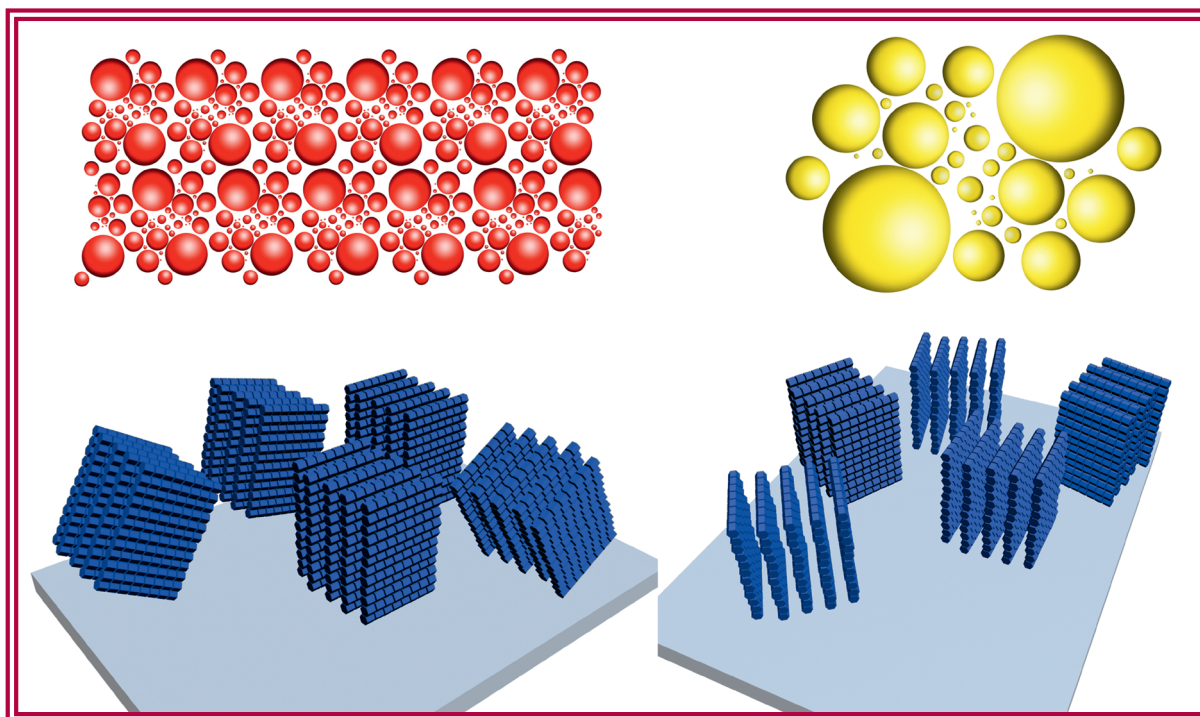


## Структура и СВЧ магнитная проницаемость тонких пленок кобальта



- Каталог малых инновационных предприятий российских вузов в сфере нанотехнологий (окончание)

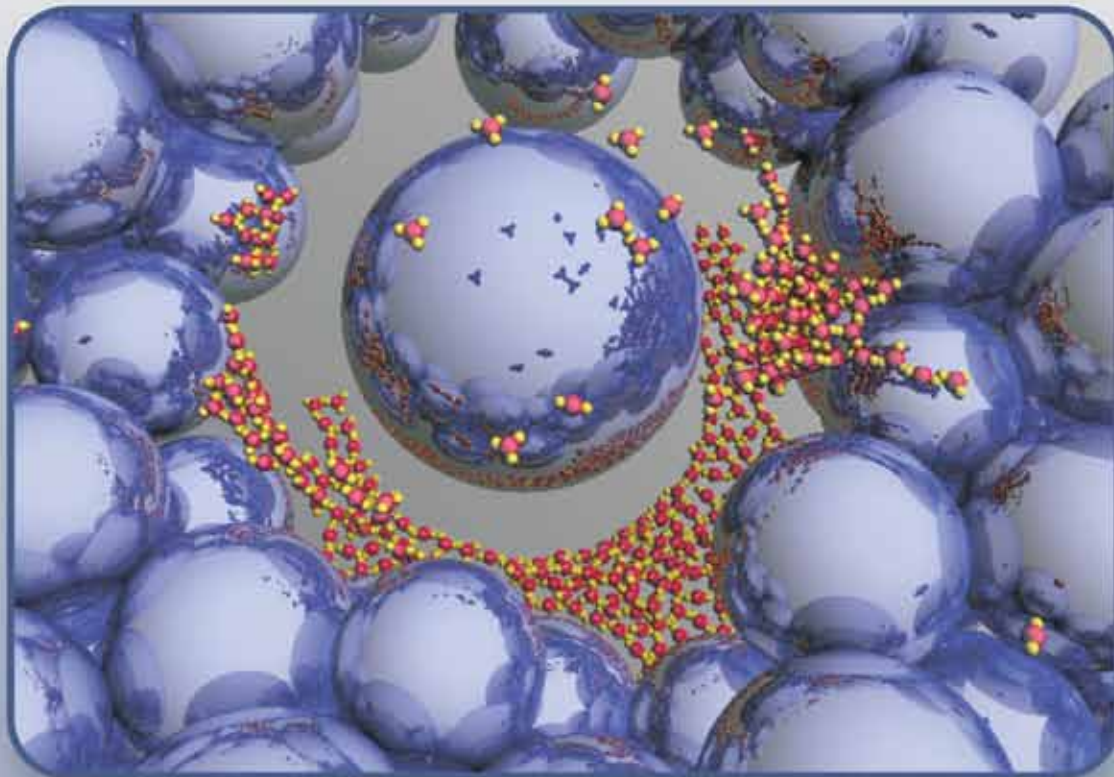
- Особенности гидрофилизации квантовых точек CdSe

- Новые гибридные фотохромные материалы с переключаемой флуоресценцией

ISSN 19927223



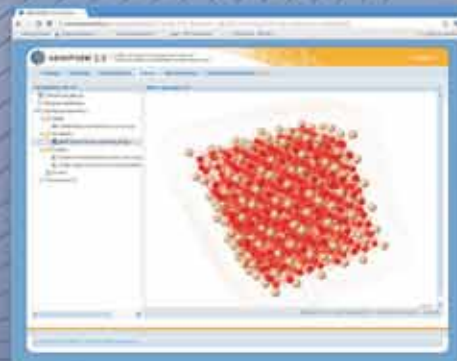
9 771992 722003



## МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

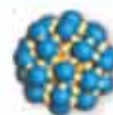
### Учебно-методический программный комплекс

- Современный электронный образовательный ресурс
- Виртуальный лабораторный практикум по нанотехнологическим специальностям в вузах
- Интеграционная платформа для компьютерных моделей, алгоритмов и визуализаторов с веб-интерфейсом
- Интерактивная демонстрационная площадка результатов научно-исследовательских работ



### Демонстрация комплекса в вашем городе

Если вас заинтересовал Учебно-методический программный комплекс «Многомасштабное моделирование в нанотехнологиях», компания SIAMS и Центр фотохимии РАН проведет демонстрацию возможностей комплекса для вашей организации.



**nanoModel.ru**

Тел.: +7 343 379 00 34 (35)

E-mai: [info@siams.com](mailto:info@siams.com)

Web: [www.nanomodel.ru](http://www.nanomodel.ru)





Игорь Соловьев

# Наноструктура как интерфейс между окружающей средой и организмом

Основная информация, получаемая организмами об окружающей среде, воспринимается органами зрения и обоняния. В первом случае носителем информации об окружающей среде является электромагнитное поле (свет), а во втором случае — молекулы летучих веществ. В электромагнитном поле информация об окружающей среде закодирована изменением амплитуды, частоты или поляризации отраженного от окружающих предметов солнечного света; летучие вещества, регистрируемые системой обоняния, чаще всего входят в состав предметов окружающей среды и характеризуют химический состав этих предметов.

Основным элементом органов зрения и обоняния организмов, воспринимающих информацию об окружающей среде, являются сенсорные рецепторные клетки (фоторецепторные клетки и обонятельные нейроны). Функция рецепторной клетки — взаимодействовать с электромагнитным полем или веществом (молекулой вещества) и преобразовывать это взаимодействие в изменение потенциала клетки. Это изменение потенциала клетки передается в мозг, где обрабатывается и «интерпретируется».

Процессы, протекающие в клетке после взаимодействия с сигналом из окружающей среды, представляют собой цепь сложных последовательных реакций.

Первый этап зрительной рецепции — акт взаимодействия фотона с фото-

рецепторным центром клетки — молекулой 11-цис ретиналя и ее цис-транс-изомеризация, первичный акт обоняния — образование комплекса молекулы одоранта из внешней среды с хеморецепторным центром в обонятельном нейроне. Рецепторные центры в обоих случаях встроены в соответствующие мембранные белки. Можно говорить о том, что внешний сигнал оставляет «отпечаток» на рецепторном белке. Рецепторные центры и «отпечатки» локализованы в пространстве и занимают место размером около 10 Å. Время, в течение которого происходит этот первый этап (фотоизомеризация и образование комплекса), составляет 100–200 фс. Таким образом, первая стадия биорецепции происходит в квантовом мире и подчиняется законам квантовой механики.

Второй этап рецепции — «отклик» рецепторного белка на внешний стимул, связан с изменением конформации рецепторного белка. Для фоторецепции запасенная в первичном акте энергия приводит в дальнейшем к изменению конформации родопсина (превращению родопсин — метародопсин II).

