого и других (не русских) алфавитов;

Оформление литературных ссылок (списка литературы):

Все литературные ссылки обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках, расположенными в порядке их упоминания в тексте [3].

Библиографические ссылки в списке литературы располагаются в той последовательности, в какой упоминаются в тексте, и оформляются по следующим правилам:

▪ **для книг:** фамилия и инициалы автора (ов), название книги, место издания, издательство, год (для трудов конференций – город, страна, год). Например: Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Квантовая механика. М.: Наука, 1988. Или: Elton R. C. X-Ray Lasers. Boston: Academic Press, 1990;

▪ **для статей** в журнале, сборнике, газете: фамилия и инициалы автора(ов), название статьи, название журнала (сборника), год, том, номер (или номер выпуска), страницы. Например: Полякова А. Л., Васильев Б. М., Купенко И. Н. и др. Изменение зонной структуры полупроводников под давлением // Физика и техника полупроводников. 1976. Т. 9, № 11. С. 2356–2358. Или: Афанасьев А. М. Оптимизация распределения энерговыделения в реакторе с помощью «советов оператору» // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика и техника ядерных реакторов. 1986. Вып. 2. С. 32–36. Или: Mezain I. H. Rolling circuit boards improves soldering // Electronics. 1977. Vol. 34, No. 16. P. 193–198;

▪ **для диссертаций и авторефератов диссертаций** кроме фамилии автора и его инициалов следует указать название диссертации, степень, место защиты (город) и год; для препринтов – название, место издания, год, номер.



Например: Горшкова Т. И. Термодинамические свойства и применение некоторых сплавов церия: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1976;

■ **для патентной документации:** вид патентного документа (авторское свидетельство или патент), номер, название страны, выдавшей документ, индекс международной классификации изобретений, или индекс международной классификации промышленных образцов, или индекс международной классификации товаров и услуг, название патента (а. с.), авторы, название издания, опубликовавшего документ, год и номер издания. Например: А. с. 100970 СССР МКИЗ В 251 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов/Ваулин В. С., Кенайкин В. Г. // Открытия. Изобретения. 1983. № 11.

При необходимости в заголовке библиографической ссылки на работу четырех и более авторов могут быть указаны имена всех авторов или первых трех с добавлением слов «и др.».

В списке литературы инициалы должны стоять после фамилий.

Раздел 4. Правила представления электронной версии материалов

Автор (корреспондент) должен направить в адрес главного редактора (E-mail: gusev@hydrogen.ru) обязательный пакет электронных файлов.

Перечень обязательного пакета электронных файлов:

1. Рукопись

Файл обозначается следующим образом (пример): **Article#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300).**

Где **Article#1** – обозначает номер рукописи, присвоенный автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

2. Аннотация

Файл обозначается следующим образом: **Summary#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300).**

Где **Summary#1** – обозначает принадлежность аннотации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

3. Реферат

Файл обозначается следующим образом: **Abstract#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Abstract#1** – обозначает принадлежность реферата к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

4. Резюме

Файл обозначается следующим образом: **Resume#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Resume#1** – обозначает принадлежность резюме к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

5. Рисунки

Файл обозначается следующим образом: **Pictures#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Pictures #1** – обозначает принадлежность фотографий и рисунков к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

6. Разрешение

Файл обозначается следующим образом: **Sanction#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Sanction#1** – обозначает принадлежность разрешения на право открытой публикации рукописи к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

7. Интернет-сообщение

Файл обозначается следующим образом: **Internet#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Internet#1** – обозначает принадлежность **Интернет-сообщения** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

8. Соглашение

Файл обозначается следующим образом: **Agreement#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Agreement#1** – обозначает принадлежность PDF-версии Соглашения к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

9. Форма передачи рукописи и материалов для публикации - Form#1

Файл обозначается следующим образом: **Form#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Form#1** – обозначает принадлежность PDF-версии Формы передачи рукописи и материалов для публикации (MANUSKRIFT TRANSMITTAL FORM) к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

10. Фотографии

Файл обозначается следующим образом: **Fotos#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Fotos#1** – обозначает принадлежность фотографий к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

11. Рецензии

Файл обозначается следующим образом: **Reviews#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Reviews#1** – обозначает принадлежность PDF-версии рецензии к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

12. Ключевые слова

Файл обозначается следующим образом: **Keywords#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Keywords#1** – обозначает принадлежность **списка ключевых слов** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

13. Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора, если автор – частное лицо).

Файл обозначается следующим образом: **Letter#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Letter#1** – обозначает принадлежность PDF-версии письма руководителя организации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).



ВНИМАНИЕ!!!

Вместе с электронной версией всех перечисленных документов необходимо направить в редакцию оригиналы всех документов обычной почтой заказным письмом по след адресу: 607183, г. Саров Нижегородской обл., а/я 687.

Редколлегия обращает внимание авторов на то, что несоблюдение приведенных выше правил может задержать публикацию материала и привести к отклонению рукописи от процесса дальнейшего рассмотрения!!! Отклоненные редколлегией рукописи (в бумажном и электронном виде) авторам не возвращаются.

В случае отклонения рукописи автор может в течение трех месяцев направить в редакцию уведомление и исправленный вариант в соответствии с требованиями редакции (при этом за рукописью сохраняется регистрационный номер), а также восстанавливается очередь публикации.

Раздел 5. Обязательства Редакции перед Высшей Аттестационной Комиссией

Редакция обязуется обеспечивать:

1. Наличие института рецензирования (для экспертной оценки рукописей). Обязательное предоставление редакцией рецензий по запросам авторам рукописей и экспертным советам в Высшую Аттестационную Комиссию Российской Академии Наук.

2. Информационную открытость издания.

Наличие и развитие сетевой версии журнала в Интернете по адресу <http://isjaee.hydrogen.ru/>. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах должны находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках, полнотекстовые версии статей в свободном доступе или доступными только для подписчиков, но не ранее чем через год после выхода материала.

3. Регулярное предоставление информации об опубликованных статьях по установленной форме в систему Российского индекса научного цитирования.

4. Обязательное указание состава редакционной коллегии или совета с указанием учёной степени и учёного звания на сайте научного периодического издания.

5. Обязательное указание мест работы всех авторов и контактной информации для переписки.

6. Строгая периодичность.

7. Наличие пристатейных библиографических списков у всех статей в формате, установленном журналом из числа предусмотренным действующим ГОСТом.

8. Наличие ключевых слов на русском и на английском языках для каждой публикации.

9. Наличие и строгое соблюдение опубликованных правил представления рукописей авторами.

10. В случае отказа в публикации статьи редакция отправляет автору мотивированный отказ.

12. Наличие ISSN 1608-8298.

13. Наличие подписного индекса: ОАО «Роспечать» 20487, Объединенного каталога «Пресса России» 41935, Каталога российской прессы "Почта России".

14. Развивать специализацию: по химии, по энергетике, по наукам о Земле, по инженерно-агропромышленным специальностям.

Раздел 6. Стоимость и порядок оплаты публикаций

Стоимость публикации рукописи складывается из: А – предпечатной подготовки, экспертизы материалов и рецензирования, а также из Б – стоимости публикации. Стоимость публикации рукописи составляет 20% от стоимости экспертизы и рецензирования рукописи, а также стоимости предпечатной подготовки (литературная обработка, графическая обработка, компьютерная верстка, работа переводчика): Б=0,2 А.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **резидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **нерезидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-технический центр «ТАТА».

Оплата нерезидентами РФ производится на валютные счета НТЦ «ТАТА» в удобной для них валюте: в рублях, долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА».

Порядок оплаты публикаций

1. Стоимость подготовки публикации рукописи с 01 июля 2014 года составляет:

- для физических лиц – 25 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 30 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20 € за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня – 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);

- для министерств федерального уровня – 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для акционерных обществ – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для государственных промышленных предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов Национальных и Федеральных центров – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов ФГУП – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).
- для пенсионеров – скидка 25%;
- для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
- для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
- для инвалидов 3 группы – скидка 10%;
- для членов Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология – бесплатно
- для подписчиков – физических лиц – бесплатно.

Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на один из расчетных счетов предприятий: Научно-технический центр «ТАТА», ООО Научно-инновационный центр «Криос», ООО Научно-инновационный центр «Лаборатория технологий безопасности», ООО Научно-Технологический центр «Саровские лаборатории сенсорики», которые совместно с Научно-техническим центром «ТАТА», участвуют в процессах: рецензирования и экспертизы рукописей, а также подготовки рукописей к публикации.

2. Данная стоимость определена для публикаций, содержащих:

- объем страниц текста (1800 печатных знаков) – до 7 включительно;
- количество рисунков в рукописи – до 7 включительно;
- количество фотографий (включая фото автора) – до 7 включительно.

3. При превышении указанных параметров оплата производится с применением следующих коэффициентов (К):

- объем страниц свыше 7 – $K = 1,25$ за каждую последующую страницу;
- количество рисунков свыше 7 – 20 € за каждый дополнительный рисунок (для ВУЗов – 10 € за рисунок, для научно-исследовательских институтов РАН – 10€)
- для ВУЗов – 20 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);

4. Стоимость публикаций, носящих **обзорный характер**, составляет при объеме до 20 страниц включительно:

- для физических лиц – 20 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 25 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 25€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня - 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств федерального уровня - 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для акционерных обществ - 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для государственных промышленных предприятий – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 30 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 35 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов ФГУП – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).



- для публикации материалов Центров (национального или федерального уровня) – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для пенсионеров – скидка 30%;
- для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
- для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
- для инвалидов 3 группы – скидка 10%;

Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

Редколлегия публикует вне очереди со сроком рецензирования, предварительной подготовки и опубликования рукописи - 14 дней и на бесплатной основе авторов рукописей, имеющих индекс Хирша ≥ 15 .

Редколлегия не публикует авторов работ, имеющих возраст более 30 лет с индексом Хирша менее 3.

