

РОССИЯ И ГЕРМАНИЯ

№ 1, 2011

Александр ВАТЛИН.

Германия в эпоху Ангелы Меркель:
политический процесс и общественные реалии

Александр ЧУБАРЬЯН.

Совместная работа с германскими коллегами
станет опытным полем для других исследований

Алексей ХОХЛОВ.

Партнерство университетов –
основа научного сотрудничества

Олег МЕНЯЙЛО.

Лесные пожары и пирология в России

Александр ЕРОХИН.

Дискурс толерантности в современных
гуманитарных науках Германии

Вячеслав АНДРЕЕВ.

Нанотехнологии в солнечной фотоэнергетике

Виктор ЦЕТЛИН.

Белковые и пептидные нейротоксины: враги,
помощники и друзья?

2011 – РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКИЙ ГОД НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ

**Россия и Германия.
Научный гумбольдтовский журнал**

Учредитель:

ООО «Институт энергии знаний»
121096 г. Москва, ул. 2-ая Филевская, д. 7, корп. 6
тел.: +7 (909) 917 60 43
e-mail: energsnan@yandex.ru
веб-страница: www.energsnan.narod2.ru

Главный редактор:

Татьяна Иларионова

Ответственный секретарь:

Антон Иларионов

Редакционный совет:

Председатель совета:

Виктор Задков,

доктор физико-математических наук, профессор,
заместитель декана физического факультета МГУ
им. М.В. Ломоносова

Заместители председателя совета:

Естественные науки – **Алексей Хохлов,**

доктор физико-математических наук, профессор,
академик РАН, проректор МГУ им. М.В. Ломоносова

Гуманитарные науки – **Александр Чубарьян,**

доктор исторических наук, профессор, академик РАН,
директор Института всеобщей истории РАН

Члены совета:

Татьяна Иларионова,

доктор философских наук, профессор, генеральный
директор ООО «Институт энергии знаний»

Штеффен Мелих,

руководитель Департамента поддержки стипендиатов
и сети выпускников Фонда им. Александра фон
Гумбольдта (Германия)

Сергей Левченко,

доктор технических наук, заведующий лабораторией
Государственного научного учреждения «Объединенный
Институт энергетических и ядерных исследований –
Сосны» Национальной академии наук Беларуси,
руководитель Гумбольдтовского клуба Республики
Беларусь (Республика Беларусь)

Анатолий Сидоренко,

доктор физико-математических наук, профессор,
директор Института электроники и нанотехнологий
АН РМ, президент «Гумбольд-Клуб Молдовы»
(Республика Молдова)

Владимир Тишков,

доктор химических наук, профессор Химического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, генеральный
директор ООО «Инновации и высокие технологии МГУ»

Издатель:

ООО «Институт энергии знаний»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77-40351 выдано 30 июня 2010 г.

При использовании материалов ссылка обязательна.

Мнение авторов не обязательно совпадает с
мнением редакционного совета. Редакция не несет
ответственности за содержание рекламных материалов.
Тираж 500 экз.

Дизайн и верстка:

Наталья Иванова

Фото на обложке: Антон Иларионов

Типография «Московский Печатный Двор»

Москва, Семеновский переулок, д. 15

Тел./факс: (495) 781-64-11, 545-68-12

Заказ

Электронный адрес редакции:

rudeutsch@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Приветствие Президента Фонда им. Александра Гумбольдта	4
Приветствие руководителя Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям М. В. СЕСЛАВИНСКОГО	4
Приветствие Посла Федеративной Республики Германия в Москве г-на БРАНДЕНБУРГА	5
Приветствие заместителя Министра регионального развития Российской Федерации М. А. ТРАВНИКОВА	5
Приветствие Виктора ЗАДКОВА, заместителя декана физического факультета МГУ им. Ломоносова, президента Московского гумбольдтовского клуба	6
Слово главного редактора Татьяны ИЛАРИОНОВОЙ, доктора философских наук, профессора	7
Д-р Пер БРОДЕРСЕН. Наука и мобильность. Фонд им. Александра фон Гумбольдта как участник российско-германских научных связей	8
СОЮЗ НАУКИ И ПОЛИТИКИ	
К Году российско-германских научных достижений. О сотрудничестве в сфере экономики и науки говорили в Екатеринбурге Президент России Д. А. Медведев и Канцлер Германии А. Меркель (отчет о российско-германских межгосударственных консультациях в Екатеринбурге)	10
Академик Александр ЧУБАРЬЯН: «Совместная работа с германскими коллегами станет опытным полем для других исследований» (о работе российских и германских историков над совместным учебником – об этом шла речь в Екатеринбурге)	12
Академик Алексей ХОХЛОВ: «Партнерство университетов – основа научного сотрудничества»	13
Александр ВАТЛИН. Германия в эпоху Ангелы Меркель: политический процесс и общественные реалии	14
АКТУАЛЬНОСТЬ И НОВИЗНА	
Олег МЕНЯЙЛО. Лесные пожары и пирология в России (о причинах лесных пожаров в 2010 г.)	20
ОПЫТ – ОБЩЕЕ ДОСТОЯНИЕ	
Ольга УЛАНОВА. Имплементация немецкого опыта при открытии магистерской программы «Waste Management» в вузах Байкальского региона	24
Игорь ТОНКОШКУРОВ. Молочные кооперативы Германии в условиях глобализации	32
Ольга ГУЛИНА. Высоквалифицированные специалисты из стран СНГ: вернуться или остаться?	34
Александр ЕРОХИН. Дискурс толерантности в современных гуманитарных науках Германии	39
ИСТОРИЯ КАК ТЕРРИТОРИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА	
Михаил ХОРЬКОВ, Татьяна ЛИТВИН. Философские архивы в Германии: от музейного хранилища – к творческим лабораториям	44
Елена СОБОЛЕВА. Братья Ганс и Герман Мейеры как созидатели Музея антропологии и этнографии в конце XIX – начале XX веков	48
Александр НЕФЁДКИН. Немецкая историография последней трети XIX – первой четверти XX в. о военном деле Александра Македонского	54
Татьяна ПОПОВА. Греческие рукописи Лестницы Иоанна Синайского в Баварской государственной библиотеке	56
Немцы на государственной службе России в освоении Дальнего Востока (О выставке, поддержанной Министерством регионального развития Российской Федерации)	59

ДЛЯ ПОСВЯЩЕННЫХ

Вячеслав АНДРЕЕВ. Нанотехнологии в солнечной фотоэнергетике **60**

Виктор ЦЕТЛИН. Белковые и пептидные нейротоксины: враги, помощники и друзья? **64**

В. Б. ПЛАХОВА, Е. В. ЛОПАТИНА, Т. Н. ШЕЛЫХ, И. В. РОГАЧЕВСКИЙ, В. А. ПЕННИЙНЕН, С. А. ПОДЗОРОВА, И. П. БУТКЕВИЧ, В. А. МИХАЙЛЕНКО. Убаин модулирует потенциалочувствительность медленных натриевых каналов мембраны ноцицептивного нейрона **70**

Юрий ОПРУНЕНКО, Игорь ГЛОРИОЗОВ. Исследование методом DFT внутрикольцевых и межкольцевых гапторопных перегруппировок в никелевых комплексах нафталина **75**

Анатолий СИДОРЕНКО. Новый эффект в физике твердого тела — двойная возвратная сверхпроводимость **78**

Tatjana GORDEJEWA. Phonostilistische Besonderheiten der Segmentierung der deutschen Standardsprache in Deutschland, Österreich und der Schweiz **80**



Вячеслав АНДРЕЕВ,
Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН
г. Санкт-Петербург
vmandreev@mail.ioffe.ru



НАНОТЕХНОЛОГИИ В СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭНЕРГЕТИКЕ

ВВЕДЕНИЕ

Фотоэлектрический эффект уже более 170 лет интенсивно исследуется в лабораториях, а в последние пятьдесят лет широко используется и на практике. Впервые фотоэффект был открыт французским ученым Александром Беккерелем (Alexandre-Edmond Becquerel) в 1839 г. В ознаменование 150-летия этого открытия в 1989 г. была основана Европейская Беккерелевская премия, вручаемая ежегодно ученым за выдающиеся достижения в области солнечной фотоэнергетики. Важный вклад в понимание механизмов фотоэффекта в полупроводниках внес академик А. Ф. Иоффе, основатель Физико-технического института РАН, имя которого носит Институт (ФТИ). Он мечтал о применении полупроводниковых фотоэлементов в солнечной энергетике уже в тридцатые годы прошлого столетия, когда сотрудники института Б. Т. Коломиец и Ю. П. Маслаковец создали серно-талливые фотоэлементы с рекордным для

того времени КПД – 1%. Однако для старта фотоэлектрической энергетики (даже без учета экономических соображений) требовалась существенно большая эффективность. Интенсивное практическое использование для энергетических целей солнечных батарей началось с запуском в 1958 г. искусственных спутников Земли – советского «Спутник-3» и американского «Авангард-1». С этого времени и по сей день полупроводниковые солнечные батареи являются основными источниками энергоснабжения космических аппаратов.

Большой научный задел, созданный в области солнечных батарей космического назначения, позволил развернуть широкий фронт работы и по наземной фотоэлектрической энергетике.

Современный мировой рынок солнечной фотоэнергетики – это вполне сложившийся, быстроразвивающийся сегмент мировой экономики с возрастающим темпом роста. Объем производства солнечных батарей в последние годы растет в среднем на 30–40% в год.

В 2009 г. в мире было произведено солнечных батарей на установленную мощность более 7 ГВт. Согласно прогнозам, общий объем установленных фотоэнергосистем в 2020 г. превысит 150 ГВт, а к концу века Солнце будет доминирующим источником энергии с долей приблизительно 60%.

Несмотря на положительные тенденции развития фотоэнергетики, имеется существенный сдерживающий фактор – высокая стоимость фотоэнергосистем, обусловленная как дороговизной основного материала – кремния, так и дороговизной технологического процесса. В последнее время на рынок выходят солнечные батареи на основе наногетероструктурных каскадных фотопреобразователей и концентраторов солнечного излучения. Они являются наиболее перспективными с точки зрения повышения эффективности преобразования солнечной энергии и снижения стоимости солнечного электричества, поскольку обеспечивают увеличение КПД до значений более 35% и радикальное снижение расхода