Конформация белка протекает медленно и завершается через 12 мс. Считается, что при этой конформации изменяется взаимная ориентация альфа-спиралей белка и пространственное положение цитоплазматических петель белка. Подобные конформационные изменения наблюдаются и в одорантных белках.

Активированный рецепторный белок инициирует каталитический процесс, приводящий к изменению концентрации катионов внутри клетки и изменению потенциала рецепторного нейрона. Эта третья стадия рецепции протекает в рецепторной клетке, размер которой 50–100 мк. При фоторецепции в темноте каналы открыты и закрываются при фотоллизе, в то время как для обонятельных рецепторных нейронов каналы закры-

ты в отсутствие одорантов и активируются при воздействии одоранта, увеличивая концентрацию ионов в клетке. Изменение потенциала клетки по аксону передается в мозг, где сигнал распознается и запоминается. Таким образом, сигнал внешнего мира (фотон, молекула одоранта) взаимодействует с системой рецепции на «пространстве», которое ограничено масштабом в несколько ангстрем, и затем последовательно активируется наноструктура и микроструктура.

По существу, рецепторные белки являются интерфейсом между организмом и внешним миром. Необходимо отметить, что этот интерфейс настолько совершенен, что позволяет в случае зрительной рецепции определять не только число падающих фотонов, но различать фотоны, близкие по энергии, и определять поляризацию света. В случае обоняния рецепторные белки позволяют различать близкие по составу и структуре одоранты.

Возникает вопрос, почему именно наноразмерная структура (белок) используется природой в качестве интерфейса для регистрации между организмом и внешним миром?

Если рассматривать мембранный белок как нанокластер, то ответ на этот вопрос, возможно, следует из нижеперечисленных соображений. Для изменения конформации белка при поглощении света родопсином или при сорбции одоранта рецепторным центром белка необходимо, чтобы в этих актах выделялась энергия, достаточная для плавления (расширения) белковой глобулы. С другой стороны, известно, что температура плавления нанокластеров меньше, чем температура плавления массивного образца. Поэтому использование наноструктур в качестве интерфейса позволяет осуществлять необходимые конформационные перестройки белка одним фотоном света или одной молекулой одоранта.

Главный редактор, академик РАН  
М. В. АЛФИМОВ

# РОССИЙСКИЕ НАНО ТЕХНОЛОГИИ

май-июнь 2012

ТОМ 7, №5-6

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ №ФС77-26130 выдано Федеральной службой по надзору  
за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия 03 ноября 2006 г.

## Учредители:

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

## Редакционный совет:

*Председатель:* М.В. Ковальчук  
*Главный редактор:* М.В. Алфимов

Ж.И. Алфёров, А.Л. Асеев,  
Е.Н. Каблов, М.П. Кирпичников,  
С.Н. Мазуренко, К.Г. Скрябин

## Редакционная коллегия:

*Ответственный секретарь:* М.Я. Мельников  
М.И. Алымов, В.М. Говорун, С.П. Громов,  
А.М. Желтиков, А.В. Лукашин, А.Н. Озерин,  
А.Н. Петров, Б.В. Потапкин, В.Ф. Разумов,  
И.П. Суздалев, А.Б. Ярославцев,  
Я.И. Штромбах, Е.Б. Яцишина

*Издатель:* А.И. Гордеев  
*Руководитель проекта:* Т.Б. Пичугина  
*Выпускающий редактор:* М.Н. Морозова

*Редактор:* С.А. Озерин

*Корректура:* Г.В. Калашникова

*Подготовка иллюстраций, макет и верстка:*

К.К. Опарин, Е.Б. Чубатюк

*Фотоподбор:* М.Н. Морозова

*Распространение:* Е.Л. Пустовалова

*E-mail:* [podpiska@nanorf.ru](mailto:podpiska@nanorf.ru), [www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru), [www.nanoru.ru](http://www.nanoru.ru)

*Дизайн журнала:* С.Ф. Гаркуша

Адрес редакции: 119234, Москва, Ленинские горы, Научный парк МГУ,  
здание 1, строение 75Г. Телефон/факс: (495) 930-87-07.

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

Подписка: (495) 930-87-07.

*E-mail:* [podpiska@nanorf.ru](mailto:podpiska@nanorf.ru), [www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru), [www.nanoru.ru](http://www.nanoru.ru)

ISSN 1992-7223

При перепечатке материалов ссылка на журнал «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, 2012

Номер подписан в печать 22 мая 2012 г.

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «МЕДИА-ГРАНД»

## СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора .....	2
Дайджест .....	6
Мембранные системы и электродные материалы .....	9
Научно-образовательный центр «Нанотехнологии и наноматериалы» Пермского национального исследовательского политехнического университета .....	12
Учебно-научный комплекс «Нанофаб онлайн» ....	16
Каталог малых инновационных предприятий российских вузов в сфере нанотехнологий (окончание) .....	21
Рецензия на книгу Р.А. Андриевского «Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы» .....	27

Импакт-  
фактор РИНЦ

0.954

Выходит

6 раз  
в год

Публикация статьи  
занимает

3 месяца

### ЖУРНАЛ «РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ»

входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

#### Как его найти:

Смотрите страницу на сайте ВАК:  
[http://vak.ed.gov.ru/ru/help\\_desk/list/](http://vak.ed.gov.ru/ru/help_desk/list/)

Журнал «Российские нанотехнологии», его англоязычная версия и приложения к нему издаются при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

Англоязычная версия  
распространяется

Springer

Журнал  
индексируется в базе

Scopus

Публикация в журнале  
бесплатная



## Самоорганизующиеся структуры и наносборки

Б.И. Шапиро, Л.С. Соколова, В.А. Кузьмин, А.И. Толмачев, Ю.Л. Сломинский, Ю.Л. Брикс

**Влияние мезо-алкильных заместителей в полиметиновой цепи трикарбодиазанинов на морфологию агрегатов красителей** .....28

## Наноструктуры, включая нанотрубки

В.Г. Ильвес, С.Ю. Соковнин

**Получение и исследование свойств нанопорошков на основе  $\text{CeO}_2$**  .....34

А.С. Олейник, Д.М. Маслов

**Болометр с термочувствительным слоем из оксида ванадия  $\text{VO}_x$**  .....44

А.Ю. Оленин

**Механизмы формирования металлических наночастиц**... 53

В.Н. Буравцев, И.П. Суздаев

**Магнитный фазовый переход I рода в системе сферических нанокластеров с точечным диполем** .....56

В.Ю. Фоминский, Р.И. Романов, В.В. Зуев, А.Г. Гнедовец, М.И. Алымов

**Функциональные микро- и наноструктурированные слои на основе оксида вольфрама для высокотемпературных детекторов водорода на платформе Pt-оксид металла-SiC59**

## Наноматериалы функционального назначения

С.С. Маклаков, С.А. Маклаков, И.А. Рыжиков, К.Н. Розанов, А.В. Осипов, А.С. Набоко, В.А. Амеличев, С.В. Куликов

**Структура и СВЧ магнитная проницаемость тонких пленок кобальта** .....65

Н.А. Адаменко, А.В. Казуров, И.В. Сергеев

**Особенности формирования структуры в никель-фторопластовых наноконкомпозитах при взрывной обработке** .....70

## Наноматериалы конструкционного назначения

М.И. Лебедева, Э.Л. Дзидзигури, Е.Н. Сидорова

**Изучение дисперсных характеристик полирующего нанопорошка на основе фторированного твердого раствора редкоземельных металлов** .....75

А.П. Сафронов, А.В. Багазеев, Т.М. Демина, А.В. Петров, И.В. Бекетов  
**Модификация активной поверхности нанопорошков железа, получаемых методом электрического взрыва проволоки** .....80

## Нанопотоника

М.Г. Спирин, С.Б. Бричкин, В.Ф. Разумов

**Особенности гидрофилизации квантовых точек CdSe** ... 86

М.Ф. Будыка, Н.И. Поташова, Т.Н. Гавришова, В.М. Ли

**Дизайн полностью фотонных молекулярных логических вентилях на основе супрамолекулярной бисстирилхинолиновой диады** .....89

Г.В. Лукова, В.П. Васильев, В.А. Смирнов, Е.Е. Мельничук

**Фотоника металлоценовых комплексов металлов подгруппы титана** .....96

Т.Л. Майорова, В.Г. Клоев, М. Фам Тхи Хаи

**Релаксация фотовозбужденной проводимости в неоднородных пиролитических пленках CdS** .....103

Д.А. Полетаева, Р.А. Котельникова, Д.В. Мищенко, А.Ю. Рыбкин, А.В. Смолина, И.И. Файнгольд, П.А. Трошин, А.Б. Корнев, Е.А. Хакина, А.И. Котельников

**Оценка мембранотропности водорастворимых полизамещенных производных фуллеренов люминесцентными методами** .....107

Звездин К.В., Беликов Н.Е., Лаптев А.В., Лукин А.Ю., Демина О.В., Левин П.П., Бричкин С.Б., Спирин М.Г., Разумов В.Ф., Швец В.И., Ходонов А.А.

