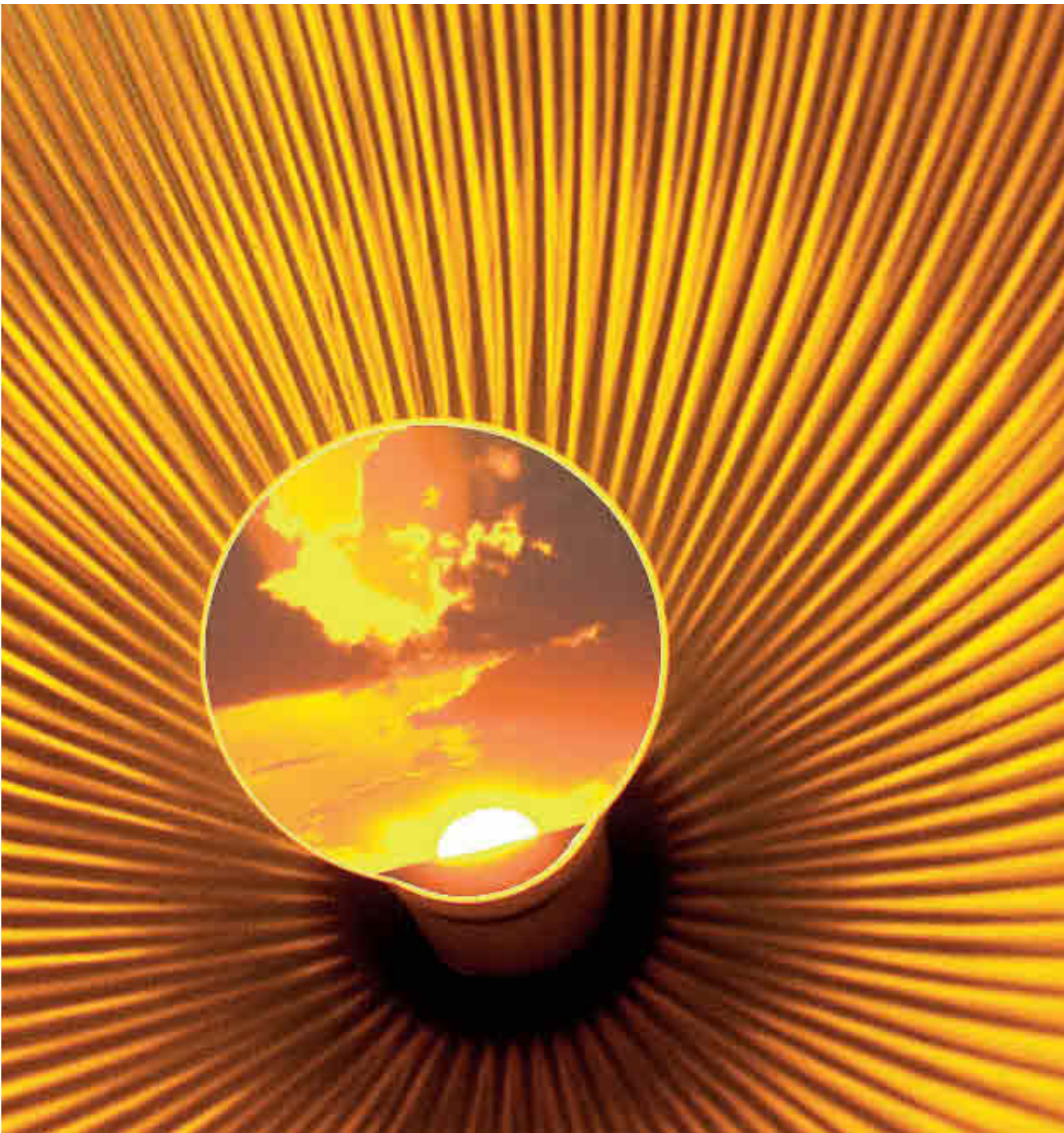


№ 1 / 2009

В МИРЕ НАНО

нанотехнологии для энергетики



Приложение к журналу
«Российские нанотехнологии»

Учредители:
Федеральное агентство по науке
и инновациям, ООО «Парк-медиа»

Издатель:
А.И. Гордеев

Редакционная коллегия:
К.В. Киселев,
к.ф-м.н. С.А. Озерин,
к.б.н. Р.Р. Петров

Руководитель проекта:
Т.Б. Пичугина

Редакция:
М.Н. Морозова, К.К. Опарин,
И.А. Соловей, А.К. Степанов,
М.В. Чуланова, Д.А. Чулкин,
М.А. Щербина

Адрес редакции:
Москва, Ленинские горы,
Научный парк МГУ, влад. 1,
стр. 75Г
Телефон/факс: (495) 930-88-08

Подписка: (495) 930-88-06
E-mail: podpiska@nanorf.ru,
www.nanoru.ru, www.nanorf.ru

Для писем: 119311, Москва-311, а/я 136

При перепечатке материалов ссылка на приложение к журналу «Российские нанотехнологии» обязательна. Любое воспроизведение опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах.

© РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ,
2009

Тираж 1000 экз.
Отпечатано в типографии
ООО «МЕДИА-ГРАНД»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 2

АНАЛИТИКА

Нанотехнологии на рынке
энергетики в 2015 году..... 3

Нанотехнологическая
дорожная карта США 7

Дорожная карта
светодиодной промышленности 11

Космические каскады..... 14

Квантовое многоточие 16

Андрей Жук: «Водород несколько
не экологичнее природного газа» 18

Сверхпроводящие тенденции 20

ПРОЕКТЫ И РЕШЕНИЯ

Атомная энергетика 21

Оптоэлектроника 27

Электротехника 31

Сверхпроводники 37

Трубопроводные системы..... 41

Альтернативные
источники энергии..... 47

Топливная энергетика
и экология 55

-2009.

Введение

Пилотный выпуск журнала «В мире нано» посвящен энергетике. Это одна из наиболее важных отраслей промышленности, развитие которой практически сразу отражается на качестве жизни людей. От того, над чем работают сегодня ученые, какие идеи они считают перспективными, какие проекты востребованы коммерческим сектором, во многом зависит состояние энергетике нашей страны в будущем. Мы задумали сделать обзор наиболее успешных и перспективных разработок, которые уже реализуются на практике или будут востребованы в ближайшие годы. В этом нам помогли эксперты Роснауки, отобравшие для нас проекты, поддержанные ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы», и лично заместитель начальника управления развития поисковых исследований и новых технологий Б.Ф. Реутов, корреспонденты агентства научных новостей «Информнаука» и онлайн-издания «Наука и технологии России – STRE.ru».

В выпуске речь пойдет о наноматериалах, разрабатываемых для атомной энергетике, светодиодного освещения, электротехники, сверхпроводимости, трубопроводных систем и нефтехимии, водородной и солнечной энергетике. Все представленные разработки в той или иной степени служат решению нескольких задач.

Во-первых, они улучшают параметры традиционных областей энергетике. Например, новые конструкционные материалы способны продлить срок службы атомных реакторов. Благодаря катализаторам глубокой гидроочистки появится более чистое дизельное топливо, а нанопористые фильтры помогут снизить количество вредных выбросов в атмосферу.

Вторая задача, которую решают нанотехнологические проекты, – создание новых энергетических отраслей на основе альтернативных источников. Речь идет о возобновляемых и практически неисчерпаемых

природных ресурсах, таких как солнечный свет и водород. Кроме того, по общему мнению, отказ от нефти и газа как от основных источников энергии приведет к существенному улучшению экологической ситуации на планете. Однако до сих пор преобразование солнечной и водородной энергии в электрическую остается слишком дорогим процессом. При помощи нанотехнологий удастся снизить себестоимость энергии из альтернативных источников и сделать их экономически выгодными.

И, наконец, нанотехнологии используются при разработке всевозможных способов более бережного хранения и обращения с уже выработанным электричеством: создание накопительных систем, улучшение способов его доставки от электростанции потребителю, а также внедрение энергосберегающих технологий в промышленности и в быту. Для этого создают новые типы аккумуляторов на твердых электролитах, суперконденсаторы, способные заряжаться в мгновение ока и хранить большое количество энергии, и сверхпроводящие индукционные накопители энергии, а также более экономные источники освещения на светодиодах.

По мнению многих авторитетных ученых, отечественные фундаментальные исследования в области нанотехнологий соответствуют мировому уровню, но примеров практического внедрения и массовых коммерческих продуктов очень мало, несмотря на то что работы по многим из них начались десятилетия назад. Действительно, среди проектов, собранных в данном выпуске, найдутся единичные примеры успешного внедрения. Однако большинство разработок демонстрируют хороший коммерческий потенциал и, будучи защищенными международными патентами и внедренными в массовое производство, способны стать основой для конкурентоспособной наукоемкой промышленности.

Редакция

Нанотехнологии на рынке энергетики в 2015 году



Pete Jelliffe, Creative commons license

Нанотехнологии способны обеспечить ряд возможностей для использования возобновляемых источников энергии и внести существенный вклад в производство и сбережение энергии. Повышение эффективности использования ресурсов планеты и их сбережение посредством нанотехнологий включают в себя:

- Использование возобновляемых источников (солнечные батареи, термоэлектрические приборы, топливные элементы).
- Хранение энергии (перезаряжаемые батареи и суперконденсаторы, водородные баки).
- Уменьшение потребления материалов (например, создание более легких и/или прочных конструкционных материалов или увеличение их активности).
- Использование альтернативных (более распространенных) материалов (например, замена редкоземельных элементов на наноструктурированные оксиды металлов при катализе).

Наиболее развитыми нанотехнологическими проектами в сфере энергетики являются: хранение, преобразование, улучшения в производстве (уменьшение потребления материалов, а также длительности процессов), энергосбережение (например, за счет разработки новых методов термоизоляции), использование возобновляемых источников энергии. Среди различных подходов, используемых для решения этих проблем, стоит упомянуть новые материалы, используемые в аккумуляторах, топливных элементах и солнечных батареях, в качестве катализаторов, а также прочные легкие конструкционные элементы (табл. 1).

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И КОММЕРЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ К 2015 ГОДУ

Мировой рынок продуктов нанотехнологий в энергетике составлял в 2007 г. порядка 200 млн долларов США. Фотовольтаики с нанопокрывтиями, а также аэрогели уже вышли на стадию коммерциализации, однако в ближайшие несколько лет вряд ли внесут существенный вклад в рынок материалов из-за ряда технических проблем, нерешенной задачи апскейлинга и высокой себестоимости. Увеличение стоимости энергии, выработка традиционных источников энергии и законодательство требуют, чтобы и циклы жизни продуктов,

Таблица 1. Применение нанотехнологий в сфере энергетики

Область рынка	Сегмент области рынка	Нанопродукты	Компания
Преобразование энергии	Солнечная термальная энергия	Нанопористые аэрогели в качестве покрытия коллекторов солнечной энергии	Aspen Aerogels Cabot
	Солнечные батареи	- Солнечные батареи на основе органических красителей - Фотовольтаические элементы на основе квантовых точек, соединенных между собой углеродными нанотрубками - Гибкие солнечные батареи на основе нанокomпозиционных материалов, состоящих из неорганических наностержней, внедренных в пленку органического полупроводника	Nanosys
	Топливные элементы	Катализаторы, состоящие из металлических частиц размером 1–5 нм в углеродной матрице	Pacific Fuel Cell Corp NEC Altair Nextechmaterials
	Термоэлектричество	Термоэлектрические материалы, организованные в суперрешетки, конвертирующие тепло	VOXTEL
Накопление энергии	Перезаряжаемые батареи	Нанокристаллические материалы и нанотрубки, существенно увеличивающие плотность энергии, время жизни и скорость зарядки – перезарядки. Нанотрубки заменяют также обычные графитовые и литий-графитовые электроды	Altair Nanogram
	Хранение водорода	Повторяемая адсорбция – десорбция водорода наноструктурированными материалами на основе графита	Sony General Motors Carbon Nanotechnologies Inc.
	Суперконденсаторы	Пористые углеродные электроды в качестве «пластин» конденсатора. Сверхмалые нанопоры обеспечивают высокую удельную поверхность порядка 1000 м ² /г	Cap-XX Skeleton Nanolab
Энерго-сбережение	Термоизоляция	- Нанопористые аэрогели - Электрохромные покрытия, состоящие из тонкого слоя оксида индия и олова (Indium – Tin – Oxide, ITO) в качестве электродов, используемые для уменьшения теплотерь	Chromogenics
	Более эффективное освещение	Нанофосфор, испускающий яркий «дневной» свет после облучения ультрафиолетовым излучением	Kopin Nanoscale Imaging Corp.
	Двигатели внутреннего сгорания	Увеличение КПД двигателя с помощью нанопористых катализаторов или наночастиц, улучшающих конверсию	Hydrocarbon Technologies Inc.

и процессы их производства не оказывали заметного влияния на окружающую среду. Таким образом, можно говорить о наличии фундаментальной задачи использования более экологичных наноструктурированных и «умных» материалов. В табл. 2 показаны стадии развития и внедрения продуктов нанотехнологий в сфере энергетики.

Согласно прогнозам, к 2015 г. материалы и процессы на основе нанотехнологий будут оцениваться в 4.92 млрд долларов США (рис. 1). Проникновение нанотехнологий в сферу энергетики достигнет к этому времени уровня 36.3 %.

На рис. 2 показано распределение доходов от введения нанотехнологий по секторам сферы энергетики.

Таблица 2. Стадии развития и внедрения продуктов нанотехнологий в сфере энергетики

Доступны на рынке	Ожидают коммерциализации	В стадии развития	Существуют в виде концепции
<ul style="list-style-type: none"> - Солнечные батареи с нанокристаллическим покрытием - Нанопористые аэрогели - Наночастицы — присадки для повышения КПД топлива 	<ul style="list-style-type: none"> - Нанокатализаторы для топливных элементов 	<ul style="list-style-type: none"> - Термоэлектрические материалы для преобразования тепла - Топливные элементы и аккумуляторы на основе углеродных нанотрубок - Водородные баки на основе углеродных нанотрубок 	<ul style="list-style-type: none"> - Наноматериалы в преобразовании энергии ветра

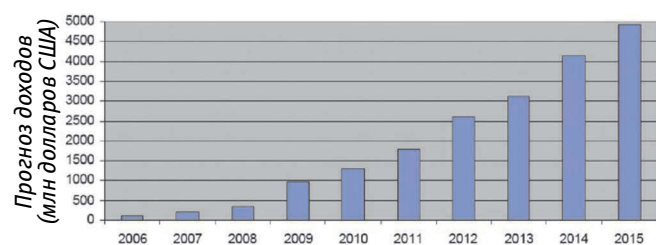


Рис. 1. Ожидаемые доходы от введения нанотехнологий на рынок в сфере энергетики. Консервативная оценка, млн долларов США

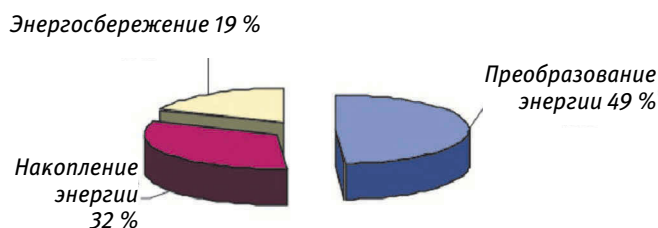


Рис. 2. Мировой рынок нанотехнологий в сфере энергетики в 2015 г. Ожидаемое распределение доходов по секторам отрасли

Наибольшая доля приходится на накопление энергии и преобразование энергии солнечного излучения.

Ожидается, что к 2015 г. 36,3 % продуктов, связанных с энергетикой, будут содержать в себе в той или иной форме результаты применения нанотехнологий. Изготовленная с применением нанотехнологий продукция, например топливные элементы и аккумуляторы, станет играть существенную роль на рынке уже в 2010 году. Вероятнее всего, с 2010 г., когда рынок нанотехнологий в энергетическом секторе составит 1.3 млрд долларов, следует ожидать значительного роста доходов в дальнейшем.

На рис. 3 представлен прогнозируемый спрос на наноматериалы в сфере энергетики в 2015 г.

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Наноструктурированные материалы, в т.ч. катализаторы на основе наночастиц, играют важную роль в развитии технологии производства топливных элементов. В топливных элементах обычно используются катализаторы, состоящие из металлических наночастиц размером 1–5 нм в углеродной матрице. Наиболее пер-

спективные элементы — наномарганец, наноаланат марганца и нанотитан¹.

Существенный недостаток твердооксидных топливных элементов (Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs) — высокая рабочая температура. Для современных твердооксидных элементов она составляет около 1000 °С. Сплавы, которые можно использовать при таких условиях, стоят весьма дорого. Высокая температура необходима прежде всего потому, что при более низких температурах проводимость обычных материалов и скорость катодных реакций невелики. Оказалось, что наноструктурированные материалы, предназначенные для использования в топливных элементах, имеют хорошую проводимость как ионов, так и электронов и при существенно более низких температурах².

В топливных элементах на основе полимер-электролитной мембраны (Polymer Electrolyte Membrane,

¹ www.nanoroad.net/download/swot_e.pdf

² Kosacki, I., Rouleau, C.M., Becher P.F., Bentley J., & Lowndes D.H. Nanoscale effects on the ionic conductivity in highly textured YSZ thin films. *Solid State Ionics*, 2005. 176:1319–1326.

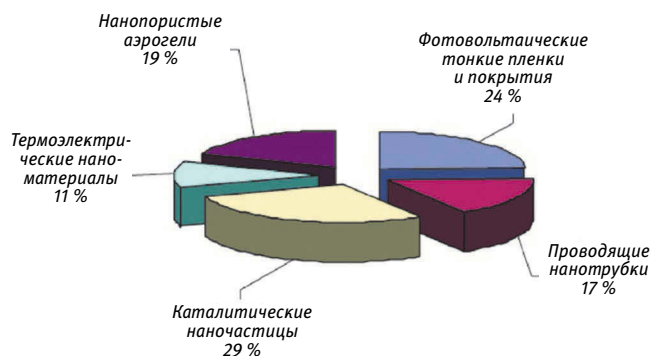


Рис. 3. Мировой рынок нанотехнологий в сфере энергетики в 2015 г. Ожидаемое распределение использования наноматериалов

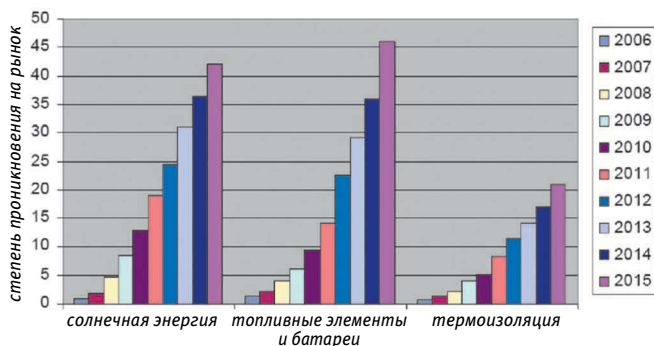


Рис. 4. Оптимистический прогноз проникновения на рынок солнечных батарей, топливных элементов и термоизоляции

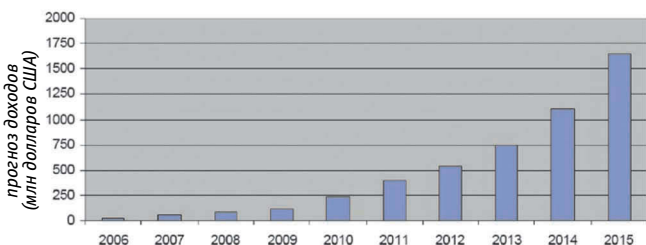


Рис. 5. Ожидаемые доходы от вывода на рынок топливных элементов и батарей. Консервативная оценка, млн долларов США

РЕМ) используется платина¹. Она дорога, а также чувствительна к уровню окиси углерода. Таким образом, существует возможность введения нанотехнологий, заменяющих определенные материалы новыми, более эффективными по соотношению цена-качество соединениями. Даже в твердооксидных элементах в качестве материала анода используется никель, который портится при контакте с серой в системе. Нанотехнологии способны заменить никель на нечувствительный к сере материал. Компания «3М» объявила об увеличении времени жизни катализаторов в полимер-электролитных мембранах, произведенных с использованием наноструктурированных тонких пленок.

На рис. 4 показан оптимистический прогноз проникновения на рынок солнечных батарей, топливных элементов и термоизоляции.

Уникальные свойства наноматериалов используются и для решения других задач по улучшению работы батарей и аккумуляторов. Например, углеродные нанотрубки позволяют запастись большим количеством энергии по сравнению с традиционными графитными электродами. Так, электроды на основе монослойных углеродных нанотрубок увеличивают производительность как аккумуляторов, так и топливных элементов^{2,3,4}.

Одна из возможностей повышения производительности аккумуляторов с помощью нанотехнологий — использование уникальных физических свойств материала, появляющихся при условии его наноструктурирования. Например, Сю и его соавторы продемонстрировали различное поведение материалов электродов в наномасштабе, показав, что обнаруженные явления могут расширить их выбор для аккумуляторов и топливных элементов, включая более дешевые и экологически чистые материалы⁵. Компания Toshiba использует наночастицы для уменьшения редукции жидкого органического электролита при перезарядке литий-ионных батарей⁶.

На рис. 5 представлены ожидаемые доходы от вывода на рынок топливных элементов и батарей.

Nanoposts.com

¹ Polymer Electrolyte Membrane (PEM) fuel cells—also called Proton Exchange Membrane fuel cells—are the type typically used in automobiles. A PEM fuel cell uses hydrogen fuel and oxygen from the air to produce electricity.

² Terrones M. Science and Technology of the Twenty-First Century: Synthesis, Properties, and Applications of Carbon Nanotubes. Annu. Rev. Mater. Res., 2003. 33:419–501.

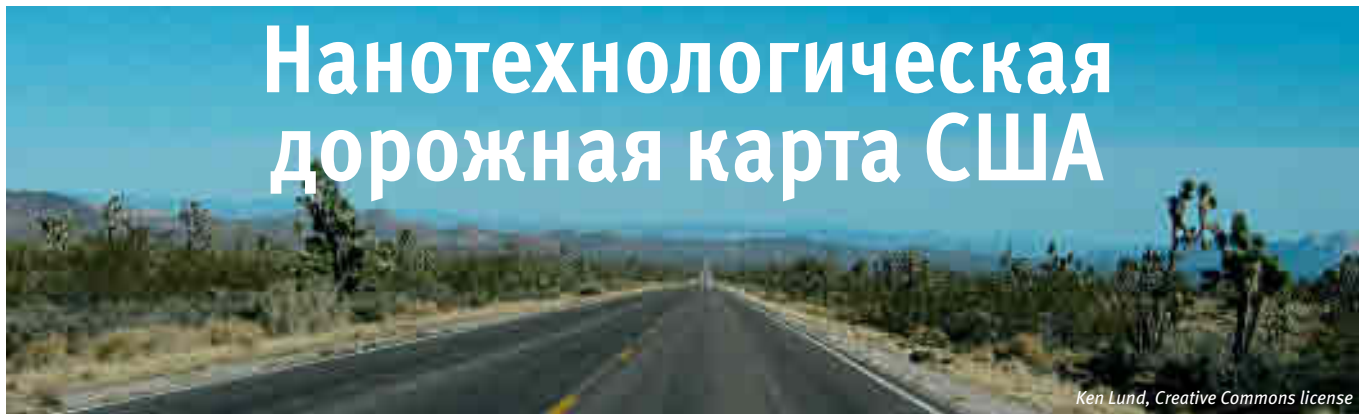
³ Girishkumar G., Rettker M., Underhile R., Binz D., Vinodgopal K., McGinn P., Kamat P. Single-wall carbon nanotube-based proton exchange membrane assembly for hydrogen fuel cells. Langmuir, 2005. 21: 8487–8494.

⁴ Lin Q., Harb J.N. Implementation of a Thick-Film Composite Li-Ion Microcathode using Carbon Nanotubes as the Conductive Filler. J. Electrochem. 2004. Soc. Vol. 151/ A1115.

⁵ Xu J.J., Jain G., Balasubramanian M., Yang J. Qualitatively Different Behavior of Electrode Materials at the Nanoscale—Implications for 3D Battery Nanoarchitectures, Abstract No. 1243, 208th Meeting of the Electrochemical Society, Los Angeles, 2005. CA, October 16-21.

⁶ <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2007/01/index.htm>

Нанотехнологическая дорожная карта США



Ken Lund, Creative Commons license

В 2008 г. вышел в свет документ «Производственные наносистемы. Обзор технологических перспектив», который представляет собой технологическую дорожную карту наноиндустрии, созданную по заказу Министерства энергетики США. Руководители проекта: Алекс Коучак из Battelle Memorial Institute, Эрик Дрекслер из компании Nanorex, Джон Рэндалл и Джим фон Эр из Zyvex Labs, Перл Чин из Foresight Nanotech Institute. Этот документ стал плодом обсуждений нескольких сотен профессионалов из науки, бизнеса и властных структур и должен ответить на вопрос – как и когда нанотехнологии помогут решить важнейшие проблемы американского общества. Мы публикуем выдержки из обзора, которые касаются приложений в энергетике.

ТОПЛИВНЫЕ ЯЧЕЙКИ

Топливные ячейки на полимерной электролитической мембране — это группа технологий, которые, как считается, наиболее перспективны в создании экологически чистых источников энергии. Хотя в технологии топливных ячеек за последние годы был достигнут определенный прогресс, остается ряд серьезных проблем, среди которых: 1) низкая, по сравнению с теоретически предсказанной, эффективность преобразования энергии; 2) высокое содержание платины в электрокатализаторах; 3) нестабильность платины в условиях долговременных рабочих циклов.

Решение этих эксплуатационных проблем может быть получено сочетанием 1) разработки катализаторов на основе новейших теоретических методов, 2) атомарно точного изготовления катализаторов, 3) дальнейшего улучшения *in situ* контроля с атомарной специфичностью и субангстремным разрешением.

Возможно, ввиду сложности системы на первых порах будет трудно реализовать потенциал атомарно точного производства. Здесь перспективно использование малых металлических наночастиц 2–5 нм в диаметре с монокристаллической структурой без ступенек и изломов. Такие частицы могут существенно отличаться от массивных материалов по каталитическим свойствам из-за поверхностных эффектов и квантового ограничения. Укладка атомов катализатора или каталитического модификатора на высокоупорядоченные грани наночастицы—подложки с атомарной точностью может значительно улучшить свойства наночастиц и эффективность топливной системы, а также имитировать каталитические свойства Pt в материале гораздо меньшей стоимости. Таким образом, мы сможем специализировать структуру адсорбирован-

ного слоя для конкретной реакции, оптимизируя «эффект ансамбля» для конкретного реагента, а оптимизация spill-over эффекта подбором правильного покрытия блокирует адсорбцию каталитических ядов.