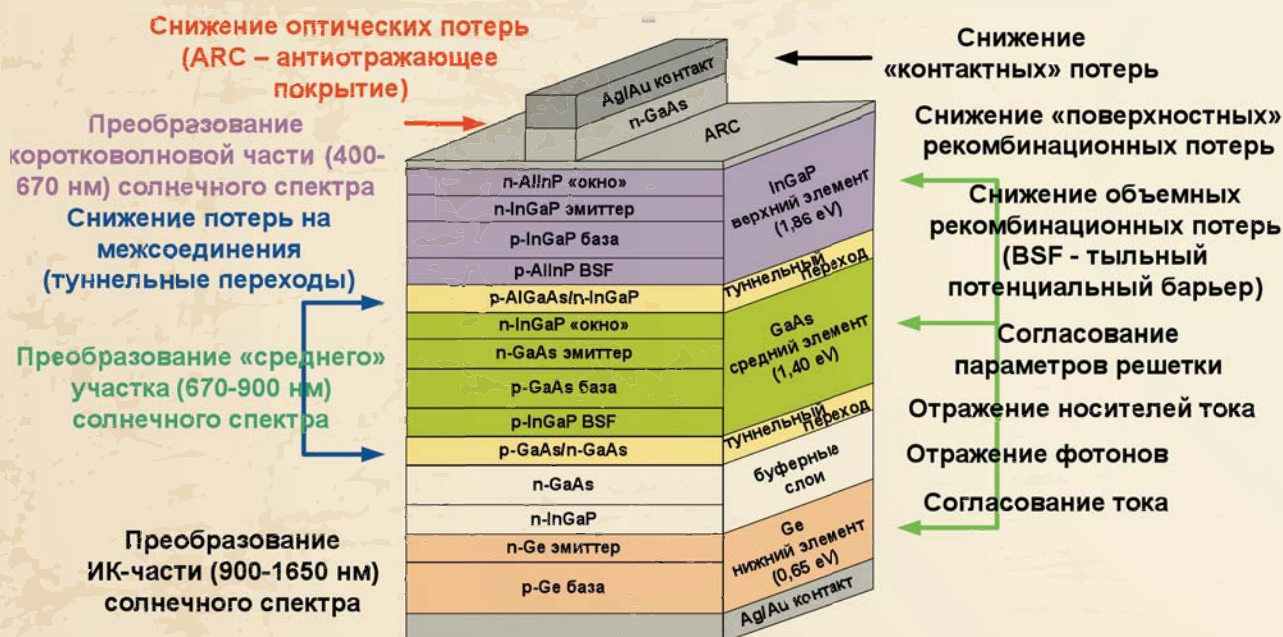


Рис. 1. Схематический разрез наногетероструктурного каскадного фотопреобразователя солнечного излучения.

полупроводниковых материалов пропорционально кратности концентрирования излучения (до 1000 «солнц»).

Солнечным батареям на основе гетероструктурных солнечных фотопреобразователей уделяется все большее внимание в наземных и космических программах США, Японии и стран Западной Европы. Так, на фирмах Spectrolab и EMCORE, являющихся в США основными производителями космических батарей, основная часть батарей оснащается каскадными элементами на основе наноструктур $\text{Ge}/\text{GaAs}/\text{GaInP}/\text{AlInP}$, что обеспечивает удельный энергосъем более 300 Вт/м². Производство наногетероструктурных космических батарей является чрезвычайно важным также и для России, учитывая важность программ космических исследований и повышения обороноспособности страны, развития систем космической связи, информационных и информационно-управляющих систем.

Значительное внимание в мире уделяется также разработкам наземных концентраторных солнечных энергосистем на основе наногетероструктур. Ряд фирм, например, «SolFocus» (США), «Concentrix» (Германия), объявили об организации промышленного выпуска таких систем, которые должны обеспечить существенное снижение стоимости «солнечного» электричества.

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН является ведущим научным центром по развитию нанотехнологий для создания сложных многослойных гетероструктур приборов полупроводниковой электроники. В ФТИ впервые в мире в 1969 году была разработана тех-



Рис. 3. Солнечные энергоустановки на основе гетероструктурных $\text{AlGaAs}/\text{GaAs}$ фотопреобразователей и зеркальных концентраторов на крыше ФТИ (1981 год). Стоят слева направо: акад. В. М. Тучкевич, проф. В. Д. Румянцев, акад. Ж. И. Алферов)

нология гетероструктурных $\text{AlGaAs}/\text{GaAs}$ фотопреобразователей [1] на основе которых были созданы фотоэнергоустановки с концентраторами излучения [2–8].

Важным обстоятельством для увеличения эффективности этих работ является международное сотрудничество, в которое с начала 1990-х гг. была широко вовлечена Россия и страны СНГ. Ряд исследований в области солнечной фотоэнергетики, выполненных в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе, проводились в кооперации с Фраунгоферовским институтом солнечных фотоэнергосистем (Fraunhofer Institute SolarEnergySystems, FhG-ISE, Freiburg) в рамках совместных проектов:

INTAS 96–1887 (1997–2000 гг.) – разработка концентраторных фотоэлектри-

ческих модулей с линзами Френеля и каскадными солнечными элементами;

INTAS-ESA-99–0944 (2000–2002 гг.) – исследования радиационной стойкости каскадных солнечных элементов;

FULLSPECTRUM Project (FP-6, 2003–2008 гг.) – разработки каскадных и термофотоэлектрических преобразователей.

Важным результатом этих работ явилось создание солнечных элементов [9–11] с наноразмерным широкозонным «окном», а также концентраторных фотоэлектрических модулей на основе линз Френеля и каскадных солнечных элементов [12–14].

НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Увеличение КПД в каскадных наногетероструктурных фотопреобразователях (см. разрез структуры на рис. 1) достигается за счет «расщепления» солнечного излучения на несколько спектральных интервалов и осуществления более эффективного преобразования энергии фотонов каждого из этих интервалов в определенной части полупроводниковой структуры. Трехкаскадные фотопреобразователи (рис. 1, 2) включают в себя три фотоактивные области, выполненные из трех полупроводников $\text{GaInP}/\text{GaAs}/\text{Ge}$ с шириной запрещенной зоны, уменьшающейся от фронтальной освещаемой поверхности фотопреобразователя. Коротковолновая часть солнечного излучения преобразуется в GaInP -области, средневолновая часть – в GaAs -области и инфракрасная часть – в Ge -области, что обеспечивает КПД преобразования 35–40%. При большем количестве каскадов возможно увеличение КПД до 45–50%, используя солнечную концентрацию в 1000 крат.

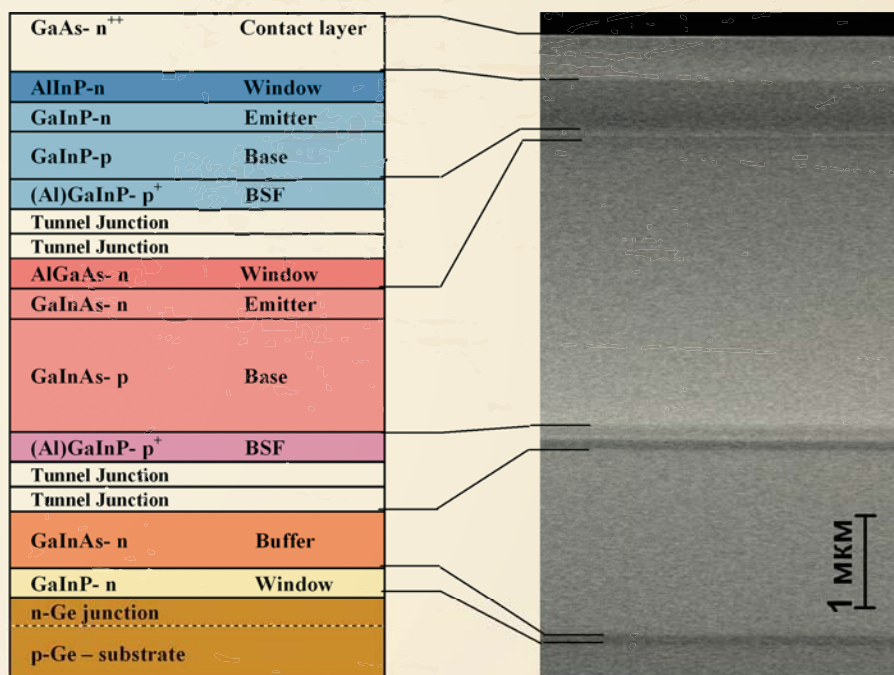


Рис. 2. $\text{GaInP}/\text{GaAs}/\text{Ge}$ наногетероструктура каскадного фотопреобразователя, обеспечивающего КПД > 35% при концентрированном солнечном облучении.



Рис. 4. Схема части концентраторного модуля на основе малоразмерных линз Френеля и каскадных фотопреобразователей, расположенных в фокусе линз.

За последние годы в ФТИ накоплен значительный опыт по созданию наногетероструктурных каскадных солнечных элементов с использованием современного метода металлоорганической эпитаксии из газовой фазы. Разработаны и изготовлены каскадные GaInP/GaAs/Ge (рис. 2) и GaInP/GaAs/GaSb элементы с КПД более 35% при концентрированном солнечном облучении.