**Новые гибридные фотохромные материалы с переключаемой флуоресценцией** .....112

## Нанобиология

Н.Ю. Анисимова, Ю.И. Должикова, В.А. Даванков, А.В. Пастухов, С.И. Милаева, Ф.С. Сенатов, М.В. Киселевский

**Перспективы применения бипористых сорбентов на основе сверхсшитых полимеров стирола в профилактике и терапии системных гнойно-септических осложнений** .....119

**Правила для авторов** .....126

**Для рекламодателей** .....127



## Публикуем статьи по проектам ФЦП

Редакция «Российских нанотехнологий» обращается к руководителям проектов, поддержанных ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на период 2007–2013 годы», «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» и «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2011 годы». Мы будем рады опубликовать статьи с результатами, полученными в ходе выполнения ваших проектов. Статьи могут быть подготовлены как в научные рубрики, так и в деловые – «Научно-техническая политика», «Исследования и разработки».

Публикуя в нашем журнале статьи с результатами проектов ФЦП, вы убиваете двух зайцев: отчитываетесь перед заказчиком и повышаете свои ПРНД.

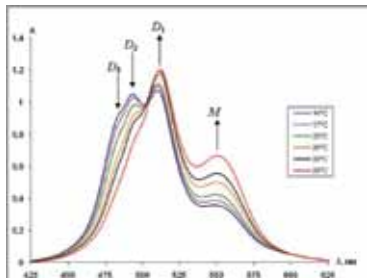
В правилах для авторов (стр. 126) вы найдете все необходимые указания для подготовки публикаций. А если остались вопросы, пишите, звоните нам: +7-495-930-87-07, sozerin@strf.ru

Редакция

# В этом номере

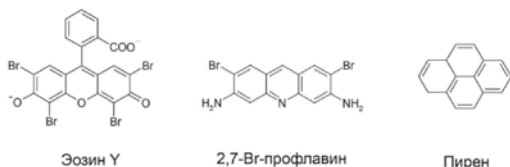
стр. 28

В статье Б.И. Шапино и др. на примере исследованных мезо-алкилзамещенных тиакарбоцианиновых красителей показано, что этильный заместитель, как правило, стимулирует образование в водных растворах длинноволновых J-агрегатов, а метильный заместитель способствует формированию коротковолновых H\*-агрегатов. Таким образом, показано, что алкильная группа в мезоположении полиметиновой цепи тиакарбоцианинов по пространственным причинам играет роль регулятора процесса агрегации и тем самым определяет морфологию и спектральные свойства образующегося агрегата.



Спектры поглощения водного раствора Кр1 (СКр = 2 · 10<sup>-5</sup>М) при различных температурах

стр. 107

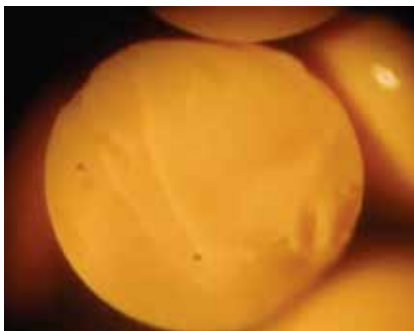


Спектры поглощения водного раствора Кр1 (СКр = 2 · 10<sup>-5</sup>М) при различных температурах

В работе Д. А. Полетаевой и др. с помощью методов триплетных и флуоресцентных зондов изучались закономерности взаимодействия водорастворимых полизамещенных производных фуллеренов (ППФ) с липидным бислоем фосфатидилхолиновых липосом. Предложены количественные критерии оценки мембранотропности фуллереновых производных, которые являются тушителями флуоресцентных зондов различной локализации в мембране. Такими критериями являются константы скорости тушения фосфоресценции триплетных зондов и константы равновесия в комплексах (зонд-ППФ), которые характеризуют прочность комплексов. Обнаружено, что эффективность взаимодействия ППФ с различными сайтами фосфолипидной мембраны существенно зависит от заряда аддендов, присоединенных к сфероидным полизамещенным производным.

стр. 119

В статье Н.Ю. Анисимовой и др. сравнительно изучаются возможности сорбции бактерий и одноклеточных грибов сорбентами на основе сверхсшитых полимеров стирола (стиросорб 514 и магнитный материал на его основе MMN200) и гранулированного активированного угля (ГАУ), являющегося основой гемосорбционной колонки Adsorba 300 (Gambro Co., Sweden). Полученные данные доказывают, что сверхсшитые полистирольные сорбенты могут быть эффективно использованы для лечения бактериемии, сепсиса и септического шока различного происхождения.



Фотография скола гранул MN200. Оптическая микроскопия в падающем свете с увеличением в 60 раз

## Первый автор

Изучению дисперсных характеристик полирующего нанопорошка на основе фторированного твердого раствора редкоземельных металлов посвящена статья (стр. 75) исследователей из НИТУ «МИСиС». На вопросы «Российских нанотехнологий» отвечает первый автор работы Мария Игоревна Лебедева, аспирантка кафедры функциональных наносистем.



### Что, по вашему мнению, самое важное в работе и почему?

Полировальные порошки начали применяться давно и активно используются в настоящее время. В частности, в производстве оптического стекла употребляются порошки оксидов редкоземельных металлов. Поскольку полировальные порошки имеют давнюю историю, то исследовались они много и активно. Но при этом общепринятой теории полирования до сих пор не существует.

Как показывает опыт, различные партии полировальных порошков существенно отличаются по потребительским свойствам. Например, в процессе эксплуатации выявляются такие дефекты, как царапины на поверхности стекла, низкая полирующая способность, быстрая потеря полирующих свойств, загрязнение оптической поверхности деталей прилипающими к ней частицами порошка.

Это привело к настоятельной необходимости глубоких исследований влияния условий получения полировальных порошков на их дисперсность, морфологию и фазовый состав. В данной работе благодаря современным методам исследования удалось выйти на качественно новый уровень. Оказалось, что частицы полировальных порошков имеют наноразмеры. Этот факт позволяет по-новому осмыслить все процессы, происходящие в ходе получения, и по-другому оценить свойства изучаемого материала.

### Есть ли коммерческие перспективы у исследования?

Работа, безусловно, имеет коммерческую перспективу. Изучение свойств полировальных порошков проводится на образцах, полученных по применяемой в настоящее время промышленной технологии. Определенные в ходе исследований уточненные технологические режимы могут быть внедрены в производство.

### Можно ли добиться сфероидизации частиц для улучшения полирующей способности нанопорошков без введения фтора?

Задача сфероидизации частиц полировальных порошков первоначально не ставилась. Более того, существуют теории полирования, согласно которым большую полирующую способность должны иметь частицы в форме пластин. Однако в ходе наших исследований было установлено, что полирующая способность резко увеличивается, когда пластины распадаются на сферические частицы. Это интересный результат, его надо серьезно анализировать. Сфероидизация является следствием фторирования. Однако пока не ясно: сфероидизация является общим положительным свойством полировальных порошков или при получении другими методами данный эффект будет нейтральным или даже вредным.

### В чем преимущество использования фтора в соединениях редкоземельных металлов?

Применение фтора вызвано в первую очередь необходимостью повышения содержания оксида церия в твердом растворе оксидов редкоземельных элементов. Именно оксид церия определяет полирующую способность материала. Отечественные полировальные порошки являются низкоцериевыми, поэтому необходимо любыми способами увеличивать количество этого металла в материале. Одним из наиболее экономичных решений данной задачи является фторирование. Фтор образует соединения с лантаноидами, в результате чего твердый раствор оксидов обогащается церием.

## МАТЕРИАЛ-ТРАНСФОРМЕР

Zhichen Zhu, Erkan Senses, Pinar Akcora and Svetlana A. Sukhishvili. *Programmable Light-Controlled Shape Changes in Layered Polymer Nanocomposites ACS Nano. Препринт статьи доступен на сайте журнала.*

Используя золотые наночастицы и чувствительный к температуре полимер, американские ученые из Технологического института имени Стивенса изготовили материал, способный изменять свою форму под действием света.

Компонентом материала, реагирующим на световые волны, оказались золотые наночастицы, которые замечательны тем, что в них хорошо проявляется плазмонный резонанс. При падении на них света определенной частоты происходит интенсивное поглощение световой энергии, нагревающей наночастицы. Причем, варьируя форму частиц, можно изменять резонансную частоту и управлять нагревом различных областей материала.

В новом материале исследователи использовали настроенные на различную резонансную частоту два вида золотых сферических наночастиц: полые и сплошные. К этим частичкам присоединяли полимер, который реагировал на изменение окружающей температуры. При превышении температуры окружающего раствора 32 °С происходила дегидратация цепочки полимера и ее сжатие. Наночастицы с «рубашкой» из полимера выступали в качестве строительных блоков, из которых, как из «кирпичиков», по специальной технологии изготавливался материал-трансформер. Эти «кирпичики» из определенного вида наночастиц склады-

вались в слои, формируя таким образом области, реагирующие на излучение различной длины волны.

Затем этот материал помещался в фосфатный буферный раствор и подвергался излучению света. При падении света с частотой, резонансной для полых частиц, происходило сжатие их полимерной «рубашки» и уменьшение размеров области, в которой эти наночастицы были сосредоточены. А при использовании излучения, которое влияло только на сплошные частицы, сжималась оставшаяся область материала. В отсутствие же света материал полностью возвращался к первоначальной форме.

Таким образом, ученые показали, что, варьируя толщину, расположение и форму слоев, можно изготавливать материалы, способные принимать различную форму под действием света.

## СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ХНЫ

Khalil Ebrahim Jasim, Shawqi Al-Dallal, Awatif M. Hassan. *Henna (Lawsonia inermis L.) Dye-Sensitized Nanocrystalline Titania Solar Cell. Journal of Nanotechnology. V. 2012.*

Группа ученых из Университета Бахрейна и Университета Ахлиа сообщила о разработке солнечных элементов на основе природных красителей. По сути, они моделируют процесс фотосинтеза и выступают как генераторы экологически чистой, «зеленой» энергии.