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ВЫСОКИМ КПД

Современные технологии искусственного освещения чрезвычайно неэффективны. В 2001 г. 22 % электроэнергии (8 % всей выработанной энергии) в США было потрачено на искусственное освещение. Совокупная стоимость этой энергии составила около 50 млрд долл. за год или приблизительно 200 долл. на каждого жителя США. К тому же на окружающую среду легла дополнительная нагрузка в 130 млн тонн выбросов двуокиси углерода. Неэффективность традиционных технологий коренится в том, что в них свет генерируется как побочный продукт энергопотребляющих процессов, таких как разогрев эмиттера или ионизация плазмы.

Радикальное повышение эффективности искусственного освещения может быть достигнуто с использованием твердотельных осветительных (ТТО) элементов, напрямую преобразующих электрическую энергию в световую при помощи полупроводникового устройства.

Эффективность преобразования энергии в современных ТТО-элементах, пригодных для эксплуата-

ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ:

АТ — атомарная точность

ТАТ — технологии с атомарной точностью.

Синоним нанотехнологий

ПАТ — производство с атомарной точностью

ции, гораздо ниже 100 %, но она постепенно растет, и каких-либо фундаментальных физических ограничений, препятствующих достижению высокой эффективности генерации белого света, пока не обнаружено. Характеристики ТТО-элементов радикально улучшатся с внедрением управляемой компоновки строительных блоков для переноса заряда и излучения света с помощью технологий производства атомарной точности. Для светоизлучающих диодов (LED) используются кристаллические полупроводники, в которых велико влияние одиночных атомарных дефектов на эффективность переноса заряда и генерацию излучения. В отличие от них, органические светоизлучающие диоды (OLED) изготавливаются из очень тонких пленок молекулярных материалов, в основном в аморфной фазе. Потенциал повышения точности сборки молекулярных строительных блоков в OLED до атомарной исследования очень мало.

Например, общая эффективность OLED белого света в настоящее время ограничена из-за сравнительно низкой эффективности эмиссии синей компоненты. Впрочем, недавно методами молекулярной инженерии было показано, что возможно включение малых молекулярных строительных блоков в более крупные молекулы с отличными показателями электронного переноса при использовании насыщенных линкеров для увеличения размера молекулы без увеличения ее длины сопряжения.

Мы не располагаем методиками синтеза, позволяющими сопрягать в электролюминесцентных приборах молекулярные строительные блоки и монодисперсные наночастицы благородных металлов с атомарной точностью. Если такие методики появятся, использование плазмонных эффектов, вероятно, многократно повысит КПД флуоресцентных OLED и традиционных LED, что повлечет улучшение характеристик твердотельных осветительных приборов. Отсутствие технологии сборки массивных структур с молекулярной точностью пока препятствует применению этих эффектов на практике. Если такая технология будет разработана, возможно появление как LED, так и OLED с эффективностью преобразования электрической энергии в световую, близкой к 100 % от термодинамически достижимой.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

В обществе растет осознание того, что прямое преобразование солнечного света в электрическую энергию с помощью фотоэлементов станет важной составляющей глобальной энергетики будущего. Пока кремниевые фотоэлементы доминируют на рынке, стоимость энергии в единицах доллар за ватт остается на порядок выше уровня конкурентоспособности с энергетикой на ископаемом топливе, за исключением некоторых нишевых приложений. Тонкопленочные технологии обещают прогресс в разработке дешевых фотоэлементов. Такие

Перспективные инициативы в нанотехнологии и ожидаемые результаты



График дает общее представление о направлениях совместных исследований и возможных ближайших и отдаленных результатах в области производственных наносистем и их приложений

разработки, как органический фотоэлемент на основе наноструктур (ОФЭН), тонкопленочный кремний, CIGS (диселенид галлия-индия-меди $CuInGaSe_2$) и некоторые другие, как полагают, станут ключевыми в создании фотоэлектрических систем будущего.

Эффективность преобразования современных ОФЭН близка к 5 % (для лабораторных устройств), что в три раза меньше, чем у лучших образцов фотоэлементов на тонких пленках CdTe или на аморфном кремнии. Хотя фотоэлементы на основе CdTe, Si и ячеек Грацеля лучше всего изучены и широко используются, технология их изготовления очень сложна: она включает многошаговое вакуумное напыление, селенизацию металлических прекурсоров, катодное напыление или распыление, электроосаждение и завершается герметизацией фотоэлемента полимерной пленкой и нанесением защитного стеклянного слоя. Размер модуля из фотоэлементов, изготовленного по этой методике, определяется габаритами вакуумной камеры. На сегодняшний день размеры тонкопленочных CdSe фотоэлементов не превышают 30 x 30 см², а работают эти устройства с эффективностью преобразования 12.8 %. Недостатки альтернативной технологии тонкопленочных фотохимических ячеек Грацеля — это нестабильность жидкого электролита, испаряющегося со временем, ограниченность диапазона рабочих температур и главная проблема — деградация материала электрода коллектора заряда в агрессивной среде электролита.

Фотогальванические ячейки на тонкопленочном монокристаллическом кремнии также не лишены недостатков, среди которых: 1) толщина кремния, которая должна быть больше 10 мкм для эффективного поглощения света, что снижает гибкость пленки; 2) трудности выращивания монокристаллических пластин кремния большой площади; 3) трудность проволочной резки; 4) падение эффективности преобразования на 20–30 % от первоначальной за первый год и последующее неуклонное снижение в течение нескольких следующих лет.

Привлекательность ОФЭН – в их низкой стоимости, неограниченности источников исходных материалов, низкотемпературной обработке и возможности дешевого производства устройств большой площади на гибкой подложке. Обладая такой же теоретической эффективностью, что и традиционные полупроводниковые фотоэлементы, и низкой стоимостью производства, ОФЭН вполне могут стать решением задачи технологии фотоэлементов – рентабельной генерации электрической энергии в промышленных масштабах.

В общих чертах, оптимизация ОФЭН устройства сводится к подбору наноконструктивных зонными характеристиками и их организации в термодинамически устойчивую структуру путем формирования интерфейсов с подходящими разрывами зон. Решение этой общей задачи включает в себя следующие шаги:

1. Управляемый синтез бездефектных наноматериалов. Это потребует повышения уровня знаний о многофакторном процессе синтеза наноматериалов. Необходимо улучшить моделирование и управление процессами образования дефектов и окончания роста, что потребует усовершенствования методов и инструментов мониторинга роста. В этом заключен основной потенциал применения атомарно точных технологий, поскольку традиционные технологии синтеза и управляемой самосборки сталкиваются с ограничениями.

2. Новые методы атомарно точного производства и управляемой самосборки хорошо контролируемых наноструктурных компонентов в мезомасштабные устройства. Существенным продвижением станет объединение синтеза наноматериалов и сборки макроскопических структур в едином технологическом процессе.

3. Рентабельный синтез больших объемов материалов с однородными свойствами для макроскопических устройств, используемых в фундаментальных и прикладных исследованиях и производственных приложениях. Потребуется разработать новые методики синтеза наноматериалов в промышленном масштабе и найти революционные инженерные решения.

4. Стандартизация методов контроля качества для многочисленных исследовательских групп по всему миру с целью повышения качества исходных материалов и точного определения их состава. Необходимо разработать стандартные методы приготовления, чтобы обеспечить повсеместную воспроизводимость материалов.

5. Новые приборы для определения характеристик наноматериалов и контроля качества. Отсутствие стандартных методик оценки качества и многочисленность приборов, используемых для контроля качества конкретного материала, существенно замедляют процедуры контроля.

6. Новые методы многомасштабного параметрического и имитационного моделирования для исследования и прогнозирования свойств отдельных компонентов и их взаимодействия в процессе работы устройства. Кроме того, теория и моделирование необходимы при интерпретации экспериментальных данных, поскольку точность структурного контроля наноконструктивных элементов невысока из-за вариации их размеров и сложной структуры границ.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Пьезоэлектрические материалы могут преобразовывать механическую энергию в электрическую. Это означает, что пьезокерамики и пьезополимеры перспективны для применения в датчиках движения, а кроме того, могут преобразовывать обычно неиспользуемые механические напряжения и вибрации в полезную электрическую энергию. Если к керамическому пьезоэлектрическому элементу, например диску из PZT (титанат цирконат свинца), приложено механическое напряжение, электрическая энергия, производимая в элементе, равна полной приложенной механической энергии за вычетом энергии, потраченной на деформацию элемента. Производство электрической энергии пропорционально упругой податливости пьезоматериала (деформация на единицу приложенного напряжения) и квадрату коэффициента электромеханической связи пьезоэлектрического материала. Величина электрического потенциала в подобных процессах зависит от геометрии элемента. При необходимости потенциал можно понизить, а энергию запастись в параллельно подключенном конденсаторе.

Атомарная точность в производстве пьезоэлектрических материалов обеспечит беспрецедентные характеристики и новые возможности применения этих материалов в преобразовании механической энергии. Электрическая энергия, генерируемая при подводе механической энергии к пьезоэлектрическому элементу, пропорциональна его емкости. Для увеличения емкости объемного элемента можно использовать многослойную укладку пьезоматериалов, перемежаемых электродами, а не единичный элемент большей толщины. При таком подходе повышается отношение площади к объему, что приводит к увеличению генерируемого заряда и некоторому понижению электрического напряжения. Максимизация этого эффекта с помощью современных экспериментальных методов сталкивается с трудностью в производстве предельно тонких пьезоэлектрических слоев из подходящих твердых растворов типа перовскита, таких как PZT.

Целенаправленное управление расположением атомов при сборке такой пьезоэлектрической укладки обеспечит как минимизацию толщины отдельного слоя, возможно, до элементарной ячейки, так и оптимизацию концентраций химических элементов (Pb, Zr, Ti, O).

Предельно тонкие межслойные электроды ~ 1084 могут быть изготовлены без точечных проколов. Оптимизируются также коэффициент электромеханической связи и упругая податливость сборки. Кроме того, подобная технология изготовления слоя, вероятно, применима для нанесения тонкопленочных пьезоэлектрических покрытий для преобразования механической энергии на различные поверхности, например на поверхности автомобильных деталей, в которых происходит диссипация механической энергии (вибраций), пока не задействованная для получения энергии.

НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Важные характеристики накопителей энергии: 1) накопленная энергия на единицу массы, 2) накопленная энергия на единицу объема, 3) скорость накопления и подачи энергии, 4) скорость потерь энергии при хранении.

В принципе, внедрение ПАТ, как ожидается, не изменит значительно первые два показателя (килограмм пропана будет выделять то же количество энергии при окислении, что и раньше, хотя окисление в топливной ячейке более выгодно, чем в тепловой машине). ПАТ сильно повлияет на третий показатель, который связан с преобразованием энергии. Оно может затронуть и четвертый, если время хранения ограничено дефектом, который ПАТ может устранить (например, пути утечки в некоторых конденсаторах).

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

Оптоэлектрическое и оптохимическое. Некоторые компоненты, перспективные для объемного преобразования оптической энергии в электрическую или химическую энергию:

- прямозонные нанокристаллы, такие как II-VI соединения (обычно с глубиной поглощения ~ 1 микрон);
- кремниевые нанокристаллы (с глубиной поглощения ~ 100 микрон);
- TiO_2 нанокристаллы, примечательны оптически управляемым производством водорода;
- органические пи-системы, включая аналоги натуральных фотоактивных пигментов, таких как хлорофилл и бактериородопсин, а также пары донор/акцептор, упомянутые в подразделе о сигнальной трансдукции.

Электромеханическое. Электромеханические процессы (например, в топливных ячейках) во многом зависят от атомарных и наномасштабных деталей, которые определяют скорость передвижения реагентов и (через катализ) скорости их реакций. Как ожидается, оптимизация этих структур значительно повысит плотность мощности и эффективность топливных ячеек.

СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Вообще говоря, ПАТ повлияет более всего на те системы преобразования энергии, производительность которых напрямую определяется процессами в нано- или атомарном масштабе, происходящими в преобразующих элементах. Например, в некоторых конструкциях АТ электрических моторов продвинутых поколений плотность энергии, по теоретическим оценкам, полученным из обычных законов подобия для механических и электромагнитных явлений, достигнет $> 1012 \text{ Вт/м}^3$, что намного выше, чем у современных аналогов.

Промышленное преобразование энергии не является непосредственной целью ближнесрочных ПАТ. Стоимость изготовления современных АТ-устройств как по самосборочным, так и по зондовым технологиям слишком высока для их промышленного использования, хотя они и могут найти применение в специализированных нишевых приложениях. Однако после весьма вероятного снижения стоимости системы на основе АТ самосборочных структур с их эксплуатационными характеристиками станут привлекательнее, и изучению потенциала этих систем следует уделить внимание.

Впрочем, в солнечной энергетике уже сейчас активно разрабатываются приложения на основе наномерных компонентов (фотоэлектрических и фотохимических). **Фотоэлементы.** Для справки укажем, что эффективность современных кремниевых фотоэлементов достигает 24 % (при 0°C). Среди недостатков этих устройств отметим жесткость/хрупкость, ухудшение характеристик в ходе эксплуатации и высокую стоимость изготовления. В ближнесрочной перспективе появятся нанотехнологические изделия, например органические фотоэлементы, более дешевые, с лучшими механическими характеристиками (гибкость), хотя и с худшей эффективностью ($\sim 5\%$).

Фотохимия. Ближнесрочные нанотехнологии (хотя и не атомарной точности) весьма перспективны (эффективны 11 %).

Электрохимия/Топливные ячейки/Гальваника. Технологии интеграции механизмов транспортировки твердого топлива и топливных ячеек в субмиллиметровом масштабе позволят создавать принципиально новые устройства при разработке систем. Например, появятся топливные ячейки с элементами из кристаллического графита, в которых подача топлива и реакции на электроде будут координированы с атомарной точностью. В настоящее время изучению молекулярных деталей основных физических процессов, протекающих в гальванических и топливных ячейках, посвящено большое число работ. Наноструктуры АТ весьма перспективны для приложений в этой области.

Перевод выполнен в компании НТ-МДТ.

Весь документ можно получить в службе маркетинга у Тихомировой Анны (тел.: +7-495-913-5736/37/38, факс: +7-495-913-57-39, e-mail: tikhomirova@ntmdt.ru).

Дорожная карта светодиодной промышленности

На I Международном форуме по нанотехнологиям, прошедшем в декабре 2008 г. в Москве, Российская корпорация нанотехнологий (ГК «Роснанотех») представила пилотную версию дорожной карты развития светодиодной промышленности и общего освещения, подготовленную с участием Высшей школы экономики (ГУ ВШЭ). Руководитель сертификационного центра ГК «Роснанотех» Виктор Иванов привел результаты анализа рынка светотехники, дал оценку перспектив светодиодной отрасли в России и рассказал о проблемах, которые необходимо решить для создания производства светодиодных устройств освещения.

Ведение работ в рамках дорожных карт является одним из важнейших принципов ГК «Роснанотех». Цель создания дорожной карты по светодиодам – развитие в России нового направления промышленности, основанного на нанотехнологиях: массового производства светодиодов и светотехнических устройств на их основе.

Дорожная карта должна учитывать многие аспекты организации и ведения производства. Для работы над ней Корпорация сформировала авторитетный технический комитет, в который, помимо специалистов по экономике и технике от ГК «Роснанотех», вошли представители ГУ ВШЭ, университетов и институтов РАН, а также эксперты от сообщества производителей светодиодов освещения. Важнейшие из вопросов, рассматриваемых в дорожной карте, – это характеристика рынков конечной продукции, сегодняшний объем ее использования и ожидаемый в будущем; технологические аспекты, т.е. знания и оборудование, актуальные для развития светодиодных устройств; ресурсная база, необходимая для организации их производства. В связи с ориентацией на создание производства на территории России особое внимание в дорожной карте ГК «Роснанотех» уделяется кадровым вопросам.

Приведенный в дорожной карте анализ рынка опирается на авторитетные мнения международных организаций, специализирующихся в области рыночных исследований, и, в части российского рынка, – на информацию компании РБК. По данным Global Industry Analysts Inc., объем мирового рынка общего освещения оценивается на уровне 40 млрд долларов, а темпы его роста за последние 3 года составили 4–5 %. По прогнозам, к 2016 г. около 30 % рынка будет занято светодиодными осветительными устройствами (рис. 1). При этом светодиодный сектор рынка состоит

из нескольких сегментов. На диаграммах на рис. 2 видна сравнительная динамика сегментации рынка светодиодов освещения по состоянию на 2007 г. и состоянию, ожидаемому к 2012 г. Кроме показанного роста сегментов дисплеев и освещения перспективными являются также некоторые специальные ниши применения светодиодов, такие как проекционное телевидение и подсветка ЖК-дисплеев. Сегмент освещения на мировом рынке оценивают как наиболее перспективный в ближайшие 5 лет. В 2007 г. рынок светодиодных ламп, используемых в освещении, составил 330 млн долларов, что соответствует росту в 60 % по отношению к 2006 г. К 2012 г. прогнозируется размер этого сегмента в 1.4 млрд долларов, т.е. 11 % рынка будут заняты светодиодными источниками освещения (рис. 3).

В России, по данным РБК, объем всего рынка светотехники в 2007 г. составил около 1.7 млрд долларов. Российский рынок освещения бурно развивается, его рост в среднем составляет 13 %, а в ближайшие 3–5 лет ожидается на уровне 15 %. При этом сегмент, связанный с применением светодиодов, пока невелик (рис. 4), но в дальнейшем будет быстро увеличиваться. На рынке общего освещения выделяются как наиболее крупные рынок офисных (400 млн долларов) и подъездных светильников (321 млн долларов по прогнозам на 2009–2012 гг.). Также велик рынок, связанный с освещением в транспортных средствах – в автомобильной промышленности, на железных дорогах.

Развитие технологии светодиодов идет по двум направлениям: светодиоды на неорганических гетероструктурах и органические светодиоды.

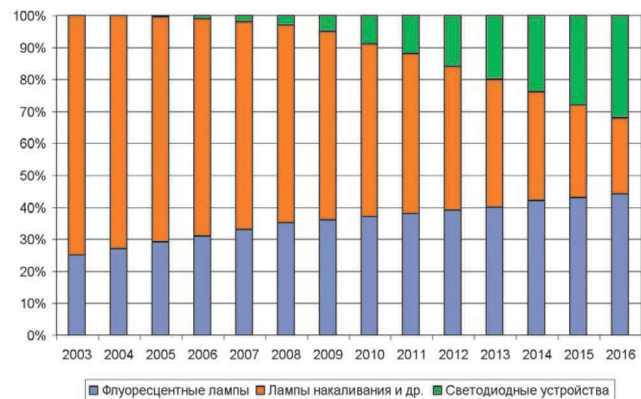
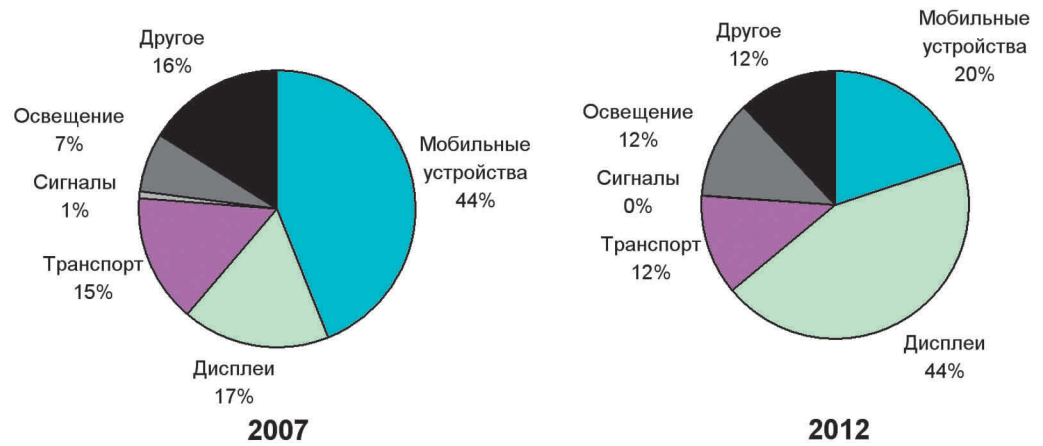


Рис. 1. Прогноз состояния мирового рынка общего освещения (по данным Global Industry Analysts Inc.)

Рис. 2. Распределение мирового рынка светодиодов по областям применения на 2007 и 2012 г.



роструктурах (LED) и светодиода на органических компонентах (OLED). Неорганические светодиоды – очень динамично развивающаяся область, в которой в последние 20 лет было сделано много открытий, и к настоящему времени достигнута высокая эффективность основанных на этом принципе устройств. По сравнению с ними органические светодиоды отстают в развитии, однако у последних есть ряд интересных потребительских свойств, которые могут оказаться ключевыми в конкуренции с неорганическими светодиодами. В частности, они позволяют создавать полупрозрачные гибкие осветительные панели большой площади.

Мировые лидеры в разработке и производстве LED-устройств уже вышли на высокий уровень световой эффективности. Компания Cree Inc, лидер на этом рынке, выпускает светодиоды с эффективностью на уровне 100 лм/Вт при 350 мА. Светодиоды серии LUXEON фирмы PHILIPS Lumileds имеют эффективность до 170 лм/Вт при 700 мА, устройства других производителей – 50-100 лм/Вт. Эффективность OLED не столь высока: лидеры в данной области – компании Samsung, OLLA, Novaled – имеют лабораторно

подтвержденные данные по мощности съема энергии 20-50 лм/Вт, хотя теоретический порог для идеальной структуры намного выше – примерно 360 лм/Вт. Практический же уровень эффективности таких светодиодов специалистами оценивается на уровне 230 лм/Вт при яркости 2000 кд/м² и сроке службы до 100 000 ч. Для сравнения, эффективность бытовых ламп накаливания варьируется в пределах 12-18 лм/Вт, компактных люминесцентных ламп – 65-100 лм/Вт. Многие компании, например OSRAM, планируют начать серийный выпуск OLED-светильников к 2012 г.

В России, к сожалению, в настоящее время нет производства своих чипов и гетероструктур на таком уровне энергетической эффективности. Ряд компаний – КБ Автоматики, Corvette Lights, Уральский оптико-механический завод и др., выпускающих осветительные приборы на неорганических светодиодах, используют импортные структуры и чипы. Изготовлением чипов и светодиодов на их основе на уровне малого производства занимается ЗАО «Оптоган». Эффективность светодиодов, производимых данной компанией, находится на уровне 60 лм/Вт при энергетической эффективности около 15%. В течение 4 лет компания плани-

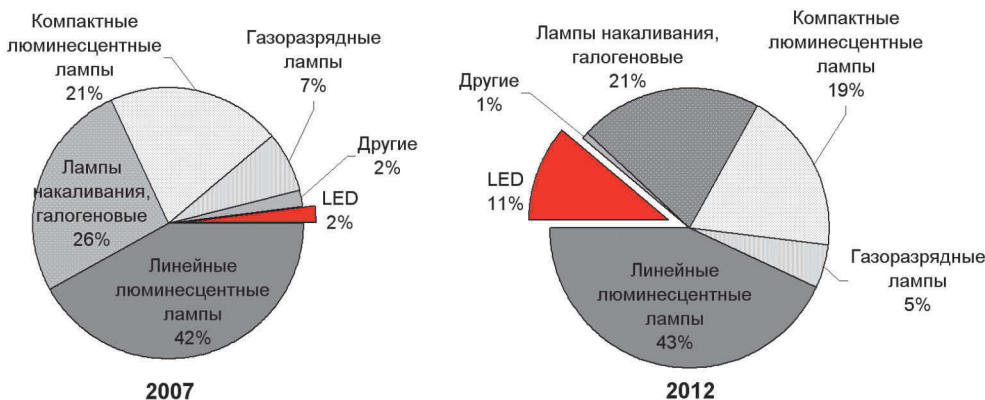


Рис. 3. Доля различных устройств на мировом рынке общего освещения в 2007 и 2012 г.



Рис. 4. Распределение рынка общего освещения в России по типам ламп

рует выйти на уровень энергетической эффективности до 25 % и общей эффективности до 100 лм/Вт (рис. 5). Технология OLED развивается в РФ еще медленнее, отсутствует не только серийное производство устройств освещения, но и производственная и технологическая базы. Однако, по словам Виктора Иванова, по конструкции и технологическому исполнению российские LED не уступают зарубежным аналогам, и появляются возможности выращивать собственные чипы. В этой области ведутся интенсивные исследования, связанные с тем, что стоимость импортируемых чипов достаточно высока, поэтому организация их производства в России позволит снизить стоимость компонент в 5-6 раз. Что касается OLED, ряд сильных научных команд ведет разработки на стадии R&D, и в перспективе могут быть разработаны органические светильники большой площади при условии эффективной поддержки этого направления путем закупки за рубежом технологических линий для производства OLED.

В целом, для использования перспектив данной отрасли в России необходима поддержка разработок по светодиодам государством, развитие технологической вооруженности предприятий и отечественного производства технологического оборудования (с использованием импортных комплектующих), введение стандартов контроля качества и развитие диагностических центров для сертификации устройств и оценки их характеристик. Создание новых производств потребует подготовки соответствующих научных, инженерных, технических и рабочих кадров. Здесь возможным путем является создание нанотехнологических научно-образовательных центров. Их задачей будет обучение обращению с оборудованием – эпитаксиальными установками, системами обеспечения «чистых комнат», установками структурного и оптического контроля выращиваемых кристаллов и др. Существует ряд технических проблем, касающихся производственных методов газофазного химического осаждения металлоорганических соединений (MOCVD) и молекулярно-лучевой эпитаксии (MBE), изготовления однородных структур на подложках большой площади, применения люминофоров. Для них уже видны пути решения, и этими вопросами необходимо заниматься в первую очередь.

Корпорацией ГК «Роснано» сделан первый шаг к созданию в России нового производства: совместно с группой компаний ОНЭКСИМ и Уральским оптико-механическим заводом создана компания по производству светотехники нового поколения на неорганических гетероструктурах. Объем инвестиций Корпорации в проект составляет 1 776 млн рублей, общий объем инвестиций – 3 351 млн рублей. В то же время ГК «Роснано» будет стремиться развивать и модифицировать дорожную карту, в результате чего в России к началу 2013 г. может заработать производство неорганических светодиодов.

Андрей Давыдов, «Российские нанотехнологии», № 3-4, 2009 г.



Рис. 5. Прогноз разработок LED в России. Характеристики чипов и светодиодов (ЗАО «Оптоган»)

Космические каскады

В космических аппаратах применяют два вида солнечных батарей – кремниевые и арсенид-галлиевые на германиевой подложке. Первые производить дешевле и проще, поэтому они занимают подавляющую долю российского рынка. Для вторых требуются дефицитные материалы, они стоят значительно дороже кремниевых, но гораздо эффективнее. Поэтому, несмотря на высокую цену, заказы на арсенид-галлиевые батареи растут, а значит, в России выгодно развивать собственное производство этих солнечных модулей.

Первый искусственный спутник запустили на орбиту 4 октября 1957 г. Однако через несколько недель передача сигналов от него прекратилась – разрядились химические батареи. Дальнейшие работы по освоению космоса потребовали создания новых источников энергии, солнечные батареи как нельзя лучше подходили для этой цели. В России их впервые разработали в НПП «Квант» и установили на третьем советском ИСЗ, который проработал на орбите почти 2 года, с мая 1958 г. С тех пор космонавтика не может обойтись без солнечных батарей.