В структурах каскадных фотопреобразователей чрезвычайно важной является «нанотехнологическая» составляющая:

- ✓ наноразмерное (20–30 нм) фронтальное широкозонное «окно» AlGaInP, обеспечивающее фоточувствительность до ультрафиолетовой области спектра;
- ✓ наноразмерные (10–50 нм) слои туннельных $p^+ - p^+$ переходов, соединяющих фотоактивные области трех каскадов в гетероструктуре;

- ✓ встроенные в гетероструктуру Бреговские зеркала (на основе периодических структур, образованных слоями с толщинами 50–70 нм), обеспечивающие отражение в фотоактивную область «подзонных» фотонов.

Наногетероструктурные фотопреобразователи уже широко используются в космической энергетике. За последние четыре десятилетия накоплен большой отечественный и зарубежный опыт разработок и эксплуатации космических солнечных батарей на основе AlGaAs/GaAs, AlGaInP/GaAs/Ge и других гетероструктур, обеспечивающих увеличение КПД, удельного энергосъема и радиационной стойкости по сравнению с кремниевыми батареями. Несмотря на большую исходную стоимость, каскадные гетероструктурные батареи позволяют примерно в два раза снизить суммарные затраты на запуск и эксплуатацию батарей благодаря увеличению в два раза удельного энергосъема, уменьшению размеров, увеличению ресурса и снижению расхода топлива на доставку батарей на орбиту, а также на ориентацию и стабилизацию космического аппарата.

СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ

На основе высокоэффективных наногетероструктурных фотопреобразователей в ФТИ спроектированы и реализованы на практике различные модификации солнечных концентраторных модулей с устройствами слежения за Солнцем [5–8].

На рис. 3 показаны солнечные энергоустановки первого поколения на основе гетероструктурных AlGaAs/GaAs фотопреобразователей и зеркальных концентраторов диаметром до 0,5 м. Отвод тепла от фотопреобразователей здесь осуществлялся с помощью металлических термосифонов.

Преимуществом конструкции солнечных модулей, разработанных в последнее вре-

мя с тыльным Френелевским профилем, выполненным в тонком (~0,2 мм) слое силиконовой резины. В этой конструкции фронтальная поверхность концентраторного модуля является плоской и стабильной к воздействию повреждающих факторов окружающей среды, включая воздействие абразивных частиц. В свою очередь, силикон является наиболее стойким прозрачным полимерным материалом по отношению к воздействию ультрафиолетового излучения и характеризуется высокой эластичностью. Френелевский профиль в силиконе получается путем полимеризации силикона на стекле при использовании промежуточного адгезивного слоя и матрицы с негетивным Френелевским профилем.

Модули с концентраторами излучения должны быть все время точно ориентированы на Солнце, что обеспечивается системами слежения, разработанными в ФТИ в ко-



Рис. 5. Система слежения за Солнцем во Фраунгоферовском Институте солнечных энергосистем (г. Фрайбург), созданная профессором В. Д. Румянцевым (на фото), главным научным сотрудником ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Предназначена для ресурсных испытаний концентраторных модулей, проводимых в FhG-ISE с 2000 г.

мья в ФТИ в кооперации с FhG-ISE, являются малые линейные размеры концентраторов и фотопреобразователей при соотношении их площадей порядка тысячи. На рис. 4 схематически показана часть концентраторного модуля с двумя линзами Френеля и каскадными фотопреобразователями, расположенными в фокусе каждой из линз, припаянными на медном теплосбрасывающем основании, закрепленном на тыльной стеклянной пластине. Здесь обеспечивается простота отвода генерируемого тока и остаточного тепла от преобразователей, уменьшение конструктивной толщины модулей и снижение расхода основных материалов при их изготовлении. Линзы Френеля в этих модулях объединяются в панели и представляют собой композитную конструкцию с фронтальным элементом, выполненным из обычного силикатного стекла,

операции с FhG-ISE (рис. 5). В созданных в последнее время фотоэлектрических установках (рис. 6) модули расположены ступенчато на электронно-механической системе слежения, снабженной датчиком положения Солнца. Такое конструктивное решение способствует снижению влияния ветровых нагрузок. Работая в полностью автоматическом режиме, установки расходуют на собственные нужды лишь около 0,1% от энергии, генерируемой размещенными на них модулями. В то же время обеспечивается максимальное собирание солнечной энергии модулями в течение дня, что дает дополнительный выигрыш от применения концентраторных энергоустановок по сравнению с неподвижно закрепленными солнечными панелями на основе кремния и тонких пленок.