Солнечный элемент – устройство, которое превращает фотоны с определенной длиной волны в электричество. В настоящее время в фотоэлектронике в основном применяются полупрово-

дники, в том числе кристаллический кремний. Однако считается, что большие перспективы имеет другой менее сложный и дорогостоящий путь создания солнечных элементов: внедрение молекул красителя в широкую запрещенную зону полупроводниковых электродов. Немецкие ученые в свое время стали лидерами в разработке таких устройств на основе пленок нанокристаллического оксида титана с металлоорганическим комплексом. Но, несмотря на внешнюю простоту этого способа изготовления солнечных элементов, синтез искусственных красителей оказался делом довольно сложным и не таким дешевым, как того хотели ученые.

Коллектив авторов из двух вузов маленького арабского королевства Бахрейн – Университета Бахрейна и Университета Ахлиа – придумал, как усовершенствовать «солнечную краску». Объектом их исследования стали бахрейнская и йеменская разновидности хны.

Экспериментально авторы доказали, что оба типа красителей имеют высокую степень светопоглощения во всех областях солнечного спектра. Это указывает на то, что хна может стать перспективным светопоглощающим материалом для наноструктурированных солнечных элементов.

Средняя оценка эффективности солнечных элементов на основе природных красок согласно измерениям ученых оказалась равной 10% – именно такое количество падающего солнечного света преобразовывалось в электроэнергию. В целом для фотоэлементов это весьма посредственная величина, но для устройств на основе натуральных красителей – довольно приличная.

## НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

A. N. Popova. *Synthesis and Characterization of Iron-Cobalt Nanoparticles. 2012 J. Phys.: Conf. Ser. 345 012030.*

Коллектив российских ученых из Института углеродной и химического материаловедения СО РАН впервые использовал метод восстановления водных растворов хлоридов для синтеза смешанных железо-кобальтовых наночастиц, на основе которых можно создавать материалы с улучшенными магнитными характеристиками. Такие системы «железо-кобальт» ранее уже были синтезированы, однако известные физические методы их получения слишком дороги и энергоемки, а созданные с их помощью материалы находятся в резко неравновесных состояниях. Метод, предложенный российскими учеными, позволяет устранить эти недостатки.



Gold  
Model of the "Welcome Stranger" nugget  
Midagat  
Dundaga, Victoria, Australia  
Found 1858  
Largest gold nugget found in Australia. Original weight was 2520 ounces. It yielded 2284 ounces of gold!

Oliver Chafik





Adelphi Lab Center

Железо-кобальтовые сплавы попадают в поле зрения науки как материалы, обладающие отличными магнитными характеристиками. Логично предположить, что если синтезировать материал на основе наночастиц железо-кобальт, то по своим свойствам он значительно превзойдет обычные сплавы этих металлов. Получатся магнитные наноструктурные материалы нового поколения. Их можно применять в качестве магнитных сенсоров, основы для постоянных магнитов, а также сред для записи и хранения информации. С их помощью можно направленно доставлять лекарства к очагу поражения, удалять органические отходы и токсины из воды.

Несмотря на то что такие материалы уже существуют, сегодня исследователи, работающие в этой сфере, нацелены на поиск новых, менее дорогостоящих и энергоемких методов их синтеза, а также на получение магнитных материалов с более высоким насыщением намагничивания.

Ученые из Института углекислоты и химического материаловедения СО РАН впервые использовали метод восстановления водных растворов солей гидратом гидразина в щелочной среде для синтеза смешанных железо-кобальтовых наночастиц.

Полученные таким образом кристаллиты железа-кобальта имели средний размер от 5 до 20 нм и оказались способными формировать сферические, устойчивые к ультразвуку агрегаты размерами 150–200 нм. В свою очередь, такие железо-кобальтовые агрегаты образовывали достаточно рыхлые агрегаты микронных размеров, которые вели себя как магнитные материалы. В ходе эксперимента ученые изучили составы с различным соотношением кобальта и железа и пришли к выводу, что наилучшими магнитными свойствами обладают

наночастицы с 50-процентным содержанием кобальта.

### НОВЫЙ СПОСОБ СЕКВЕНИРОВАНИЯ ДНК

*Elizabeth A Manrao, Ian M Derrington, Andrew H Laszlo, Kyle W Langford, Matthew K Hopper, Nathaniel Gillgren, Mikhail Pavlenok, Michael Niederweis & Jens H Gundlach. «Reading DNA at single-nucleotide resolution with a mutant MspA nanopore and phi29 DNA polymerase». Nature Biotechnology Volume: 30, Pages: 349–353 Year published: (2012).*

Исследователи из Университета штата Вашингтон под руководством профессора физики Йенса Гундлаха разработали датчик, позволяющий быстро и недорого определять генетический код по изменению уровня тока при пропускании цепи ДНК через нанопору.

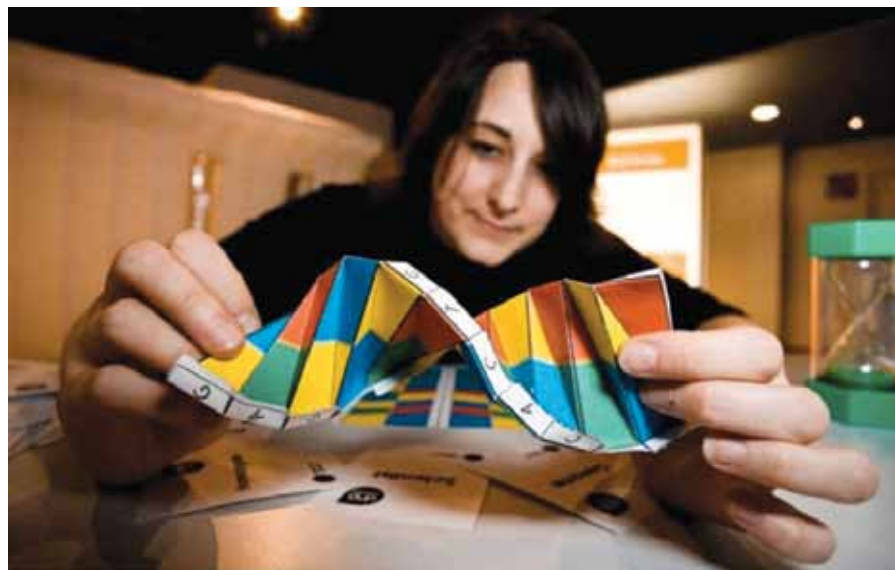
Ранее группа Гундлаха экспериментировала с протаскиванием ДНК через ионный канал мутантной формы порина А – одного из мембранных белков-каналов бактерии *Mycobacterium smegmatis* (*MspA*). Небольшая разность потенциа-

лов в водном растворе хлорида калия по разные стороны мембраны проталкивает ионы сквозь пронизывающую ее нанопору. При вхождении в ионный канал молекула ДНК частично перекрывает поток ионов, и по величине уменьшения тока легко понять, какой именно из четырех типов нуклеотидов – аденин, гуанин, тимин или цитозин – проходит в данный момент через нанопору.

Однако проблема состояла в пропускании цепи ДНК сквозь канал с более-менее постоянной скоростью – достаточно быстро для того, чтобы такой метод секвенирования имел смысл, но чтобы при этом ионный ток успевал измениться и эти изменения можно было зафиксировать с помощью современной электронной аппаратуры.

Решить эту непростую задачу удалось, присоединив к порину ДНК-полимеразу фага (бактериального вируса)  $\Phi 29$  – генетического паразита бактерий *Bacillus subtilis*. Этот компонент обеспечил равномерное и с нужной скоростью протаскивание ДНК через канал, как делает это при репликации ДНК (постройке комплементарной цепи ДНК на матрице имеющейся).

В статье в *Nature Biotechnology* ученые сообщают об успешной демонстрации новой технологии с использованием шести различных цепочек ДНК длиной от 42 до 53 нуклеотидов. ДНК-полимеразный мотор обеспечивает прохождение через пору каждого нуклеотида цепи ДНК в среднем за 28 мс. Изменение тока ионов через канал при прохождении нуклеотида составляет до 40 пА и достоверно отличается для каждого из четырех типов составляющих наследственную молекулу нуклеотидов. Эти параметры позволяют успешно определять нуклеотидную последовательность ДНК, причем намного быстрее, чем в применяемых ныне методах секвенирования.



Duncan Hull

## ТОК В ДВА МИЛЛИОНА АМПЕР

Vina Faramarzi, Frédéric Niess, Emilie Moulin, Mounir Maaloum, Jean-François Dayen, Jean-Baptiste Beaufrand, Silvia Zanettini, Bernard Doudin, Nicolas Giuseppone. *Light-triggered self-construction of supramolecular organic nanowires as metallic interconnects*. *Nature Chemistry*, 2012; DOI: 10.1038/NCHEM.1332.

Ученые из Национального центра научных исследований (Страсбург, Франция) и Страсбургского университета под руководством Николаса Гуизепонне и Бернарда Дудена получили высокопроводящие пластиковые волокна толщиной всего несколько нанометров. Эти нанопровода самособираются под воздействием вспышки света. В отличие от углеродных нанотрубок производить их несложно и недорого. Они сочетают в себе преимущества двух материалов, используемых в настоящее время для проведения электрического тока: металлов и органических полимеров.