Солнечная батарея состоит из множества фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Это небольшие пластины, сделанные из полупроводниковых материалов. Их крепят на той части панели, которая обращена к светилу, и прикрывают защитным стеклом. Работа фотоэлементов основана на фотоэлектрическом эффекте, т.е. электрический ток возникает в них под действием солнечного света. Вырабатываемая электроэнергия идет на питание аппаратуры, систем жизнеобеспечения космического аппарата, а также на зарядку аккумуляторов.

Чаще всего фотоэлементы для солнечных батарей делают из кремния. Его запасы огромны, стоимость низкая, а технология изготовления пластин из него хорошо отработана. КПД кремниевых фотоэлементов не превышает 20 %.

Альтернативой кремнию служат соединения A^3B^5 , между которыми возможен полупроводниковый гетеропереход. Главным образом это соединения на основе арсенида галлия. Гетеропереход представляет собой место сочленения двух различных по химическому составу полупроводников. Современные ФЭП делают с несколькими P-N переходами, как правило тремя, поэтому их называют трехпереходными, а также трехкаскадными. В них одиночные фотоэлементы (каскады) располагают друг за другом таким образом, что солнечный свет сначала попадает на верхний элемент, который поглощает фотоны с наибольшей энергией,



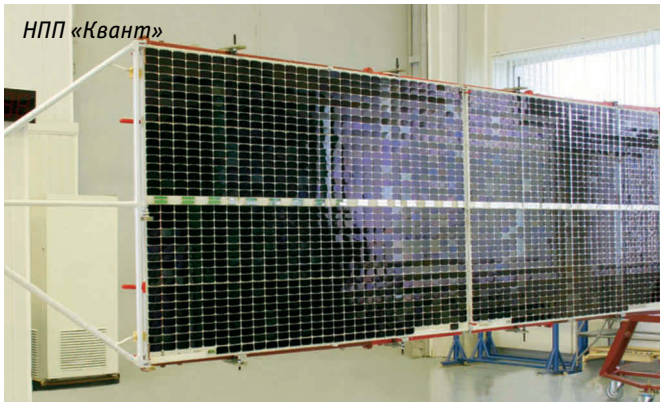
НПП «Квант»

Трехкаскадный арсенид-галлиевый ФЭП, изготовленный в лаборатории НПП «Квант»

т.е. синий свет. Пропущенный верхним элементом свет проникает на следующий уровень и т.д. Поскольку многопереходные ФЭП работают со значительно большей частью солнечного спектра, эффективность фотоэлектрического преобразования у них выше, чем у однопереходных, и составляет около 30 %. При этом фотоактивная толщина трехкаскадной структуры составляет всего 5–6 мкм.

У арсенид-галлиевых фотоэлементов есть еще несколько преимуществ перед кремниевыми. Например, вдвое большая устойчивость к высоким температурам. Это позволяет применять для них концентраторы солнечного излучения – линзы, которые фокусируют солнечный свет на рабочую поверхность. Кроме того, арсенид-галлиевые батареи обладают высокой радиационной стойкостью, поэтому их применяют на спутниках, работающих внутри радиационных поясов Земли или на пересекающих их орбитах.

В России солнечные батареи для космических аппаратов выпускают два предприятия: НПП «Квант» в Москве и ОАО «Сатурн» в Краснодаре. Если производство кремниевых панелей налажено полностью, то арсенид-галлиевые пока собирают из импортных фотоэлементов. Сейчас примерно 80 % всех выпускаемых солнечных батарей составляют кремниевые, но это соотношение скоро изменится, поскольку растет спрос на арсенид-галлиевые панели. Вот почему оба предприятия нацелены на создание собственных производств трехпереходных ФЭП и почти одновременно подали в Роснано заявки на финансовую поддержку своих проектов.



Арсенид-галлиевая батарея, созданная на НПП «Квант» для спутника связи «КазСат»

«Квант» — одно из старейших предприятий, работающих для космической отрасли, в этом году ему исполнилось 90 лет. Здесь произведено более 2000 солнечных батарей, в т.ч. для орбитальных станций «Салют», «Мир» и МКС, межпланетных аппаратов «Венера», «Марс», «Фобос», для космических аппаратов «КазСат», «Экспресс-АМ», «Глонасс-К», «Монитор-Э». Еще в 1967 г. на «Кванте» изготовили арсенид-галлиевые солнечные батареи для «Венеры-4», в начале 1970-х — для «Луноходов», а позже для станции «Мир». Но это оказались разовые проекты, сделать промышленной технологию изготовления гетеропереходных ФЭП тогда не удалось, т.к. она требовала больших затрат. Только к 2000 г. ее удалось внедрить в промышленность, но уже не в нашей стране, а в США. Сегодня для создания собственного производства «Квант» разрабатывает современные арсенид-галлиевые фотоэлементы с тремя каскадами, каждый из которых формируется несколькими слоями различных полупроводников. На предприятии уже запущено оборудование для производства новых фотоэлементов, получены первые образцы. По плану их массовый выпуск должен начаться уже в конце 2009 г.

КАК ИЗГОТАВЛИВАЮТ ТРЕХКАСКАДНЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

Быстрое внедрение гетероструктур в солнечную энергетику произошло после изобретения в 1980-х гг. в США метода газофазной эпитаксии. Теперь можно было легко управлять наращиванием пленок различных полупроводников. В эпитаксиальном реакторе в качестве несущего газа используется водород, в котором растворяются все необходимые элементы. Далее, изменяя давление и температуру в реакторе, на тончайшие пластинки из германия слой за слоем осаждают атомные слои различных полупроводников: арсенида галлия, индия-галлия-фосфора. Толщина наиболее важных слоев составляет 15–20 нм.

ОАО «Сатурн» гораздо моложе «Кванта» и до 1994 г. входило в его состав. Здесь выпускали различные химические и физические источники тока, датчики, электрохимические генераторы. Первую солнечную батарею здесь изготовили в 1972 г. для спутника «Циклон». По данным за 2007 г., продукцией краснодарского предприятия оснащены 13 % всех космических аппаратов в мире. Отечественный рынок солнечных батарей «Сатурн» с «Квантом» делят примерно поровну. «Кремниевые солнечные элементы достигли предела разумного совершенствования, незначительное улучшение характеристик требует неоправданно больших затрат. С другой стороны, космическая техника совершенствуется, что предъявляет более высокие требования как к мощности, так и к ресурсу солнечных батарей. В настоящее время только арсенид-галлиевые солнечные батареи могут удовлетворить этим требованиям», — считает генеральный директор предприятия Анатолий Скурский. У «Сатурна» также есть оригинальная разработка, позволяющая изготавливать трехкаскадные арсенид-галлиевые фотоэлементы, однако наблюдательный совет Роснотехта одобрил проект «Кванта», о чем стало известно в июле этого года.

Мария Морозова, «Российские нанотехнологии», № 9-10, 2009 г.

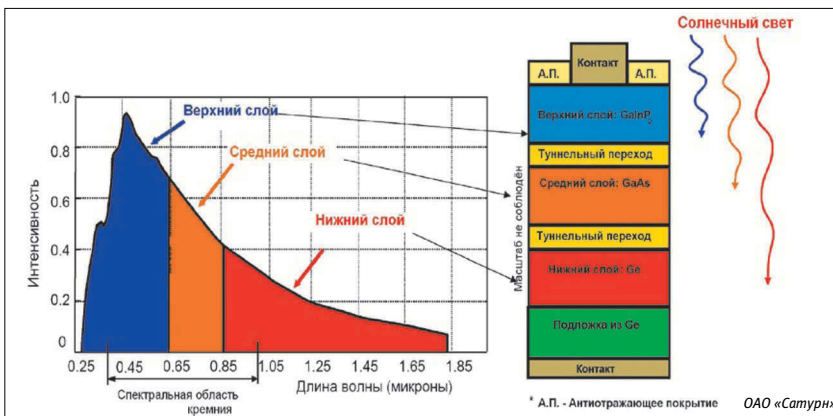


Схема трехкаскадного ФЭП

Квантовое многоточие

Наночастицы с уникальными оптическими свойствами – квантовые точки – стали основой ряда полезных разработок, выполненных в лаборатории нанокompозитных материалов Центра высоких технологий НИИ прикладной акустики в Дубне. А сами разработки привели к созданию малого предприятия, занимающегося их коммерциализацией. Вся инновационную цепочку – от исследований до переговоров с заказчиками – курирует Максим Вакштейн – начальник лаборатории нанокompозитных материалов Центра высоких технологий НИИ прикладной акустики и генеральный директор ООО «НТИЦ “Нанотех-Дубна”».

Максим, назовите основные области применения квантовых точек.

– Ключевых направлений, где квантовые точки имеют наибольшие перспективы применения, на мой взгляд, три.

Во-первых, это биотехнологии и медицина. Правда, в настоящее время медицинские приложения с использованием квантовых точек еще ограничены, в силу того что недостаточно исследовано влияние наночастиц на здоровье человека. Однако применение их в диагностике опасных заболеваний представляется весьма перспективным, в частности, на их основе разработан метод иммунофлуоресцентного анализа. И при лечении онкологических заболеваний уже используется, например, метод так называемой фотодинамической терапии.

Наночастицы вводят в опухоль, далее их облучают, а потом эта энергия переносится от них на кислород, который переходит в возбужденное состояние и изнутри «выжигает» опухоль.

Второе направление – это оптоэлектроника и светодиоды нового типа – экономичные, миниатюрные, яркие. Здесь используются такие преимущества квантовых точек, как их высокая фотостабильность (что гарантирует продолжительное функционирование устройств, созданных на их основе) и способность обеспечить любой цвет (с точностью до одного-двух нанометров по шкале длин волн) и любую цветовую температуру (от 2 градусов Кельвина до 10 тысяч и выше). В перспективе на основе светодиодов можно делать дисплеи для мониторов – очень тонкие, гибкие, с высокой контрастностью изображения. Вообще, светодиодная тематика очень интересна. Мы начали взаимодействовать по этому направлению с корпорацией Showa Denko («Сёва Дэнко»). Это пятая по масштабу компания в Японии, которая специализируется на жестких



*Максим Вакштейн:
«Стоимость наших квантовых точек втрое меньше, чем на мировом рынке»*

дисках, но занимается и производством светодиодов, в частности, разрабатывает сверхъяркие светодиоды в синей области спектра. Мы подписали с этой компанией соглашение о намерениях, и она готова стать нашим партнером, если мы выйдем на промышленный уровень и будем поставлять квантовые точки с нужными характеристиками.

А третье направление – использование квантовых точек для улучшения характеристик солнечных батарей. В этом направлении мы предлагаем две разработки.

Первая – это полимерная пленка с квантовыми точками, которую надо всего лишь наклеить поверх батареи. Очень важный момент – то, что мы не нарушаем чужую технологию. Наша пленка только лишь поглощает ультрафиолет, чего не могут многие батареи, и отдает им видимый свет. Это повышает КПД батареи: скажем, если было 18 процентов, то станет 20. За такое увеличение люди готовы бороться: на большом количестве батарей это дает очень приличный прирост производимой энергии.

И вторая разработка, которой мы занимаемся непосредственно сейчас, – это концентраторы солнечного излучения в виде тонких полимерных пластин. Основой разработки является дешевое оргстекло, внутрь которого помещаем квантовые точки, либо в классическом варианте – органические люминофоры. Пластина поглощает свет всей площадью и вгоняет его в торцы. Солнечные элементы крепятся именно к торцам пластины. С помощью этой технологии можно в разы повысить мощность излучения, падающего на единицу площади солнечной батареи. Себестоимость разработки получается достаточно низкая за счет того, что а) мы ставим солнечные элементы только в торцы пластины, минимизируя тем самым их площадь; б) материалом для самой пластины выбрано дешевое оргстекло; и в) концентрация квантовых точек небольшая, отчего их стоимость очень низкая. Основное отличие нашей разработки от классических концентраторов энергии, которые делают, например, в Физико-техническом институте в Санкт-Петербурге, в том, что там излучение концентрируют с помощью линз Френеля, а у любых линз есть один очевидный недостаток – фокусное рас-



Под ультрафиолетом квантовые точки светятся всеми цветами радуги. Цвет определяется размером точки

стояние. Соответственно, толщина батареи с такими линзами немалая, что означает расход материалов и удорожание конечного продукта.

Технология синтеза квантовых точек – оригинальная разработка вашей лаборатории?

– Да, мы разработали свой способ, скоро получим российский патент. В двух словах: когда квантовые точки синтезируют обычным коллоидным способом, они получаются в «органической шубе», то есть их покрывает поверхностно-активное вещество, которое их стабилизирует, предотвращает их слипание и агрегацию, но только в неполярных растворителях. Для получения водорастворимых квантовых точек их поверхность химически модифицируют. Однако это очень недешево и ухудшает их качества, в частности, колоссально меняется их способность к свечению. Наш метод позволяет получать квантовые точки, которые не агрегируют без специальных ухищрений как в полярных, так и неполярных растворителях. Мы разработали кремнийорганическую оболочку, которая при помещении в щелочную среду гидролизует и становится полярной. В итоге стоимость наших квантовых точек раза в три меньше, чем на мировом рынке.

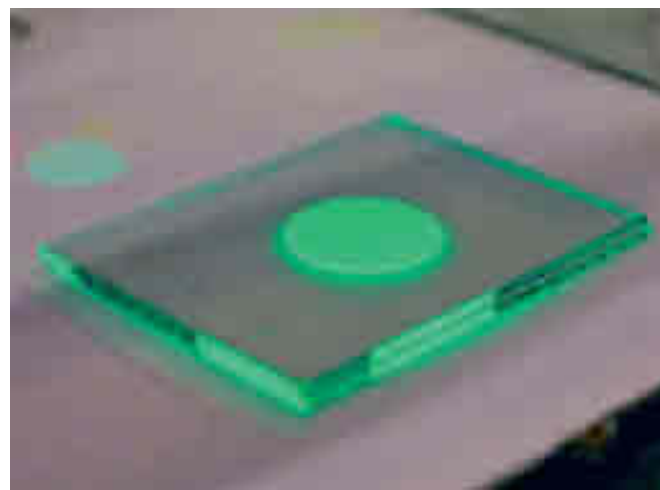
Инвесторы проявляют интерес к вашей технологии? Она кажется очень перспективной в плане коммерциализации...

– Мы хотим наладить более-менее полномасштабное производство квантовых точек, и для этого нам необходим соинвестор. Речь идет о десяти килограммах продукта в год. В принципе, величина не очень большая, но учитывая, что это – наночастицы, данного объема, по нашим оценкам, будет достаточно для нужд всей страны. Наша компания «НТИЦ “Нанотех-Дубна”», которая, к слову, специально создана для продвижения этой разработки, и НИИ прикладной акустики подали заявку на финансирование проекта по производству квантовых точек в ГК «РоснаноТех», и Наблюдательный совет корпорации наш проект поддержал, возможно, из тех соображений, что квантовые точки могут стать неким базовым кирпичиком для раз-

вития других ими же финансируемых направлений. По тем же светодиодам у них есть проект со «Светлана-Оптоэлектроника» из Санкт-Петербурга, крупнейшим производителем светодиодов в России. У ГК «РоснаноТех» мы запросили миллион евро. Деньги по их меркам очень маленькие, они привыкли работать с проектами на миллиарды рублей. В этом смысле у нас была некоторая проблема, но она разрешилась.

Очень интересен ваш опыт создания внедренческой компании. Расскажите, пожалуйста, подробнее о деятельности фирмы «НТИЦ “Нанотех-Дубна”».

– Компанию учредил в 2008 году НИИ прикладной акустики, чтобы коммерциализировать научно-исследовательские разработки сотрудников. И первым стал как раз проект по квантовым точкам. Компания



Квантовые точки в полимерной пленке

за это время вошла в число резидентов особой экономической зоны в Дубне, благодаря чему мы имеем налоговые льготы, существенные таможенные преференции. Действует в ОЭЗ и свободная таможенная зона по ввозу оборудования и материалов из-за границы, соответственно, они не облагаются НДС.

Все наше производство реализовано на базе института. Объемы продаж небольшие, за год выходит около 10 тысяч долларов. Какие-то реальные дивиденды, надеемся, возникнут чуть позже. Наши клиенты – научные центры, которые берут небольшие партии, в том числе пробные или для исследовательских целей. Мы можем варьировать свойства продукта с учетом индивидуальных пожеланий заказчика, что на самом деле дорого и накладно, и получается не совсем бизнес. Но нам это интересно с точки зрения развития. Пока мы в большей степени работаем на перспекти-

ву. Бывает, даже не на коммерческой основе работаем. Понятно, что продать 100 миллиграмм вещества не всегда удобно. Иногда лучше хороший контакт наладить с людьми. В будущем это может дать гораздо больше, чем если сейчас выгадать несколько тысяч рублей.

Без надежного производства мы не можем заключать серьезных контрактов. Для создания такого производства и задуман проект с ГК «Роснанотех». Подписаны также соглашения о намерениях с рядом серьезных организаций, кроме уже упомянутой «Сёва Дэнко». Гознак заинтересовался возможностью защиты ценных бумаг и документов с помощью технологий квантовых точек. Но реальные продажи, опять-таки, будут только при наличии производства.

Вы сами ведете переговоры с клиентами?

— Да, это наукоемкая область и человек, который технологию не знает, — менеджер, допустим, далеко не всегда сможет нормально ответить на вопросы,

что нередко оказывает большое влияние на дальнейшие отношения. В частности, если у людей после первой встречи осталось некое мутное ощущение, они могут просто не захотеть сотрудничать дальше. Это, конечно, достаточно неудобно, потому что приходится совмещать руководство фирмой с руководством лабораторией. Тем не менее это необходимо, это задел на будущее.

Остается время на науку?

— Практически нет. Если в начале работы нашей лаборатории я фактически был первым химиком, занимался непосредственно синтезом, то сейчас уже давно отошел от этого. Административная и коммерческая деятельность сильно отнимают время. Даже одной должности хватило бы с головой, чтобы занять себя, а совмещать несколько просто нереально. Приходится чем-то жертвовать.

Беседовал Иван Охапкин, strf.ru

Андрей Жук: «Водород нисколько не экологичнее природного газа»

Все ведущие индустриальные страны имеют стратегии развития водородной энергетики. СССР долгое время лидировал по разработкам в этой отрасли, однако их применение ограничивалось несколькими направлениями — космос, авиация и подводные лодки. В РФ водородная энергетика входит в перечень критических технологий, утвержденный правительством. Ряд исследовательских проектов в этой области финансирует Роснаука. Но государственной поддержки коммерческих продуктов с водородными топливными элементами, как в других странах, в России нет. А может, и не зря? Так ли уж они перспективны, как это преподносят, делится в интервью STRF.ru директор Института новых энергетических проблем Андрей Жук.

Андрей Зиновьевич, каковы преимущества и недостатки топливных элементов на водороде?

— Два главных преимущества — их экологичность и бесшумность. Но, я бы сказал, ими они и ограничиваются. Более того, даже их экологичность можно поставить под сомнение, в глобальном смысле этого слова. Да, при окислении водорода получается только вода, но ведь прежде необходимо получить сам водород, а с этим все уже сложнее.

Пока придумали всего два способа получения водорода в больших масштабах — из воды и путем преобразования углеводородов, преимущественно природного газа. В первом случае воду необходимо разложить до водорода и кислорода, затратив электроэнергию. Но этот способ сейчас слишком дорог. Поэтому значительную часть водорода производят из природного газа — так дешевле. Это выхолащивает всю идею

водородной энергетики, которая заключается в отказе от топлив, содержащих углерод.

Более того, просто сжигая газ как топливо, уже сегодня на самых современных тепловых электростанциях можно достичь высокой эффективности при минимальном вредном воздействии на окружающую среду — уж, по крайней мере, не большем, чем при производстве водорода. Поэтому водород нефтегазового происхождения для электростанций — это малоперспективно, хоть он и дешевле. За более низкой ценой водорода гонятся, в том числе, из-за того, что топливные элементы, в которых он используется, и так зашкаливают по цене. Смотрите, например, стоимость современного дизеля, который дает КПД в 40 %, — 200 долларов за киловатт мощности, водородного топливного элемента с КПД 50 % — под 3000 долларов. И эту стоимость пока снизить не удастся.

Понятно, что нагрузка на среду при производстве водорода из природного газа примерно та же, если его сжигать в электростанциях. Но многое зависит от того, где использовать топливо: одно дело доставлять в город и сжигать там, другое — производить водород в безлюдной местности и экологично окислять в городе. Экологическая нагрузка во втором случае сильно уменьшается.

— Совершенно верно. Практически любая технология производства энергии оказывает негативное воздействие на окружающую среду. В случае гидроэлектростанций — это масштабное затопление земель. Даже при нормальном функционировании атомных станций более двух сотен радиоактивных изотопов попадают в окружающую среду и организмы людей и животных; кроме того, в процессе их работы вырабатываются долгоживущие радиоактивные отходы, впоследствии подлежащие захоронению. Работа теплоэлектростанций — это выброс углекислого газа, оксидов азота, серы, других вредных веществ и пылевых частиц.

В среднесрочной перспективе проблему может решить подход, при котором экологическая нагрузка будет территориально распределена, а негативное воздействие на человека и биосферу минимально. Этого можно достичь, если экологически чистый (при непосредственном его использовании, без предыстории получения) энергоноситель производить в регионе



Андрей Жук:
«Почти весь водород для энергетики производят из природного газа. Это выхолащивает всю идею водородной энергетики, которая заключается в отказе от топлив, содержащих углерод»

с малой нагрузкой на экологию, а затем потреблять там, где увеличение такой нагрузки критично, — городах, заповедниках, зонах земледелия и курортах.

Водород, на мой взгляд, на роль такого энергоносителя не подходит. Кроме того, сейчас на многих электростанциях, например фирмы UTC Power в США, стоит блок переработки природного газа в водород, и только после этого получают водородные топливные элементы. То есть такая электростанция потребляет тот же природный газ. От нее разве что шума меньше, но это достигается и более простым методом.

Тогда что бы Вы предложили в качестве альтернативы водороду? Чем он не подходит?

— На сегодняшний день самый универсальный и экологически чистый энергоноситель — электрическая энергия. Фактически, у нее только один недостаток — ее нельзя эффективно хранить. Аккумуляторы и другие накопители энергии дороги, кроме того, в них невозможно запасти много энергии. Но решить эту проблему можно — с использованием того же самого промежуточного энергоносителя. Сейчас, конечно, превалирует точка зрения, что водород — это оптимальный вариант. На самом деле у него много недостатков. Да, это самое калорийное топливо, если брать в расчете на один килограмм. Но этот килограмм занимает слишком много места (около девяти кубометров при атмосферном давлении), т.е. его надо либо сжимать, либо сжигать — и то и то неудобно и затратно. Есть вещества, которые поглощают водород, но те, что делают это наиболее эффективно, — ядовиты. Кроме того, водород взрывоопасен. Отсюда технические и экономические трудности при его хранении, транспортировке и распределении. Это неудобно, в частности, если использовать водород как автомобильное топливо.

Беседовал Иван Охапкин

В ОИВТ РАН предложили альтернативный энергоноситель и технологии, которые помогают обойти недостатки водорода. Речь идет об алюминии.

В автомобилях на алюминии баллоны с водородом заменены на картриджи из этого легкого металла. Алюминий непосредственно окисляется кислородом воздуха, при этом вырабатывается электрический ток. Алюминиевые топливные элементы — альтернатива аккумуляторам в гибридных двигателях. Запас энергии в алюминии больше, чем в литий-ионных батареях — 240 Вт·ч против 150. Еще одно преимущество «крылатого» металла — распространенность в земной коре, в отличие от лития, который встречается на Земле гораздо реже. Когда гибридный дви-

гатель работает, пользователь должен иметь возможность перезарядить блок, в котором окисляется алюминий при помощи кислорода; это будет несколько дольше, чем заправка бензином, но гораздо быстрее, чем подзарядка на литий-ионных аккумуляторах.

В гибридных автомобилях используются также суперконденсаторы. Суперконденсатор — это тот же конденсатор-дielekтрик с обкладками, но роль обкладок выполняет пористое или нанопористое тело с огромной поверхностью, dielectric, — гель, который заполняет полости на поверхности, а зарядов — ионы, которые находятся в геле. За счет того что поверхность велика, емкость суперконденсатора может быть намного больше емкости обычных конденсаторов.

Напряжение в суперконденсаторах невелико, оно ограничивается параметрами электролита. Если использовать водный электролит, то при напряжении около 1 В он начинает разлагаться на обкладках этого конденсатора. Если использовать другие электролиты, например ионные жидкости, то можно довести напряжение до 3–3.5 В. Это увеличивает запасаемую энергию в 9–10 раз, и тогда по своей емкости суперконденсаторы становятся близки к аккумуляторам, что делает их перспективными для гибридных двигателей. Их преимущества перед аккумуляторными — возможность быстрой зарядки и разрядки, что экономит время, а также обеспечивает большую мощность, так необходимую при разгоне автомобиля.

Сверхпроводящие тенденции

Один из приоритетов новой стратегии энергосбережения и энергоэффективности российского правительства — отказ от ламп накаливания. Это совпадает и с мировыми тенденциями. Еще одна многообещающая возможность экономить энергию — сверхпроводники — тоже пользуется в мире популярностью. Есть ли у этой технологии будущее в России, STRF.ru спросил у генерального директора корпорации «Русский сверхпроводник» Александра Каца.

Александр Владимирович, для чего создан «Русский сверхпроводник»?

— Наша сверхзадача — построить отечественную сверхпроводниковую индустрию, в том числе оборудование, которое использует эффект сверхпроводимости. Мы займемся созданием базы по производству самих сверхпроводников, а также изделий на их основе.

Это поможет обеспечить российскую энергосистему качественным оборудованием и проводкой для защиты подстанций от токов короткого замыкания, уменьшения расходов на обслуживание генераторов и трансформаторов, а также материалоемкости изделий электротехнической промышленности.

Например, сверхпроводящие кабели в 4–5 раз более компактны и позволяют передавать большую мощность при сохранении габаритов традиционной проводки. В итоге один сверхпроводниковый кабель заменяет от 4 до 9 обычных. Точно такие же пропорции сохраняются, например, для генераторов электроэнергии, трансформаторов, электродвигателей.

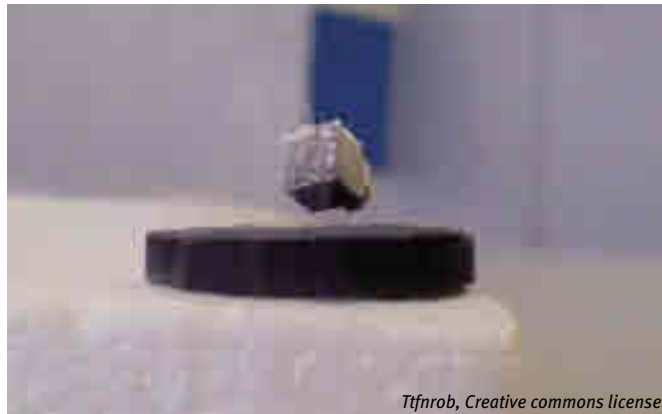
К сожалению, отечественных материалов, которые можно было бы использовать, пока еще нет. И все текущие испытания кабелей проводятся на японских и американских сверхпроводниках. Естественно, речь идет о высокотемпературных образцах (ВТСП) — они становятся сверхпроводящими уже при охлаждении жидким азотом.