– при превышении объема страниц свыше 20 – $K = 1,5$.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

5. Стоимость статей рекламного характера составляет 200 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Стоимость статей рекламного характера (**цветные странички**) составляет 800 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

6. Стоимость Специального выпуска журнала (Заказанного организацией) составляет:

- объем до 100 страниц включительно – 3000 € (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- объем от 101 до 150 страниц включительно – $K = 0,8$ (за превышающий объем);
- объем от 151 до 200 страниц включительно – $K = 0,6$ (за превышающий объем);
- объем свыше 200 страниц – $K = 0,4$ (за превышающий объем);
- специальный выпуск в многотомном варианте – $K = 0,6$ за каждый последующий том;
- специальный выпуск в полноцветном варианте – $K = 2$.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

7. От оплаты за публикации освобождаются: **Нобелевские лауреаты; академики РАН; ректоры ВУЗов; руководители: НИИ, научных Центров; авторы рукописей, имеющие индекс Хирша ≥ 20 ; члены Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология, физические лица, являющиеся подписчиками журнала (годовая подписка).**

8. При подаче рукописи академики РАН, ректоры ВУЗов, НИИ, Научных Центров, студенты, аспиранты и пенсионеры обязаны представить справку, заверенную в организации.

9. При подаче рукописи пенсионеры обязаны предоставить копию пенсионного удостоверения.

10. Любой автор или авторский коллектив имеет право обратиться в редакцию журнала с мотивированным ходатайством об освобождении (частичном освобождении на 25% - 30%) от оплаты за публикацию. Решение об освобождении от оплаты принимается Главным редактором журнала. При освобождении от оплаты срок публикации рукописи может быть продлен до 4 месяцев.

11. Документы об оплате (платежное поручение, квитанция) предоставляются вместе с материалами рукописи.

12. В случае необходимости отсрочки платежа за публикацию рукописи автор или авторский коллектив предоставляет в редакцию журнала письмо с просьбой об отсрочке платежа и гарантией оплаты в определенные сроки.

13. Публикации членов Научного Совета Редколлегии и рецензентов, а также авторов, имеющих рекомендации членов Научного Совета Редколлегии могут осуществляться на бесплатной основе или с частичной оплатой 50% (По Решению Редколлегии и Редакции журнала).

14. Авторские коллективы, среди которых есть Нобелевские лауреаты, полностью освобождаются от оплаты публикаций.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»



ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»

Адрес: 607181, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, д. 29, офис 311

тел./факс: (83130) 6-31-07, 9-07-08 тел. (83130) 9 - 18- 46

Для расчетов в рублях:

Образец заполнения платежного поручения

ИНН 5254483520	КПП 525401001		
Получатель ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»		Сч. №	40702810300000002650
Банк получателя ИНН 7701000940 КПП 525402001		БИК	042204721
ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров		К/Сч. №	30101810200000000721

Дополнительные возможности оплаты

Вы можете также осуществить платеж через систему WebMoney

Кошелек в рублях (Рубли, РФ): R970392195433

Кошелек в долларах: (Доллары США): Z329674429334

В переводе необходимо указать: «За предпечатную подготовку рукописи №..... и ее публикацию»

Просьба к авторам!

В целях ускорения согласования гранок, просьба к авторам, предоставлять максимально возможные каналы связи для быстрой связи Редакции с автором и авторским коллективом (мобильный телефон, скайп, факс, электронную почту и т.д.). Если у автора-корреспондента предвидятся командировки, отпуск и другие неотложные дела, просьба своевременно в письменном виде уведомить Редакцию о назначении ответственного лица для согласования гранок статей.





I. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА



1. Солнечная энергетика

А.Штейнфельд (Швейцария, Цюрих, Швейцарский федеральный институт технологий) (МРК)
Г.И. Исаков (Азербайджан, Баку, Институт физики НАН) (ЗГР)
И.Г. Хидиров (Узбекистан, Ташкент, Институт ядерной физики НАН Узбекистана) (МРК)
С.Геруни (Армения, Ереван, Ереванский гос. ун-т) (МНКСР)
С.М. Раза (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)
С.З. Ильяс (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)
А.М. Пенджиев (Туркменистан, Ашхабат-32, Туркменский политехнический институт) (МРК)
В.Ф. Гременок (Белоруссия, Минск, Объединенный институт физики твердого тела и полупроводников) (МНКСР)
В.А. Бутузов (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)

- 1-1-0-0 История солнечной энергетики
- 1-2-0-0 Солнечно-водородная энергетика
 - Т.Н. Везирослу* (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
 - 1-2-1-0 Материалы для солнечно-водородной энергетики
- 1-3-0-0 Солнечные электростанции
 - 1-3-1-0 Кремниевые солнечные электростанции
 - 1-3-2-0 Космические солнечные станции
 - 1-3-3-0 Фотоэлементы
 - 1-3-4-0 Фотовольтаический эффект в полупроводниковых структурах. Фотоэлектрические модули
- 1-4-0-0 Наземные солнечные станции
 - 1-4-1-0 Солнечные коллекторы
- 1-5-0-0 Солнечные города
 - 1-5-1-0 Солнечный дом
 - 1-5-2-0 Солнечные холодильные установки
 - 1-5-3-0 Солнечные водоподъемные системы
 - 1-5-4-0 Гелиоэнергетические установки
- 1-6-0-0 Солнечный транспорт
- 1-7-0-0 Концентраторы солнечного излучения



2. Ветроэнергетика

И.З. Богуславский (Россия, Москва, ОЭЭП РАН) (МРК)
В.Л. Окулов (Россия, Новосибирск, Сиб. отд. РАН)
Ван Куик Г.А.М. (Президент Европейской Академии Ветроэнергетики)

- 2-1-0-0 Ветроэнергетика и архитектура
- 2-2-0-0 Ветроэнергетика и экология
- 2-3-0-0 Уникальные решения ветроэнергетики
- 2-4-0-0 Парусная ветроэнергетика
- 2-5-0-0 Гибридные ветроустановки
- 2-6-0-0 История ветроэнергетики
- 2-7-0-0 Ветро-водородная энергетика
- 2-8-0-0 Электрогенераторы для ветроэнергетики
- 2-9-0-0 Новые конструкции ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения
- 2-10-0-0 Горизонтально-осевые ветроэнергетические установки
- 2-11-0-0 Вертикально-осевые ветроэнергетические установки Савониуса

- 2-12-0-0 Вертикально-осевые ветроэнергетические установки Дарье
- 2-13-0-0 Ветрогелиоэнергетические установки
- 2-14-0-0 Будущее ветроэнергетики
- 2-15-0-0 Аэростатная ветроэнергетика
- 2-16-0-0 Материалы для ветроэнергетики
- 2-17-0-0 Моделирование на ЭВМ динамической составляющей скорости ветра в зависимости от времени
- 2-18-0-0 Комплексное моделирование ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения
- 2-19-0-0 Преобразование энергии в ветроэнергетических установках
- 2-20-0-0 Использование энергии ветра.
Техника, экономика, экология



3. Морская гидроэнергетика

- 3-1-0-0 История приливной энергетики
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
- 3-2-0-0 Энергетика морских волн
С.П. Капица (Россия, Москва, ИФЛ им. П.Л. Капицы)
- 3-3-0-0 Энергетика морских течений



4. Геотермальная энергетика

- В.А. Бутузов* (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)
- 4-1-0-0 История геотермальной энергетики
- 4-2-0-0 Фундаментальные исследования в области геотермальной энергетики
- 4-3-0-0 Проблемы освоения геотермальной энергии
- 4-4-0-0 Роль моделирования и мониторинга при освоении геотермальной энергии.
Оценка геотермального резерва
- 4-5-0-0 Геотермальные станции
 - 4-5-1-0 Геотермальные электростанции
 - 4-5-2-0 Геотермальные тепловые станции
- 4-6-0-0 Эффективность и надежность геотермальных тепловых и электрических станций
- 4-7-0-0 Геотермальные ресурсы стран мира и перспективы их освоения



5. Энергия биомассы

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
- 5-1-0-0 Биогазовые установки
- 5-2-0-0 Термохимические газогенераторы
- 5-3-0-0 Энергия биомассы и экология



6. Малая гидроэнергетика

- С.Шатворян* (Армения, Ереван, Энергетический стратегический центр) (МНКСР)
- 6-1-0-0 Оборудование малых и микрогидроэлектростанций
- 6-2-0-0 Деривационные микрогидроэлектростанции



7. Нетрадиционные источники возобновляемой энергии

- В.А. Хуснутдинов* (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)



А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

7-1-0-0 Применение льда в энергетике. Ледяные электростанции

7-2-0-0 Использование холода вечной мерзлоты для термостатирования бытовых и технических объектов

7-3-0-0 Физико-химические свойства льда

7-4-0-0 Теплофизические свойства льда

7-5-0-0 Термодинамические основы получения и применения льда

7-6-0-0 Оборудование для исследования льда

7-7-0-0 Установки для получения льда

7-8-0-0 Способы и механизмы экстренного вскрытия льда для спасения под водой

7-9-0-0 Бинарный лед и его применение

7-10-0-0 Применение льда для создания инженерно-технических и архитектурных сооружений

7-11-0-0 Динамика и прочность льда. Динамика хрупкого разрушения. Экспериментальные методы динамической механики разрушения льда

7-12-0-0 Численные и смешанные численно-экспериментальные методы динамической механики разрушения льда

7-13-0-0 Способы удаления ледяных покрытий на водных объектах

7-14-0-0 Аккумулирование холода и применение энергии льда

7-15-0-0 Транспортировка айсбергов и получение пресной воды

7-16-0-0 Термоградиентная энергетика



8. Энергокомплексы на основе ВИЭ



II. НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА



9. Атомная энергетика

Ю.А. Трутнев, акад. РАН (Россия, Саров, ВНИИЭФ) (ПГР)

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А.Г. Чудин (Россия, Москва, Федеральное Агентство по атомной энергии РФ) (МНКРП)

В.А. Афанасьев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

М.А. Прелас (США, Колумбия, Университет Миссури) (МРК)

9-1-0-0 Атомно-водородная энергетика

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНЦ)

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

В.Н. Фатеев (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

9-1-1-0 История атомно-водородной энергетики

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНЦ)

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

9-1-2-0 Высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР) для производства водорода высокотемпературными ($T = 1000^\circ\text{C}$) методами

9-1-3-0 Быстрые реакторы с натриевым охлаждением (БН) для получения среднетемпературного тепла ($T = 500^\circ\text{C}$), производства синтетического газа и водорода

9-1-4-0 Быстрые реакторы со свинцовым охлаждением (БРЕСТ) как реакторы следующего поколения для получения высокотемпературного тепла ($T > 500^\circ\text{C}$)

Г.Л. Хорасанов (Россия, Обнинск, ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ им. А.И. Лейпунского») (МРК)

9-2-0-0 Атомная энергетика для транспортных средств
М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева) (МРК)

И.В. Шаманин (Россия, Томск, Томский политехнический университет) (МРК)