Исследователи химически модифицировали триариламины – синтетические молекулы. Они обнаружили, что на свету в растворах их новые молекулы спонтанно собираются и формируют миниатюрные волокна. Эти провода, длиной в несколько сотен нанометров, состоят из так называемого супрамолекулярного ансамбля из нескольких тысяч молекул.

В сотрудничестве с командой Дудена исследователи стали детально изучать электрические свойства этих нановолокон. В новом эксперименте ученые поместили молекулы в контакт с электронной микросхемой с золотыми электродами на расстоянии 100 нм друг от друга и наложили электрическое поле между этими электродами. Первое их важное открытие заключалось в том, что под воздействием вспышки света волокна начинают самособираются исключительно между электродами. Второй результат: эти структуры оказались способными переносить токи более 2 миллионов (!) ампер на квадратный сантиметр. Почти такие же показатели демонстрирует медная проволока. Кроме того, полученные нановолокна показали очень низкое поверхностное сопротивление с металлами: в десятки тысяч раз меньше такого для лучших проводящих органических полимеров.

## КРИСТАЛЛЫ ДОСТИГНУТ КОСМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА

И. Л. Шульпина, Б. Г. Захаров, Р. В. Парфеньев, И. И. Фарбитейн, Ю. А. Серебряков, И. А. Прохоров «Некоторые результаты выращивания кристаллов полупроводников в условиях микрогравитации (к



Sweetie 187

50-летию полета Ю. А. Гагарина в космос). «Физика твердого тела», 2012, т. 54, вып. 7.

Исследователи из Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН совместно с коллегами из Университета Хьюстона на борту Международной космической станции (МКС) планируют вырастить кристаллы совершенной структуры для солнечных панелей.

Полупроводниковые кристаллы часто получают методом направленной кристаллизации. Грубо говоря, тигель с нагретым расплавом нужного состава постепенно вносится в область с пониженной температурой, где и начинают расти кристаллы. Для ослабления земного явления термогравитации в подобных условиях ученые предложили помещать не сам расплав, а создавать движущееся температурное поле с малыми радиальными температурными градиентами. Такой подход позволил моделировать космические условия роста кристаллов и заранее планировать эксперименты с экономией времени и материала. Один из самых ярких подобных опытов был проведен самими авторами обзорной статьи. Полупроводниковые кристаллы GaSb (Te) были перекристаллизованы в земных условиях и на борту АКА «Фотон-М3». В обоих случаях получились однородные кристаллы высокой чистоты, в которых наблюдались некоторые периодические зависимости физических свойств от структуры. При этом период зависимости для космических образцов составил 90 минут (что совпадает с периодом обращения спутника), а для наземных – 5–20 минут.

## ТРАНЗИСТОР НА ГРАФЕНОВОМ «ЦВЕТКЕ»

Yi Zhang, Luyao Zhang, Pyojae Kim, Mingyuan Ge, Zhen Li, and Chongwu Zhou «Vapor Trapping Growth of Single-Crystalline Graphene Flowers: Synthesis, Morphology and Electronic Properties». *ACS Nano Letters*.

При помощи оригинального метода американские ученые синтезировали графен необычной формы. Изготовив на базе полученной структуры транзистор,

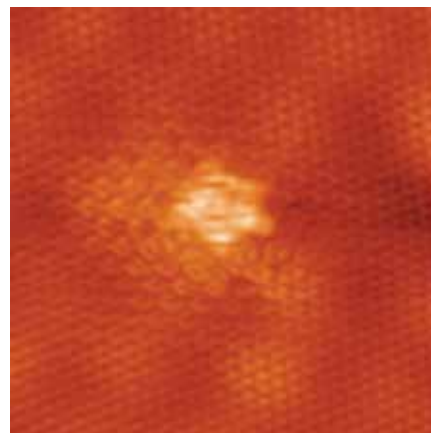
исследователи сделали вывод о высоком качестве материала.

Для того чтобы графен начал активно использоваться при производстве высокоскоростных устройств, необходимо решить ряд технологических проблем. Одна из них – практически полное отсутствие высокопроизводительных методов синтеза качественного графена.

Ученые из Университета Южной Калифорнии, чтобы преодолеть эти трудности, предложили модифицировать метод химического осаждения из газовой фазы (CVD). Суть его в следующем: подложка, на которой необходимо вырастить пленку, помещается в камеру с парами газов определенных веществ, которые, реагируя или разлагаясь, формируют на поверхности подложки требуемый материал. Этот метод широко используется в полупроводниковой промышленности и тонкопленочных технологиях.

Особенность нового метода заключалась в том, что в своих опытах они помещали медную подложку в специальную газовую ловушку внутри основной камеры. При работе установки ловушка улавливала пары проходящего газа, в результате чего параметры газовой среды внутри трубки существенно отличались от параметров в общей камере. Условия среды внутри ловушки способствовали росту качественного графена интересной формы: в зависимости от скорости подачи газов получались плоские графеновые «цветки» размером до 100 мкм либо с шестью, либо с четырьмя лепестками.

Исследователи обнаружили, что в полученных структурах носители заряда обладают рекордно высокой подвижностью. Подобный результат – следствие высокого качества синтезированного материала. Как говорят сами исследователи, полученные ими структуры обладают огромным потенциалом для использования в быстродействующей графеновой наноэлектронике.



Argonne National Laboratory



# Мембранные системы и электродные материалы

Журнал «Российские нанотехнологии» проводит опрос среди членов своей редколлегии о текущем состоянии нанонаук и nanoиндустрии. Публикуем интервью с членом-корреспондентом РАН, сотрудником ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН, Андреем Ярославцевым.



Игнат Соловей

**Андрей Ярославцев: «Исследования в области наноматериалов и нанотехнологий стали бурно развиваться и заняли одну из ведущих позиций в России»**

**Какие направления нанотехнологий сейчас, на ваш взгляд, наиболее продвинуты?**

На мой взгляд, наиболее активно работа идет в тех направлениях, на которые есть спрос в экономике. Наноматериалы нужны либо для того, чтобы получать из них новые продукты улучшенного качества, либо чтобы использовать их при конструировании различных технических устройств. С этой точки зрения мне кажется, что сейчас

к наиболее продвинутым направлениям относятся сенсорные материалы, материалы для энергетики и электротехники, оптические материалы для светотехники, наноразмерные катализаторы. Хотя некоторые из них, конечно, используются уже давно, но трендовым направлением стали в последние годы. Далее, следует упомянуть наноструктурированные мембранные материалы и микроскопию нанометрового разрешения, куда входит электронная

и силовая микроскопия. Полагаю, данные направления сейчас представлены наиболее достойно.

**Вы видите прорыв в этих областях за прошедшие два десятилетия?**

Честно говоря, наноматериалы – проблематика достаточно новая. Я бы не сказал, что за это время произошел колоссальный «прорыв», но результаты есть, и их немало. В ряде случаев это новые материалы или устройства, разработка которых происходила на наших



глазах, именно в последние годы, в других — это скорее доведение до значимого статуса имевшихся заделов.

**С какими нанотехнологиями вы работаете?**

В последние годы больше всего с мембранными системами. В первую очередь — это гибридные мембраны, в которых существует наноразмерная система пор и каналов, сформированная по определенным заложенным природой законам или созданная в результате направленного синтеза, кроме того, в этих порах ученые синтезируют наноразмерные частицы, которые существенным образом изменяют их свойства. Второе важное направление — электродные материалы для литий-ионных аккумуляторов. В этом случае малые размеры частиц позволяют существенно ускорить диффузионные процессы и соответственно повысить мощность и эффективную емкость аккумулятора.

**Можете назвать наиболее сильные научные коллективы в направлении мембран?**

Россия имеет очень сильные позиции в данном направлении. Следует отметить, что в области мембран работали трое очень известных в нашей стране ученых. Николай Альфредович Платэ, которого знают все не только благодаря научным достижениям, но и благодаря пропаганде научных достижений и активной организационной деятельности. Владимир Михайлович Грязнов, который, может быть, менее известен широкому кругу людей, но является основоположником мембранного катализа и одним из столпов мембранной науки не только в России, но и в мире в целом. Наконец, это недавно ушедший из жизни замечательный ученый и человек — Геннадий Федорович Терещенко.

Наиболее сильные научные коллективы в области мембран исторически сложились в Кубанском и Воронежском университетах (ионообменные мембраны), ИНХС РАН (мембранный катализ, газодиффузные системы), в Дубне и ИК РАН (трековые мембраны), ИПХФ РАН и в ИОНХ РАН (ионопроводящие мембраны). Персонально среди руководителей активно работающих в этой сфере ученых можно отметить профессоров Владимира Шапошника и Ольгу Бобрешову из Воронежа (последняя сейчас активно развивает новое сенсорное направление), Виктора Заболотского и Виктора Никоненко из Краснодара, Павла Апея из Дубны, Бориса Мчедлишвили из Института кристаллографии, Юрия Добровольского из ИПХФ РАН. Я не стал бы этими людьми огра-

ничиваться. В области мембран работает много хороших и активных ученых. Мембранное направление активно развивается в ИНХС (проф. Волков, Тепляков, Ямпольский), где создан один из самых известных мембранных центров. В последние годы у нас было немало нового. Так, в 2010 году в рамках Всероссийского манделевского общества мы создали секцию «Мембраны и мембранные технологии», под эгидой которой с прошлого года действуют мембранные семинары ([www.memtech.ru](http://www.memtech.ru)), которые посещают очень много ученых, и не только из России. Там выступали наши коллеги из Испании, Франции, Италии, Португалии, разумеется, из Белоруссии, Казахстана и Украины. С прошлого года действует совместная Российско-Французская мембранная лаборатория.