С какими научными организациями вы сотрудничаете, чтобы создать российские технологии сверхпроводников?

— У нас широкая кооперация — более 40 отечественных организаций. Вузы, например, МАИ, МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, электротехнический университет ЛЭТИ в Санкт-Петербурге. Кроме того, отраслевые научно-исследовательские организации «Росатома» — НИИ электрофизической аппаратуры, «ТРИНИТИ», Институт физики высоких энергий, а также ВНИИ кабельной промышленности и Курчатовский институт.

Где в России сейчас делают ВТСП?

— В России пока только идет разработка технологий по производству сверхпроводниковых кабелей второго поколения. В частности, мы курируем две из них. Надеемся, что на рубеже 2011 года производство начнется в промышленных масштабах.



Tfnrob, Creative commons license

Чем отличается первое поколение ВТСП от второго?

— Особенность ВТСП в том, что у них сильна анизотропия свойств — в одном направлении они могут быть сверхпроводниками, в другом — нет. Поэтому, когда делают кабели, анизотропию разными способами учитывают. В кабелях первого поколения сверхпроводник заключен в плоские жилы спрессованного порошка, заключенные в матрицу из серебра. Содержание сверхпроводника — около 40 процентов. Что касается ВТСП второго поколения, то это уже более сложный состав. Там всего одна жила, которая представляет собой тонкую пленку толщиной несколько микрон. Пленку наносят на специальную ленту из сплавов никеля, а между ними — буферный слой, чтобы предупредить их химическое взаимодействие. Кроме того, от агрессивного воздействия атмосферы кабель защищает то же серебро. Эта технология позволяет снизить расход ВТСП в кабеле до 5 процентов.

Какие еще технологии, кроме самих ВТСП, необходимы для реализации проекта по сверхпроводимости?

— Их много, но одна из тех, что мы сами перед собой ставим и надеемся решить, — это создание семейства отечественных кулеров — устройств, которые могли бы охлаждать изделия на основе ВТСП, разработанные, опять же, нашими отечественными конструкторами. Иными словами, мы хотим делать не просто и не только материалы или кабели, а чтобы это была промышленность полного сектора.

Беседовал Иван Охапкин

Атомная энергетика



Атомная энергетика – одна из профилирующих отраслей российской энергетики, где нанотехнологии традиционно находят самое широкое применение. По сути эта отрасль создана на основе нанотехнологий.

Сегодня можно выделить несколько наиболее перспективных направлений, где использование нанотехнологий в атомной энергетике имеет принципиальное значение, а существующие исследования и разработки близки к стадии применения их на практике или уже используются. К таким направлениям следует отнести:

1. Создание новых наноструктурных конструкционных материалов для ядерной техники, обладающих повышенными эксплуатационными качествами.
2. Разработки высокоэффективных видов модифицированного ядерного топлива.
3. Разработки высокочувствительных и информативных систем для диагностики и контроля с целью применения их на объектах атомной энергетике для обеспечения гарантированной безопасности использования атомной энергии, повышения уровня экологической безопасности и комфортности среды обитания.
4. Нанотехнологии для очистки различных сред с целью применения их при обезвреживании радиационных отходов на объектах атомной энергетике.
5. Наноструктурные сверхпроводники для повышения энергоэффективности.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

РНЦ «Курчатовский институт».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование рабочих характеристик нового класса феррито-мартенситных радиационно-стойких сталей, упрочненных частицами оксидов нанометрового размера (ДУО-сталь).

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Испытания опытно-промышленных изделий из ДУО-стали, полученных на основе разработанной нанотехнологии, показали многократное, до 8 раз, увеличение характеристик жаропрочности по сравнению со штатной сталью, начато опробование технологии в заводских условиях.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Атомная энергетика, создание реакторов на быстрых нейтронах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Создание замкнутого ядерного топливного цикла в атомной энергетике требует разработки коммерчески эффективных реакторов на быстрых нейтронах, пуск в эксплуатацию которых предполагается примерно к 2020 г. Уровень конкурентной способности действующих и разрабатываемых реакторов на быстрых нейтронах соответствует достижению выгорания ~ 18–20 % т.а. До настоящего времени создание реакторов на быстрых нейтронах с требуемыми характеристиками в значительной мере сдерживается отсутствием оболочечных материалов, обладающих высокой радиационной стойкостью при повышенных характеристиках жаропрочности.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ»».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Увеличение ресурса активных зон реакторных установок атомных станций, транспортных реакторных установок, реакторных установок малой энергетики и ядерных энергетических двигательных установок космического назначения, а также повышение надежности титановых парогенераторов, теплообменников и ампул захоронения радиоактивных отходов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Применяемый метод: легирование ядерного топлива и конструкционных материалов ядерных энергетических установок модификациями нанокремния.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Атомная энергетика.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ»».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка оксидных керамических материалов с улучшенными свойствами и технологии изготовления из них различного оборудования.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Оксидные керамические материалы с улучшенными свойствами изготавливаются с применением наноразмерных порошков ZrO_2 , SiC_2O_3 , Y_2O_3 . Разрабатывается технология изготовления из них электролитических элементов высокотемпературных электрохимических устройств и элементов электроизоляции электрогенерирующих каналов термоэмиссионных ядерных энергетических установок.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

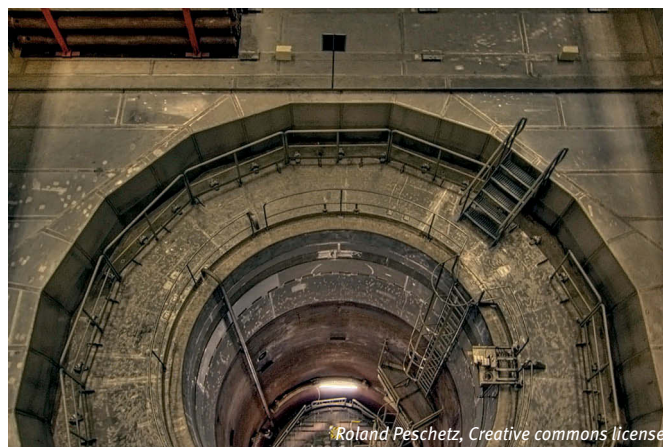
Атомная энергетика.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара (ОАО «ВНИИНМ»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка технологии получения (ДУО)-мартенситных сталей со свойствами, обеспечивающими при использовании их в качестве конструкционных материалов для оболочек реакторов на быстрых нейтронах конкурентоспособность реакторов за счет достижения необходимого уровня выгорания; разработка на базе проведенных исследований рекомендаций по выбору технологической схемы создания новых металлургических производств ДУО-сталей.



РНЦ «Курчатовский институт» планирует к 2020 г. запустить ядерный реактор на быстрых нейтронах из радиационно-стойкой стали нового класса

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Для достижения поставленных целей проводилось исследование основных закономерностей модифицирования объемной наноструктуры в дисперсно-упрочненных наноксидами мартенситных сталях при различных технологических вариантах ее формирования. Установление взаимосвязи между технологией изготовления наноструктурных сталей и их эксплуатационными свойствами с получением обоснованных рекомендаций для выбора схемы создания гибких малотоннажных производств. Экспериментальное подтверждение высоких эксплуатационных характеристик разработанных материалов, обосновывающих возможность их использования в перспективных конструкциях энергетического машиностроения – жаропрочные камеры сгорания, теплообменники, высокотемпературные детали транспортных и стационарных энергетических, в т.ч. и атомных, установок.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Атомная энергетика.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Установлено, что использование ДУО-сталей в качестве оболочечных труб твэлов быстрых реакторов позволяет увеличить выгорание топлива в быстрых реакторах с 11 % (в настоящее время в реакторе БН-600) до 20 % т.а. (в БН-К). Ежегодный экономический эффект от увеличения выгорания топлива на 1 % в активной зоне третьей модернизации реактора БН-600 составляет ~ 400 млн руб. /год. Это связано с сокращением числа новых твэлов и количества отработавших твэлов, требующих соответствующего обращения.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Институт физики твердого тела РАН (Московская обл., г. Черноголовка)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Конструирование радиационных детекторов на основе наносцинтилляторов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Свойства наномасштабных сцинтилляционных кристаллов демонстрируют целый ряд особенностей, которые обеспечивают детекторам на их основе существенные технические преимущества по сравнению с аналогами больших размеров. В частности, для повышения оперативности и информативности внутриреакторного радиационного мониторинга большое значение имеет повышение сразу на несколько порядков радиационной прочности наносцинтилляторов. Такое преимущество обусловлено малыми размерами кристаллов наносцинтилляторов – порядка 20 нм. По этой причине дефекты,

образующиеся под действием ионизирующей радиации внутри нанокристаллов, за сравнительно короткое время вытягиваются на поверхность и там аннигилируют.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Атомная энергетика, системы диагностики и контроля.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Использование ядерного топлива в целях получения энергии требует высокой оперативности и информативности контроля работы атомных реакторов как для устранения сомнений в их надежности, так и обеспечения непрерывного и действенного мониторинга радиационной обстановки в местах хранения ядерного топлива и радиоактивных отходов. Для успешного решения этих проблем требуется существенное улучшение технических параметров детекторов ионизирующих излучений (радиационной прочности, чувствительности, быстродействия, спектрометрического и пространственного разрешений, возможности дифференцированно измерять интенсивности излучения разной природы).

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара (ОАО «ВНИИНМ»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка методов получения и обработки жаропрочных наноструктурированных сплавов на основе ванадия, экспериментальных образцов из слитков (40–50 кг): пластин (толщина 0.5–15 мм), стержней (диаметр 1–15 мм), трубных заготовок (диаметр до 20 мм).

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

1. Уточнены потенциалы межатомных взаимодействий V-V, V-Ti, V-Cr, V-Ti-Cr в кристаллах и моделей кристаллитов с внутренней структурой, в т.ч. внешних и внутренних границ, с учетом напряженно-деформированного состояния кристаллов.

2. Создана многоуровневая модель металлического ванадия (кристаллит с внутренней структурой). Проведены моделирующие работы и анализ результатов. Используются и развиты методы физической мезомеханики при исследовании структуры и физико-механических свойств ванадия и его сплавов. Проведено моделирование с использованием суперкомпьютера «СКИФ Cyberia».

3. Используются высоко разрешающие методы структурного анализа (электронномикроскопические, рентгеновские, оптические) для уточнения механизмов формирования и эволюции микроструктуры и ее влия-

ния на физико-механические свойства, и разработаны методы их улучшения при высоких температурах.

5. Проведен анализ механизмов формирования ультрадисперсных частиц и наноструктурирования сплавов при дополнительном легировании металлами и примесями внедрения.

6. Разработаны новые методы и режимы термомеханической обработки изделий для повышения их высокотемпературных свойств (800–900 °С)

7. Обобщены результаты предыдущих этапов работ всех исполнителей проекта. Проведена оценка полноты решения задач и эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем, в т.ч. США, Японии и Китая.

8. Определены возможности создания конкурентоспособной продукции и услуг и разработаны рекомендации по использованию результатов проведенной НИР, в т.ч. в международных проектах.

9. Сформулированы требования для технического задания на ОКР (ОТР).

10. Представлены рекомендации по дальнейшему развитию работ и использованию полученных результатов.

11. Новизна научных, конструкторских или технологических решений в сравнении с другими работами, родственными по тематике и целевому назначению и определяющими мировой уровень.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Высокая технико-экономическая эффективность полученных результатов позволяет использовать их в организациях и предприятиях Росатома и Росавиакосмоса для существенного (до 800 °С) повышения рабочих температур ванадиевых сплавов как материалов активных зон ядерных энергетических установок – быстрых энергетических реакторов, первой стенки и бланкета термоядерного реактора (ТЯР ДЕМО-РФ), а также реакторов космического назначения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сравнение с современным научно-техническим уровнем, достигнутым в ведущих коллективах США и Японии, свидетельствует о том, что использование разработанных в настоящей НИР новых методов модификации микроструктуры и механических свойств в сплавах системы V-4Ti-4Cr может обеспечить примерно 30 %-ное увеличение высокотемпературной кратковременной прочности этих сплавов по сравнению с наиболее прочными сплавами производства США и 70 %-ное – по сравнению со сплавами производства Японии. При этом пластичность (величина относительного удлинения) при комнатной температуре остается на уровне наиболее лучших в этом отношении сплавов японского производства.



Argonne National Laboratory / Matt Howard, Creative commons license

Жаропрочные наноструктурированные сплавы на основе ванадия – перспективный материал для стержней активных зон реакторов

ИСПОЛНИТЕЛЬ

РНЦ «Курчатовский институт».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Обеспечение безопасной эксплуатации действующих корпусов реакторов ВВЭР-1000 и обоснование продления срока их службы на 15–25 лет.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Для осуществления проекта используются два подхода:

1. Комплексная аттестация корпусных материалов, включающая определение параметров наноструктуры и параллельное проведение стандартных механических испытаний.
2. Проведение мероприятий по контролируемой трансформации наноструктуры, приводящих к восстановлению механических свойств сталей.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Атомная энергетика.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В настоящее время выяснилось, что для нескольких реакторов типа ВВЭР-1000 с наиболее высоким содержанием никеля в значительной степени существует проблема обеспечения технического ресурса корпусов реакторов и энергоблоков, так как в недалеком будущем будет исчерпан радиационный ресурс корпусов реакторов. С этой же проблемой тесно связаны и проблемы обеспечения ядерной безопасности реакторов, а также проблемы продления ресурса атомных установок за пределы технического ресурса в контексте решения общих экономических задач энергетики России.

Контрастом деградации свойств, характерной для обычных реакторных материалов, является то, что в ряде сплавов, в частности никель-хромовых, под действием излучения происходит повышение прочности и сохранение вязкости. Это является следствием

образования под действием облучения упорядоченной структуры фаз с размером несколько нанометров из первоначально гомогенного состояния.

Сплавы подобного класса уже используются для особо ответственных элементов ядерных реакторов: систем управления реакторов АЭС, конструкционных материалов активных зон транспортных реакторов нового поколения.

Обнаруженный эффект исследуется применительно к другим системам и может послужить началом развития нового направления радиационного материаловедения – создания конструкционных материалов, «положительно» реагирующих на фактор радиации.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара (ОАО «ВНИИНМ»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изготовление тонкостенных труб из бористых нержавеющей сталей.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Для равномерного распределения боридов в стали используется метод сверхбыстрого охлаждения частиц расплава с получением рентгеноаморфной структуры. При последующих переделах образуются выделения боридов нанометрового уровня. Переход к наноструктурным боросодержащим выделениям (от 5 до 100 нм) позволяет увеличить содержание бора в 3–4 раза при сохранении пластичности и свариваемости нержавеющей сталей. Толщина стенки труб – несколько десятых долей миллиметра (рис. 1).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Атомная энергетика, системы управления ядерных реакторов, создание ядерно-безопасного оборудования для обращения с отработавшим ядерным топливом и его переработки.

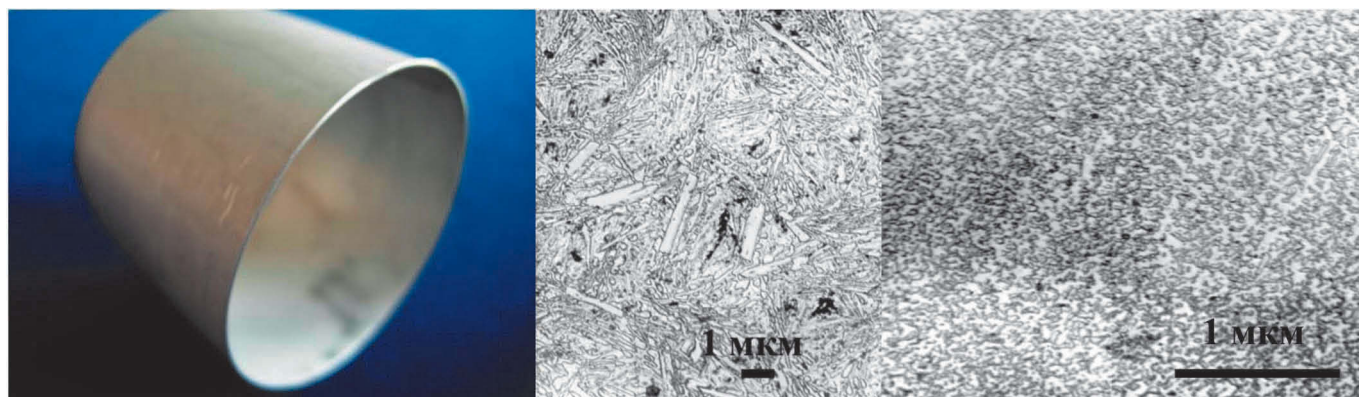


Рис. 1. Нержавеющие бористые нанокompозиты: а – особо тонкостенные изделия из бористой стали; б – обычная сталь; в – нанокompозитная сталь

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ГНЦ РФ-ФЭИ им. А.И. Лейпунского.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка «капсульных» датчиков на твердых электролитах.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Керамический чувствительный элемент на основе твердых электролитов из оксидной керамики, используемый в датчиках, обладает способностью работать длительное время в условиях повышенных температур и термоударов в расплавах металлов, а также стабильными проводящими и механическими свойствами, термостойкостью, низкой газопроницаемостью.

Результатом проведенных исследований стало создание технологии изготовления высокоплотной твердоэлектролитной керамики на основе частично стабилизированной ZrO_2 с добавкой наноструктурного аэрогеля $AlOOH$ для применения в качестве электролита. Используемый для получения керамики аэрогель $AlOOH$ синтезируется по оригинальной жидкометаллической технологии, в основе которой лежит метод селективного окисления металлов, растворенных в свинце (свинце-висмуте, галлии) (рис. 1, 2).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Контроль кислорода в расплавах на основе свинца, свинца-висмута; водорода и кислорода в расплавах на основе натрия; водорода и кислорода в газовых контурах и производственных помещениях АЭС.

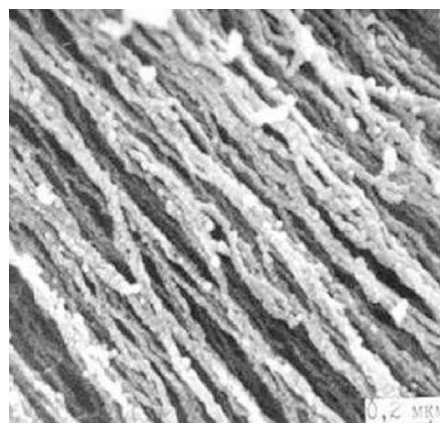


Рис. 1. Микроструктура (масштаб 1 : 50 000)

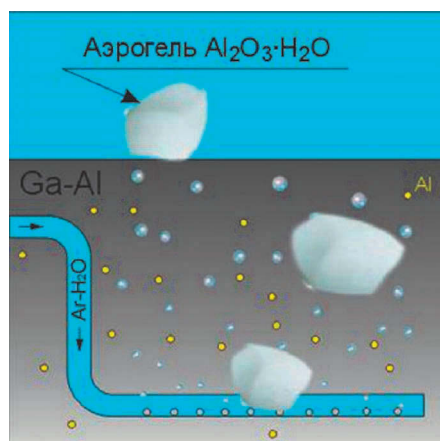


Рис. 2. Схема получения наноструктурированного аэрогеля – $Al_2O_3 \cdot H_2O$

НАНОФОРУМ–2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

МИФИ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Производство и применение быстрозакаленных наноструктурированных припоев.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Особенности быстрозакаленных припоев (БЗП)

При закалке металлических расплавов со скоростями 10^4 – 10^5 Кельвинов/с фиксируются:

- наноструктурированное состояние;
- состояние насыщенного твердого раствора;
- гомогенное по объему распределение легирующих компонентов, подобное распределению в расплаве, созданном индукционной плавкой;
- распределение атомных кластеров (доля, размеры), регулируемое перегревом расплава.

Уникальные физико-химические и теплофизические особенности быстрозакаленных сплавов:

- узкий (прогнозируемый) температурный интервал плавления;
- равномерное плавление припоя по объему;
- хорошая растекаемость и смачиваемость поверхности;

- высокая капиллярная активность припоя;
- высокая диффузионная активность компонентов;
- точно воспроизводимые рабочие характеристики зоны пайки.

Технологические особенности применения БЗП позволяют:

- точно дозировать количество припоя (исключать наплывы);
- исключать флюсы (экологическая чистота);
- равномерно распределять компоненты припоя в зоне пайки;
- проводить достаточно быструю пайку (время пайки до 1 мин), т.е. по сути проводить прецизионную пайку;
- снижать вероятность непропаев и образования хрупких фаз;
- иметь неограниченный срок использования;
- при разломе получать порошки с сохранением характеристик БЗП.

ПРИМЕНЕНИЕ

Атомная энергетика: паяная циркониевая дистанцирующая решетка реакторов ВВЭР и РБМК.

Навивные паяные антидебризные фильтры для ТВС DD”Н-440.

Термоядерная энергетика: паяные макеты первой стенки (Ве-Cu) и дивертора (W-Cu) термоядерного реактора ИТЭР.

Оптоэлектроника

Светоизлучающие диоды находят широкое применение в современной технике – это индикаторы на панелях приборов, цифровые табло и уличные экраны, светофоры, дисплеи электронных приборов, источники модулированного излучения в оптоэлектронике и т.д. Полупроводниковые светодиоды обладают очень высоким коэффициентом конверсии (до 70 %) электрической энергии в свет, однако сильное преломление на границе диод-воздух приводит к существенному внутреннему отражению – обычно лишь пятая часть фотонов покидает прибор. Применение нанотехнологий позволяет частично решить эту проблему: в процессе нанолитографии на поверхности диода формируются отверстия диаметром 100–300 нм и глубиной порядка 100 нм. Эти отверстия служат дополнительными каналами для фотонов, покидающих прибор, и делают изображение гораздо более ярким.

В некоторых случаях увеличение яркости прибора достигается допированием материала светодиода квантовыми точками (в частности, для инфракрасных диодов на основе арсенида галлия добавка небольшого количества квантовых точек InGaAs приводит к семикратному увеличению выхода света).

Следующее поколение светоизлучающих приборов – органические светодиоды на полимерной основе. Они представляют собой тонкие гибкие пленки – основной материал для гибких дисплеев приборов будущего. Разработка электродов на основе углеродных нанотрубок и магнитных нановолокон позволяет увеличить интенсивность излучения органических светодиодов в несколько раз. В настоящее время большое внимание исследователей уделяется как уменьшению себестоимости производства, так и методам синтеза и сепарации углеродных нанотрубок.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ЗАО «Светлана-оптоэлектроника», Санкт-Петербург.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Данный проект предусматривает создание технологической и производственной базы промышленного производства светотехнических приборов на основе светодиодов с целью широкого внедрения их в различные энергоемкие отрасли российской экономики.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Реализация проекта позволила не только получить значительные научно-технические и производственные результаты, но и явилась важной ступенью в отработке механизмов частно-государственного партнерства для решения крупномасштабных инновационных задач, стоящих перед российской экономикой.

В частности, в ходе данного проекта были осуществлены: комплексный системный подход к реше-

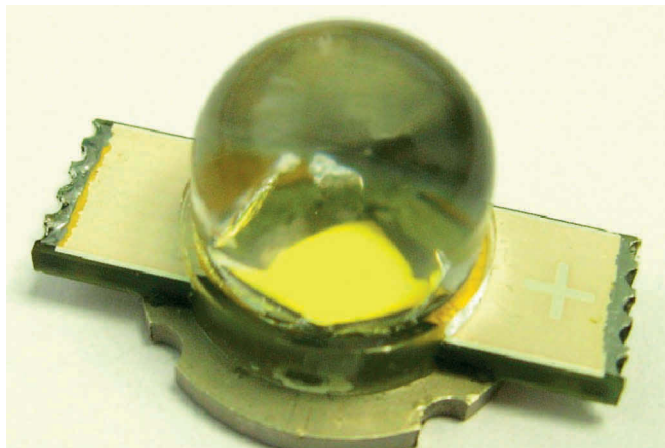


Рис. 1. Светодиодная сборка

нию научно и технически сложных технологических задач, а также впервые в стране разработаны базовые конструкции большого числа элементов полупроводниковых светотехнических приборов, разработаны и реализованы специализированные технологические комплексы изготовления изделий, внедрен и освоен в производстве на ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» полный цикл изготовления широкого ассортимента сверхъярких светодиодов и полупроводниковых светотехнических приборов на их основе (рис. 1).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Светильники для интерьерной, ландшафтной и архитектурной подсветки; подводные светильники; автомобильная светотехника; сигнальная светотехника — для светофоров, семафоров, ламп спасательных средств, световых оповещателей; светильники для систем освещения шахт и тоннелей, а также системы общего освещения (ЖКХ); разного рода светотехнические приборы для ОАО «РЖД» и др., внедрение которых позволит в перспективе существенно сократить расход электроэнергии, а также затрат на эксплуатацию линий электропередачи.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В рамках проекта разработаны современные технологии изготовления светоизлучающих структур и светоизлучающих кристаллов. Осуществлен большой комплекс научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических, организационных работ по созданию полного цикла производства полупроводниковых светотехнических приборов. Введен в действие полный технологический цикл производства нового поколения мощных полупроводниковых источников света — от выращивания светоизлучающих структур до изготовления светотехнических изделий на их основе.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЛАМПОЧКИ
БУДУТ СВЕТИТЬ ЯРЧЕ**

Энергосберегающие лампочки постепенно вытесняют обычные лампы накаливания, которые уже более столетия освещают дома и улицы. В Европе в общественных местах уже почти не увидишь привычную лампочку Ильича. Но изобретение ученых из Университета Рочестера, возможно, вернет к жизни привычные лампы накаливания. Их статья о новом способе заставить лампочку накаливания светить ярче без увеличения расхода энергии в скором времени

появится в журнале *Physics Review Letters*.

Американские ученые смогли сделать так, что вольфрамовая нить, которая испускает свет в лампе, может потреблять энергию менее 60 Вт, а светить при этом на все 100. Для этого исследователи с помощью фемтосекундного лазера нанесли на поверхность вольфрамовой нити специальную сеть структур нано- и микроскопического масштаба. Фемтосекундный лазер испускает очень мощные и очень короткие импульсы длительностью несколько квадриллионных долей секунды. Мощность импульса срав-

нима с мощностью электросетей США, Канады и Мексики вместе взятых. И при этом вся эта мощность приходится на пятнышко не больше острия иглы. Из-за очень малой длительности импульса лазеру требуется совсем немного энергии — он может работать от электросети.