9-2-1-0 Радионуклидные источники тепла

9-2-2-0 Радионуклидные термоэлектрические генераторы

9-2-3-0 Термо- и радиационно-стимулированные фазовые превращения в сплавах внедрения (карбидах, нитридах, нитридогидридах, карбогидридах и гидридах переходных металлов, высокотемпературных сверхпроводящих материалах, интерметаллических соединениях)



10. Взрывная энергетика

В.Е. Фортков, акад. РАН (Россия, Москва, Институт теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН) (РНЦ)

А.Л. Михайлов (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ) (МРК)

Н.Н. Гердюков (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)

В.Н. Герман (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

10-1-0-0 Взрывные технологии

10-2-0-0 Компьютерное моделирование задач взрывной энергетике

М.А. Сырунин (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ)

10-2-1-0 Постановки задач взрывной энергетике

10-2-2-0 Подвижные лагранжево-эйлеровы сетки

10-3-0-0 Взрывная дейтериевая энергетика

10-4-0-0 Взрывная энергетика для синтеза новых веществ

10-4-1-0 Синтез и спекание материалов взрывом

10-4-2-0 Ударно-волновое спекание материалов

10-4-3-0 Компьютерное моделирование процессов ударно-волнового спекания материалов

10-5-0-0 Взрывчатые вещества

10-6-0-0 Взрывные камеры

А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)

10-7-0-0 Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны

10-8-0-0 Энергетические материалы и физика детонации

10-9-0-0 Уравнения состояния и фазовые переходы



III. ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА



11. Термоядерная энергетика

В.Н. Лобанов (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

11-1-0-0 Исследования в области управляемого термоядерного синтеза

11-2-0-0 Рентгеновский термоядерный синтез



- 11-3-0-0 Пучковый термоядерный синтез
 11-4-0-0 Инерциальный термоядерный синтез
 11-5-0-0 Изотопный эффект
 11-6-0-0 Криогенные тритиевые мишени
 11-7-0-0 Мишени высокого давления для исследования процессов мюонного катализа ядерных реакций синтеза
 11-8-0-0 Международный проект термоядерного энергетического реактора ИТЭР
 11-9-0-0 Радиологическая защита и ядерная безопасность
 11-10-0-0 Производство радиоизотопов и их применение
 М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. Лебедева) (МРК)
 11-11-0-0 Топливный цикл и экология
 11-12-0-0 Проектирование, строительство и эксплуатация ядерных исследовательских и энергетических реакторов
 11-13-0-0 Промышленное производство компонентов и материалов, необходимых для использования в ядерных реакторах и их топливных циклах
 11-14-0-0 Снятие с эксплуатации, дезактивация и обращение с отходами энергетических реакторов
 11-15-0-0 Исследования в области технологии производства лазеров и их применения
 11-16-0-0 Системы ТОКАМАК
 11-17-0-0 Промежуточные системы с магнитным удержанием



IV. ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА



12. Водородная экономика

- Ф. Караосманоглу (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
 З. Сен (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
 А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
 12-1-0-0 История водородной энергетики
 Т.Н. Везироглу (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
 А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
 12-2-0-0 Безопасность водородной энергетики
 А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
 Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
 Л.Ф. Беловодский (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)
 12-2-1-0 Рекомбинаторы водорода
 А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
 12-2-2-0 Системы обдува инертными газами
 12-2-3-0 Безопасность криогенных систем
 12-2-4-0 Технологии безопасного использования водорода на борту транспортных средств
 12-3-0-0 Газоаналитические системы и сенсоры водорода
 Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
 А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)
 В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский государственный университет) (РНС)
 Ю. Шунман (Нидерланды, Делфт, Делфтский технический университет) (МНКСР)
 Л.И. Трахтенберг (Россия, Москва, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН)
 12-4-0-0 Хранение водорода
 Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
 О.Н. Сриастава (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)

- С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (РНС)
 Б.П. Тарасов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)
 12-4-1-0 В углеродных наносистемах
 О.Н. Ефимов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)
 Б.К. Гулта (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)
 А.В. Вахрушев (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)
 12-4-2-0 В инкапсулированном газообразном состоянии: в микросферах, микрокапиллярах, пенометаллах, цеолитах и других соединениях
 В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
 Е.Ф. Медведев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
 А.Ф. Чабак (Россия, Москва, Академия перспективных технологий) (МРК)
 12-4-3-0 В газообразном состоянии под давлением
 А.С. Коротеев, акад. РАН (Россия, Москва, ФГУП «Центр Келдыша») (РНС)
 12-4-3-1 В газообразном состоянии в крупных хранилищах
 12-4-3-2 В газообразном состоянии в баллонах
 12-4-4-0 В жидком состоянии
 А.М. Архаров (Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана) (МРК)
 А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
 В.И. Куприянов (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
 А.А. Макаров (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
 Г.Г. Шевяков (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
 В.С. Травкин (США, Лос-Анжелес, Калифорнийский университет) (МРК)
 В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
 И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)
 А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
 12-4-4-1 В криогенном жидком состоянии в стационарных хранилищах
 12-4-4-2 В криогенном жидком состоянии на борту транспортных средств
 Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)
 12-4-5-0 В химически связанном состоянии в жидких средах
 12-4-6-0 В твердофазном связанном состоянии в металлогидридных системах
 М.Д. Хэмpton (США, Орландо, Университет Центральной Флориды) (ЗГР)
 Б.П. Тарасов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МНКСР)
 С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)
 В.Л. Кожевников (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)
 12-4-7-0 В адсорбированном состоянии на криоадсорбентах
 12-4-8-0 В комбинированных системах
 12-4-9-0 Новые способы хранения водорода
 12-5-0-0 Методы получения водорода
 И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)
 В. В. Лунин, акад. РАН (Россия, Москва, МГУ) (РНС)
 12-5-1-0 Радиоплиз
 М.А. Прелас (США, Колумбия, Университет Миссури-Колумбия) (МРК)
 12-5-2-0 Электролиз
 12-5-3-0 Термохимическое разложение воды
 12-5-4-0 Разложение аммиака
 В.А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)
 12-5-5-0 Каталитическая конверсия (риформинг) газообразных и жидких углеводородов
 12-5-6-0 Неполное окисление углеводородов

12-5-7-0 Высокотемпературный метод**12-5-8-0 Гидраты**

С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)

12-5-9-0 Бортовые конверторные устройства**преобразования органических веществ в водород****12-5-10-0 Генерирование водорода на борту в реакции взаимодействия воды с различными металлами (алюминий, магний и т. д.)**

12-5-10-1 Механические и электрические способы

удаления окисной пленки во время реакции

12-5-10-2 Химические способы удаления окисной пленки во время реакции

12-5-10-3 Ультразвуковые способы удаления

окисной пленки во время реакции

12-5-10-4 Способы увеличения удельной поверхности металлов реагентов

12-5-10-5 Термические и барические методы

интенсификации реакции генерации водорода

12-5-10-6 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бортового применения

12-5-10-7 Устройства для генерации водорода

в реакции взаимодействия воды и металлов

для бытового применения

12-5-10-8 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для промышленной энергетики

12-5-10-9 Физико-математические модели описания процессов генерации водорода

12-5-10-10 Перспективные направления развития метода для воплощения его на борту транспортных средств

12-5-11-0 Получение водорода из глубинного морского сероводорода

И.М. Неклюдов (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)

Н.А. Азаренков (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)

В.И. Ткаченко (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)

12-5-12-0 Новые способы получения водорода**12-6-0-0 Транспортирование водорода**

А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИХиммаш») (МРК)

12-6-1-0 Транспортирование жидких криогенных продуктов по трубопроводам

А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

12-6-2-0 Охлаждение магистралей криогенных систем**12-6-3-0 Неуставившиеся процессы в криогенных системах****12-7-0-0 Топливные элементы**

Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)

Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)

В.П. Пахомов (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

12-7-1-0 Разработка и производство топливных элементов**12-7-1-1 Мембраны для топливных элементов****12-7-1-2 Компьютерное моделирование****функционирования топливных элементов****12-7-2-0 Применение топливных элементов****12-7-2-1 Устройства питания на топливных элементах с конверсией метанола в водород****12-7-3-0 Топливные элементы с предварительной обработкой водородсодержащего топлива****12-8-0-0 Конструкционные материалы**

П.Г. Бережко (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)

В.М. Чертов (Россия, Москва) (МРК)

Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)

П.Сан-Грегуйар (Франция, Тулон-Вар, Университет Тулон-Вара) (ЗГР)

А.Т. Пономаренко (Россия, Москва, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН) (МНКСР)

Л.В. Сливак (Россия, Пермь, ПГУ) (МНКСР)

А.А. Курдюмов (Россия, С.-Петербург, СПбГУ) (МНКСР)

М.В. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МНКСР)

Я.И. Бляшко (Россия, С.-Пб., АОЗТ «МНТО ИНСЭТ») (МРК)

Н.М. Власов (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

И.И. Федик (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

12-8-1-0 Водород в металлах и сплавах

В.А. Гольцов (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

Л.Ф. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

12-8-2-0 Водородная деградация**12-8-3-0 Системы наводороживания конструкционных материалов****12-8-4-0 Статическая и динамическая прочность материалов**

Н.Н. Гердюков (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

12-8-5-0 Газары. Применение газаров**12-8-6-0 Электропечи для термовакuumных процессов. Вакуумные электропечи сопротивления**

Э.Н. Мармер (Россия, Москва, ОАО «ВНИИЭТО») (МРК)

12-8-7-0 Новые конструкционные материалы для объектов альтернативной энергетики**12-9-0-0 Методы получения синтез-газа**

А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

12-9-1-0 Адиабатическая конверсия природного газа**12-10-0-0 Транспортные средства и приводы на водородном топливе**

Т. Гертиг (Германия, Берлин) (МРК)

А.Л. Дмитриев (Россия, С.-Петербург, РНЦ «Прикладная химия») (МРК)

А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)

Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)

А.Ю. Раменский (Россия, Москва, «Аудит-Премьер») (МНКСР)

В.С. Соколов (Россия, С.-Петербург) (МНКСР)

12-11-0-0 Водородные автозаправочные станции**12-12-0-0 Водород для энергообеспечения зданий****(водородные мини-электростанции на базе топливных элементов)****V. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ****13. Наноструктуры**

А.М. Липанов, акад. РАН (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)

Ю.М. Шульга (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)

В.И. Кодолов (Россия, Ижевск, Научно-образовательный центр химической физики и мезоскопии УдНЦ УрО РАН) (МНКСР)