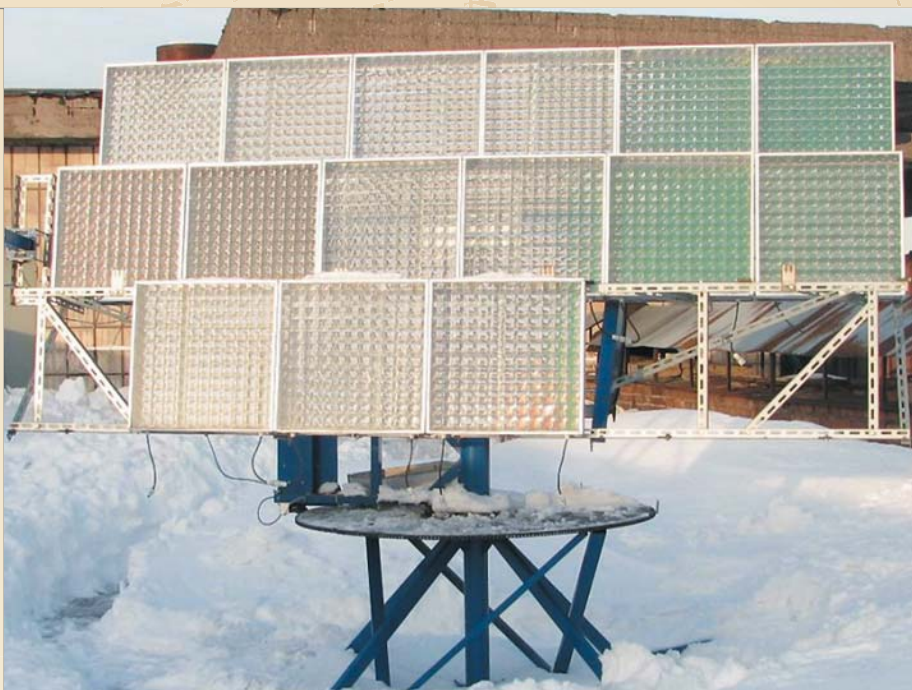


Рис. 6. Солнечная концентраторная фотоэлектрическая установка мощностью 1 кВт (ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 2009 г.).

Разработанные концентраторные фотоэнергоустановки обеспечивают высокую конкурентоспособность на рынке солнечной энергетики благодаря увеличению более, чем в 2,5 раза количества электроэнергии, вырабатываемой с единицы площади СФЭУ за счет большей эффективности и слежения за Солнцем по сравнению со стационарными кремниевыми солнечными батареями. Кроме того, в концентраторных фотоэнергосистемах на основе наногетероструктурных фотопреобразователей в сотни раз снижается потребность в полупроводниковых материалах. Так, 1 кг полупроводниковых гетероструктур за 25 лет работы в концентраторной фотоэнергосистеме обеспечит получение такого же количества электроэнергии, что и при сжигании 5 тыс. тонн нефти.

Результаты совместных исследований и разработок между ФТИ и FhG-ISE, опубликованные в статьях [12–14], явились основой для организации промышленного выпуска концентраторных солнечных фотоэнергосистем как в Германии (фирма «Concentrix»), так и в России (фирма «Новый солнечный поток»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оценке перспектив развития фотоэнергетики не следует противопоставлять обычные и концентраторные фотоэнергосистемы. И те, и другие должны использоваться в будущих системах электроснабжения. По-видимому, обычные кремниевые и тонкопленочные батареи составят основу децентрализованной системы выработки электроэнергии.