Можно отметить, что у нас в России проводятся две мембранные конференции: Международная «Ионный перенос в органических и неорганических мембранах» и Всероссийская «Мембраны». **Кто лидирует за рубежом?**

В общем, это очень известные люди, самые громкие имена, конечно, Дриоли (Италия), Дальмон (Франция), но, скорее, они сейчас уже — гордость и история мембранной науки. Из активно действующих лидеров я бы хотел отметить профессоров Пурсели (который в т.ч. активно работает с Россией), Креуера (Германия), главу фирмы «Мега» Новака (Чехия) и многих других. Из бывших республик СССР Казахстан — Цхай и Белоруссия — Бильдюкевич. Дриоли, Пурселли и Бильдюкевича мы ввели в состав редакционной коллегии журнала «Мембраны и мембранные технологии», который начал издаваться с 2011 года. К слову сказать, в прошлом году кроме «своих» традиционных мы проводили еще одну крупную международную конференцию по мембранному катализу и реакторам, на которой более 80 % докладов представляли зарубежные ученые. Тем не менее Россия была представлена на хорошем уровне. Из докладов зарубежных авторов на меня очень сильное впечатление произвели профессора Каро (Германия) и Бредсен (Норвегия).

**Где открываются перспективы применения?**

В первую очередь, наверное, — водочистка — огромная и крайне перспективная область, сюда же отчасти можно добавить газоразделение, проблемы очистки и обогащения продуктов химического синтеза или ценных природных компонентов (молочная сыворотка, вина и т.д.) и активно развивающуюся

водородную энергетику. Это — важные области, которые в мире сейчас очень востребованы и хорошо развиваются.

**Наверное, есть примеры востребованности бизнесом?**

Можно отметить, что в области мембран активно развиваются инновации. Так, на наших мембранных конференциях всегда присутствует довольно много представителей малых предприятий. Одно из них «Владипор» при поддержке «Роснано» сейчас разворачивает большую программу по переоборудованию производства мембран и мембранных модулей, которая подразумевает развитие новых типов мембран и оборудования.

Наиболее востребованы сейчас ионообменные мембраны. В этой области можно отметить ООО «Мембранная технология» в Краснодаре. В Воронеже проводятся новые работы по сенсорам на основе ионообменных мембран, аналитический сигнал которых основан на доннановском потенциале, для совершенно различных типов веществ.

Очень важное направление, которое сейчас интенсивно развивается, — водородная энергетика. Она тесно связана с мембранами и без них никогда не будет существовать.

**Это же пока — только научные исследования.**

Вы знаете, я бы так не сказал. Наверное, в первую очередь задача на будущее, причем занимают ей достаточно давно — с середины прошлого века. Тем не менее эта тематика сейчас хорошо продвигается. Например, в Калининграде по линии «Роснано» будут строить предприятие по производству топливных элементов. Правда, на первых порах продавать их собираются в Германии.

**То есть востребованность научных исследований на внутреннем рынке невысокая?**

У нас в России, к сожалению, востребованность науки не является высокой по ряду субъективных причин. В науку вкладываются даже не те страны, которые хорошо живут, а которые хотят хорошо жить в дальнейшем. Можно вспомнить примеры послевоенной Германии, Японии, Китая. К сожалению, у нас политика несколько иная. В той области, о которой мы говорим, эта востребованность сейчас исходит от тех же людей, которые изначально занимались мембранной наукой, а потом решили, что они могут несколько больше сделать, если переключатся на бизнес. Большинство предприятий относятся к разряду малых и вышли из научных кругов. Люди занимаются совершенно разными вещами: и водоочисткой,



**На фото (слева направо): проф. Андрей Ярославцев – зав. сектором ИОНХ РАН, проф. Виктор Заболоцкий – руководитель фирмы ООО «Мембранная технология» (Краснодар) и зав. кафедрой КубГУ, Любош Новак – руководитель фирмы «Мега» (Чехия) и Дмитрий Адамович – руководитель фирмы МосНПО «Радон» на конференции «Мембраны-2010», Клязьма**

и проблемами обогащения, и производством минерального сырья. Мембраны всегда востребованы в области очистки, электрохимического синтеза, ядерной энергетики (где есть проблемы с отходами, очисткой вод и т.д.). Наверное, перечислять можно еще много.

**А если сравнить опять с зарубежным опытом?**

Там есть больше возможностей для практических приложений. Например, кроме стандартных приложений (водо-, газоочистка, электрохимический синтез) востребованы мембраны для очистки и доведения до кондиции винной продукции. У всех винодельческих предприятий есть свои огромные емкости, в которых хранится вино и со временем оно в ряде случаев, немного теряет свое качество. Именно с помощью мембранных систем его доводят до нужной кондиции и качества. Это направление, на мой взгляд, неожиданно стало одним из наиболее ходовых.

Другое, активно развивающееся направление за рубежом, — это материалы для альтернативной энергетики. Это не только водородная энергетика, но и литий-ионные источники тока. Там в качестве катодного материала, например, традиционно используется кобальтат лития, использование кото-

рого небезопасно. Но сейчас активно занимаются совершенно другими материалами. В частности, мы по проекту «Роснано», который был поддержан чуть больше года назад, работаем с материалами на основе фосфата лития железа. Сейчас предприятие, которое его заявляло, переживает трудности, но если проект состоится, то мы будем делать катодные материалы и выпускать аккумуляторы.

**Касательно вашей области, какие направления должен поддерживать госбюджет, а какие бизнес?**

Мне кажется, что поддержка должна идти параллельно. Госбюджет в любом случае должен финансировать фундаментальные научные исследования. Бизнес — скорее прикладные направления, как, например, делает ряд наших известных фирм. Однако их активность в этом направлении очень низка. Мне кажется, именно здесь есть серьезные недостатки в российском законодательстве. За рубежом фирмы, активно поддерживающие научные исследования, получают серьезные льготы.

**Как вы оцениваете результаты вложений государства в нанонауку?**

Хорошо, что к этому есть некоторое внимание. Но это, скорее, вклад не совсем в нанонауку. Так, например, про-

екты «Роснано» ведь получают не сами ученые, а предприниматели. Много, конечно, и наносного. Это относится и к государственным инициативам. Имеется в виду, что средства, которые выделяются в Сколково и отчасти в «Роснано», можно было бы потратить куда эффективнее, если бы это было связано с реальной поддержкой научных исследований. Возможно, в связи с этим есть неоднозначная реакция и у ученых. Начиная от того, что многие не воспринимают само понятие нанотехнологий (скорее относится к нему негативно), и до того, что пытаются прикинуть к нему, не меняя сути работы.

Однако нельзя не заметить, что в первую очередь эти исследования в области наноматериалов и нанотехнологий (хотя они и прежде существовали под названием коллоидной химии) стали бурно развиваться и прогрессировать и заняли одну из ведущих позиций в России. Немало сделано. Можно отметить, например, развитие наносенсорики, микроскопии. Посмотрите, как понизились размеры и повысились возможности наших электроприборов (компьютеры, мобильные телефоны и др.). Это впечатляющие и, пожалуй, — самые бурно прогрессирующие направления.

*Беседовала Татьяна Пичугина*

# НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ»

## ПЕРМСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*В.Н. Анциферов*

*ФГБОУ ВПО «Пермский  
национальный исследовательский  
политехнический университет»,  
614990, г. Пермь,  
Комсомольский просп., 29  
E-mail: director@pm.pstu.ac.ru*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет — один из ведущих университетов в Приволжском федеральном округе. В соответствии с программой развития университета по подготовке и переподготовке кадров для высокотехнологичных секторов экономики, интегрированию образования и научных сил Пермского края в области развития науки и техники, в т. ч. в направлении индустрии наносистем, создан научно-образовательный центр (НОЦ) «Нанотехнологии и наноматериалы». НОЦ является организационной формой интеграции и координации учебного, научного и инновационно-внедренческого потенциала подразделений ПНИПУ для совместных действий в образовательной и научной областях материаловедения, порошковой металлургии и покрытий, включая международную деятельность и популяризацию научных знаний.

В НОЦ входят исследовательские лаборатории и опытное производство Научного центра порошкового материаловедения (НЦ ПМ), учебно-научные лаборатории кафедр «Порошковое материаловедение», «Конструирование машин и технологии обработки материалов», «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов», а также Центр коллективного пользования научным оборудованием «Порошковое материаловедение и наноматериалы». В творческих коллективах НОЦ трудятся высококвалифицированные специалисты — профессора, доктора и кандидаты наук, аспиранты и докторанты, а также ИТР и студенты.

Основная деятельность НОЦ направлена на решение задач:

- образовательная деятельность ориентирована на развитие творческого мышления с учетом индивидуальных способностей, потенциальных возможностей и целей обучающегося; на высококвалифицированную подготовку молодых специалистов и кадров высшей квалификации в области нанотехнологий и материалов на основе интеграции научно-педагогического потенциала НОЦ в проведении фундаментальных и прикладных исследований, в разработке новых программ и методов, развивающих и объединяющих научные исследования и учебный процесс; на осуществление перехода к обучению студентов в соответствии с требованиями ФГОС третьего поколения;
- научная деятельность связана с фундаментальными, поисковыми и прикладными исследованиями в области индустрии

наносистем и материалов; направлена: на проведение полного цикла работ от фундаментально-теоретических изысканий до создания новых технологий получения материалов и изделий из них, передачи их в производство; на обеспечение взаимодействия фундаментальной и прикладной науки с образовательным процессом на всех его стадиях, включая использование результатов совместных НИР в лекционных курсах и курсовых работах, экспериментальной базы для выполнения учебно-исследовательских работ; на осуществление международного сотрудничества в области нанонауки;

- инновационная деятельность направлена на реализацию полного инновационного цикла при создании научно-технических и образовательных продуктов; на оснащение научных и учебных лабораторий современным оборудованием, что позволит обеспечить внедрение разработок в образовательный процесс и промышленное производство; на продвижение фундаментальных исследований, наукоемкой конкурентоспособной продукции на отечественный и мировой рынки.