Ю.С. Нечаев (Россия, Москва, ФГУП «ГНЦ РФ – Центральный институт черной металлургии им. И.П. Бардина») (МНКСР)

Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МНКСР)

Ю.Д. Третьяков, акад. РАН (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)

13-1-0-0 Наносистемы: синтез, свойства, применение

Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)

В.В. Куршева (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

13-2-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для теплоизоляции

13-3-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для сенсоров водорода

М.В. Воробьева (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МРК)
В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский государственный университет) (РНС)

13-4-0-0 Компьютерное моделирование синтеза углеродных наноматериалов с заданными свойствами**13-5-0-0 Углеродные наноструктуры для автотранспорта****VI. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ****14. Термодинамический анализ в альтернативной энергетике**

В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

14-1-0-0 Термодинамический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике**14-2-0-0 Эксергетический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике****VII. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ****15. Основные проблемы энергетики и альтернативной энергетики****15-1-0-0 Аккумулирование электрической энергии****15-2-0-0 Сверхпроводящие материалы. Сверхпроводимость. Сверхпроводимость в энергетике****15-3-0-0 Новые циклы и схемы термотрансформаторов****15-4-0-0 Проблемы освещения мегаполисов****16. Применение гелия и специальных материалов в транспортных средствах**

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (Россия, Москва, Международный инженерный университет) (РНС)

16-1-0-0 Дирижабли для перевозки крупногабаритных грузов

16-2-0-0 Дирижабли для контроля за чрезвычайными ситуациями в мегаполисах: автоинспекция, пожарная безопасность, антитерроризм, наблюдение за техническим и экологическим состоянием промышленных зданий и сооружений. Энергоназор (контроль тепловых утечек зданий в масштабе города)

16-3-0-0 Пожарные, нейтрализационные, полицейские дирижабли**17. Энергетика и экология**

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
О.Л. Фигиевский (Израиль, Мигдал Ха'Емек, Израильский исследовательский центр «Polymate») (МРК)
М.В. Воробьева (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МРК)
17-1-0-0 Парниковый эффект
17-2-0-0 Экологические проблемы мегаполисов
17-3-0-0 Экология воздушной среды и космического пространства
17-4-0-0 Экология водных ресурсов

17-5-0-0 Проблемы вредных выбросов в атмосферу тепловыми электрическими станциями**17-6-0-0 Проблемы загрязнения почвы традиционными энергоносителями****17-7-0-0 Экологический туризм и экокортоты****17-8-0-0 Проблемы переработки промышленных и бытовых отходов****18. Энергоэффективные способы и устройства разделения и очистки агрессивных газовых смесей**

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева) (МРК)
А.А. Боброва (Россия, Саров, РЯЦ-ВНИИЭФ)

**19. Экология и энергоресурсы пустынь****20. Вода, ее свойства. Водоподготовка, применение****21. Вибрация и акустические воздействия энергетических объектов на окружающую среду****VIII. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА****22. Законодательная база**

П.Б. Шелищ (Россия, Москва, Государственная Дума РФ, президент НАВЭ) (МНКРП)

22-1-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики в России**22-2-0-0 Законодательное обеспечение инновационного развития водородной энергетики****22-3-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики стран СНГ****22-4-0-0 Законодательная база экологии****IX. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ****23. Образование и научно-исследовательские центры**

Л.А. Илькаева (Россия, Саров, РЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКРП)
Б.Ф. Реутов (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)

А.В. Чувиковский (Россия, Саров, ИПК РЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

Ю.П. Щербак (Россия, Саров, СарФТИ) (МНКРП)

Ж.-П. Концен (Бельгия, Кармановский институт гидрогазодинамики) (МРК)

23-1-0-0 Образовательная деятельность в области альтернативной энергетики и экологии**23-1-1-0 Образовательная деятельность в рамках школьной программы.****23-1-2-0 Образовательная деятельность в вузах****23-2-0-0 Водородные технопарки, наукограды****23-3-0-0 Молодежь в науке и технике**



X. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ



24. Экономические аспекты

- 24-1-0-0** Инвестиционная привлекательность различных стран мира и фирм
24-2-0-0 Запасы традиционных энергоресурсов стран экспортеров и мировые запасы
24-3-0-0 Государственные научно-технические программы развития водородной энергетики
24-4-0-0 Экономический анализ
В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)
24-5-0-0 Бизнес-планирование



XI. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ



25. Нанотехнологии для альтернативной энергетики

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
В.В. Куршева (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
О.Н. Ефимов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН)
25-1-0-0 Нанотехнологии в процессах синтеза оксидов металлов, в производстве твердооксидных топливных элементов
25-2-0-0 Нанотехнологии в изготовлении клеточных каркасов для медицинских целей
25-3-0-0 Радиационно-химические нанотехнологии в производстве новых типов фторполимерных композиционных материалов



26. Инновационные решения в области энергетики и альтернативной энергетики

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



27. Информационные технологии



XII. ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА



28. Криогенные и пневматические транспортные средства

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
28-1-0-0 Криогенный азотный транспорт
28-2-0-0 Автомобили на инертных газах для опасных объектов (пожарные, служебные аэропортов, складов горючесмазочных материалов, для взрывоопасных химических производств и др.)
28-3-0-0 Пневматические транспортные средства



29. Бортовые аккумуляторы

- 29-1-0-0** Тепловые аккумуляторы энергии
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
29-1-1-0 Температура выше 273 К
29-1-2-0 Температура ниже 273 К
29-1-3-0 Температура ниже 77 К

- 29-2-0-0** Маховичные аккумуляторы энергии
29-3-0-0 Электрические аккумуляторы энергии
29-4-0-0 Пружинные аккумуляторы энергии
29-5-0-0 Пневматические аккумуляторы энергии
29-6-0-0 Химические аккумуляторы энергии



30. Мультирежимные транспортные средства

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
О.Б. Баклицкая (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
М.А. Казарян (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



31. Системы внешней и бортовой рекуперации энергии транспортных средств

- А.Л. Гусев* (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



32. Литий-ионные источники тока и суперконденсаторы



XIII. ДОБЫЧА ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



33. Ювенильный водород в процессах геотектоники и геохимии

- С.В. Дигонский* (Россия, Екатеринбург, ФГУП «Урангеолого-разведка») (МРК)
В.Л. Сывороткин (Россия, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова) (МРК)
33-1-0-0 Роль водорода в химическом строении мироздания
33-2-0-0 Движущие силы развития Земли и планет
33-3-0-0 Водород в ядре Земли
33-4-0-0 Геология и геохимия природных газов зон глубинных разломов
33-5-0-0 Транспорт ювенильного водорода через толщу Земли и формирование электроразряженных зон
33-6-0-0 Природный синтез углеродистых веществ
33-7-0-0 Глубинная дегазация Земли, глобальные катастрофы и аномальные явления



XIV. КАТАЛИЗ В АЭЭ



34. Катализ

- З.Р. Исмаилов* (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)
С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, ИПХФ РАН, Черногловка) (РНС)
В.Н. Пармон, акад. РАН (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (РНС)
В.А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)
О.Н. Ефимов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)
Н.Н. Вершинин (Россия, ИПХФ РАН, Черногловка)
34-1-0-0 Каталитические методы синтеза альтернативного топлива
34-2-0-0 Катализ в совмещенных схемах «производство энергии и получение полезных продуктов из природного газа»



34-3-0-0 Катализ в генерации рабочего тела в газотурбинных установках
 34-4-0-0 Катализ в топливных элементах
 34-5-0-0 Катализ в процессах получения синтез-газов и водорода
 34-6-0-0 Каталитические методы очистки водорода
 34-7-0-0 Катализ в очистке промышленных газовых выбросов энергетических систем
 34-8-0-0 Катализ в системах очистки технических вод
 34-9-0-0 Фотокаталитические и электрокаталитические методы получения водорода
 34-10-0-0 Разработка и исследование свойств материалов для формирования каталитических слоев в топливных элементах
 34-11-0-0 О механизмах каталитического действия. Влияние природы металлов и степени их окисления на каталитическую активность
 34-12-0-0 Наноккомпозиты для применения в качестве катализаторов. Влияние размерного фактора на каталитическую активность
 34-13-0-0 Альтернативные катализаторы без применения платины
 34-14-0-0 Проблемы отравления катализаторов
 34-15-0-0 Носители катализаторов: дизайн, синтез, свойства
 А.Я. Вуль (Россия, С.-Пб., ФТИ им. Иоффе)
 34-16-0-0 Каталитические слои для топливных элементов в планарном исполнении
 34-17-0-0 Золь-гель метод для получения катализаторов и носителей катализаторов
 34-18-0-0 Каталитическая конверсия топлив и мембранные технологии в процессах производства водородсодержащих топливных композиций и особо чистого водорода



XV. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ



35. Энергосберегающие технологии, системы, материалы и приборы

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



XVI. ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



36. Проблемы нефтегазовой и угольной промышленности

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

36-1-0-0 Постановка задач для ученых и инженеров с целью формулировки ТЗ для НИР и НИОКР с учетом экологического аспекта.



37. Нефтегазовые трубопроводы и экология окружающей среды



XVII. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА



38. Оптические явления и устройства



XVIII. ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



39. Газотурбинные технологии



XIX. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА



XX. ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

40-1-0-0 Экологически чистые технологии изготовления древесных изделий без применения синтетических смол-связующих



XXI. НАУКИ О ЗЕМЛЕ



XXII. ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ



41. Информация

А.И. Саликов (Россия, Москва, ДОР ЦНИИатоминформ) (МНКСП)
 Е.М. Тарараева (Россия, Москва, Дор ЦНИИатоминформ) (МНКСП)
 Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова) (РНС)

И.В. Лобанова (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

41-1-0-0 Периодические издания

41-2-0-0 Интернет-ресурсы

41-3-0-0 Научные биографии ученых мира

41-4-0-0 Научные фонды, научные проекты

41-5-0-0 Международные научные конференции

41-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей

41-7-0-0 Новые научные книги

41-8-0-0 Интеллектуальная собственность

41-9-0-0 Энциклопедия альтернативной энергетики.