Устанавливаемые на крышах и стенах домов и сооружений и принадлежащие широкому кругу лиц, они будут олицетворять собой «демократические принципы» новой энергетики в сравнении с «диктатурой» энергетических гигантов, имеющей место в настоящее время. Однако для покрытия значительных энергетических затрат в энергоемких производствах или муниципальных сообществах будет необходимо строительство достаточно крупных солнечных станций, обеспечивающих минимальную стоимость вырабатываемой электроэнергии. Применение концентраторных фотоэлектрических батарей при создании таких станций представляется оптимальным решением. ■

1. Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, М. Б. Каган, И. И. Протасов, В. Г. Трофим «Солнечные преобразователи на основе гетеропереходов p-AlxGa1-xAs – n-GaAs», «Физика и техника полупроводников», том 4, вып. 12, 1970, стр. 2378–2379.

2. Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, Х. К. Арипов, В. Р. Ларионов, В. Д. Румянцев «Солнечная фотоэлектрическая установка мощностью 200 Вт на основе AlGaAs-гетерофотоэлементов и зеркальных концентраторов», «Гелиотехника», № 6, 1981, стр. 3–6.

3. В. М. Андреев, В. Р. Ларионов, А. В. Маслов, Э. Пурон, Х.-А. Родригес, В. Д. Румянцев, А. М. Фарберов, Ш. Ш. Шаухамеров «Солнечные концентраторные фотоэлектрические модули и энергоустановка на основе AlGaAs-фотоэлементов

и линз Френеля» «Гелиотехника», № 3, 1988, стр. 3–7.

4. В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев «Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения (монография)», изд-во «Наука», 1989

5. Andreev V M, Grilikhes V A, Rumyantsev V D, Photovoltaic Conversion of Concentrated Sunlight, John Wiley & Sons Ltd, 1997

6. «Concentrator Photovoltaics», Eds.: A. Luque, V. Andreev, Springer Series in Optical Sciences, vol. 130, 2007

7. Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев «Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики», «Физика и техника полупроводников», том 38, вып. 8, 2004, стр. 937–948.

8. Zh. I. Alferov, V. M. Andreev, V. D. Rumyantsev «III–V solar cells and concentrator arrays» in «High-Efficient Low-Cost Photovoltaics», Eds.: V. Petrova-Koch, R. Hezel, A. Goetzberger, Springer Series in Optical Sciences, Vol. 140, 2008, pp. 101–141.

9. A. Bett, A. Habich, T. T. T. Nguyen, O. V. Sulima, H. Welter, W. Wettling, High-Throughput two-melt LPE fabrication of AlGaAs/GaAs Solar Cells, Proc. Of the 11 th E. C. Photovoltaic Solar Energy Conference, Montreux, Switzerland, pp.221–224 (1992).

10. O. V. Sulima, U. Blieske, M. Husung, F. Lutz, Ch. Schetter, High-Efficiency LPE-Grown Concentrator GaAs Solar Cells, Proc. of the 11 th E. C. Photovoltaic Solar Energy Conference, Montreux, Switzerland, pp.57–60 (1992).

11. A. Bett, K. Borgwarth, Ch. Schetter, O. V. Sulima, W. Wettling, GaAs-on-Si solar cell structures grown by MBE and LPE, Proceedings of the 6 th International Photovolt. Sc. and Eng. Conf., New Delhi, India, pp.843–847 (1992)/

12. V. D. Rumyantsev, M. Hein, V. M. Andreev, A. W. Bett, F. Dimroth, G. Lange, G. Letay, M. Z. Shvarts, O. V. Sulima «Concentrator array based on GaAs cells and Fresnel lens concentrators», Proceedings of the 16 th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Glasgow, United Kingdom, 1–5 May 2000.

13. V. D. Rumyantsev, V. M. Andreev, A. W. Bett, F. Dimroth, M. Hein, G. Lange, M. Z. Shvarts, O. V. Sulima «Progress in development of all-glass terrestrial concentrator modules based on composite Fresnel lenses and iii-v solar cells», Proceedings of 28 th PVSC, Anorage, Alaska, 2000, pp. 1169–1172.

14. V. D. Rumyantsev, V. M. Andreev, N. A. Sadchikov, A. W. Bett, F. Dimroth, G. Lange «Experimental installations with high-concentration PV modules using III–V solar cells», Proceedings of the Conference «PV in Europe», Rome, 2002, pp. 521–525.