В своей работе НОЦ руководствуется поддерживаемыми тематическими направлениями ННС:

- функциональные наноматериалы и высокочистые вещества;
- функциональные наноматериалы для энергетики;
- функциональные наноматериалы для космической техники;
- нанобиотехнологии;
- конструкционные наноматериалы;
- композитные наноматериалы.

Поддерживающие основные тематические направления НОЦ:

- установление закономерностей диспергирования структуры до наноуровня экономнолегированных конструкционных сталей;

- исследование процессов формообразования макро- и микрорельефа прецизионных поверхностей при хонинговании с растровой кинематикой рабочего движения.

Основные разработки НОЦ в сфере nanoиндустрии ориентированы на создание технологий получения дисперсных и нанодисперсных порошков; новых порошковых, композиционных и керамических материалов на основе металлов и сплавов, тернарных карбидных соединений; высокопористых ячеистых проницаемых материалов и изделий из них; наноструктурированных покрытий методами вакуумно-дуго-





**Рисунок 1.** Каталитический элемент из высокопористого ячеистого сплава хромаль для экологически безопасных теплогенераторов типа КТГ-0.5

вого осаждения и магнетронного распыления, электронно-лучевого и плазменного напыления. В рамках реализации работ по приоритетным тематическим направлениям учеными НОЦ выполнен значительный объем фундаментальных и прикладных исследований инновационного характера для многих уральских и российских предприятий ведущих отраслей промышленности: авиационно-космической, оборонной, нефте- и газоперерабатывающей, металлургической, машиностроительной, химической, приборостроения, атомной энергетики, автомобилестроения, медицины, топливно-энергетического комплекса и др. В настоящее время совместно с ООО «Энергооборудование», г. Москва, создается завод по производству серийного производства водогрейных экологически чистых котлов серии КТГ с каталитическими высокопористыми проницаемыми блоками на основе сплава хромаль, обеспечивающих горячую воду и тепло (рис. 1).

Теоретические, фундаментальные и прикладные результаты исследований получены при государственной финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения проектов по ФЦП, АВЦП и госзаданий НИР, грантов РФФИ, а также благодаря заказам промышленных предприятий и организаций.

Новые разработанные порошковые материалы и способы их получения являются патентоспособными. За время работы НОЦ с 2007 г. на поданные в Роспатент заявки на изобретения по тематике исследований получены патенты РФ:

№ 2311470, рег. 27.11.2007 г.; № 2311262, рег. 27.11.2007 г.; № 2312159, рег. 10.12.2007 г.; № 2314169, рег. 10.01.2008 г.; № 2340390, рег. 10.12.2008 г.; № 2344189, рег. 20.01.2009 г.; № 2346078, рег. 10.02.2009 г.; № 2361013, рег. 10.07.2009 г.; № 2394004, рег. 10.07.2010 г.; № 2399600, рег. 20.09.2010 г.; № 2400451, рег. 27.09.2010 г.; № 2410197, рег. 27.01.2011 г.; № 2417967, рег. 10.05.2011 г.; № 2421534, рег. 20.06.2011 г.; № 2425166, рег. 27.07.2011 г.; № 2429311, рег. 20.09.2011 г.; № 2433209, рег. 10.11.2011 г.; № 2440952, рег. 27.01.2012 г.; № 2442675, рег. 20.02.2012 г.

Результаты работ ученых НОЦ опубликованы в многочисленных научных статьях и обзорах, составляют содержание монографий и учебных пособий.

Созданию наиболее благоприятных условий реализации результатов научных работ, инженерно-технических целей и ускорению инновационной деятельности способствует имеющееся опытное производство НЦ ПМ, выпускающее в 2012 г. наукоемкую продукцию опытными партиями, и созданное малое инновационное предприятие «РИТЦ ПМ». На базе достигнутой концентрации интеллектуального и инструмен-

тального потенциала решаются задачи как образовательного, так и научно-исследовательского характера. НОЦ обеспечивает проведение фундаментальных исследований широкому кругу ученых и научных коллективов, организациям различных форм собственности и промышленным предприятиям на современном и дорогостоящем оборудовании, в т.ч. уникальном, создает условия для его эффективного использования. Разработки материалов и изделий НОЦ отличаются высокими физико-механическими свойствами при оптимальном соотношении цена/качество, экологической безопасностью и универсальностью, что позволяет значительно расширить области их применения. Объем оказанных услуг НОЦ внешним организациям-пользователям в 2011 г. превысил 4 млн руб. Важным условием, гарантирующим качество предоставляемых услуг, является метрологическое обеспечение методов и средств измерений, применяемых НОЦ. Благодаря мерам по поддержке НОЦ удалось существенно обновить его МТБ. Основное аналитическое, испытательное и производственное оборудование приведено ниже.

### НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ УСТАНОВКИ И ПРИБОРЫ

- установки рентгеноструктурного анализа и локального микроанализа XRD-6000 с высокотемпературной камерой до 2300 °С и базой данных PDF 4+, «ДРОН-3М», «ДРОН-4-13», УВД-2000, MAP-2;
- металлографический комплекс с оптическими микроскопами Neophot-32, «МЕТАМ-ЛВ31» с системами цифрового анализа изображений SIAMS-340, Video Test; система металлографического микро-макроанализа Wilson&wolpert-600 MRD; металлографический комплекс пробоподготовки Struers; сканирующие микроскопы: зондовые NanoScan и SolverNext, автоэмиссионный растровый электронный ULTRA 55 с приставкой EDX-анализа (рис. 2), настольный Phenom с увеличением до 20000 крат, зондовая лаборатория нанотехнологий FemtoScan;
- спектрометры: дисперсионный комбинационного рассеяния света SENTERRA, эмиссионный СПАС-01 для анализа элементного состава веществ, энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный EDX-800HS; фурье-спектрометр IRPrestige-21; универсальный двухканальный спектральный эллипсометр «Эльф-ИК»; анализаторы газовые элементные: FLASH 2000 (C, H, N, S), «Агамет» (O, N);
- комплекс приборов для анализа размера частиц в диапазоне от 0.5 нм до 1000 мкм: анализатор IG-1000, лазерный анализа-



**Рисунок 2.** Аналитический автоэмиссионный растровый электронный микроскоп ULTRA 55 с приставкой EDX-анализа (Carl Zeiss, Германия)



**Рисунок 3.** Установка INSTRON-1195 (Англия)



**Рисунок 4.** Вакуумная печь TAV H8 для высокотемпературного спекания и термообработки (Италия)

тор Analyzette 22 NanoTech, сканирующий фотоседиментограф СФ-2, дисковая центрифуга DC24000; термомеханический анализатор/дилатометр SetsysEvolu-tion 24;

- вискозиметр Rheotest RN4.1; прибор Sorbi № 4.1 для измерения удельной поверхности по многоточечному методу БЭТ; усовершенствованный дериватограф Q-1500D с температурой до 1500 °С; автоматизированный поромер Micrometrics Pore Size;

- установки для испытаний мехсвойств: INSTRON-1195 (рис. 3), INSTRON-5885 Н, Hekker FP 100/1, 1246 P; каталитическая установка BI-CAT для испытаний активности и селективности гетерогенных катализаторов; установка GOM-802 для автоматического определения электропроводности; компьютерный измеритель теплопроводности КИТ-02Ц; система компьютерного моделирования и изготовления реставраций методом фрезерования CAD/CAM;

- микротвердомеры: динамический DUH-211S, автоматический с цифровой индикацией измерения ERGOTEST DG 25 p.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- электропечи сопротивления вакуумные: СНВЭ-1-3-1/16-ИЗ, СЭНВЭ-4.5/16-И1, СШВЭ-1.2,5/25; СЭВ-20/5.5 МО2 с температурой до 2000 °С; TAV H8 для высокотемпературного спекания и термообработки (рис. 4); электропечи водородные: СГН-2.4-2/13 И2, СНЗ-6.12.4/10; печи для термообработки: ТК 135/14, СНОЛ-1.6.2,5.1/11-И2, СНОЛ-1.6.2,5.1/9-И2; высокотемпературная печь ВТП-0.6 с температурой нагрева до 1550 °С; печь СНО 4.6.2,5/12; установки: спекания керамических материалов НТ 64 Nabertherm, вакуумная VIGA-2В для плавки и распыления металлических порошков, CVDомта роста углеродных нанотрубок;

- комплексы: роботизированный плазменного напыления GTV-APS-DELTA Coating Lab (рис. 5), автоматизированный нанесения упрочняющих покрытий UniCoat 600 (рис. 6); установки: для нанесения покрытий вакуумно-дугового осаждения и магнетронного распыления УРМ3.279.048, для нанесения ионно-плазменных покрытий ННВ-6.6-И1, модернизированная электронно-лучевая УЭ-189 для нанесения композиционных покрытий, плазменного нанесения покрытий УПУ-3 Д, электродуговой металлизации КДМ-2, ионного азотирования ИОН-50, плазмохимического газофазного роста алмазных пленок ASX5200S-ECR (рис. 7), плазменно-искрового спекания SPS 1050D; установка для лазерной наплавки ОРТОМЕС;