Термины и определения

41-10-0-0 Отзывы, письма в редакцию, краткие сообщения

41-11-0-0 Обращения членов редакционного научного совета

41-12-0-0 Энергетические компании

41-13-0-0 Новости Редколлегии

41-14-0-0 Научные организации

41-15-0-0 Новости науки и техники

РНС — Редакционный научный совет; МПК — Международный редакционный комитет;

МНКСП — Международный научно-консультативный совет редакции;

ЭС — Экспертный совет; МСП — Международный совет рецензентов





I. RENEWABLE ENERGY



1. Solar energy

A. Steinfeld (Switzerland, Zurich, ETH-Swiss Federal Institute) (IEB)
 G.I. Isakov (Azerbaijan, Baku, Institute of Physics of NAS of Azerbaijan) (DECH)
 I.G. Khidirov (Uzbekistan, Tashkent, Institute of Nuclear Physics of NAS of Uzbekistan) (IEB)
 S. Geruny (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (IEB)
 S.M. Raza (Pakistan, Quetta, University Of Balochistan) (IEB)
 S.Z. Ilyas (Pakistan, Quetta, University Of Balochistan) (IEB)
 A.M. Pendjiev (Turkmenistan, Ashkhabat-32, Turkmenian Polytechnic Institute) (IEB)
 V.F. Gremenok (Belorussia, Minsk, Jointed Institute of Solid State and Semi-conductor Physics) (IEAB)
 V.A. Butuzov (Russia, Krasnodar, "Yuzhgeoteplo")

1-1-0-0 History of solar energy

1-2-0-0 Solar-hydrogen energy

T.N. Veziroglu (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)

1-2-1-0 Materials for solar-hydrogen energy

1-3-0-0 Solar power plants

1-3-1-0 Silicone solar thermal electric plants

1-3-2-0 Space solar stations

1-3-3-0 Photoelectric cell

1-3-4-0 Photovoltaic effect in semiconductor structures. Photoelectric modules

1-4-0-0 Ground solar stations

1-4-1-0 Solar collectors

1-5-0-0 Solar cities

1-5-1-0 Solar buildings

1-5-2-0 Solar refrigerators

1-5-3-0 Solar water-lifting systems

1-5-4-0 Solar energy units

1-6-0-0 Solar transport

1-7-0-0 Solar radiation concentrators



2. Wind energy

I.Z. Boguslavskiy (Russia, Moscow, DBREPE RAS) (IEB)
 V.L. Okulov (Russia, Novosibirsk, SB RAS)
 G.A.M. van Kuik (Netherlands, Delft, Wind Energy Research Institute)

2-1-0-0 Wind Energy and Architecture

2-2-0-0 Wind Energy and Ecology

2-3-0-0 Unique Wind Energy Solutions

2-4-0-0 Sail-Driven Wind Energy

2-5-0-0 Hybrid Wind Turbines

2-6-0-0 History of Wind Energy

2-7-0-0 Combined Wind and Hydrogen Energy

2-8-0-0 Electric Power Generators for Wind Energy

2-9-0-0 New Designs of Vertical-Axis Wind Turbines

2-10-0-0 Horizontal-Axis Wind Turbines

2-11-0-0 Savonius Vertical-Axis Wind turbines

2-12-0-0 Darrieus Vertical-Axis Wind Turbines

2-13-0-0 Combined Wind and Solar Power Plants

2-14-0-0 Future of Wind Energy

2-15-0-0 Balloon-Based Wind Energy

2-16-0-0 Wind Energy Materials

2-17-0-0 Computer Simulations of the Time Profile of Dynamic Wind Velocity Component

2-18-0-0 Integrated Modeling of Vertical-Axis Wind Turbines

2-19-0-0 Energy Conversion in Wind Turbines

2-20-0-0 Wind Energy Applications. Engineering, Economy, Ecology



3. Marine hydroenergetics

3-1-0-0 History of energy of tides

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

3-2-0-0 Sea waves energy

S.P. Kapitza (Russia, Moscow, IPP RAS)

3-3-0-0 Sea tide energy



4. Geothermal energy

V.A. Butuzov (Russia, Krasnodar, "Yuzhgeoteplo")

4-1-0-0 History of geothermal energy

4-2-0-0 Basic research into geothermal energy

4-3-0-0 Problems of geothermal energy assimilation

4-4-0-0 Role of modeling and monitoring in geothermal energy assimilation. Appraisal of geothermal resources

4-5-0-0 Geothermal plants

4-5-1-0 Geothermal power plants

4-5-2-0 Geothermal heat plants

4-6-0-0 Efficiency and reliability of geothermal heat and power plants. Major ways to improve the efficiency of geothermal heat and power plants

4-7-0-0 Geothermal resources of world countries and prospects of their development



5. Energy of biomass

S.A. Markov (USA, Greencastle, DePauw University) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

5-1-0-0 Biogas plants

5-2-0-0 Thermochemical gas generators

5-3-0-0 Energy of biomass and ecology



6. Small hydroenergetics

S. Shatvoryan (Armenia, Yerevan, Energy Strategy Center) (IEB)

6-1-0-0 Equipment for small and micro hydro-power plants (HPP)

6-2-0-0 Derivation micro hydro-power plants



7. Unconventional sources of renewed energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

7-1-0-0 Application of ice in energy. Glacial power stations

7-2-0-0 Application of cold of permafrost for thermostatic control of domestic and process structures

7-3-0-0 Physical and chemical properties of ice

7-4-0-0 Thermal properties of ice



- 7-5-0-0 Thermodynamic basis for production and application of ice
 7-6-0-0 Equipment for ice testing
 7-7-0-0 Facilities for ice production
 7-8-0-0 Methods and machinery for ice emergent break up for safety depth devices and over-land vehicles undergoing disaster
 7-9-0-0 Binary ice in science and technique
 7-10-0-0 Application of ice for construction of engineering and technical, and architecture structures
 7-11-0-0 Ice dynamics and strength. Embrittlement dynamics. Experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics
 7-12-0-0 Numerical and combined numerical and experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics
 7-13-0-0 Techniques for removing ice from water reservoirs
 7-14-0-0 Cold storage and application
 7-15-0-0 Transport of icebergs and production of fresh water
 7-16-0-0 Thermogradient energy



8. RES based power complexes



II. NONRENEWABLE ENERGY



9. Atomic energy

- Yu.A. Trutnev, Acad. RAS (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (HECH)
 A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 A.G. Chudin (Russia, Moscow, Federal Agency for Nuclear Energy) (IEAB)
 V.A. Afanas'ev (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
 M.A. Prelas (USA, Columbia, University of Missouri) (IEB)
9-1-0-0 Atomic-hydrogen energy
 N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)
 A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 V.N. Fateev (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")
9-1-1-0 History of atomic-hydrogen energy
 N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)
 A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")
9-1-2-0 High-temperature gas reactors (HTGR) for hydrogen production via high-temperature processes
9-1-3-0 Fast reactors with sodium cooling (SC) to produce mid-temperature heat, and synthesis gas and hydrogen
9-1-4-0 Fast reactors with lead cooling as reactors of future generation to produce high-temperature heat
 G.L. Khorasanov (Obninsk, SSC of the RF – Institute for Physics and Power Engineering Named After A.I. Leypunsky) (IEB)
9-2-0-0 Atomic energy for vehicles
 M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)
 I.V. Shamanin (Russia, Tomsk, Tomsk Polytechnical Univ.) (IEB)
9-2-1-0 Radionuclide heat sources
9-2-2-0 Radionuclide thermoelectric generators

- 9-2-3-0 Thermo- and radiation-stimulated phase transformation in alloys incorporated (carbides, nitrides, nitrides-hydrides, carbohydrides and hydrides of transition metals, high-temperature, super-conducting materials, intermetallic composition)**



10. Explosion energy

- V.E. Fortov, Acad. RAS (Russia, Moscow, Institute of thermal physics of extremal state RAS) (SEB)
 A.L. Mikhailov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
 N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
 A.A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)
 V.N. German (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
10-1-0-0 Explosion technologies
10-2-0-0 Computer simulation of problems for explosion energy
 M.A. Syrunin (Russia, Sarov, IEB RFNC-VNIIEF)
10-2-1-0 Setting up problems for explosion energy
10-2-2-0 Mobile Lagrangian and Euler grids
10-3-0-0 Explosion deuterium energy
10-4-0-0 Explosion energy for syntheses of new materials
10-4-1-0 Materials synthesis and sticking by the explosion
10-4-2-0 Shock-wave sticking
10-4-3-0 Computer modelling of processes of material shock-wave sticking
10-5-0-0 Explosives
10-6-0-0 Blasting chambers
 A.A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)
10-7-0-0 Extremal state of matter. Detonation. Shock waves
10-8-0-0 Energy materials and physics of detonation
10-9-0-0 Equations of the state and phase transition



III. THERMONUCLEAR ENERGY



11. Thermonuclear energy

- V.N. Lobanov (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
11-1-0-0 Investigations on the controlled thermonuclear fusion
11-2-0-0 X-ray thermonuclear fusion
11-3-0-0 Beam fusion
11-4-0-0 Inertial fusion
11-5-0-0 Isotope effect
11-6-0-0 Cryogenic tritium targets
11-7-0-0 High-pressure targets designed for research of nuon catalysis processes in nuclear fusion
11-8-0-0 International project of thermonuclear fusion reactor, ITER
11-9-0-0 Radiological protection and nuclear security
11-10-0-0 Production of radioisotopes and application
 M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, FIAN Lebedev Institute of Physics of RAS) (IEB)
11-11-0-0 Fuel cycle and ecology
11-12-0-0 Design, construction and maintenance of nuclear research and power reactors



11-13-0-0 Production of components and materials required for application in nuclear reactors and fuel cycles thereof

11-14-0-0 TOKAMAK systems

11-15-0-0 Auxiliary magnetocumulative systems



IV. HYDROGEN ECONOMY



12. Hydrogen economy

F.Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical Univ.) (IEB)
Z.Sen (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical University) (IEB)
A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

12-1-0-0 History of hydrogen economy

T.N. Veziroglu (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)
A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

12-2-0-0 Safety of hydrogen energy

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)
J.Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)
L.F. Belovodskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)

12-2-1-0 Hydrogen recombinators

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

12-2-2-0 Systems of inert gas blowing off

12-2-3-0 Ensuring of the safe operation of cryogenic systems

12-2-4-0 Safe application of hydrogen on board the vehicle

12-3-0-0 Gas analytical systems and hydrogen sensors

J.Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)
A.M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)
V.M. Aroutiounian, Academician NAS of Armenia (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)
J.Schoonman (Netherlands, Delft, Delft University of Technology) (IEAB)
L.I. Trakhtenberg (Russia, Moscow, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics RAS) (IEB)