Если все обстоит так, как говорят исследователи из Рочестера, то их метод сравнительно недорогой и может быть легко внедрен в производство ламп накаливания. Тогда они смогут конкурировать с энергосберегающими лампами и по экономичности, и по цене.

НАНОФОРУМ–2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Компания ОптоГaN.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью проекта является создание высокотехнологичного промышленного производства систем освещения нового поколения на основе полупроводниковых чипов нитрида галлия. Конечным продуктом нового предприятия станут светодиодные чипы, светодиодные лампы и осветительные системы, сопоставимые по яркости с лучшими мировыми аналогами. Достигаемое при помощи данной технологии рекордно низкое количество дефектов в полупроводниковых слоях позволяет приборам работать без потери эффективности при высоких плотностях тока, обеспечивая высокое соотношение яркость/цена для светодиодных чипов.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Разработчиками уникальной технологии производства чипов стали ученики Нобелевского лауреата, академика Жореса Алфéroва Максим Одноблудов и Владислав Бугров, основавшие немецко-финскую компанию ОптоГaN, недавно приобретенную Группой ОНЭКСИМ. Создание нового предприятия позволит принести в Россию одну из перспективных разработок российских ученых.

Объем инвестиций ГК «РоснаноТех» составит 1776 млн рублей, в том числе 323 млн рублей в форме взноса в уставный капитал и 1453 млн рублей в форме займа.

Общий объем инвестиций в проект составит 3351 млн рублей. Доля ГК «РоснаноТех» в созданной компании составит 17 %, доля УОМЗ – 33 % – 1 акция, доля Группы ОНЭКСИМ совместно с разработчиками – 50 % + 1 акция.

Ожидается, что объем выручки компании в 2013 г. составит порядка 6 млрд рублей.

Промышленное производство гетероструктур (многослойных полупроводниковых структур) будет располагаться в Санкт-Петербурге на территории особой экономической зоны технико-внедренческого типа, а комплекс по производству светодиодных чипов, ламп и светотехники разместится в Екатеринбурге, на базе светотехнического подразделения ФГУП «ПО «Уральский оптико-механический завод».

Сравнительные характеристики источников света:

- 1) обыкновенная лампа – 60 Вт, срок службы – 1000 ч, светотдача – 10–15 лм/Вт;
- 2) люминесцентная лампа – 16 Вт, срок службы – 15 000 ч, светотдача – 45 лм/Вт;
- 3) светодиод фирмы ОптоГaN – 3.7 Вт, расчетное время работы – 50 000 ч, светотдача – 90 лм/Вт.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Московский энергетический институт (технический университет).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка технологии создания сверхъярких энергосберегающих светодиодов для систем освещения и биомедицинских приложений, включая системы антивирусной и антибактериальной защиты.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Физические основы технологии: в основу технологии белых светодиодов положено использование пленочных наноконструкций с технологией Phosphor SAM. Разработаны композиции с различными спектральными параметрами и светимостью в диапазоне длин волн 400–550 нм. В основу технологии системы антивирусной и антибактериальной защиты положены светодиоды с длиной волны голубого цвета 452 нм. Основу технологии антивирусной и антибактериальной защиты составляет механизм генерации синглетного кислорода.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

Системы антивирусной и антибактериальной защиты в медицинских учреждениях, кромок кондиционеров, холодильниках и другом промышленном и бытовом оборудовании.

Освещение промышленных, бытовых и жилых помещений, освещение улиц, дорожных знаков и т.п.

Преимущества технологии:

- высокая яркостная температура белых светодиодов (до 6400 °С);
- высокое энергосбережение (до 83 %);
- большой ресурс (до 150 тыс. ч).

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Московская государственная академия тонкой химической технологии им М.В. Ломоносова.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание технологии производства пористого кремния для опто- и наноэлектроники.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Способы получения и структура пористого кремния.

Пористый кремния (ПК) был открыт в середине 50-х годов. В 1990 г. была открыта способность ПК с высокой пористостью к фотолюминесценции. Слои пористого кремния различного строения и свойств можно получать при помощи стандартных ячеек для электролитического травления.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

Основным свойством, обеспечившим высокий интерес к ПК, явилась его способность к фото- и электролюминесценции при комнатной температуре в видимой области спектра при различных длинах волн. Авторами проекта подана заявка на изобретение: «Способ получения фотолюминесцирующего пористого кремния». Простота получения и низкая себестоимость процесса позволяют ПК конкурировать с другими аналогичными материалами. Возможные комбинации различных структур с ПК позволяют получить новые материалы с заданными специфическими свойствами.

Размер имеет значение

ФИЛЬМ О НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

В фильме известные российские физики на примере полимеров увлекательно рассказывают, чем занимается нанонаука. Ведь обычные полимеры несовершенны – к примеру, вызывают массу экологических проблем. Но стоит немного их подправить, скажем, изменив поверхностный слой атомов или проделав в пленке нанопоры, как мы получим совершенно новый материал, более удобный и безопасный в использовании.

член-корр. А.Н. Озерин,
директор ИСПМ им. Н.С.Ениколопова РАН

**«КТО ВЛАДЕЕТ МОДИФИКАТОРАМИ,
ТОТ ВЛАДЕЕТ РЫНКОМ»**



академик А.Р. Хохлов,
проректор МГУ имени М.В.Ломоносова

**«НАНОТЕХНОЛОГИИ – МАГИСТРАЛЬНЫЙ
ПУТЬ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ
ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ»**



И.П. Биленкина,
заместитель руководителя Федерального
агентства по науке и инновациям

**«ТРИ ФАКТОРА – КАДРЫ,
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
СОСТАВЛЯЮЩАЯ И ДЕНЬГИ –
СДЕЛАЮТ ТАК, ЧТОБЫ В НАШЕЙ
СТРАНЕ СЫРЬЕВОЙ СЕКТОР
НЕ СТАЛ ДОМИНИРУЮЩИМ»**



**По вопросам содержания и распространения
обращайтесь в компанию «Парк-медиа»**

Адрес: Москва, ул. Ленинские горы,
Научный парк МГУ, влад.1, стр. 75 Г.
Телефон: +7 (495) 930 8850
www.strf.ru

Фильм «Размер имеет значение» создан при поддержке Министерства образования и науки и Федерального агентства по науке и инновациям.

A nighttime photograph of a city skyline, likely New York City, with several skyscrapers illuminated. A bright lightning bolt strikes the sky above the buildings. The scene is viewed from an elevated position, possibly a rooftop or balcony, with a glass railing visible in the foreground.

Электротехника

Применение нанотехнологий в электротехнике связано в первую очередь с использованием новых подходов при производстве электродов в конденсаторах и перезаряжаемых аккумуляторах.

Возможности современных приборов хранения энергии ограничиваются в основном сравнительно невысокой активной площадью поверхности, поэтому использование наноматериалов, обладающих высоким отношением площади поверхности к объему, а также особой морфологией поверхности, способно существенно улучшить как плотность энергии, так и скорость зарядки/перезарядки прибора. Существует несколько различных базовых идей для электродов на основе нанотехнологий, которые могут быть внедрены как в перезаряжаемые аккумуляторы, так и в суперконденсаторы. Среди них можно выделить:

- наночастицы / нанокристаллические материалы;
- тонкие пленки, слои и поверхности;
- углеродные и неорганические нанотрубки;
- нановолокна.

В суперконденсаторах вместо традиционных металлических или графитных пластин используются нанопористые материалы, что разительно увеличивает эффективную площадь поверхности электрода и, соответственно, обеспечивает существенно более высокую плотность заряда на нем. Типичный суперконденсатор заряжается всего в течение нескольких секунд, отсутствие химических реакций в суперконденсаторах делает их более стабильными по сравнению с перезаряжаемыми аккумуляторами, а время их жизни практически бесконечно.

Применение наночастиц позволяет также уменьшить редукцию жидкого органического электролита при перезарядке литий-ионных батарей.

Среди других приложений нанотехнологий в электротехнике можно отметить топливные элементы, а также термоэлектрические и пьезоэлектрические материалы. Низкая размерность наноструктур обеспечивает высокую плотность состояний на уровнях Ферми и, соответственно, высокую термосилу. В то же время теплопроводность наноструктур можно ограничивать благодаря рассеянию фононов на границах доменов. Кроме того, неомогенное допирование суперрешеток нанопроводов может привести к «обратимому» транспорту электронов и, в свою очередь, к высокой добротности материала (5–10). Такие материалы в принципе способны непосредственно трансформировать тепло в электрическую энергию с КПД порядка 40 % и конкурировать на равных с роторными генераторами.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара (ОАО «ВНИИНМ»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение нанопорошков Ta и Nb для высокоемких конденсаторов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Получены порошки с рекордными электрофизическими свойствами: с удельным зарядом до 150 000 мкКл/г. (рис. 1)

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Электротехника, изготовление высокоемких конденсаторов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Специфической областью использования нанопорошков из химически активных металлов является физическая защита ядерных объектов.

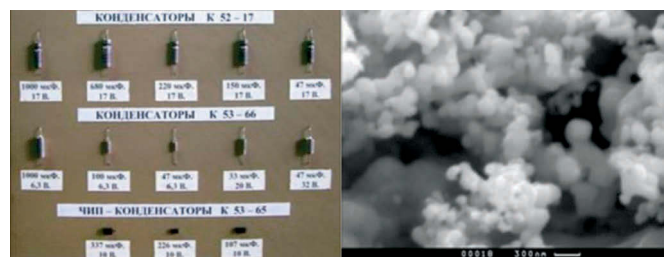


Рис. 1. Высокоемкие конденсаторные нанопорошки Ta и Nb: а – конденсаторы; б – нанопорошки

РОССИЙСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЯПОНСКОЙ БАТАРЕЙКИ

Даже если вы не знаете, что такое литий-ионный аккумулятор, вы, скорее всего, им пользуетесь – это стандартный элемент питания сотовых телефонов. Большая часть аккумуляторов производится сегодня в Китае. В России нет технологий их массового производства для гражданского применения, но в области научных разработок отставание все-таки меньше. Это подтверждается публикациями российских специалистов в этой области. Так, новые полимерные материалы для аккумуляторов, разработанные учеными Института проблем химической физики РАН (ИПХФ РАН) в Черноголовке, открывают возможности перехода в технологии аккумуляторов от жидких электролитов к твердым. Это позволит использовать литий-ионные аккумуляторы при повышенных температурах – до 100 °С – и снизить опасность их самопроизвольного воспламенения и взрыва. Результаты исследований ученых из Черноголовки опубликованы в журнале «...».

В состав литий-ионных аккумуляторов входит т.н. электролит. Он заполняет пространство между анодом и катодом и обеспечивает протекание тока ионов лития между электродами при зарядке и разрядке аккумулятора. Обычно электролит имеет сложный состав и содержит органические растворители. Разработчики из Черноголовки предложили использовать в качестве электролита твердый полимер с добавками соли лития, который они синтезировали в своей лаборатории.

«Мы заинтересовались вопросом твердых полимерных электролитов в 2008 году, когда получили запрос от японской компании «Ниссан», – рассказывает участник исследований, старший научный сотрудник ИПХФ РАН Ольга Ярмоленко. – Аккумуляторы с жидким



Благодаря разработке ученых из ИПХФ РАН литий-ионные аккумуляторы смогут работать при высоких температурах и будут более безопасными

или гель-полимерным электролитом [эта технология используется сейчас. – .] закипают уже при 80 °С. Японцы же хотели ставить литий-ионные аккумуляторы на электромобили, а там случаются и более высокие рабочие температуры. В электромобиль нужен крупногабаритный аккумулятор, если он взорвется, то взрыв будет очень сильным. Разумеется, вероятность того, что это произойдет, должна быть исключена. Аккумуляторы с твердым полимерным электролитом с этой точки зрения безопасны. Совместной работы с «Ниссаном» не получилось, грянул кризис, но исследования продолжаются», – заключает Ольга Ярмоленко.

На первом этапе исследований разработчикам не удалось достичь значительных значений проводимости, достаточных, чтобы их можно было считать пригодными для литий-ионных аккумуляторов. Но проводимость синтезированных в Черноголовке материалов можно улучшить.

Чаще всего в качестве твердой полимерной матрицы выбирается полиэтиленоксид, но он имеет существенный недостаток – очень низ-

кую проводимость ионов лития при комнатной температуре – 10^{-8} Ом⁻¹·см⁻¹. Ученые ставили перед собой цель подобрать полимер, с которым литий-ионные аккумуляторы будут взрывобезопасными (из-за отсутствия органического растворителя) и функциональными в широком интервале температур – от +20 до +100 °С.

Ученые синтезировали полимеры, используя реактивы на основе легко вступающего в реакцию вещества – олигогидроксиэтилакрилата. Кроме этого, в реакцию вводили оригинальный компонент на основе полиэтиленгликоля и сложных изоцианатов – веществ, используемых в промышленности для получения полиуретана. Этот компонент увеличивает подвижность молекул полимера в электролите, за счет чего возрастает его проводимость.

Далее были проведены исследования электрохимических свойств твердого электролита, в т.ч. и проводимости. Оказалось, что при низких температурах проводимость их полимера почти в 300 раз выше, чем у стандарта – полиэтиленоксида. При повышении температуры до +100 °С она возросла еще в 100 раз. К сожалению, ни в первом, ни во втором случаях значения, которых достигли разработчики, недостаточно велики, чтобы их можно было считать пригодными для литий-ионных аккумуляторов. «Наши исследования начаты недавно, и проводимости, которые мы получили, пока не очень высокие», – соглашается участник исследований, старший научный сотрудник ИПХФ РАН Ольга Ярмоленко.

В дальнейшем ученые из Черноголовки планируют улучшить проводимость своих материалов. Они попытаются это сделать, проводя модификации полимерной матрицы электролита неорганическими наночастицами оксидов титана, кремния и алюминия с размерами около 30 нм, которые, согласно литературным данным, повышают ионную проводимость.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара (ОАО «ВНИИНМ»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание новых магнитных материалов для использования в малогабаритных, сверхскоростных электродвигателях и генераторах для авиакосмической, автомобильной и приборостроительной отраслей.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Разработана и запатентована технология получения нанокристаллических магнитных материа-

лов методом центробежного распыления расплава, и создано первое и пока единственное в России их опытно-промышленное производство (рис. 1). Нанокристаллические магнитные материалы превосходят известные ферриты бария и стронция по магнитной энергии в 6–8 раз (рис. 2).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Магнитные наноконкомпозиты перспективны для использования в приборах диагностики состояния элементов конструкций активных зон ядерных реакторов, а также для использования в магнитных подвесах высокоскоростных устройств, используемых в атомной технике.



Рис. 1. Магнитные наноконкомпозиты: а – слитки; б – аморфный порошок; в – изделия



Рис. 2. Зависимость магнитной энергии от размера кристаллитов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Высокие магнитные свойства композитных магнитов достигаются при точном соблюдении фазового состава материала и создании структуры с размером кристаллитов основной магнитной фазы 20–30 нм (рис. 2). Для этого используется многоэтапная технология, включающая:

- получение слитков исходных сплавов в вакуумных индукционных печах;
- центробежное распыление и получение порошков сплавов в аморфном состоянии;
- кристаллизационный отжиг и получение порошков с требуемой нанокристаллической структурой.

НАНОФОРУМ–2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ОАО «Электровыпрямитель», Республика Мордовия, Саранск.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание производства монокристаллического нейтронно-легированного кремния для силовой электроники и радиоэлектроники.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

В результате реализации проекта будет организовано производство:

- бездислокационного монокристаллического кремния для микро- и радиоэлектроники в объеме 30 т диаметром до 300 мм;
- нейтронно-легированного монокристаллического кремния для силовой электроники в объеме 10 т диаметром до 200 мм.

ПРИМЕНЕНИЕ

Супермощные тиристоры с электрическим управлением и функциями самозащиты (совместно с ФГУП ВЭИ).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Тиристоры предназначены для использования в качестве электронных ключей в силовых схемах мощного преобразовательного оборудования объектов передачи и распределения электроэнергии – подстанций высоковольтных линий электропередачи постоянного тока, статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности – стабилизирующих энергосистему, позволяющих гибко управлять сетью и сокращать потери.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ООО «Оптикэнерго», Республика Мордовия, Саранск.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Организация производства высоковольтных, высокотемпературных, наноструктурных композитных проводов с повышенной прочностью и электропроводностью.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Большинство регионов и городов России сталкиваются с проблемой ограниченной пропускной способности ЛЭП. Возраст воздушных линий (ВЛ) в отдельных местах превышает 40 лет. Электросетевые компании вынуждены постоянно модифицировать существующие сети (строительство дополнительных ВЛ, замена проводов на большие поперечные сечения, повышение напряжения, расщепление фазы). Указанные работы отнимают много времени, денег и требуют получения разрешения на строительство. Замена существующих проводов на провода большего сечения ведет к увеличению их массы, что создает повышенные нагрузки на опоры (часто приходится даже строить новые опоры). Все эти проблемы можно решить за счет применения новых высоковольтных высокотемпературных наноструктурных композитных проводов повышенной прочности и электропроводности. В этой связи в ходе выполнения данного проекта планируется освоить производство

стальной проволоки, плакированной алюминием; разработка и освоение производства наноструктурного сплава алюминия и циркония; создание и применение нового специализированного оборудования для производства наноструктурных материалов и сплавов; разработка и выпуск нового поколения проводов на их основе, в т.ч. со встроенным оптическим волокном. Срок реализации проекта составит 5 лет.

ПРОДУКЦИЯ

1. Грозотросы повышенной коррозионной стойкости.
2. Высоковольтные провода с сердечником повышенной коррозионной стойкости из стальных проволок повышенной прочности, плакированных алюминием.
3. Высокотемпературные провода на основе проволок из наноструктурного сплава алюминия и циркония.
4. Высокотемпературные композитные провода повышенной прочности и электропроводности.

При изготовлении данной продукции предусмотрено применение наноструктурных материалов: сплавов циркония с алюминием; нанокompозитов, получаемых внедрением в алюминий высокой чистоты непрерывных волокон оксида алюминия. Производство этих материалов предусматривается в рамках данного проекта.



Niko Pettersen, Creative commons license

Новые высоковольтные наноструктурные провода ООО «Оптикэнерго» обладают повышенной прочностью и электропроводностью

НАНОФОРУМ–2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ЗАО НПК «БАРЛ-Мордовия».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка литий-ионных аккумуляторов на основе нанопорошков.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

ЗАО НПК «БАРЛ-Мордовия» занимается разработкой аппаратуры, методов и технологий получения наноматериалов для современных литий-ионных аккумуляторов. В ходе реализации проекта будут разработаны и доведены до производства электроды для литий-ионных аккумуляторов со следующими свойствами:

- быстрый заряд за время < 10 мин;
- возможность работы при низких температурах до -30 °С;
- возможность работы в форсированном режиме при токах в 3–5 раз больше номинальных;
- более 2000 циклов заряда-разряда.

ПРОДУКТАМИ ПРОЕКТА ЯВЛЯЮТСЯ

1. Установки плазмохимического синтеза нанопорошков со свойствами, оптимизированными под получение нано-

материалов, обеспечивающих достижение требуемых потребительских качеств перспективных литий-ионных аккумуляторов.

2. Оборудование и технологии получения электродов литий-ионных аккумуляторов на основе разработанных наноматериалов.
3. Организация производства аккумуляторных модулей.

Создана опытно-промышленная установка активации воды, основой которой является цилиндрический плазмохимический реактор, реализующая способ активации раствора путем воздействия на обрабатываемую жидкость продуктами плазмы электрического разряда, создаваемого в парах воды над поверхностью тонкой водяной пленки. Установка имеет производительность более 500 л активированного раствора в час. Разработана установка для изготовления наноструктурированной фольги. Отработана методика производства наноструктурированной фольги от поставки исходного сырья до отгрузки потребителям. Производство электродов для литий-ионных аккумуляторов основывается на разработке способов нанесения и закрепления нанопорошков на поверхность металлической фольги.

НАНОКРЕМНИЙ ИЗ ПЛАЗМЫ

Специалисты из нижегородского Института прикладной химии РАН разработали новый метод получения тонких пленок нанокристаллического кремния. Этот материал считается весьма перспективным, например, для производства солнечных батарей нового поколения – более дешевых в производстве и с более высоким КПД.

Суть метода – в осаждении пленки кремния из плазмы на подложку из сапфира. В плазме тетрафторид кремния взаимодействует с водородом и разлагается на составляющие, образуя кремний, который и оседает на подложку. Изменяя соотношение компонентов в исходной газовой смеси, температуру плазмы и подложки, можно регулировать параметры формирующейся пленки. Обычно кремний получают, разлагая пожароопасный газ силан, молекула которого состоит из одного атома кремния и четырех водорода. Его замена на тетрафторид кремния делает технологию более безопасной.

В ходе экспериментов удалось определить технологические режимы осаждения, когда получается пленка со средним размером кристаллов 10 нм.

Новая технология позволяет менять изотопный состав напыляемого кремния, увеличивая долю тяжелых изотопов. Такой материал обладает лучшими электрическими свойства-

ми. Впервые массивные образцы изотопно-обогащенного кремния несколько лет назад были получены в Нижнем Новгороде при участии специалистов Института химии высококичистых веществ РАН в рамках российско-европейской совместной научной программы. Теперь ученые могут изготавливать тонкие пленки из этого материала.

Пока что опыты проходят на лабораторной установке, в промышленной необходимо будет использовать более мощный разряд для формирования плазмы. Тем не менее уже можно говорить о возможности создания промышленной технологии высокоскоростного осаждения слоев кремния с заданными параметрами для микроэлектроники и солнечных батарей.

Нанокристаллический кремний – материал, в котором кристаллы кремния размером в несколько десятков нанометров распределены по матрице из аморфного кремния. На наноуровне действуют квантовые законы, так что электрофизические свойства вещества резко меняются. Ученые рассчитывают этим воспользоваться, чтобы создать лучшие материалы для солнечных батарей.

Основа нынешней фотоэнергетики – батареи на основе кремниевых пластинок. Сегодня кремниевые батареи используют и большие солнечные электростанции, кото-

рые создаются в рамках программ по развитию альтернативной энергетики, и граждане, озабоченные состоянием окружающей среды и ростом тарифов на энергию. КПД преобразования света в электричество у кремниевых батарей достигает 30 %, у ближайших конкурентов – органических солнечных батарей хорошим результатом считается КПД на уровне 5–7 %. Для создания нового поколения солнечных батарей наиболее перспективной считается конструкция, где слой нанокристаллического кремния заключен между тонкими слоями аморфного кремния: она обеспечивает более высокую эффективность самой батареи, кроме того, отпадает необходимость в массивных подложках из монокристаллов кремния, расход этого дорогого материала уменьшается.

Ранее компания Sharp объявляла, что к 2010 году построит завод по изготовлению трехслойных (нанокристаллический слой между двумя аморфными) тонкопленочных солнечных батарей общей мощностью 1 ГВт в год. Работа нижегородских ученых, выполненная в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы», закладывает основу создания аналогичной технологии и в России.

Подписка на 2010 год Скидка 10%

+7 495 930-88-06

Подробности на сайте: www.actanaturae.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ПАРАМЕТРЫ СТЭКИНГ-ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Среди различных типов контактов в биомолекулярных комплексах (водородные связи, электростатические взаимодействия и др.) стэкинг ароматических фрагментов заслуживает особого внимания. Большинство лекарственных препаратов содержат ароматические циклы, и стэкинг часто играет важную роль в молекулярном узнавании рецептор-лиганд. Ранее мы показали [3], что явный учет стэкинг-взаимодействий существенно повышает эффективность докинга АТФ. Стэкинг-контакты описывали функцией, зависящей от геометрических параметров взаимного расположения двух ароматических фрагментов – высоты h и угла α между ними и сдвига d одного из колец относительно другого (рис. 1).

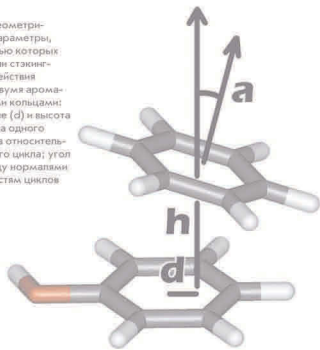
Диапазон этих параметров, определяющий наличие или отсутствие стэкинга, до сих пор остается не выясненным и в оценочных критериях выбирается достаточно произвольно [6, 7]. Его уточнение могло бы повысить эффективность оценки качества и достоверности структур белок-лиганд, предсказываемых методами молекулярного моделирования. С этой целью мы провели анализ экспериментально установленных пространственных структур атомного разрешения для комплексов различных белков с лигандами, содержащими наиболее распространенные пуриновые основания – аденин и гуанин.

Известный пример стэкинг-взаимодействий – параллельная упаковка азотистых оснований нуклеотидов в ДНК [8, 9]. Но некоторые ароматические соединения стремятся расположиться не только параллельно, но еще и перпендикулярно друг другу, как это показано для аминокислот в белках [7, 10] и в модельных системах, состоящих из простых углеводов – бензола, нафталина [11–14]. Кроме того, такие соединения имеют тенденцию участвовать в π -катионном взаимодействии, при котором образуется контакт между положительно заряженными группами и π -электронным облаком [15–17].

Поэтому мы исследовали распределение параметров h и d в зависимости от угла α относительно азотистого основания лиганда для ароматических боковых цепей остатков Phe, Tyr, Trp и His, а также для положительно заряженных гуанидиновой группы Arg и аминогруппы Lys. На рис. 2 приведены результаты для лигандов, содержащих гуанин.