12-4-0-0 Hydrogen storage

J.Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)
O.N. Srivastava (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)
S.M. Aldoshin, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)
B.P. Tarasov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

12-4-1-0 Hydrogen storage in carbon nanosystems

O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)
B.K. Gupta (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)
A.V. Vakhroushev (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics of Ural branch of RAS) (IEB)

12-4-2-0 Hydrogen storage in an incapsulated gaseous state: in microspheres, in foam metals, in zeolites and others

V.S. Kogan (Ukraine, Khar'kov, NSC Kharkov Institute of Physics and Technology) (IEB)
A.F. Chabak (Russia, Moscow, Academy of perspective technologies) (IEB)
E. F. Medvedev (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

12-4-3-0 Hydrogen storage in gaseous state under pressure

A.S. Koroteev, Academician RAS (Russia, Moscow, Keldysh Research Center) (SEB)

12-4-3-1 Hydrogen storage in gaseous state in large reservoirs

12-4-3-2 Hydrogen storage in gaseous state in tank

12-4-4-0 Hydrogen storage in liquid state

A.M. Arkharov (Russia, Moscow, Bauman Moscow State Technical University) (IEB)
A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, "Cryogenmash") (IEB)
V.I. Kupriyanov (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

A.A. Makarov (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)
G.G. Shevyakov (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)
V.S. Travkin (USA, Los Angeles, University of California) (IEB)
V.S. Kogan (Ukraine, Khar'kov, NSC Kharkov Institute of Physics and Technology) (IEB)

I.F. Kuz'menko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

12-4-4-1 Hydrogen storage in cryogenic liquid state in large reservoirs

12-4-4-2 Hydrogen storage in cryogenic liquid state on board the vehicles

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

12-4-5-0 Hydrogen storage in chemically-bonded state in liquid media

12-4-6-0 Hydrogen storage in solid phase state in metal hydride systems

M.D. Hampton (USA, Orlando, Univ. of Central Florida) (DECH)

B.P. Tarasov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

S.P. Gabuda (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

V.L. Kozhevnikov (Russia, Ekaterinburg, ISSC Ural Branch of RAS) (IEB)

12-4-7-0 Hydrogen storage in combined systems

12-4-8-0 Hydrogen storage in adsorbed state in cryogenic adsorbents

12-4-9-0 Novel methods of hydrogen storage

12-5-0-0 Hydrogen production methods

I.F. Kuz'menko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

V.V. Lunin, Acad. RAS (Russia, Moscow, M.V. Lomonosov MSU)

12-5-1-0 Radiolysis

M.A. Prelas (USA, Columbia, University of Missouri-Columbia) (IEB)

12-5-2-0 Electrolysis

12-5-3-0 Hydrogen production via thermochemical dissociation of water

12-5-4-0 Hydrogen production by ammonia decomposition

V.A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

12-5-5-0 Method of catalytic conversion (reforming) of gaseous and liquid hydrocarbons

12-5-6-0 Hydrogen production by partial oxidation of hydrocarbons

12-5-7-0 High-temperature process for hydrogen production

12-5-8-0 Hydrates

S.P. Gabuda (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

12-5-9-0 Hydrogen production on board of the vehicle from organic fuels

12-5-10-0 On board hydrogen production via reaction of interaction of water and metals (aluminium, magnesium etc.)

12-5-10-1 Mechanic and electric methods of removal of oxide layer during reaction

12-5-10-2 Chemical methods of removal of oxide layer during reaction

12-5-10-3 Ultrasonic methods of removal of oxide layer during reaction

12-5-10-4 Methods of increase of specific surface of metals

1-5-10-5 Thermal and pressure methods of intensification of hydrogen production

12-5-10-6 Devices for on board hydrogen production via reaction of interaction of water and metals

12-5-10-7 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for domestic applications

12-5-10-8 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for commercial applications

12-5-10-9 Physico-mathematical model of processes of hydrogen production

12-5-10-10 Novel lines of development of method for on-board application

12-5-11-0 Hydrogen production from deep-sea hydrogen sulphide



I.M. Neklyudov (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)
N.A. Azarenkov (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)
V.I. Tkachenko (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)

12-5-12-0 Novel hydrogen production methods

12-6-0-0 Hydrogen transport

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIHIMMASH") (IEB)

12-6-1-0 Transport of liquid cryogenic products by pipelines

A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

12-6-2-0 Cooling of cryogenic system mains

12-6-3-0 Transient processes in cryogenic systems

12-7-0-0 Fuel cells

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

V.P. Pakhomov (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

12-7-1-0 Research and production of fuel cells

12-7-1-1 Membranes for fuel cells

12-7-1-2 Computer simulation of fuel cell operation

12-7-2-0 Fuel cells application

12-7-2-1 Power supply on fuel cells with methanol conversion for portable devices

12-7-3-0 Fuel cells with hydrogenous fuel pre-processing

12-8-0-0 Structural materials

P.G. Berezhenko (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

A.M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

V.M. Chertov (Russia, Moscow) (IEB)

Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

P.Saint-Gregoire (France, University de Toulon et du Var) (DECH)

F.A. Lewis (Great Britain, Belfast, The Queen's University of Belfast) (SEB)

A.T. Ponomarenko (Russia, Moscow, Enikolopov Institute of Synthetic Polymer Materials of RAS) (IEAB)

L.V. Spivak (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)

M.V. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, Donetsk STU) (IEAB)

N.M. Vlasov (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

I.I. Fedik (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

12-8-1-0 Hydrogen in metals and alloys

V.A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

L.F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

12-8-2-0 Hydrogen degradation

12-8-3-0 Structural materials hydrogenation systems

12-8-4-0 Static and dynamic strength of structural materials

N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)

12-8-5-0 Gasars. Application of gasars in marine and air fleet, motor-car construction

12-8-6-0 Electrical furnaces for thermovacuum processes

E.N. Marmer (Moscow, VNIIEO)

12-8-7-0 New structural materials for renewable energy structures

12-9-0-0 Synthesis-gas production methods

A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

12-9-1-0 Adiabatic conversion of the natural gas

12-10-0-0 Hydrogen fuel vehicles and engines

T. Gaertig (Germany, Berlin) (IEB)

A.L. Dmitriev (Russia, S.-Petersburg, RSC "Applied Chemistry") (IEB)

A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

A.Yu. Ramenskiy (Russia, Moscow, Audit-Premier) (IEAB)

V.S. Sokolov (Russia, S.Petersburg) (IEAB)

12-11-0-0 Hydrogen filling stations

12-12-0-0 Hydrogen for providing buildings, structures and houses with energy. Micro hydrogen power plants based on fuel cells



V. STRUCTURAL MATERIALS



13. Nanostructures

A.M. Lipanov, Acad. RAS (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics UB RAS) (IEB)

Yu.M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka, JSC "Cryogenmash") (IEB)

V.I. Kodolov (Russia, Izhevsk, BRHE Centre of Chemical Physics and Mesoscopy) (IEAB)

Yu.S. Nechaev (Russia, Moscow, Bardin Research Institute of the Ferrous-Metals Industry) (IEAB)

B.P. Tarasov (Chernogolovka, IPCP RAS) (IEAB)

Yu.D. Tretiakov, Acad. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

13-1-0-0 Nanosystems: synthesis, properties, and application

E.A. Goodilin, Member Corresp. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

V.V. Kyrsheva (Russia, Sarov, STC "TATA")

13-2-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for heat insulation

13-3-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for hydrogen sensors

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEAB)

V.M. Aroutiounian, Acad. NAS of Armenia (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)

13-4-0-0 Computer simulation of synthesis of carbon nanomaterials with specified properties

13-5-0-0 Carbon nanostructures for vehicles



VI. THERMODYNAMIC BASICS OF AEE



14. Thermodynamic analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

14-1-0-0 Thermodynamic analysis of basic energy generation processes in alternative energy

14-2-0-0 Exergetic analysis of basic energy generation processes in alternative energy



VII. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY



15. Basic problems of energy and renewable energy

15-1-0-0 Electric energy storage

15-2-0-0 Superconductive materials. Superconductivity. Superconductivity of energy

15-3-0-0 New cycles and schemes for thermotransformers

15-4-0-0 Problems of megapolise illumination





16. Application of helium and special materials in vehicles

Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Russia, Moscow, International Univ. of Engineering) (SEB)

16-1-0-0 Airships to transfer large-sized cargoes

16-2-0-0 Airships to control states of emergency in megapolises: car inspection, fire safety, terrorism combat, technical and ecological state control of industrial buildings and structures. Energy control (heat leak control in buildings on a city's scale)

16-3-0-0 Fire fighting airships, counteracting, and police airships



17. Energy and ecology

O.L. Figovsky (Israel, Israel Research Center Polymate) (IEB)

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

17-1-0-0 Greenhouse gas effect

17-2-0-0 Ecological problems of industrial megapolises

17-3-0-0 Ecology of air atmosphere and space

17-4-0-0 Ecology of water resources

17-5-0-0 Problems of unhealthy atmospheric emissions by heat-electric generating plants

17-6-0-0 Problems of ground pollution by energy carriers

17-7-0-0 Ecological tourism and ecological resorts

17-8-0-0 Problems of factory and domestic waste utilization



18. Energy efficiency methods and facilities for aggressive gas mixture separation and purification

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)

A.A. Bobrova (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF)



19. Ecology and power resources of deserts



20. Water, its properties. Water preparation, application



21. Vibration and acoustic effects of energy facilities on the environment



VIII. LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT



22. Legislative basis

P.B. Shelishch (Russia, Moscow, RF State Duma, President of National Association of Hydrogen Energy) (IEAB)

22-1-0-0 Legislation basis for renewable energy in Russia

22-2-0-0 Legislation assurance for innovation development of hydrogen energy

22-3-0-0 Legislation basis for renewable energy in CIS

22-4-0-0 Legislation basis for ecology



IX. PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION



23. Education and scientific research centres

B.F. Reutov (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)

A.V. Chuvikovskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

Yu.P. Shcherbak (Russia, Sarov, Sarov Physicotechnical Institute) (IEB)

J.-P. Contzen (Belgium, von Karman Institute for Fluid Dynamics) (IEB)

23-1-0-0 Educational activities in the field of alternative energy and ecology

23-1-1-0 Educational activity within school program

23-1-2-0 Educational activity in institutes of higher education

23-2-0-0 Hydrogen trading estates and science and research cities

23-3-0-0 Young people in alternative energy and ecology science and technology



X. ECONOMIC ASPECTS OF AEE



24. Economical aspects

24-1-0-0 Investment attractiveness of various countries and companies in renewable energy

24-2-0-0 Resources of conventional energy sources in exporting countries and world resources

24-3-0-0 National scientific and technological programmes of the development of hydrogen economy

24-4-0-0 Economical analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

24-5-0-0 Business-planning in renewable energy



XI. INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION



25. Nanotechnology for renewable energy

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

V.V. Kursheva (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.N. Efimov (Russia, Sarov, STC "TATA")

25-1-0-0 nanotechnology in the metal oxide synthesis and solid oxide fuel cells production

25-2-0-0 Nanotechnology in cell framework manufacturing for medical purposes

25-3-0-0 Radiation-chemical nanotechnology in production of new types fluoropolymer composite materials



26. Innovative solutions in alternative energy and ecology

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")





27. Information technologies (IT)



XII. ENVIRONMENTAL VEHICLES



28. Cryogenic and pneumatic vehicles

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

28-1-0-0 Cryogenic nitrogen transport

28-2-0-0 Inert gas-based cryogenic vehicles for hazardous structures: fire engines, air port auxiliary vehicles, fuel and lubricant storage, vehicles in dangerously explosive chemical production

28-3-0-0 Pneumatic vehicles



29. On-board energy accumulators

29-1-0-0 Thermal energy accumulators

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

29-1-1-0 Temperature above 273 K

29-1-2-0 Temperature below 273 K

29-1-3-0 Temperature below 77 K

29-2-0-0 Flywheel energy accumulators

29-3-0-0 Electrical energy accumulators

29-4-0-0 Spring energy accumulators

29-5-0-0 Compressed-air energy accumulators

29-6-0-0 Chemical energy accumulators



30. Multi mode vehicles

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.B. Baklitskaya (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Sarov, STC "TATA")



31. External and onboard vehicle energy recovery systems

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")



32. Lithium-ion current sources and supercapacitor



XIII. RECOVERY TECHNIQUES FOR AEE



33. Juvenile hydrogen in geotectonics and geochemistry processes

S.V. Digonskiy (Russia, Ekaterinburg, FGUP "Urangeo-razvedka") (IEB)

V.L. Syvortkin (Russia, Moscow, M. V. Lomonosov MSU) (IEB)

33-1-0-0 Role of hydrogen in chemical composition of the universe

33-2-0-0 Diving forces in the evolution of Earth and planets

33-3-0-0 Hydrogen in the Earth's core

33-4-0-0 Geology and geochemistry of natural gases in deep fault areas

33-5-0-0 Transport of juvenile hydrogen through the Earth stratum and formation of electrically charged zones

33-6-0-0 Natural synthesis of carbon-based substances

33-7-0-0 Deep degasifying of the Earth, global disasters and anomalous phenomena



XIV. CATALYSIS FOR AEE



34. Catalysis for renewable energy

Z.R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

V.N. Parmon, Acad. RAS (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (SEB)

V.A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (IEB)

O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

N.N. Vershinin (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS)

34-1-0-0 Catalytic methods for synthesis of alternative fuel

34-2-0-0 Catalysis in combined schemes «energy generation and production of useful products from natural gas»

34-3-0-0 Catalysis in generation of working fluid in gas turbines as an effective alternative flare generation method

34-4-0-0 Catalysis of fuel cells

34-5-0-0 Catalysis in processes of production of synthesis gas and hydrogen

34-6-0-0 Catalytic methods of hydrogen treatment

34-7-0-0 Catalysis in treating of power reactor waste gases

34-8-0-0 Catalysis in process water treatment systems

34-9-0-0 Photocatalytic and electrocatalytic methods for hydrogen production

34-10-0-0 Development and study of material properties to form catalytic layers in fuel cells

34-11-0-0 On mechanism of catalytic action. Effect of metal nature and degree of oxidation thereof on catalytic activity

34-12-0-0 Nanocomposites for application as catalysts. Effect of dimension factor on catalytic activity

34-13-0-0 Alternative catalysts with no platinum

34-14-0-0 Problems of catalyst poisoning

34-15-0-0 Catalyst carriers: design, synthesis, and properties

A. Ya. Vul' (Russia, St. Petersburg, Ioffe Institute)

34-16-0-0 Catalytic layers for fuel cells in planar design

34-17-0-0 Sol-gel process for production of catalysts and catalyst carriers

34-18-0-0 Catalytic conversion of fuel and technologies in the process of membrane production of hydrogen fuel compositions and ultra-pure hydrogen



XV. ENERGY SAVING



35. Energy-saving technologies, materials, systems, and instruments

A.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



XVI. PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX



36. Problems of oil, gas, and coal industry

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

36-1-0-0 Problem definition for scientists and engineers to form a Task Order for research and R&D works taking into account ecological aspect



37. Oil and gas pipelines and ecology



XVII. OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES



38. Optical phenomena and facilities



XVIII. GAS-TURBINE TECHNOLOGIES



39. Gas-turbine technologies



XIX. ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES



XX. ISSUES OF AGRICULTURE

40-1-0-0 Environmental technology manufacturing of wood products without the synthetic resin binder



XXI. EARTH SCIENCES



XXII. INFORMATION FOR AEE



41. Information

A.I. Salikov (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)
E.M. Tararava (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)
E.A. Goodilin, Member Corresponding RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)
I.V. Lobanova (Russia, Sarov, STC "TATA")

41-1-0-0 Review of periodicals

41-2-0-0 Review of leading internet-resources

41-3-0-0 Prominent scientists' biographies

41-4-0-0 Scientific funds and scientific projects

41-5-0-0 International scientific conferences

41-6-0-0 Advertising matters of investment companies and manufacturers

41-7-0-0 Review of new scientific books

41-8-0-0 Intellectual property

41-9-0-0 Encyclopedia of renewable energy. Terms and definitions

41-10-0-0 Opinions, letters in publishing office, short articles

41-11-0-0 Messages of members of Scientific editorial board

41-12-0-0 Energetic companies

41-13-00 News of Editorial board

41-14-0-0 Scientific organizations

41-15-0-0 News

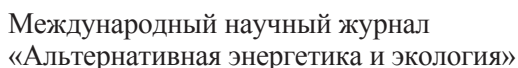
SEB — Scientific Editorial Board

IEB — International Editorial Board

IEAB — International Editorial Advisory Board

EB — Experts Board

IRB — International Reviewers Board



ISJAE

МК-Периодика, Интерпочта и др.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте info@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

**Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, порядковый номер и год выпуска журнала(ов), например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, 67-14, № 1-6 за 2004 г., или № 4 за 2002г.*



ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAEE

Продолжается подписка на «ЗОЛОТУЮ КОЛЛЕКЦИЮ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»
- 185-томник ISJAEE

Наименование:
Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»
Индекс издания: ISSN1608-8298
Периодичность: 2 раза в месяц
Объем издания (страниц): 200–270
Вид рассылки: адресный
Официальный сайт:
<http://isjaee.hydrogen.ru>
Подписка: через редакцию
или по каталогам: Роспечать,
МК-Периодика, Интерпочта и др.

Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на «Золотую коллекцию», заполнив извещение (форма ПД-4) и перечислив на счет НТЦ «ТАТА» 42 000 руб. Копию корешка извещения, пожалуйста, направьте по адресу:

НТЦ «ТАТА»

607183, Нижегородская обл., г. Саров, а/я 687

Генеральному директору А.Л.Гусеву

Пожалуйста, не забудьте в сопроводительном письме указать почтовый адрес получателя подписки.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте info@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

Извещение		Форма ПД-4
Кассир		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа) 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с30101810200000000721 042204721 БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: 42_000_руб. ____ коп. Плательщик (подпись) _____
Кассир		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656/525401001 (ИНН получателя платежа) 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с30101810200000000721 042204721 БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: 42_000_руб. ____ коп. Плательщик (подпись) _____

*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, «Золотая коллекция», например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, «Золотая коллекция».



Стоимость подписки для различных категорий подписчиков на 2016 год

Категория подписчиков	Цена, руб.	
	за полугодие	за год
Аспиранты	9000	18000
Пенсионеры	9000	18000
Физические лица	12000	24000
Малые предприятия	14000	28000
Вузы	14000	28000
Научно-исследовательские организации	15000	30000
Российские научные центры	16000	32000
Муниципальные библиотеки	17000	34000
Национальные библиотеки	18000	36000

Информация о плательщике: _____ (Ф.И.О., адрес плательщика) _____ (ИНН налогоплательщика) N _____ (номер лицевого счета (код) плательщика)	
Информация о плательщике: _____ (Ф.И.О., адрес плательщика) _____ (ИНН налогоплательщика) N _____ (номер лицевого счета (код) плательщика)	

В редакции журнала можно оформить подписку на любой номер, или полугодие, или коллекцию ISJAEE

ВНИМАНИЕ! По этой квитанции Вы можете оплатить как годовую подписку, так и отдельные номера нашего журнала за 2002–2013 гг.





SUBSCRIPTION-2015

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology

ISJAE

Dear Colleagues! Subscription for the year 2015 is available

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE)

ISSN 1608-8298

Periodicity: 2 times per month

Issue volume (pages): 200–270

Distribution: Address

Official site: <http://isjaee.hydrogen.ru>

Subscription: via editorial board and catalogue

Table 3

Subscription	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAE
Quarter	\$100	\$150	\$90	\$90
Half year	\$200	\$350	\$180	\$180
Annual	\$400	\$700	\$360	\$360

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to info@hydrogen.ru or by fax (83130) 6-31-07 mentioning the institution address.