Показано, что для остатка Phe характерны два альтернативных положения над плоскостью гуанинового коль-

Рис. 1. Геометрические параметры, с помощью которых описывали стэкинг-взаимодействия между двумя ароматическими кольцами: смещение (d) и высота (h) центра одного из колец относительно другого цикла; угол (α) между нормальными к плоскостям циклов



ActaNaturae



НЕПРИРОДНЫЕ АНТИТЕЛА

ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

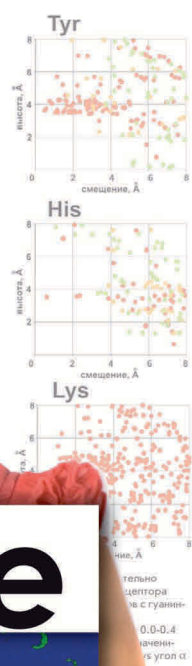
РЕГУЛЯЦИЯ ТЕЛОМЕРАЗЫ
В ОНКОГЕНЕЗЕ

СТР. 51

СТРУКТУРА
МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНОМА
ВОЗБУДИТЕЛЯ ОПИСТОРИХОЗА

СТР. 99

СТЭКИНГ-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В КОМПЛЕКСАХ БЕЛКОВ



гательно центрированы с гуанином. 0,0-0,4 значения угла α

Сверхпроводники



Сверхпроводимость была открыта в 1911 г. голландским ученым Х. Камерлинг-Оннесом. Суть этого явления заключается в том, что в некоторых веществах полностью исчезает электрическое сопротивление, стоит только охладить их до критической температуры. Материалы, в которых наблюдается этот эффект, называют сверхпроводниками. Поначалу ученым удавалось добиться полного исчезновения только при очень низких температурах порядка 4 К. Для того чтобы охладить вещество до такой температуры, необходимо использовать дорогой жидкий гелий, что существенно ограничивает промышленное применение эффекта сверхпроводимости. Интерес к материалам с нулевым электрическим сопротивлением возрос снова, когда в 1986 году был открыт целый класс веществ, получивший название высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), в противоположность низкотемпературным (НТСП). ВТСП-материалы работают при более высоких температурах – до 164 К. Для их охлаждения используется недорогой жидкий азот. И тем не менее, пока что использование проводов из сверхпроводников обходится гораздо дороже, чем использование проводов из обычных материалов. Если удастся решить проблему получения сравнительно дешевых сверхпроводников с нужными свойствами, перед человечеством откроются великолепные перспективы. Многократно облегчится генерирование, передача и использование электроэнергии. Небольшой кабель диаметром несколько см позволит передавать практически без потерь столько же электроэнергии, сколько огромная сеть ЛЭП. Благодаря способности создавать гигантские магнитные поля, сверхпроводники помогут людям создавать мощные генераторы тока и электродвигатели малых размеров, накапливать электроэнергию, производить термоядерную энергию, а также сделают общедоступными поезда на магнитной подвеске, способные парить над землей.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Институт физики высоких энергий (ГНЦ ИФВЭ).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка и создание сверхпроводящего индукционного накопителя энергии (СПИН) на базе инфраструктуры УНК. Сверхпроводящий индукционный накопитель электрической энергии предназначен для стабилизации нагрузок ускорительного комплекса ГНЦ ИФВЭ и улучшения статической и динамической устойчивости электрической сети Московского региона.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Ускоритель У-70 был целиком спроектирован, сооружен и отлажен исключительно на отечественной базе без какой-либо помощи из-за рубежа. В 80–90-е годы основным для ИФВЭ и всей отечественной физики был проект ускорительно-накопительного комплекса (УНК). Планами работ предусматривалось сооружение к середине 90-х годов протон-протонного коллайдера с энергией 3 x 3 ТэВ. УНК представлял собой двухступенчатый протонный ускоритель, размещенный в кольцевом подземном тоннеле длиной около 21 км, вторая ступень которого представляет собой сверхпроводящий ускоритель – накопитель протонов.

В рамках программы создания УНК в кооперации с ВНИИНМ и НИИЭФА в начале 90-х годов была создана производственная база для серийного изготовления СП-магнитов и выпущена опытная партия из нескольких десятков полномасштабных дипольных СП-магнитов с требуемыми параметрами (рис. 1).

Предлагается вариант тороидальной СП-катушки, в которой все поле сосредоточено внутри тороида, а пондеромоторные силы воспринимаются бандажом в виде стальной трубы – внешней оболочки тороида.

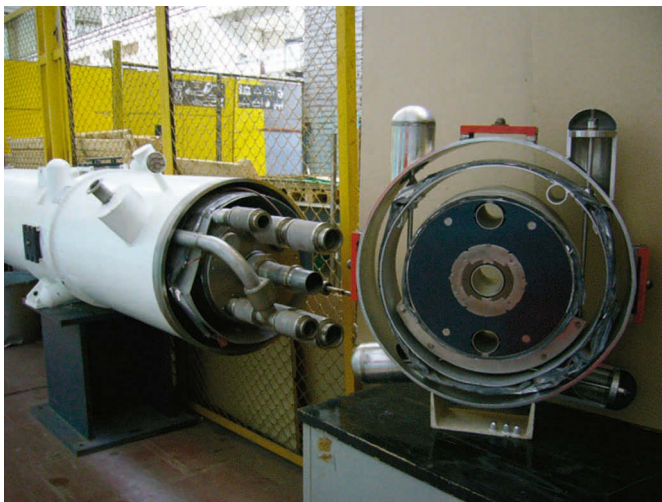


Рис. 1. Сверхпроводящий магнит

Такая конструкция хорошо вписывается в подземный кольцевой тоннель, построенный для ускорителя УНК, периметром 21 км и диаметром сечения 5.1 м (рис. 2).

В таком тоннеле можно разместить СП-тороидальную катушку, например, внутренним диаметром сечения обмотки 1.8 м и полем около 6 Тл, используя сверхпроводник из ниобий-титана, охлаждаемый жидким гелием до температуры 4.5 К. Энергия поля в такой СП-катушке составит 720 ГДж или 200 МВт·ч. Для такой катушки потребуется около 8 тыс. т СП кабеля.

Учитывая опыт ИФВЭ с экспериментальной цепочкой из 4 сверхпроводящих диполей (общая холодная масса 24 т), предполагается создать на стенде ИФВЭ криогенную систему СПИН на базе рефрижератора с холодопроизводительностью около 500 Вт при 4.5 К, что необходимо для оперативного восстановления штатного режима после плановых переводов тороида в нормальное состояние и для сокращения времени первичного охлаждения до рабочей температуры.

Тепловая нагрузка на криогенную систему

Температурный уровень	4.5 К	20 К	80 К
Расчетная тепловая нагрузка на криогенную систему СПИН	50 Вт	100 Вт	300 Вт
Холодопроизводительность, приведенная к 4,5 К	50 Вт	21 Вт	13 Вт
ИТОГО	84 Вт		

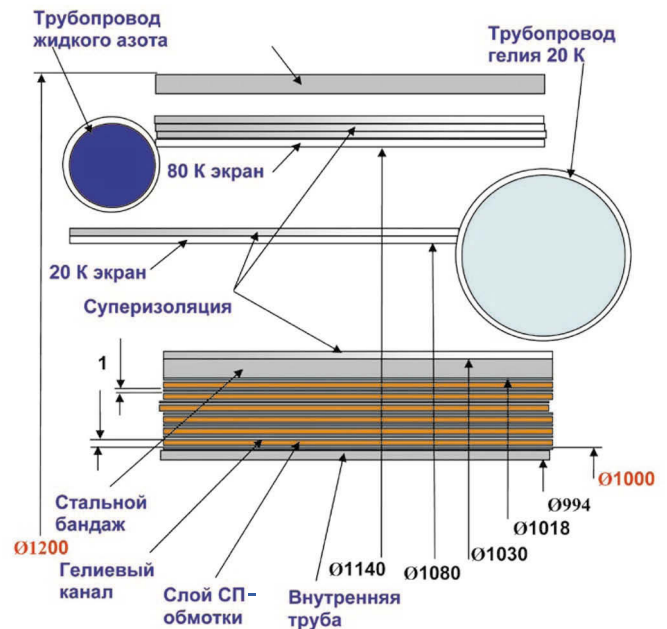


Рис. 2. Участок поперечного сечения соленоида

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применение накопителей энергии в электроэнергетике позволяет решить две важные задачи: снизить затраты на производство электроэнергии и увеличить надежность энергосистем в целом. Затраты уменьшаются за счет сглаживания пиков нагрузки и поддержания тем самым режима турбогенераторов в области максимального КПД. Демпфирование пиков нагрузки способствует повышению устойчивости энергосистем и, следовательно, повышает надежность.

Другим важным применением СПИН является использование его как источника аварийного питания локальных потребителей электроэнергии. Например, СПИН на базе инфраструктуры ГНЦ ИФВЭ с запасенной энергией 240 МДж способен служить в качестве источника аварийного питания локальных потребителей электроэнергии мощностью 40 МВт и обеспечить работу электроустановки такой мощности в течение 6 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Метод накопления электроэнергии с помощью СПИН отличается экологической чистотой: не используются вредные материалы, никаких химических реакций не происходит.

Отсутствуют отходы производства. Применяемый для охлаждения жидкий гелий является безвредным инертным газом, а при аварийной разгерметизации криостата легко удаляется системой вентиляции тоннеля.

Магнитное поле СПИН заключено внутри тороидального соленоида и при нормальном режиме работы снаружи тороида отсутствует.

С точки зрения безопасности в аварийном режиме постоянное магнитное поле на расстоянии 25 м от тороида не превысит 2.4 мТл при ПДУ по санитарным нормам 10 мТл.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ – ВСЕГДА СЛЕДСТВИЕ ВИБРАЦИИ?

Год назад экспериментаторы из Японии и Китая открыли новое семейство высокотемпературных сверхпроводников — материалов, в состав которых входят железо и мышьяк и которые проводят ток без потерь в условиях высоких температур. Недавние исследования показали, что эти соединения имеют много общего со сверхпроводниками, открытыми более полувека назад, — и в том, и в другом случае небольшие вибрации препятствуют потерям энергии.

В 1957 г. была выдвинута теория, объяснявшая явление сверхпроводимости тем, что при очень низких температурах электроны организуются в т.н. куперовские пары и начинают перемещаться внутри атомно-кристаллической решетки практически беспрепятственно. Почему электроны, вместо того чтобы отталкивать друг друга, начинают притягиваться? В классических сверхпроводниках, например, в ниобии при 9.3 °К (–263.8 °С) этому способствуют вибрации. Электроны проскакивают между атомами, вызывая вибрацию последнего (чтобы описать квант этого колебательного движения, выдающийся советский физик Игорь Тамм предложил ввести квазичастицу — фонон). Следующий электрон поглощает энергию фонона и передвигается. Обмен фононами фактически и приводит к тому, что электроны притягиваются.

Решение задачи усложнилось, когда в 1986 г. физики открыли новое семейство сверхпроводников — купратов, в состав которых входят медь и кислород. Такие материалы обладали свойствами сверхпроводников при относительно высокой температуре в 138

°К (–135.1 °С), что было невозможно объяснить в рамках прежней теории, поскольку считалось, что фононы должны исчезнуть при столь высоких температурах. Объяснения этому явлению не могли найти очень долго, поэтому ученое сообщество было взбудоражено открытием в прошлом году еще одного семейства сверхпроводников на основе железа и мышьяка. Сравнив их со сверхпроводниками на основе меди, ученые неожиданно поняли, что эти два семейства материалов можно на самом деле свести в одно.

Между тем Сяньхуэй Чень, физик из Университета науки и технологии Китая в городе Хэфэй, и его коллеги показали роль фононов в сверхпроводниках на основе железа и мышьяка. Исследователи работали на двух сложных материалах из группы сверхпроводников на основе железа и мышьяка: оксид самария-железа-мышьяка с добавками фтора и арсенид бария-железа с добавками калия. Ученые изготовили образцы с разными изотопами: железом-56 и железом-54. Предполагалось следующее. Замена тяжелого изотопа железа на легкий изотоп должна привести к более быстрой вибрациям фононов, и если они играют роль в спаривании электронов, то критическая температура сверхпроводимости должна повыситься (как это происходит в обычных, а не высокотемпературных сверхпроводниках). Именно этот эффект и наблюдали Чень и его коллеги! Критическая температура образца с легким изотопом железа была на полградуса выше, чем с тяжелым изотопом железа.

Получается, что сверхпроводимость в любом материале можно объяснить вибрациями? Лиза Боери, теоретик из штутгартско-

го Института физики твердого тела общества Макса Планка, не согласна с этими выводами Ченя. Дело в том, что соединения самария и бария, которые изучала группа Ченя, не являются классическими сверхпроводниками, осуществляя переход в состояние сверхпроводимости по другому типу — они намагничиваются за счет непарности рядов атомов железа, ориентированных в противоположных направлениях. В эксперименте Ченя переключение изотопов железа и приводило к повышению температуры и для магнитного перехода — примерно на половину градуса. Лиза Боери обращает внимание на то, что эти процессы происходили параллельно. Она признает: фононы могут направлять движение электронов и в этих материалах, но, скорее всего, не обычным путем. «Склеивать» электроны может магнитное взаимодействие. Это, по мнению теоретика, как раз свидетельствует о том, что мы имеем дело не с обычными сверхпроводниками, а с какой-то их «экзотической» разновидностью.

Чень не согласен с доводами теоретиков, хотя он и признает, что изменение критической температуры в эксперименте не очень сильное, но это потому, что примесь добавок в эксперименте была оптимальной. Если примесей будет меньше, то и изменение критической температуры будет сильнее.

Теоретическое обоснование высокотемпературной сверхпроводимости — одна из важных задач современной физики. Если рабочую температуру этих материалов удастся довести до экономически приемлемого уровня, можно ожидать настоящей революции в системах накопления и передачи энергии, микроэлектронике, медицине.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара (ОАО «ВНИИНМ»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка сверхпрочных и высокоэлектропроводных материалов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Во ВНИИНМ разработаны технологии нового класса высокопрочных Cu-Nb обмоточных проводов прямоугольного сечения со следующими свойствами: предел прочности 1100–1250 МПа; электропроводность около 70 % от меди.

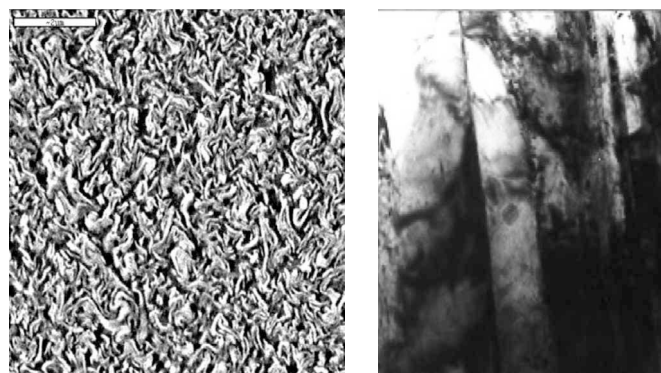


Рис. 1. Микроструктура композита Cu-18 %Nb, полученного глубокой пластической деформацией: а – поперечное сечение; б – ТЭМ Nb волокон

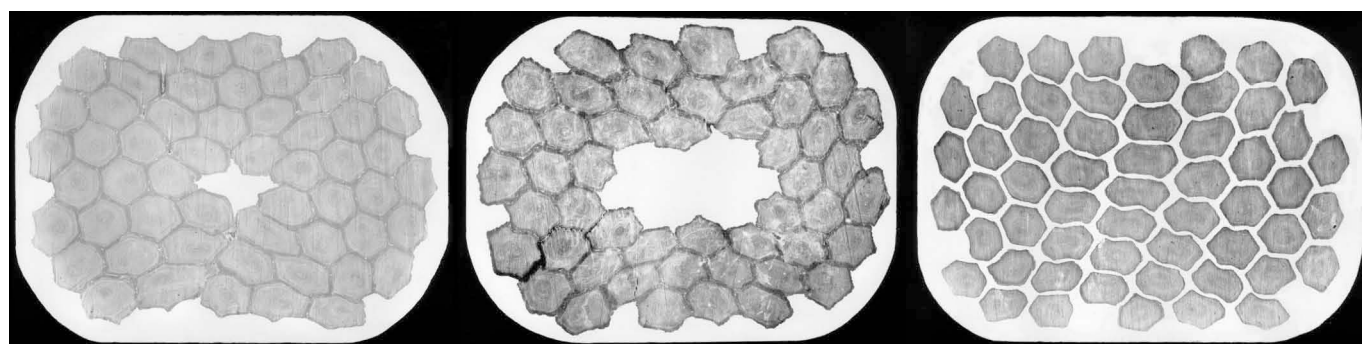


Рис. 2. Сечения разработанных обмоточных микрокомпозиционных Cu-Nb проводов крупного сечения (размеры сечений от 2 x 3 мм до 4 x 6 мм; длина 100–200 м) для импульсных магнитных систем

На рис. 1 и 2 приведены примеры электропроводного нанокompозитного медно-ниобиевого провода, полученного методом глубокой пластической деформации. Нанокompозит имеет прочность стали при электропроводности, близкой к меди (рис. 3).

Разработаны технические высокопрочные Cu-Nb тонкие провода диаметром от 0.4 до 0.05 мм со следующими свойствами: предел прочности 1300–1600 МПа, электропроводность 70–80 % от меди. Показана принципиальная возможность создания контактных проводов нового поколения с существенно более высоким комплексом свойств путем использования наноструктурных компонентов.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Ряд современных исследовательских проектов предполагает использование импульсных магнитных полей предельно высокой интенсивности, с индукцией более 50 Тл. Создание сверхвысокопольных импульсных магнитных систем потребовало разработки нового класса обмоточных материалов с уникальным сочетанием высоких прочностных и электропроводящих свойств.

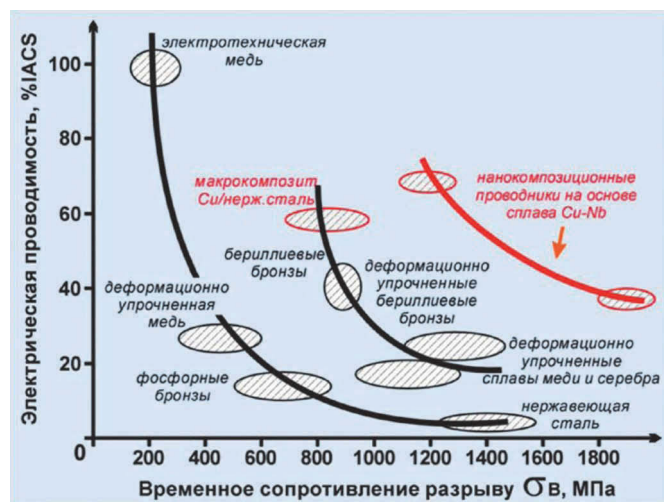


Рис. 3. Сравнение новых наноструктурных электропроводных композитов с другими известными проводящими материалами

Трубопроводные системы

Наноматериалы могут найти широкое применение в трубопроводных системах. Среди задач, решаемых посредством нанотехнологий, необходимо выделить:

- создание новых конструкционных материалов для производства труб и других сборочных элементов, более легких и гибких по сравнению с металлическими конструкциями, способных сохранять целостность трубопровода в экстремальных ситуациях (землетрясения, подвижки грунта, террористические акты). В качестве альтернативы современным металлическим конструкциям можно привести трубы из материала на основе углеродных нанотрубок – гибкие, проводящие, чрезвычайно легкие и прочные, легко интегрируемые с различными видами наносенсоров и облегчающие визуальный мониторинг благодаря своей прозрачности;
- разработку тонкопленочных антикоррозионных покрытий, обладающих высокой адгезией к субстрату – тому или иному материалу трубы;
- антифрикционные системы, способствующие увеличению пропускной способности трубопровода;
- термоизоляцию труб посредством аэрогелей – пористых материалов, представляющих собой результат реакции золь-гель поликонденсации. Химический состав аэрогеля, его наноструктуру и физические свойства можно контролировать. С помощью различных добавок можно существенно изменять и улучшать свойства чистого аэрогеля или придавать ему дополнительные возможности.

Эффективность и себестоимость нефтепроводов снижается из-за осадений в трубе, уменьшающих мощность потока, а также из-за протечек, вызванных коррозией. Обе проблемы можно решать, подбирая соответствующее покрытие для материала трубы. До недавнего времени считалось, что оптимальными поверхностными свойствами, необходимыми для предотвращения образования минеральных осадков, обладают алмазоподобные покрытия. Однако такие покрытия имеют свойство отделяться от металлической подложки.

Нанотехнологии представляют возможности для лучшего контроля трех ключевых параметров нанесения материала на поверхность: химической композиции (и кристаллической наноструктуры), толщины пленки и ее топографии.

Список методик для изготовления и нанесения тонких пленок и покрытий на поверхность достаточно длинен и включает в себя: химическое осаждение из газовой фазы, физическое осаждение из газовой фазы, золь-гель технологию, электролиз, напыление, самоорганизацию, позиционную сборку.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка наукоемких ресурсосберегающих технологий соединения разнородных металлов и сплавов с помощью формирования наноструктурированных зон сцепления.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Проведен анализ предварительных экспериментов по разработке технологического процесса и принципиальных схем создания неразъемных соединений разнородных и плохо свариваемых материалов за счет формирования наноструктурированных зон сцепления при динамическом и термостатическом взаимодействии.

Проанализирован и предложен принципиальный способ получения тонких наноструктурных прослоек из титановых сплавов. Предложены новые технологические решения по достижению наноструктурного состояния в титановых материалах, основанные на применении метода всесторонней изотермическойковки с использованием серийного промышленного прессового и прокатного оборудования.

Разработана математическая модель и создано программное обеспечение динамического импульсного воздействия и термостатического взаимодействия разнородных материалов, в том числе с учетом наноструктурированной прослойки.

Для создания многослойных слоистых композитов на основе титана проанализирован метод спекания фольг и химически активных металлов, таких как титан и алюминий, способ получения слоистых композитов типа металл-интерметаллид ($Ti-Al_3Ti$) в лабораторной установке для горячего прессования. Новизна процесса производства слоистых композитов типа металл-интерметаллид заключается в том, что один из исходных металлов частично (или полностью) заменяется интерметаллидом.

Проведены работы по выбору методов контроля геометрических размеров заготовки, а также структуры, объемных дефектов нарушения сплошности металлов и сплавов. Разработана оснастка для правки фольг и после прокатки. Подготовлена проектная конструкторская и технологическая документация по изготовлению фольг и металлов и сплавов.

Основными характеристиками полученных результатов являются:

- технологические параметры принципиальных технологий создания неразъемных соединений, в том числе;
- критерии и требования к технологическому процессу получения нанокристаллической структуры в фольгах металлов и сплавов;

- маршрут технологического процесса, обеспечивающий максимально равноосную структуру;
- температура деформации в зависимости от этапа технологического процесса;
- степень деформации на каждом этапе технологического процесса с учетом возможностей имеющегося оборудования;
- схемы технологического процесса изготовления двух- и многослойных композиционных материалов методом сварки взрывом;
- объемные доли интерметаллической и металлической составляющей, количество и толщины соответствующих слоев, ожидаемая объемная плотность композита;
- параметры технологического процесса методом сварки взрывом получения биметаллических соединений разнородных материалов.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Освоение многослойных соединений титановых сплавов с интерметаллическими сплавами на базе ортоалюминидов титана позволяет решить ряд технических задач, связанных как с более эффективным производством, так и эксплуатацией продуктов производства судостроительной и нефтехимической промышленности, трубопроводных систем, теплообменных аппаратов и других конструкций (рис. 1).

Полученные результаты планируется внедрить во все отрасли промышленности, где требуются многофункциональные конструкционные материалы.

Многофункциональные композиционные материалы, созданные с использованием технологии получения

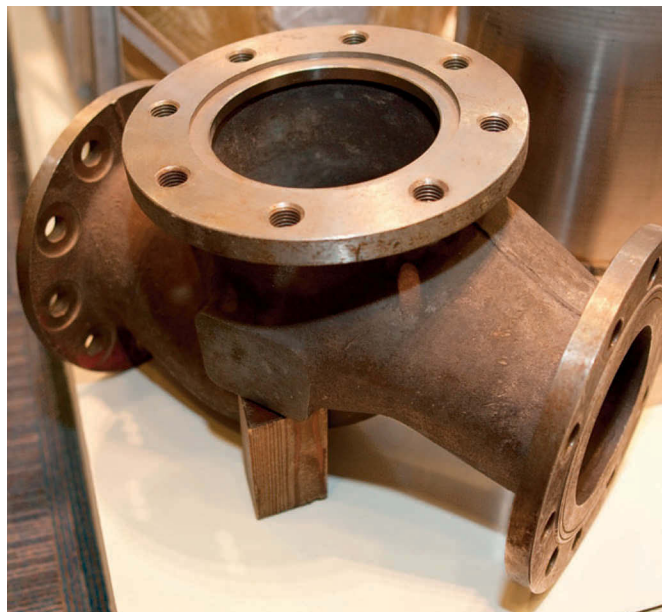


Рис. 1. Корпус затвора из титанового сплава с детонационным напылением на седло для нефтехимической промышленности

тонких наноструктурных прослоек, будут необходимы для получения равнопрочных конструкций с прочностью на уровне 900–1200 МПа, без изменения структурного и фазового состояния их основных материалов. Сварные конструкции будут применяться в производстве ответственных узлов и высокопрочных корпусов глубоководных аппаратов, спасательных устройств, трубных систем парогенераторов и теплообменников, лопаток авиадвигателей и других агрегатов, эксплуатируемых в экстремальных условиях высоких давлений и напряжений.

Таким образом, области применения и масштабы использования таких композитов весьма разнообразны, и они являются великолепными кандидатами на замену монолитных дорогостоящих материалов.

Внедрение разработки позволит сократить длительность производственного цикла изготовления композиционных материалов, расширить номенклатуру выпускаемой продукции, снизить материал- и энергоемкости производства, что неизбежно приведет к повышению конкурентоспособности композитов в сравнении с традиционными конструкционными материалами.

Создание нового класса слоистых композитов типа металл-интерметаллид обеспечивается простотой моделирования требуемой микроструктуры, отвечающей заданным конструкционным и функциональным параметрам.

С помощью полученных результатов возможно создание новых композиционных материалов, изготовление которых другими методами и способами затруднительно из-за особенностей металлургического взаимодействия между собой элементов композита.

Новые подходы к математическому моделированию процессов сварки взрывом и термостатического взаимодействия позволяют расширить номенклатуру слоистых металлических композиционных материалов, в т.ч. с поверхностью 2-го и 3-го рода.

Новизна технических решений, полученных с применением технологии сварки взрывом, патентоспособна.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Необходимо создать математическую модель быстротекущих процессов при динамическом импульсном взаимодействии, позволяющих получать многофункциональные композиционные материалы, а также разработать технологию получения наноструктурных прослоек, которая является неотъемлемой частью для создания принципиальной технологии диффузионного соединения разнородных материалов и изготовления двух- и многокомпонентных слоистых композитов типа титан-титан, титаналюминид титана и стальтитан.

Патентные исследования подтверждают, что полученные результаты сопоставимы с результатами работ по данной тематике, определяющими мировой уровень.

Техническая новизна проведенных исследований подтверждена подачей заявок на изобретение в области способа получения наноструктурных прослоек из титановых сплавов и способа получения сталеалюминиевого композита с диффузионным барьером.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка опытно-промышленных технологий создания многофункциональных полимерных и эластомерных наноструктурированных композиционных конструкционных материалов и изделий из них для транспортного машиностроения, нефтегазового комплекса и энергетического машиностроения, отвечающих требованиям безопасности для окружающей среды и обитаемых объектов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Разработаны и адаптированы в опытно-промышленных условиях технологии изготовления материалов и изделий из наномодифицированных корпусных, антифрикционных, вибропоглощающих и электроизоляционных многофункциональных полимерных конструкционных композиционных материалов, имеющих характеристики, отвечающие требованиям ТЗ и разработанной технической документации:

- Многофункциональные корпусные полимерные композиционные материалы, обеспечивающие коэффициент механических потерь не менее 0.05 при плотности не более 1800 кг/м³ и работоспособные при температурах от - 40 °С до + 60 °С, с многослойной и/или гибридной структурой из конструкционных слоев на основе модифицированных полиэфирных и/или винилэфирных связующих и стеклянных и/или углеродных, и/или органических армирующих материалов.
- Вибропоглощающие полимерные композиционные материалы, работоспособные при контакте с водой и горюче-смазочными материалами, при воздействии ударных нагрузок.
- Высокопрочные водостойкие легковесные виброударостойкие сферопластики.
- Электроизоляционные конструкционные полимерные композиционные материалы для высоковольтных изоляторов (опорных, проходных, подвесных), ограничителей перенапряжения подстанций городского электротранспорта, трансформаторов, цилиндрической формы с внутренним диаметром от 0.25 до 1.3 м и длиной до 2 м.
- Высокопрочный химически стойкий композиционный материал для анодных основ анодов систем катодной защиты от коррозии судов и морских сооружений.

- Слоистые конструкционные полимерные материалы для трехслойных и многослойных панелей ненагруженных внутрикорпусных конструкций, в т.ч. переборок, выгородок, мебели, отвечающие противопожарным требованиям, регламентированным международными правилами SOLAS-74, и требованиям экологической чистоты.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Транспортное машиностроение (судостроение), нефтегазовый комплекс.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование влияния автоколебательных процессов на формирование наноразмерных элементов структуры при лазерном воздействии на материалы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В результате данной работы была получена физически адекватная динамическая модель процесса лазерной обработки материалов, основанная на механике

Лагранжа. В отличие от метода присоединенных масс Киргхофа использование такого подхода позволило описать волновое движение поверхности парогазового канала, изменение со временем формы и размеров сварочной ванны, а также влияние движения канала как целого на колебательное движение его глубины и радиуса. Уравнения движения, полученные с помощью Лагранжева формализма, также позволяют учитывать и влияние сил трения.

Для верификации разработанной динамической модели была проведена серия натурных экспериментов по сварке низкоуглеродистых и нержавеющей сталей с помощью мощного волоконного лазера ЛС-5. Полученные экспериментальные результаты показали, что формирование сварного шва сопровождается образованием на его верхней и нижней поверхностях развитой квазипериодической волновой неустойчивости. Также исследовалось динамическое поведение плазменного факела над поверхностью обрабатываемого материала. Эксперименты показали, что динамическое поведение яркости характеризуется наличием низкочастотных колебаний, спектральные характеристики которых совпадают со спектром колебаний расплава в сварочной ванне. Результаты экспериментальных исследований подтверждают разработанную

Информ агентство научной информации Наука

10 лет
на рынке
научно-
технической
информации

специальное ПРЕДЛОЖЕНИЕ

для исследовательских организаций-партнёров:

- помощь профессиональных журналистов, фотографов, операторов в подготовке пресс-релизов, фото- и видеоматериалов;
- перевод подготовленных материалов на английский язык;
- распространение информации по центральным СМИ.



теорию динамического поведения активной зоны при лазерной обработке. Разработанная динамическая модель процесса лазерной обработки является эффективным средством анализа нестационарных процессов и может обоснованно применяться для отбора стабильных технологических режимов. Результаты моделирования и экспериментальных исследований показывают, что стабильность формирования сварного шва определяется, в основном, значениями фокального радиуса лазерного луча и формой распределения интенсивности лазерного излучения. При этом повышение скорости сварки до значений, превышающих 1 м/мин и выше, ведет к повышению стабильности формирования сварного шва.

Результаты экспериментальных исследований и численного моделирования поведения парогазового канала при лазерной сварке позволили определить характерные частоты колебаний и времена релаксации сварочной ванны, а также выбрать информационные сигналы, коррелирующие с параметрами процесса формирования сварного шва. Информационными сигналами с наиболее простой математической обработкой являются положение плазменного факела (угол наклона пароплазменной струи к вертикали) и акустический сигнал из активной зоны.

Для отработки алгоритма контроля и управления динамическими процессами при лучевой обработке кристаллических материалов была проведена серия экспериментов по лазерному воздействию на оптически-прозрачные модельные материалы с использованием специально созданного информационно-измерительного комплекса.

Теоретический уровень полученных результатов по ряду позиций опережает существующие разработки, как отечественные, так и зарубежные, особенно в области формирования химического состава материала при лучевом воздействии, кинетики фазовых и структурных превращений, прогнозирования структуры и свойств, построения самосогласованной модели динамического поведения ванны расплава. Результаты данного проекта могут быть использованы авиаци-

онной, автомобильной, судостроительной и другими отраслями промышленности при разработке лучевых технологий обработки изделий из легких сплавов, а также при создании систем мониторинга для реализации этих технологий.

Отечественных аналогов разрабатываемым методам и средствам мониторинга и управления процессами лазерной обработки не существует. Зарубежные аналоги находятся на уровне лабораторных образцов и прототипов.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Основной сферой применения результатов данного проекта является отрасль транспортного машиностроения отечественной промышленности, стоящая сейчас на пороге значительной технологической модернизации. Материалы нового поколения являются перспективной разработкой отечественных ученых (ВИАМ, «ЦНИИ КМ «Прометей»»), и создание предпосылок и научного задела для разработки технологии их лазерной обработки является неременным условием их широкого внедрения. Стремительное развитие таких отраслей, как микромеханика и мехатроника, в которых предъявляются повышенные требования к качеству деталей, а также происходящий сейчас в мире переход автомобилестроения на лазерную сварку корпусов позволяет прогнозировать в ближайшем будущем рост потребности в методах и системах для прогнозирования структур металла и оптимизации режимов лазерной обработки.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Результаты, полученные в ходе выполнения данной научно-исследовательской работы, могут послужить основой для проведения опытно-конструкторских работ по разработке и созданию систем текущего мониторинга и управления для лазерных технологических комплексов, что позволит довести результаты проведенных ранее фундаментальных НИР до стадии, обеспечивающей возможность их практического использования.

НАНОФОРУМ – 2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ЗАО «НУРан», Республика Татарстан, Высокогорский р-н. ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт кабельной промышленности», Москва. Координатор-разработчик – Учреждение «Дирекция федеральных целевых и региональных программ».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Производство нанодисперсных полимерных композиционных материалов для кабельной и трубной промышленности РФ.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

В рамках проекта планируется создание на территории РФ производства нанодисперсных высоконаполненных полимерных материалов для кабельной и трубной промышленности, новых видов полимерных композиций для кабельной, трубной и лакокрасочной промышленности, конкурентоспособных кабелей и проводов, труб, удовлетворяющих современным требованиям по показателям пожарной безопасности.

Объем инвестиций: 1150 млн руб.


Среднегодовая норма прибыли – 336.88 млн руб.

Наука и технологии России – STRF.ru



- 40% учёных согласны с тем, что публикации о результатах научной работы способствуют просвещению общества, росту престижа профессии учёного, улучшению имиджа науки
- 34% считают, что, распространяя информацию о результатах своей работы, они смогут привлечь клиентов, партнёров, деньги
- 12% надеются, что публикации о результатах исследований помогут им выделиться на фоне коллег и конкурентов...
...при этом
- 17% учёных никогда не общались с журналистами*

Откройте миру свои открытия



Альтернативные источники энергии

Современная цивилизация во всем ее техническом великолепии основана на нефти, газе и угле, которые относятся к невозобновляемым источникам энергии. Это значит, что рано или поздно они закончатся. Ученые спорят по поводу точного количества лет, на которые хватит нефти при нынешних темпах ее потребления, но максимальный прогноз составляет порядка 100 лет. Ухудшение экологической ситуации на нашей планете – еще одно неприятное следствие столь широкого использования нефти и газа.

Уже давно ученые разрабатывают возобновляемые источники энергии и способы снижения вредных последствий использования нефти, газа и угля (этому посвящен следующий раздел брошюры). Сейчас известно несколько альтернативных способов получения энергии, которые пока слишком дороги, чтобы найти массовое применение. Именно с этим их недостатком помогут справиться нанотехнологии. Наиболее широкое применение они нашли в солнечной и водородной энергетике.

Солнечная энергетика – непосредственное использование солнечного излучения для получения электричества и тепла. К ее основным достоинствам относят экологическую безвредность и общедоступность. Однако фотоэлектрические преобразователи работают с меньшей эффективностью в утренних и вечерних сумерках, как раз тогда, когда потребление электроэнергии максимально. Кроме того, сравнительно высока себестоимость солнечных фотоэлементов.

Энергоблоки водородных топливных элементов характеризуются высокой эффективностью, надежностью, долговечностью и практически не нуждаются в обслуживании. Их работа основана на электрохимической реакции, в которой химическая энергия водорода, выделяемого из топлива, преобразуется в электрическую и тепловую. Из-за того, что в топливном элементе нет механических частей, он работает бесшумно, а значит, может использоваться в качестве бытового источника энергии.

Одно из основных преимуществ топливных элементов заключается в их сравнительной безопасности для окружающей среды. Если в качестве топлива используется чистый водород, то побочными продуктами реакции будут тепло и вода. Если – природный газ, который используется сейчас в большинстве стационарных топливных элементов, то выделяются монооксид углерода, оксиды азота и углеводороды, но в меньших количествах, чем, к примеру, в бензиновом двигателе автомобиля.

НАНОТРУБКИ РАБОТАЮТ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Энергетика считается одной из самых быстрорастущих областей применения нанотехнологий, и солнечная энергетика – не исключение. Уже некоторое время нанотрубки из диоксида титана изучают как перспективные материалы для получения водорода из воды под действием солнечного излучения. Пока эффективность процесса невысока, но американские ученые из Северо-Восточного университета в штате Массачусетс под руководством адъюнкт-профессора Латики Менон считают, что ее можно значительно улучшить. В статье, вышедшей в *Journal of Material Chemistry*, они сообщают, что введение в нанотрубки следовых количеств калия снижает энергозатраты на процесс. Это еще один шаг к одной из наиболее экологичных и энергоэффективных технологий получения водорода.

Диоксид титана широко применяется в промышленности и быту. Из него изготавливают титановые белила, добавляют в качестве наполнителя в кремы, зубную пасту, лекарства. О фотокаталитических свойствах диок-

сида титана, т.е. способности разлагать воду на водород и кислород под действием света, известно уже 35 лет. Однако эти свойства довольно слабы и пока не было разработано технологий, основанных на их использовании. Чтобы усилить каталитические свойства диоксида титана, исследователи из Северо-Восточного университета предложили использовать его в виде упакованных слоев нанотрубок, ведь в этом случае поверхность катализатора становится наибольшей, следовательно, растет и активность катализатора. Кроме этого, ученые ввели в нанотрубки углерод, чтобы они могли поглощать также и видимый свет, в то время как чистый диоксид титана поглощает только ультрафиолетовое излучение.

Добиться эффекта, годного для практического использования, исследователи пока не смогли. Однако в ходе эксперимента, который они проводили совместно с коллегами из Национальной лаборатории в Брукхейвене, обнаружили новые возможности для усовершенствования производства нанотрубок.

В лаборатории в Брукхейвене есть источник синхротронного рентгеновского излучения,

с помощью которого можно определять наличие крайне малого числа примесей в материале. Другие лабораторные методы на порядок менее чувствительны. Исследователи сравнивали, как проходит процесс фотолитиза воды, т.е. ее разложения под действием света, в слоях нанотрубок разного вида – с небольшим содержанием ионов калия и изготовленных без калия. Отсутствие примеси как раз и контролировали на синхротроне. Чтобы фотокаталитические ячейки с нанотрубками работали, к ним необходимо подводить небольшое внешнее напряжение. Оказалось, что использовать трубки с ионами калия намного выгоднее – для генерации того же количества водорода такие трубки требуют в три раза меньше энергии, нежели нанотрубки из чистого диоксида титана.

Роль калия пока не определена, но его соединения часто применяются в фотокаталитических ячейках с нанотрубками из оксида титана. Возможно, изменяя количество добавки, разработчики смогут оптимизировать характеристики солнечных элементов, применяемых для производства водорода.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский электротехнический институт им. В.И. Ленина» (ФГУП ВЭИ). ООО «ЭСТО-Вакуум».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание промежуточного типа кремниевых солнечных элементов (КСЭ), объединяющих высокий КПД устройств с вертикальными p-n-переходами с простой изготовления планарных аналогов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Основой метода является технология анизотропного плазмохимического травления в газовом разряде. Сначала методом фотолитографии создают маску с шагом в несколько десятков нанометров, затем методом анизотропного плазмохимического травления в высокочастотном разряде создают в полупроводнике «колодцы» глубиной в десятки микрон. Приповерхностный слой затем легируют с целью образования полупроводника другого типа, тем самым получается искомая структура перехода.

Получены первые образцы описанных структур. Для получения масок был применен метод фотолитографии, который, с одной стороны, дает слишком «правильную» маску (для получения суперперехода регулярности и правильности в расположении «колодцев» добиваться необязательно, достаточно получить их равномерную плотность на поверхности подложки), а с другой – очень дорог для получения наноразмерных

масок. Поэтому в ходе проводимых исследований разрабатывается метод получения маски наноразмерными отверстиями. Ожидается, что метод анизотропного плазмохимического травления, опробованный нами на более крупных структурах с шагом решетки 100 нм, может быть использован и для травления «колодцев» с характерным размером 10–20 нм.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Разрабатываемая технология может быть применена для создания нового типа мощных силовых полупроводниковых приборов – диодов, тиристоров, транзисторов. Например, если описанную выше конструкцию использовать в качестве полупроводникового диода, он, как ожидается, приобретет новые свойства. В закрытом состоянии, когда к диоду приложено обратное напряжение, носители вытесняются из структуры суперперехода и толщина обедненного слоя становится порядка глубины «колодцев», т.е. в единицы-десятки микрон, что означает ее высокую электрическую прочность. Когда же диод открывается, т.е. к нему прикладывается прямое напряжение, за счет развитой поверхности перехода носителям заряда нужно проделать лишь короткий путь до ближайшей «стенки» «колодца», т.е. скорость открытия становится гораздо больше, а потери, соответственно, меньше.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В настоящее время известны две конструкции кремниевых солнечных элементов – с планарным и верти-

кальным расположением р-п-переходов. В силу конструктивной простоты, несмотря на низкий КПД, планарная конструкция является в настоящее время основной. Однако расчеты и эксперименты показывают, что при параллельном расположении р-п-перехода относительно падающего излучения рекомбинация генерированных светом носителей заряда на освещенной поверхности играет существенно большую роль, чем при перпендикулярном.

К сожалению, промышленно пригодный способ получения КСЭ с вертикальными р-п-переходами в настоящее время не создан. Предпринимаются попытки получения такой структуры путем изготовления отдельных планарных пластин, свариваемых затем друг с другом диффузионной сваркой. Несмотря на успехи, достигнутые на этом направлении, в связи с исключительной технологической сложностью процесса изготовления таких элементов, вряд ли они когда-либо смогут быть серьезным образом применены в энергетике.

В настоящее время находят применение вертикальные солнечные элементы на основе арсенида галлия,

обладающие высоким КПД и значительно более высокой стоимостью. Для снижения стоимости преобразующего элемента и повышения его КПД применяют оптическую фокусировку (концентрацию) солнечного света, что требует наличия линз, точной ориентации преобразующего устройства и имеет короткий срок службы в связи с высокими тепловыми нагрузками на преобразующие элементы.

Конструктивно СЭ промежуточного типа представляют собой пластину из полупроводника одного типа, в котором созданы области полупроводника другого типа, имеющие наноразмерную толщину и микронную длину. Электрически такой элемент представляет собой множество р-п-переходов, включенных параллельно. Наноструктурированная конструкция обладает развитой поверхностью переходов, а также временем пробега носителей в направлении ближайшего перехода, сравнимой с характерным временем их существования. Длина в несколько микрон является достаточной для «утилизации» энергии фотонов в широкой области спектра, падающих в широком диапазоне углов.

НАНОРЕЛЬЕФ ПОВЫСИТ АКТИВНОСТЬ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Электроды с особой структурой поверхности могут удвоить эффективность экологически чистых электрохимических источников энергии, сообщают исследователи из Массачусетского технологического института (MIT) в статье, опубликованной недавно в онлайн-версии авторитетного журнала *The Journal of the American Chemical Society*.

Топливные элементы – устройства, способные вырабатывать электрический ток из водорода или иного топлива без его сжигания, – считаются очень перспективным источником энергии для самых разных целей: от использования в жилых домах и автомобилях до миниатюрных устройств, таких как мобильные телефоны и ноутбуки. Их главные преимущества – бесшумность и отсутствие выбросов парниковых газов и иных загрязнителей воздуха – до сих пор перевешивались исключительно высокой ценой, и ученые во всем мире пытались найти какие-либо пути сделать топливные элементы дешевле в производстве.

Группа исследователей из MIT, возглавляемая адъюнкт-профессором машиностроения и материаловедения Янг Шао-Хорн (Yang Shao-Horn), разработала технологию, способную многократно увеличить активность электродов в одном из видов топливных элементов, использующем в качестве топлива метанол. В ближайшей перспективе он может



Jonathan Sin, Creative commons license

Преимущества метанолового топливного элемента не только в увеличении времени работы, но и в скорости «зарядки»

вытеснить обычные батареи в портативных электронных устройствах. Поскольку в таких топливных элементах используются платиновые электроды, повышение их активности означает, что для выработки того же самого количества энергии придется потратить меньше этого дорогостоящего металла.

Существенному приросту в эффективности новых топливных элементов обязаны нанесению на поверхность материала заранее продуманного рельефа. Вместо того чтобы оставить электрод гладким, на его поверхности создают крошечные выступы «ступеньки»; это, как показали эксперименты, позволило увеличить выработку электрического тока примерно в два раза. Исследователи полагают, что дальнейшая разработка электродов со сложной структурой

поверхности позволит увеличивать активность элемента еще больше, производя больше электроэнергии при тех же затратах платины.

«Одна из целей нашего исследования – разработка активных и стабильных катализаторов», – говорит Шао-Хорн, и, по ее словам, эта новая разработка является значительным шагом к «пониманию того, как поверхностная атомная структура может повысить активность катализатора» в топливных элементах на метаноле.

В экспериментах ученые использовали наночастицы платины, размещенные на поверхности углеродных нанотрубок. До этого многие ученые экспериментировали с использованием платиновых наночастиц в топливных элементах, но результаты были очень противоречивыми – одни ученые с уменьшением размера частиц наблюдали увеличение активности, другие – ее увеличение.

Новое исследование показало, что ключевым фактором является не размер частиц, а структура поверхности. «Мы размещали на поверхности разное число рельефных ступенек из наночастиц и отслеживали, как меняется активность катализатора при изменении числа ступенек», – говорит Шао-Хорн. Создав поверхность с множеством ступенек, группе удалось добиться удвоенной активности электрода, и ведущиеся в этом направлении работы могут позволить увеличить ее еще больше – теоретически вплоть до десятков и сотен раз.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Холдинг «Ренова-синтез».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание предприятия по производству солнечных модулей на базе технологии «тонких пленок» швейцарской компании Oerlikon Solar с использованием наноструктур микроморфного кремния. Кроме этого, планируется создание научно-технического центра, цель которого – совместные разработки в области повышения эффективности солнечных модулей.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Большинство толщин пленки находятся в диапазоне нескольких сотен нанометров.

В технологии «Ренова-синтез» предусмотрено:

- использование уникальной конструкции солнечных элементов с двойным соединением, с нанесением покрытий из аморфного и микроморфного кремния (присутствуют кристаллиты 10–30 нм);
- нанесение патентованных (Oerlikon) прозрачных проводящих пленок из оксида цинка ZnO с размерами гранул менее 100 нм (с использованием современной технологии лазерной разметки для создания отдельных солнечных элементов, которые затем скрепляются между собой в модули металлическими контактными полосами).

За счет использования покрытий из аморфного и микроморфного кремния достигается низкий уровень деградации солнечного модуля, высокая плотность тока, высокий (в сравнении с аналогами) КПД.

Высокий КПД, стабильность и долгосрочность работы солнечного тонкопленочного модуля напрямую зависят от толщины слоя аморфного кремния, характеризующегося размерами 100–260 нм, от размеров кристаллитов тонкой пленки (10–30 нм), также благодаря наноразмерам кристаллов (20–50 нм) проводящего оксида значительно усиливается светопоглощение. На *рис. 1* изображены солнечные модули на поверхности здания.

В технологии используется установка «КАП1200» – система плазменного осаждения нанокристаллического кремния на стеклянные основы из паровой фазы с плазменной камерой.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Солнечная энергетика, создание тандемных тонкопленочных модулей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Финансируют проект «Создание предприятия по производству солнечных модулей на базе технологии «тонких пленок» Oerlikon» ГК «Роснотех» и компания «Ренова Оргсинтез».

Совместное предприятие («Ренова Оргсинтез», входящий в Группу компаний «Ренова», и ГК



Рис. 1. Солнечные модули на поверхности здания

«Роснотех») построит и будет эксплуатировать завод производственной мощностью 1 млн солнечных модулей в год. Завод будет введен в эксплуатацию во II квартале 2011 г. Общий объем инвестиций на строительство завода оценивается в 20 млрд рублей.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУ Российский научный центр «Курчатовский институт» совместно с Институтом водородной энергетики и плазменных технологий.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание электролизеров нового поколения с твердым полимерным электролитом на основе наноструктурных электрокатализаторов и электролизных установок различной производительности (от нескольких миллилитров до десятков кубических метров водорода в час) и назначения.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Организовано производство электролизеров по индивидуальным заказам (возможно также серийное производство). Аппараты обладают следующими преимуществами: низкие энергозатраты – 3.9–4.1 кВт·ч/нм³H₂; высокая чистота водорода (более 99.99 %) и кислорода (более 99.5 %); высокая экологичность – в качестве рабочего тела используется деионизованная вода; низкие массогабаритные характеристики; возможность получения газов под давлением (до 10.0 МПа)

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Генераторы чистого водорода, топливные элементы, газовая хроматография, системы коррекции водно-химического режима атомных реакторов, водородная сварка, металлургия особо чистых металлов и сплавов, производство чистых веществ для электронной промышленности, аналитическая химия и т.п.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН. ГУ (ИК СО РАН), Новосибирск, Новосибирский государственный университет.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка технологий конверсии углеводородного сырья в водородосодержащий газ и создание мелкосерийного производства компактных генераторов получения водорода.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Наноструктурные каталитические системы и инновационные концепции позволили создать простое малогабаритное устройство для производства водорода на борту автомобиля из топлива, потребляемого двигателем. Бортовой генератор состоит из каталитического реактора для воздушной конверсии углеводородного топлива в синтез-газ, систем дозирования топлива и воздуха, устройства для запуска генератора, системы охлаждения генератора и микропроцессорного блока управления.

Катализатор выполнен на основе металлотетчатого носителя, на который методом СВС нанесен активный



Рис. 1. Генератор синтез-газа

компонент на основе наночастиц никеля. Подробности работы: рабочая температура 850–900 °С, производительность по синтез-газу 5–25 м³/ч, размеры генератора – диаметр 160 мм, длина 220 мм. Общий вид генератора приведен на рис. 1.

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С РЕКОРДНЫМ КПД

Жгучее солнце экватора разительно отличается от более слабых лучей, которые достаются северным и южным широтам. Основное различие между ними – это угол, под которым лучи падают на землю. На экваторе и близ него это почти прямой угол – солнце находится над головой, при сильном удалении на юг или север оно так высоко не всходит и обретается где-то ближе к горизонту.

Разработчики из британской фирмы Quantasol утверждают: чтобы максимально воспользоваться условиями, зависящими от местности, нужны специально подготовленные солнечные элементы. Компания создала новую конструкцию солнечных элементов, в которой можно настроиться на солнечный свет конкретной широты. Кроме того, в процессе работы над этими элементами был побит рекорд более чем двадцатилетней давности по КПД определенного типа солнечных элементов.

Некоторые полупроводниковые материалы, например арсенид галлия (GaAs), эффективнее преобразуют свет в электричество, по сравнению с более дешевым кремнием – наиболее распространенным материалом солнечных элементов. Первоначально арсенид галлия использовали на батареях космического базирования, но постепенно во всем мире, в том числе и в России (у нас в стра-

не этим занимаются в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН), его начинают использовать и для наземных батарей. Однако однородные условия космоса не получаются на Земле. Солнечные лучи проходят через атмосферу, и структура света, достигающего земной поверхности, изменяется от места к месту.

Quantasol применяет арсенид галлия в однопереходных солнечных элементах (еще каскадные, они состоят из нескольких слоев различного состава), которые могут быть настроены на преобладающие условия света в конкретном месте и извлекают из них максимум энергии. Это достигается тем, что на основные солнечные пластинки из GaAs нанесен нанометровый слой смешанного арсенида галлия и индия. Такие слои называются квантовыми колодцами. Как и GaAs, этот слой может поглощать солнечные лучи и преобразовывать их в электричество. Но это происходит в частях солнечного спектра, недоступных для основного материала. Квантовые колодцы можно настроить таким образом, что они будут поглощать в той части спектра, который наиболее характерен для той или иной местности. Это касается в основном разных широт: ближе к экватору солнечный свет содержит больше ультрафиолетового излучения.

После настройки квантовых колодцев галлий-арсенидные солнечные элемен-

ты поглощают больше солнечной энергии, чем устройства предыдущего поколения. Максимальный КПД, достигнутый на новом элементе, – 28,3 %. Но это при условии, когда на ячейку падает солнечный свет в 500 раз более интенсивный, чем в природе, что, кстати, легко достигается в солнечных батареях с помощью специальных линз и зеркал, концентрирующих излучение. Из-за дороговизны GaAs не применяют так же, как кремний, – в пластинах. Обычно делают очень маленького размера чипы, на которые потом направляют поток концентрированного света. Результат разработчиков из Quantasol независимо подтвердили ученые из Фраунгоферовского института солнечной энергетики в Германии.

Коммерческие кремниевые солнечные элементы значительно дешевле галлий-арсенидных, но уступают им по эффективности в 1,5–2 раза. «Однако более важно, нежели максимальный КПД, то, что новые ячейки могут вырабатывать больше электричества», – говорит Кевин Артур, генеральный директор Quantasol. «Рынку не нужен максимальный КПД сам по себе, он хочет оптимизации устройств под условия, где они будут работать. В прошлом все измеряли стоимостные характеристики устройств в долларах за 1 ватт установленной мощности. Сейчас считают центы за 1 киловатт-час», – заключает Артур.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Автомобилестроение.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Проведены испытания двигателей: ВАЗ-2111 и ЗМЗ-409.10 на смеси «бензин–синтез-газ», М406 («Волга») на смеси «природный газ–синтез-газ». В 2008 г. – создание мелкосерийного производства бортовых генераторов (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», Саров).

Катализатор, способ получения синтез-газа и способ работы ДВС защищены патентами Российской Федерации. Микроавтобус «Соболь» (рис. 2) с бортовым генератором успешно участвовал в пробеге, организованном Газпромом 17–19.09.2008, Новгород – Санкт-Петербург – Москва, общая дистанция 2000 км. Микроавтобус демонстрировался на международной выставке по водородной энергетике в г. Ганновер в апреле 2009 г., где вызвал значительный интерес. Финансирование поездки осуществлялось за счет МНТЦ.