ORDER FORM



To: Scientific Technical Centre «TATA»
P.O. Box 687
Sarov, Nizhnii Novgorod region 607183, Russia
Phone/Fax: +7 (83130) 6-31-07
Phone: +7 (83130) 9-74-72
E-mail: gusev@hydrogen.ru



Please, send me _____ copy/copies of “International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology”, ISSN 1608-8298 (_____ issues, 20__ year, _____ \$ (please, see Table 1), postage included)

Payments options

Our Bank details:

Beneficiary Name:	STC "Tata" LC INN5254022656
Beneficiary Address:	SAROV, RUSSIA
Beneficiary Tel:	+7 8313063107
Beneficiary Account Number:	ACC 40702840600000001680
Bank name	SAROVBUSINESSBANK
Bank Address:	SAROV, RUSSIA
Bank ABA:	SWIFT: SARORU2SXXX
Intermediary Bank Name:	DEUTSCHE BANK TRUST COMPANY AMERICAS SWIFT: BKTRUS33 METALLINVESTBANK SWIFT: SCBMRUMM
Intermediary Bank Address:	NEW YORK, USA,
Intermediary Bank ABA:	04457374

Details of payment: «International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology»
Name _____

Organization _____

Mailing Address _____

Number Building _____ Street _____

City _____ State _____

Postal code _____ Country _____

E-mail _____ Phone _____

Fax _____

Signed _____ Date _____





SUBSCRIPTION TO

Golden Collection of Hydrogen Energy

ISJAEE

Dear Colleagues! Subscription to **Golden Collection of Hydrogen Energy** is now available! The **Golden Collection of Hydrogen Energy** consists of 185 volumes of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)

ISSN 1608-8298

Number of volumes: 185

Official site: <http://isjaee.hydrogen.ru>

Distribution: Address

Subscription: via editorial board and catalogue Table 4

Order	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAEE
Golden Collection of Hydrogen Energy	1000 USD	1500 USD	900 USD	900 USD

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to gusev@hydrogen.ru or by fax (83130) 6-31-07 mentioning the institution address.



ORDER FORM



Please, send me Golden Collection of Hydrogen Energy of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, ISSN 1608-8298 (160 volumes, _____ USD (please, see Table 4), postage included)

Payments options
I've arranged a bank transfer to:
 STC «TATA» Limited
 ACC: 40702840200001001681
 BEN. BANK: SAROVBUSINESSBANK
 SAROV, RUSSIA
 CORR. ACC USD: 30109840300000000142
 CORRESP. BANK: ALFA-BANK,
 MOSCOW, RUSSIA, SWIFT: ALFARUMM
 CORR. ACC USD: 400927098 with «CHASE MANHATTAN BANK», NEW YORK,
 N.Y.10004, USA. SWIFT: CHASUS33
 Details of payment: «Golden Collection of Hydrogen Energy»

Name _____

Organization _____

Mailing Address _____

Number Building _____ Street _____

City _____ State _____

Postal code _____ Country _____

E-mail _____ Phone _____

Fax _____

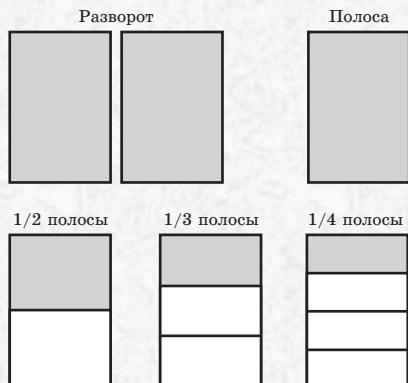
Signed _____ Date _____



РЕКЛАМА В МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ»

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» приглашает научные институты, организации и промышленные предприятия разместить информацию о конференциях, выставках, разрабатываемой и выпускаемой продукции в области альтернативной энергетики и экологии.

Площади рекламного модуля



Требования к макетам рекламных модулей, изготовленных заказчиком

Макет рекламного модуля должен иметь размер, соответствующий размеру печатного оттиска. Форматы макетов: растровый — TIFF (см. требования), векторный — Corel Draw (см. требования). Использование редактора Microsoft Word для проектирования макетов рекламных модулей не допускается.

Допускается предоставление макета модуля (кроме обложки) в формате Adobe PageMaker версий 6.0, 6.5, 7.0. В этом случае должны предоставляться все связанные элементы, а также все используемые шрифты.

Требования к исходным рекламным материалам

Все элементы рекламного модуля (иллюстрации, логотипы, текст и др.) предоставляются в отдельных файлах.

1. Текст

Текст набирается гарнитурой Times New Roman, кегль 14, интервал полутонный. Допускается выделение важной информации полужирным начертанием. Формат Microsoft Word for Windows.

Использование OLE-объектов (графики, слайды презентаций, диаграммы в формате Microsoft Excel, результаты вычислений в математических и иных, в том числе собственных программах) в документах не допускается. Такие объекты присылаются в формате исходной программы и дублируются изображением (см. требования к иллюстрациям).

Использование дополнительных шрифтов (например, логотип выполнен специфической гарнитурой) оговаривается дополнительно. В этом случае предоставляется файл, содержащий начертание букв в формате TTF. Использование PS-шрифтов не допускается.

2. Иллюстрации

Все иллюстрации, находящиеся в рекламном модуле, должны предоставляться в отдельных файлах в форматах TIFF или BMP. Не допускается использование многослойных изображений. Черно-белые изображения должны быть в модели Grayscale. Цветные (обложка) — в модели CMYK. Все ч/б растровые изображения должны иметь разрешение 200 dpi, цветные — 250–400 dpi.

Для векторных изображений предпочтительным является использование формата Corel Draw (*.cdr) до версии 12.0 включительно.

Все встроенные эффекты (линзы, текстурные заливки, тени и т.д.) должны быть переведены в растровое изображение (bitmap). Векторные эффекты (Extrude, Envelope, Contour, Add Perspective, Blend, Distortion, Artistic media) должны быть преобразованы в кривые. Все текстовые объекты должны быть переведены в кривые. Размещение растровых рисунков в документе Corel Draw не допускается.

Стоимость размещения рекламных модулей

Объем рекламного модуля	Технические параметры	Цена публикации в одном номере (руб.)
Обложка (полноцветная)	285x205 мм	300 000
2-я или 3-я страницы обложки (полноцветная)	285x205 мм	25 000
Полный разворот на две полосы*	257x336 мм	10 000
Полная полоса 1/1*	257x168 мм	5 000
1/2 Полосы*	128x168 мм	5 000
1/3 Полосы*	85x168 мм	2 000
1/4 Полосы*	64x168 мм	1 000
СИСТЕМА СКИДОК		
При публикации в 2-3 номерах		10%
При публикации в 4-6 номерах		15%
При публикации в 7-9 номерах		20%
При публикации в 10-12 номерах		50%

Для заказа рекламной площади и получения счета необходимо заполнить форму заявки и отправить ее по адресу gusev@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07.

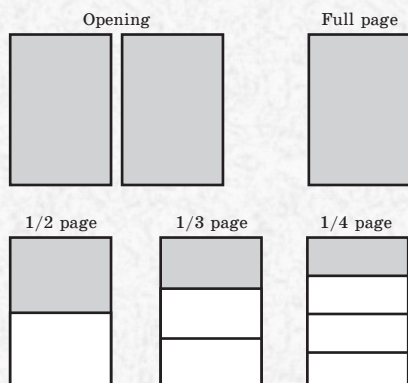
Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных объявлений.



ADVERTISEMENT IN INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

The International scientific journal "Alternative energy and economy" invites scientific institutes, organizations and industrial enterprises to place advertisements on conferences, exhibitions, designed and production products in the field of alternative energy and ecology.

Spaces for advertisement module



General information on lay-outs of advertisement modules fabricated by a customer

The lay-out of an advertisement module is to have the dimension in accordance with that of a print. Lay-out formats: raster — TIFF (see General information), vector — Corel Draw (see General information). The use of Microsoft Word editor to design lay-outs of advertisement modules is not allowed.

The module lay-out (except the cover) in the format of 6.0, 6.5, 7.0 Adobe Pagemaker versions is allowed to be provided. In this case, all combined elements, and also all available fonts that are not included in the Microsoft Windows structure are to be provided.

Information on original advertisements

All elements of the advertisement module (illustrations, symbols, text, etc.) have to be put in individual files.

1. Text

Text is has to be composed by Times New Roman types, font 14, print interval: one and a half. Important information can be printed in italics. Format — Microsoft Word for Windows.

OLE-objects (graphs, presentation slides, diagrams in Microsoft Excel format, results of computations in mathematical and others including own programmes) are not allowed in documents. The objects as such are required to be sent in original programme format, and are copied by illustrations (see General information on illustrations).

The use of additional fonts (for example, a symbol is given by a specific type) is additionally specified. In this case, a file containing letter design in TTF format. PS-fonts is not allowed.

2. Illustrations

All illustrations available in the advertisement module are to be displayed in TIFF or BMP formats. Multilayer displays are not allowed. Black-and white displays are to be used in Grayscale model. Coloured displays (cover) are in CMYK model. All black-and-white raster displays are to be of resolution of 200 dpi, colour — of 250–400 dpi.

The use of Corel Draw (*.cdr) format to 12 version inclusive is considered to be advantageous for vector display.

All incorporated effects (lenses, texture fillings, shadows, etc.) are to be converted to raster display (bitmap). Vector effects (Extrude, Envelope, Contour, Add Perspective, Blend, Distortion, Artistic media) are to be transformed to curves. All text objects are to be converted to curves. Raster figures are not allowed to be placed in Corel Draw document.

Advertisement space price

Advertisement module space	Technical parameters	Publication price in one issue (\$US)
1 st page of the cover (full-coloured)	160x145 mm	10000
Full opening in two pages	257x336 mm	1000
2 nd or 3 ^d pages of the cover (full-coloured)	257x168 mm	300
Full page	128x168 mm	200
1/2 page	85x168 mm	200
1/3 page	64x168 mm	60
1/4 page	64x168 mm	30
Price rebate		
When published in 2-3 issues		5%
When published in 4-6 issues		7%
When published in 7-9 issues		10%
When published in 10-12 issues		15%

To order an advertisement space and make up a bill, please fill in an order form and send it using the following address: gusev@hydrogen.ru or by fax +7 (83130) 6-31-07.

The editorial board reserves the right to choose advertisements entered.





607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 683, 687, НТЦ «ТАТА»
Главному редактору Гусеву Александру Леонидовичу
Тел.: 8 (83130) 63107, 94472, 90708, 91846; факс: 8 (83130) 63107; 90708
E-mail: gusev@hydrogen.ru, <http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>
Для справок E-mail: info@hydrogen.ru

To Alexander L. Gusev, Editor-in-Chief
Scientific Technical Centre "TATA", P.O.B. 683 or 687, Sarov, Nizhni Novgorod region, 607183, Russia
Phone: +7 (83130) 63107, 94472; fax: +7 (83130) 63107; 90708
E-mail: gusev@hydrogen.ru, <http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>
Information: E-mail: info@hydrogen.ru

*Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»*
Подписано в печать 13.11.2015 г.
Формат 60×84/8 Тираж 6000 экз.
Цена договорная

*Журнал включен в каталог «Роспечать» (индекс 10337 «Альтернативная энергетика и экология») и
Объединенный каталог «Пресса России. Российские
и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935
«Альтернативная энергетика и экология»).*