Использование топливных смесей обеспечивает:

– уменьшение расхода топлива в условиях городского цикла на 20–25 %;

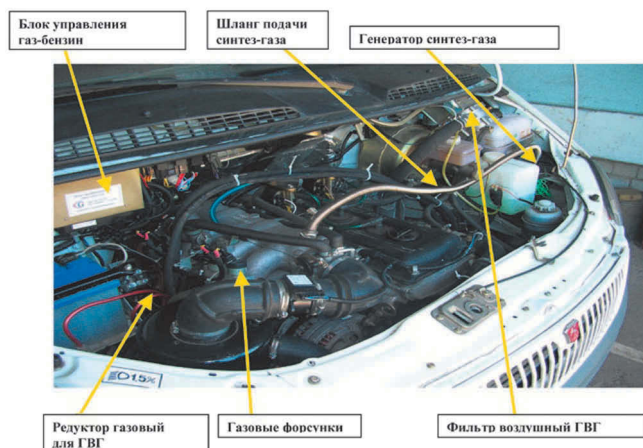


Рис. 2. Размещение генератора на борту транспортного средства (Соболь, Баргузин)

- снижение содержания CO и NOx в выходящих газах до норм Евро-4;
- уменьшение расхода топлива на холостом ходу на 40 %.

НАНОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Сегодня редкий выпуск научных журналов обходится без сообщений о создании очередного типа наноустройств – медицинских имплантатов, сенсоров, утилизаторов отходов и др. В каждом случае создатель наноустройства должен позаботиться об источнике питания, который должен быть столь же миниатюрен. Одним из таких источников питания может стать система, в которой вода, проходя сквозь нанотрубки, возбуждает в них электрический ток. Ученые из Пекинского Института механики под руководством профессора Я-Пу Чжао построили модель такой системы, которая объясняет принцип ее действия. Сообщение об их работе недавно опубликовал авторитетный научный журнал Journal of American Chemical Society.

Несколько лет назад индийские ученые из Индийского института науки в Бангалоре под руководством профессора Аджая Суда обнаружили, что при пропускании тока воды сквозь нанотрубки со стенками толщиной в мономолекулярный слой на концах трубок возникает разность потенциалов, следствием чего является электрический ток. Причем направление электрического тока можно менять на противоположное, если пустить воду через другой конец трубки. В прошлом году китайские ученые под руководством Лянфен Суна создали гидроэлектрические преобразователи энергии, основываясь на этом эффекте. Фактически им удалось заставить двигаться молекулы воды

под действием электрического поля и в той же нанотрубке наблюдать преобразование кинетической энергии движения воды обратно в электричество. Они предположили, что нанотрубки можно использовать как уникальные чувствительные молекулярные каналы для воды и найти им применение для преобразования энергии на молекулярном уровне.

Однако прежде чем искать применение эффекту, необходимо понять, как, собственно, ток воды преобразуется в ток электрический. Без понимания механизма этого эффекта было бы сложно проектировать новый наногенератор электрической энергии.

Я-Пу Чжао с сотрудниками исследовали, как вода взаимодействует с нанотрубками на атомном уровне. Они построили компьютерный алгоритм, моделирующий систему, в которой под действием осмотического давления молекулы воды проходят через нанотрубку диаметром 0.814 нм и длиной 1.23 нм. Для сравнения: размер молекулы воды составляет 0.275 нм.

В первую очередь ученые обратили внимание на то, что молекулы воды двигаются по нанотрубке в ряд, по одной молекуле, словно автомобильная колонна. Обычно молекулы воды формируют между собой упорядоченные водородные связи, так что особенности передвижения «в колонне по одному» ученые приписали именно этому свойству воды.

Молекула воды полярна и имеет дипольный момент. Грубо говоря, это означает, что в ней положительные и отрицательные заряды раз-

делены, а это создает вокруг молекулы электрическое поле. Видимые глазу капли воды, разумеется, электрически нейтральны – потому что в них множество по-разному ориентированных молекул компенсируют электрические поля друг друга. Но когда связанные водородными связями молекулы выстраиваются в ряд в нанотрубке, то все их дипольные моменты складываются и сама цепь приобретает свой дипольный момент, который значительно больше величины для одиночной молекулы. В результате в нанотрубке возникает электрическое поле, а на ее концах – заряды. Заряд на одном ее конце равен примерно 0.134 e, а на другом – 0.005 e. Ученые подсчитали, что разность потенциалов между концами нанотрубки равна 17.2 мВ, а сила тока, возникающая при движении молекул воды, – 1.72 нкА.

Таким образом, наполненная водой нанотрубка становится многообещающим кандидатом в наноразмерные источники питания и наномощные генераторы, заключают китайские ученые. Стоит пояснить, что это не совсем одно и то же. Наноразмерный источник питания отличается своими малыми размерами, а наномощный генератор – это источник питания для устройств мощностью 1–100 нВт.

После исследований китайских ученых мы теперь знаем, почему ток воды в нанотрубках возбуждает в них электрический ток и что это перспективно с практической точки зрения. Дальнейшие исследования позволят узнать, как влияет диаметр трубок на свойства системы.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание источника электрической энергии, основанного на твердофазном растворении меди в наноструктурированном графите.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В результате исследований установлено, что при электрохимическом осаждении из коллоидного раствора графита на поверхности медных электродов формируются устойчивые покрытия из наноструктурированного графита (рис. 1). Установлено, что между наноструктурированным покрытием из графита и медью за счет твердофазного растворения меди в графите возникает электрический потенциал, что представляет самостоятельный практический интерес для разработки на основе обнаруженного явления высокоэффективных первичных источников электрической энергии. Проведенные исследования доказали, что процесс твердофазного растворения меди в графите продолжается до полного растворения меди в графите и составляет от нескольких месяцев до нескольких лет в зависимости от толщины слоя графита.

Эффект возникает при формировании электрохимическим методом высокоанизотропных наноструктурированных графитовых покрытий при ориентации графенов перпендикулярно к поверхности меди и обусловлен наличием существенной разницы в энергиях активации графита и меди (7 и 4 эВ, соответственно), а также очень низкой энергией активации диффузии меди на границе между медью и графитом (менее 0.01 эВ). Величина достигаемых при этом электрических параметров определяется чистотой применяемых материалов (меди и графита), размерами формируемых переходных областей. Достигнутая величина ЭДС составила порядка 2 В.

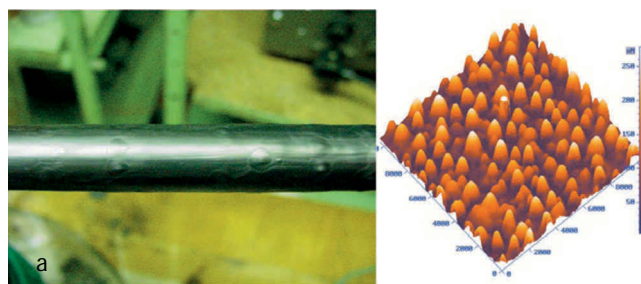


Рис. 1. Внешний вид покрытия из графита на меди (а), топографическая сканограмма (б)

Создан и прошел испытания в течение полутора лет непрерывной работы экспериментальный макет такого источника. Для создания промышленных образцов источников требуются дополнительные научные и опытно-конструкторские исследования.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Источник автономного питания электрической энергией длительного пользования. Применяется в изделиях электронной техники.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Предлагаемый источник электрической энергии не имеет аналогов в мире. Конкурентные преимущества:

- в отличие от традиционных источников при работе в режиме короткого замыкания не изменяет своих параметров и не разрушается;
- обладает емкостью, которая определяется только временем сохранности исходных материалов;
- имеет высокое внутреннее сопротивление, что позволяет включать его в цепи с большой нагрузкой;
- при эксплуатации не требует обслуживания;
- отвечает самым высоким требованиям по экологической безопасности.

НАНОФОРУМ–2009**ИСПОЛНИТЕЛЬ**

Группа компаний «Конти».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание вертикально-интегрированного комплекса производств фотоэнергетической продукции.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

В конце 2009 г. стартует совместный проект ГК «Роснанотех» и ГК «Конти». Капитальные затраты по проекту – 3.5 млрд рублей, выход на проектную мощность – 2012 г., срок окупаемости – 4.68 лет. Главным результатом реализации проекта станет создание в России первой в мире полностью автоматизированной линии по производству уникальных двусторонних солнечных модулей мощностью 60 МВт в год.

ГК «Конти» является единственным в мире промышленным производителем солнечных элементов и модулей с двусторонней светочувствительностью. Производство расположено в Туле и Краснодаре. Поликремний для солнечных элементов производится в Красноярске и Туле. Стоимость производства двусторонних солнечных элементов и модулей равна стоимости односторонних.

На основе двусторонних солнечных модулей построены солнечные энергосистемы различной мощности в России и за рубежом. Данные регулярного мониторинга работы солнечного парка показывают, что энерговыработка двусторонних солнечных модулей, установленных на трекерах, в 1.6 раза больше энерговыработки стационарных односторонних модулей.

НАНОФОРУМ–2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание технологической установки для получения водорода, тепловой энергии и нанокристаллического бемита.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Назначение и область применения. Установка предназначена для сжигания порошкообразного алюминия в водных средах при давлении 150–250 атм и температуре 300–450 °С.

Получение водорода как экологически чистого топлива, не содержащего углерод и серу.

Получение водорода для технологических нужд: топливо, в том числе для газовой резки, химические производства (получение аммиака, хлористого водорода, метилового спирта), для нефтеперерабатывающей промышленности (гидрогенизация мазута и масел), металлургия (восстановление цветных металлов из оксидов), пищевая промышленность (получение из растительных масел твердых жиров) и др.

Энергетические установки (водородные двигатели внутреннего сгорания, газотурбинные и реактивные двигатели, тепло- и газогенераторы).

Децентрализованное энергоснабжение на основе водородных топливных элементов.

Получение нанокристаллических гидроксидов и оксидов алюминия высокой чистоты для применения в качестве керамических, композиционных, каталитических и др. материалов.

Технические характеристики опытно-промышленной установки

Температура, °С	Давление, МПа	Бемит, кг/ч	Водород, нм ³ /ч	Тепловая мощность, кВт
280–350	15–18	200	100	Не менее 180

Безопасность и экологическая чистота получения водорода сжиганием алюминия в водных средах обеспечивается пожаро- и взрывобезопасностью исходного сырья (вода и суспензия порошка алюминия в водорастворимом полимере), конструкцией установки, работой ее в режиме газогенератора с регулируемым расходом водорода, отсутствием токсичных газообразных веществ в продуктах реакции с возможностью полной регенерации исходного сырья (алюминия) из оксида алюминия по промышленной технологии (гидролиз).

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Компания НИТОЛ при поддержке ГК «РоснаноТех».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание инфраструктуры для российской солнечной энергетики и микроэлектроники.

Создание первого в России масштабного комплекса по производству поликристаллического кремния и моносилана.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Высокотехнологичный производственный комплекс создается на базе предприятий компании НИТОЛ – ООО «Усолье-Сибирский силикон» и ООО «Усольхимпром», расположенных в г. Усолье-Сибирское Иркутской обл. В декабре 2008 г. в тестовом режиме запущена первая очередь производства поликремния мощностью 300 т в год. Старт основного производства мощностью 3500 т в год намечен на конец 2009 г. Запуск производства моносилана будет осуществлен поэтапно, итоговая мощность составит 200 т в год.

Новый производственный комплекс создаст сырьевую базу для дальнейшего развития российской микроэлектроники, а также станет существенным шагом на пути формирования новой отрасли российской промышленности – солнечной энергетики. Проект будет способствовать реализации поставленных Правительством РФ задач по увеличению доли возобновляемых источников в общем производстве электроэнергии и обеспечению рационального использования энергетических ресурсов.

Поликристаллический кремний (поликремний) – основной полупроводниковый материал, применяемый в современной микроэлектронике и силовой электротехнике, солнечной энергетике, микромеханике. На основе поликристаллического кремния производится почти 90 % всех солнечных элементов в мире. Основные мощности по производству поликристаллического кремния расположены в четырех странах мира: США, Японии, Германии и Италии.

Моносилан широко используется в микроэлектронике и получает все большее применение в фотовольтаике для изготовления тонкопленочных солнечных модулей.

СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Создание более 1000 высококвалифицированных рабочих мест.

Создание «сквозной» системы подготовки кадров для высокотехнологичных производств: средняя школа – ВУЗ – предприятие.

Создание центра по разработке и внедрению нанотехнологий в сотрудничестве с Иркутским государственным техническим университетом.

Улучшение экологичности производства за счет внедрения современных технологий и оборудования. Производство сертифицировано в соответствии со стандартами ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.



Топливная энергетика и экология

Топливная энергетика, основанная на углеводородном сырье, наносит серьезный вред окружающей среде. Чтобы снизить количество вредных выбросов в атмосферу, мировое сообщество предпринимает активные меры, в т.ч. постоянно совершенствует системы очистки топлива и газовых выбросов. В данной области большие надежды возлагают на наноструктурированные материалы, применяемые как катализаторы и сорбенты. В последнем случае весьма перспективны пористые материалы с контролируемым размером пор или распределением их размеров, способных эффективно удалять из потока нефти или газа различные загрязнители. Нанопористые материалы станут частью производительных и надежных приборов и систем фильтрации. Их можно сделать достаточно прочными и гибкими и интегрировать в разнообразные вакуумные и насосные системы. Поры таких материалов бывают открытыми, т.е. соединенными друг с другом каналами, и закрытыми, а матрица – аморфной, кристаллической или смешанного типа. Типы пор и матрицы определяют область использования нанопористого материала, который может состоять из углерода, кремния, силикатов, полимеров, оксидов металлов, органо-металлических и органо-кремниевых композитов. В общем случае, их подразделяют на блочные материалы и мембраны. Исключительно для создания мембран используются цеолиты. Цеолиты представляют собой алюмосиликатные сита с размером ячеек, сравнимым с размером молекул фильтруемого вещества. У них очень большая внешняя и внутренняя площадь поверхности, что делает их хорошими сорбентами. Причем физические и химические характеристики их внутренней поверхности можно менять в широких пределах. Нанопористые материалы получают, главным образом, с помощью осаждения из раствора, самоорганизации, методами жидкокристаллического синтеза.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ГНЦ РФ – ФЭИ им. А.И. Лейпунского и ООО «Обнинский Центр науки и технологий».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание нового класса наноструктурных фильтрующих мембран для очистки жидкостей и газов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Разработка позволяет подбирать оптимальные свойства мембран в зависимости от состава очищаемой жидкости и условий фильтрования. Фильтрующие элементы, сорбенты, катализаторы изготавливаются

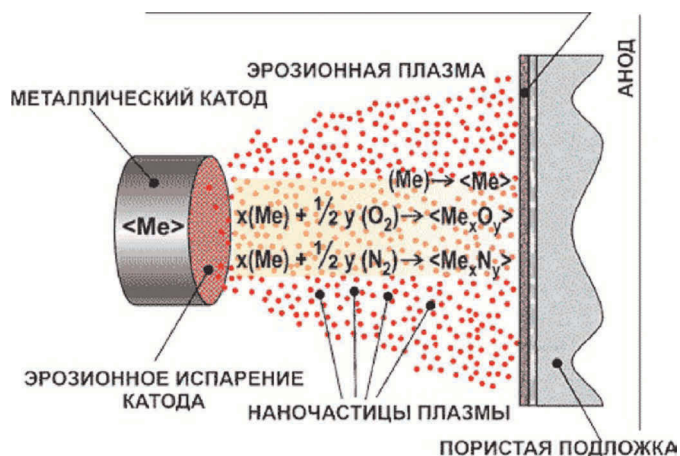


Рис. 1. Схема нанесения мембран на поверхность подложки

по технологии плазмохимического синтеза наноструктурных мембран на пористых подложках. В зависимости от назначения и условий фильтрования подложка может быть полимерной, керамической, металлической или композиционной. Наноструктурированные мембраны обеспечивают высокую тонкость фильтрации и возможность эффективной регенерации (самоочистки) без разборки конструкции фильтров. Авторы проекта уже сейчас располагают базой данных, которая позволяет выбирать требуемые параметры мембраны и подложки для конкретных задач фильтрации. То есть, создан принципиально новый класс фильтрующих материалов, которые имеют наноразмерную

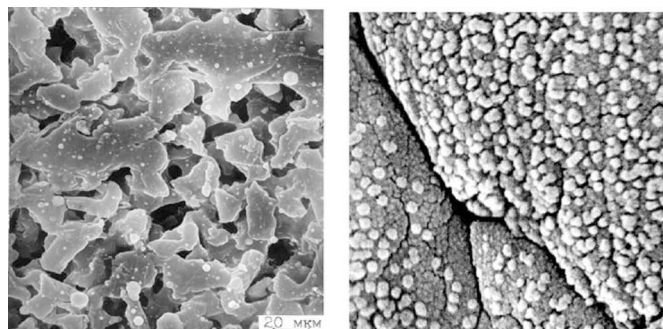


Рис. 2. Структура поверхности мембраны в оптическом (а) и электронном (б) изображении

НАНОФОРУМ–2009

ИСПОЛНИТЕЛЬ

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина» (Снежинск) совместно с Институтом электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург) и корпорацией «ТВЭЛ» (Москва).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка инновационной технологии по созданию твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), создание промышленного производства энергоустановок на ТОТЭ, включая сырьевые наноматериалы и унифицированные батареи на основе ТОТЭ.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

В период с 1990 по 2009 г. выполнен комплекс НИОКР по созданию единичного трубчатого твердооксидного топливного элемента с несущим электролитом. На ТОТЭ получена плотность мощности до 400 мВт/см², что соответствует мировому уровню для данного типа ТЭ. Впервые в России разработаны, изготовлены и успешно испытаны энергосистемы мощностью 1–2.5 кВт на ТОТЭ трубчатой конструкции без применения драгоценных металлов. Получена удельная мощность в составе энергосистемы до 170 мВт/см². Разработан, изготовлен и испытан образец автономной энергоустановки

для стационарного применения на станциях катодной защиты магистральных газопроводов ОАО «Газпром». Запущен в эксплуатацию участок по опытно-промышленному производству ТОТЭ.

ТОТЭ будут применяться в энергоустановках для ОАО «Газпром» на станциях катодной защиты и системах телеметрии, для энергообеспечения отдельных коттеджей, поселков, расположенных вне зоны централизованного электро-теплоснабжения и вахтовых поселков, энергоустановок (ЭУ) на биогазе и синтез-газе, полученных из отходов лесной промышленности, животноводства и птицеводства, а также жизнедеятельности человека, судовых ЭУ.

Разработка высокотемпературных твердооксидных топливных элементов является одним из приоритетных конверсионных направлений РФЯЦ ВНИИТФ с 1990 г. Преимущества ЭУ на ТОТЭ:

- отсутствие вредных выбросов в окружающую среду;
- автономность и минимальное обслуживание;
- высокий ресурс работы – возможность работы на различных видах топлива: природный газ, биогаз, водород, дизельное топливо и др.;
- высокий (до 80 %) КПД энергоустановки при использовании электроэнергии и выделяемого тепла;
- высокий (до 85 %) коэффициент использования топлива.

структуру, обуславливающую ряд важных технико-экономических преимуществ (рис. 1, 2).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяются для переработки жидких радиоактивных отходов, получения питьевой воды повышенного качества, опреснения морской воды, очистки парогазовых смесей, масел, топлив, дожигания водорода и др.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сочетание фильтрующих, сорбционно- и каталитически активных свойств мембран и пористых подложек подбирается индивидуально для каждой очищаемой среды, что обеспечивает возможность их эффективного использования при высоких температурах и широком диапазоне давлений.

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Научно-технический центр «Бакор».

ЦЕЛЬ

Создание технологии получения новых керамических фильтрующих элементов для тонкой очистки газов на основе нанодисперсных связующих (рис. 3).

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Отработана технология производства фильтрующих элементов с волокнистой мембраной из неорганических волокон, повышающих степень улавливания пыли.

Процессы, где применяются фильтры Бакор, схожи с теми, в которых применяются традиционные фильтровальные материалы (ткани, рукава, мешки), с одним ключевым отличием: не требуется система поддержки, как для тканей, т.к. Бакор имеет жесткую конструкцию и монтируется на встроенном фланце.

Элементами Бакор можно оснащать существующие корпуса рукавных фильтров.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Очистка технологических горячих газов (на рис. 4 показано распределение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу между различными отраслями промышленности). Наибольшее воздействие на загрязнение окружающей среды оказывают предприятия топливной промышленности, энергетики и металлургии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Ресурсосбережение:

- высокая температура очищаемых газов — до 1000 °С (не требуются дополнительные затраты на охлаждение);
- ликвидация шламового хозяйства и высвобождение дорогостоящей земли;



Рис. 3. Керамические фильтры, изготовленные в НТЦ «Бакор»

- использование очищенных газов как дополнительного источника тепла;
- возможность возврата ценных продуктов в производство.

Чистая экология:

- снижение выбросов в атмосферу в 5–10 раз;
- обеспечение очистки газов до нормы;
- исключение загрязнения тяжелыми металлами подземных вод.

Эффективная эксплуатация:

- снижение эксплуатационных затрат на очистку газа в 2–3 раза;
- разработанные технологии позволяют изготавливать различные модификации фильтрующих элементов, соответствующие конкретным условиям эксплуатации. В зависимости от необходимости улавливания определенных видов пыли подбираются наиболее эффективные формы и составы фильтрующего материала.

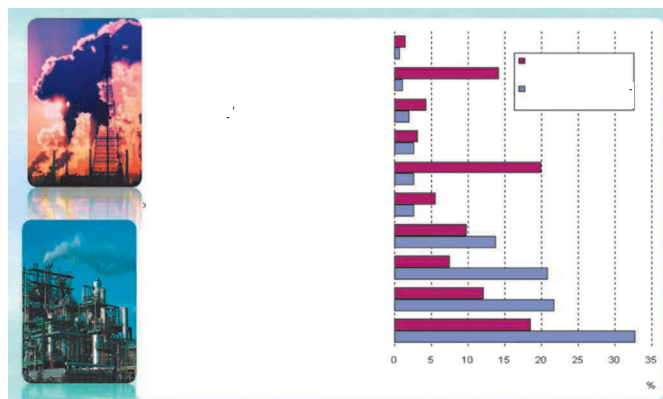


Рис. 4. Распределение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по отраслям

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Первый российский катализатор гидроочистки, обеспечивающий получение дизельных топлив с остаточным содержанием серы не более 50 ppm – стандарт Евро-4.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В последние годы в России возникла необходимость увеличения производства экологически чистого дизельного топлива по новым российским стандартам, в соответствии с Евро-3 (350 ppm серы) и Евро-4 (50 ppm серы). Производство такого топлива до 2007 г. в нашей стране обеспечивалось исключительно за счет использования импортных катализаторов.

В 2006 г. в Институте катализа был разработан первый российский катализатор глубокой гидроочистки дизельного топлива, получивший название ИК-ГО-1, предназначенный для получения низкосернистого дизельного топлива из сырья первичного и вторичного происхождения. Проведение независимой экспертизы в центре испытаний катализаторов Speri Solution LTD (Греция) показало, что по своим свойствам катализатор ИК-ГО-1 соответствует лучшим мировым образцам и позволяет получать дизельное топливо с остаточным содержанием серы < 50 ppm в условиях существующих отечественных установок гидроочистки.

Новая технология нанесения активных компонентов обеспечивает образование высокодисперсных сульфидных соединений, активных в превращении устойчивых сернистых соединений (алкил-замещенных дибензотиофенов). Технология производства катализатора освоена на одном из дочерних предприятий фирмы ТНК-ВР – ЗАО «Промышленные катализаторы», Рязань. В октябре 2007 г. наработана партия катализатора объемом 35 т. В ноябре этого же года на «Саратовском НПЗ» в реакторы установки гидроочистки дизельного топли-



José Luís Agapito, Creative commons license

Катализатор, произведенный в Институте катализа им. Г.К. Борескова, позволяет получать топливо стандарта Евро-4

ва Л-24/6 был загружен пакет катализаторов, в котором в качестве основного слоя был использован катализатор ИК-ГО-1.

В ходе промышленной эксплуатации ИК-ГО-1 полностью подтвердил заявленные показатели. Использование данного катализатора гарантирует получение дизельных топлив с остаточным содержанием серы 10 ppm, что соответствует стандартам Евро-5. При этом условия получения таких топлив достижимы на любом российском НПЗ.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Производство чистого дизельного топлива.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

По сравнению с современными отечественными катализаторами обеспечивает в сопоставимых условиях:

- минимальное остаточное содержание серы;
- более высокое цетановое число;
- пониженное содержание полиароматических соединений.

НАНОФОРУМ–2009**ИСПОЛНИТЕЛЬ**

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка технологии стекловолнистых катализаторов.

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Сфера применения стекловолнистых катализаторов: очистка отходящих газов промышленных предприятий, выхлопных газов автомобилей и энергоустановок от CO, NO_x, органических соединений, утилизация хлорорганических отходов, окисление диоксида серы, очистка олефинов и диолефинов от примесей ацетиленов.

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

- в качестве носителя используется стекловолнистый материал;
- высокая каталитическая активность;
- стойкость к каталитическим ядам и агрессивным средам;
- высокая прочность;
- малое гидравлическое сопротивление;
- возможность формирования слоев катализаторов любой формы;
- малое содержание благородных металлов (0.01–0.05 % вес);
- активный компонент (Pt, Pd и др.) стабилизирован в объеме стекловолнистых волокон в нанодисперсной форме (< 1 нм).

Для заметок

Для заметок

РОССИЙСКИЕ НАНО ТЕХНОЛОГИИ



Что нового
в области нанотехнологий?

узнай всего за 6000 рублей

6000 РУБЛЕЙ – ЦЕНА ГОДОВОЙ ПОДПИСКИ, ВКЛЮЧАЯ НДС
+ ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ ВПРИДАЧУ БЕСПЛАТНО

20% СКИДКА:

…❖ Физическим лицам

10% СКИДКА:

…❖ При заказе через сайт NANORU.RU

…❖ Подписка на два года сразу

**Электронная версия журнала
еще дешевле – 4800 рублей в год**

Или через Научную электронную
библиотеку: elibrary.ru

Интернет-магазин esmi.subscribe.ru

В базе integrum.ru

В базе park.ru

Каталоги Роспечати (индекс 59880)
и «Пресса России» (индекс 42368)

Альтернативные агентства:
МК-периодика www.periodicals.ru,
Урал-пресс www.ural-press.ru,
Интер-почта www.interpochta.ru

Подписка в редакции:

Телефон/ факс: +7 (495) 930 88 06

E-mail: podpiska@nanorf.ru,

Web-site: www.nanoru.ru

Акция! Один номер бесплатно

Самоорганизующиеся структуры и наносборки

Наноэлектроника

Устройства и изделия на основе наноматериалов и нанотехнологий

Исследования наноуглерода

Подписка в редакции:

Телефон/ факс:

+7 (495) 930 88 06

E-mail: podpiska@nanorf.ru

Web-site: www.nanorf.ru

Каталоги Роспечати (индекс 59880) и «Пресса России» (индекс 42368)

www.nanorf.ru

Российские нанотехнологии –
ведущий* научный журнал

* по данным расчёта импакт-фактора за 2008 год (elibrary.ru, данные ИФ РИНЦ от 16.06.2009 г.)