**Рисунок 5.** Роботизированный комплекс плазменного напыления GTV-APS-DELTA Coating Lab (GTV GmbH, Германия)



**Рисунок 6.** Автоматизированный комплекс нанесения упрочняющих нанокompозитных покрытий UniCoat 600 (Россия)

- иттербиевый волоконный лазер ЛС-1; усовершенствованная электронно-лучевая установка УПБМ для получения быстроохлажденных материалов; установка Cercon Smart Ceramic для получения безметаллических каркасов из оксида циркония;
- шаровые, вибрационные, планетарные Pulverizette-4 и САНД мельницы для размолва и активации порошков, сме-





**Рисунок 7.** Установка плазмохимического газофазного роста алмазных пленок ASX5200S-ECR (Seki Technotron, Япония)

шивания композиций; высокоэнергетические мельницы-атриторы V-16, V-37;

- прессовое оборудование с усилием прессования от 25 до 2500 т: прессы гидравлические П7644, ПР1000, ПСУ500, П125, КБ 8130, КО 628, ПА250; установка горячего прессования УГП-02 с температурой до 1500 °С;

- парк современных станков: хонинговально-доводочные РХ-70 и «Растр Ц20»; плоскошлифовальные «Растр 350» и «Растр 220», «Циклон 350» и «Микрошарп 220»; проволочно-вырезной Ecosut и прошивной Smart CNC; приборы: MagForm MMQ 400 для измерения отклонений формы и расположения поверхностей прецизионных деталей; MAHR PERTHOMETER S2 для оценки результатов контроля шероховатости, контура и волнистости поверхности в нанометровом диапазоне; система быстрого прототипирования Prefactory system с ERM.

НОЦ осуществляет связь научных исследований с учебным процессом, используя результаты научных достижений в лекционных курсах и в издании учебно-методических материалов, МТБ для выполнения бакалаврских работ, магистерских, кандидатских и докторских диссертаций. Подготовку специалистов с глубокими знаниями в области порошковой металлургии, физического материаловедения и компьютерного конструирования материалов, умеющих работать на современном оборудовании, ведет высококвалифицированный профессорско-преподавательский состав с долей преподавателей, имеющих ученые степени, более 70 %.

Перечень основных образовательных программ (ООП) подготовки студентов (бакалавр, специалист, магистр) и аспирантов по тематикам НИР направлен на ООП подготовки бакалавров по направлению 150.400.62 «Металлургия», магистров по направлениям 150.400.68 «Металлургия» и 222.900.62 «Нанотехнология и микросистемная техника», специальности 210.602.65 «Наноматериалы», подготовки аспирантов по направлениям 05.16.06 «Композиционные и порошко-

вые материалы, покрытия» и 05.02.01 «Материаловедение (в машиностроении)».

Кафедры и научные подразделения, входящие в НОЦ, являются единым учебно-научным комплексом, где реализуются формы взаимодействия и интеграции кафедр в организации образовательного процесса. Обучение на кафедрах ориентировано на многоуровневую систему образования с гибкой ориентацией на меняющийся рынок труда, включающую довузовскую профориентацию, подготовку специалистов с присвоением академической степени «бакалавр», квалификаций «инженер» и «магистр техники и технологий» со специализацией «Менеджмент в технологии новых материалов» и на переподготовку кадров.

Перечень некоторых учебных дисциплин подготовки кадров высшей квалификации:

физико-химия наноструктурированных материалов; физико-химия наночастиц и наноматериалов; нанокристаллические материалы; новые композиционные и керамические материалы; материаловедение и технология композиционных материалов; материаловедение, технология конструкционных материалов; процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнология; процессы на поверхности раздела фаз; процессы порошковой металлургии; основы вакуумной техники; основы производства и обработки металлов; основы золь-гель технологии; технология получения порошковых материалов; информационные технологии в металлургии; теория и технология покрытий; теория процессов порошковой металлургии; методы и приборы для изучения, анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов; механические свойства поликристаллических материалов; оборудование в технологии наноматериалов; инженерные проблемы материаловедения и нанотехнологий; современные проблемы науки и производства порошковых и композиционных материалов, покрытий; экологические проблемы производства наноматериалов; управление инновациями.





Игнат Соловей

# Учебно-научный комплекс «Нанотуб онлайн»

*И.И. Бобринецкий,  
И.Д. Бородина,  
В.К. Неволин,  
А.В. Ромашкин,  
К.А. Царик*

*Национальный исследовательский  
университет «МИЭТ», 124498,  
Москва, Зеленоград, пр-д 4806, 5  
E-mail: vkn@miee.ru, vkn@  
nanotube.ru  
www.nanotube.ru*

## ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии в микроэлектронике постоянно стремятся к уменьшению размеров функциональных элементов, вследствие чего создаются кластерные системы для обработки и модификации исходных материалов электроники. Такие системы, как правило, снабжены модулями удаленного доступа для уменьшения влияния человеческого фактора в производство микросхем. С переходом к наноэлектронике становится актуальной задача реализации всех возможных

процедур от процесса загрузки пластины до получения готового кристалла в едином нанотехнологическом комплексе, снабженном средствами обработки и исследования на нанометровом уровне. При этом необходимо формирование соответствующего кадрового потенциала, обеспечивающего возможность реализации заложенных в новое оборудование функций [1].

По мнению большинства авторитетных экспертов, междисциплинарные технологии, оперирующие объектами с нанометровыми линейными размерами, будут иметь рево-



**Рисунок 1.** Нанотехнологический комплекс НТК «НаноФаб 100» в МИЭТ

люционное значение в ближайшие 15–20 лет. [2]. В связи с этим для проведения исследований в области низкоразмерных структур незаменимым инструментом любой лаборатории должен стать высоко- и/или сверхвысоковакуумный комплекс, ориентированный на исследование и модификацию объектов в нанометровом масштабе, создание упорядоченных гомо- и гетероструктур с атомарной точностью, а также устройств и приспособлений с их использованием.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «НАНОФАБ 100»

Нанотехнологические комплексы (НТК) семейства «НаноФаб 100» имеют модульную конструкцию и могут быть использованы как для исследовательских целей в различных областях нанотехнологии (микро- и нанoeлектроника, нанофотоника, материаловедение и пр.), так и для мелкосерийного производства наноструктур, наноэлементов и наноустройств (рис. 1).

НТК «НаноФаб 100» включает модули локальных обработок и анализа, такие как сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) и фокусированный ионный пучок (ФИП), и модуль групповых технологий молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Фактически комплекс представляет собой нанофабрику для создания полнофункциональных наноструктур и наносистем на их основе [3].

Относительная простота систем управления и обеспечения работы позволяет использовать НТК «НаноФаб 100» также и для подготовки научных и производственных кадров при проведении научных исследований в Научно-образовательном центре «Зондовая микроскопия и нанотехнология».

Основными функциональными модулями платформы «НаноФаб 100» являются:

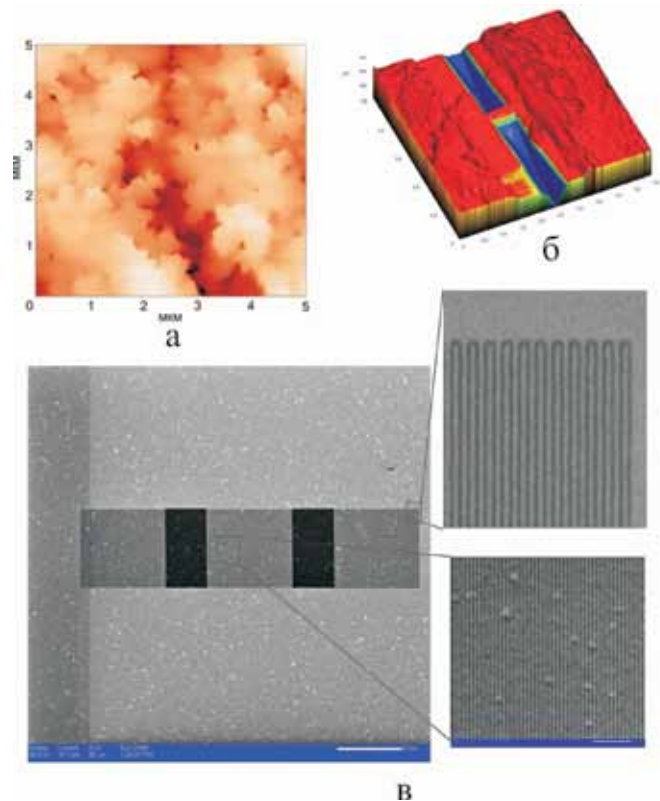
- сверхвысоковакуумный модуль сканирующего зондового микроскопа (модуль СЗМ) для осуществления нанолитографических операций, наноманипуляций, функционального контроля полученных наноструктур и наноэлементов, а также операций контроля параметров наноматериалов и наноструктур с применением более чем 40 СЗМ методов;
- сверхвысоковакуумный модуль технологий на основе совмещенных фокусированного ионного пучка (модуль ФИП) и сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) для осуществления операций локального воздействия (резки, травления и пр.), а также визуализации;
- модуль групповых ростовых технологий создания эпитаксиальных слоев и гетероструктур методом молекулярно-лучевой эпитаксии (модуль МЛЭ);
- вспомогательные модули (модули загрузки образцов, загрузки зондов, отжига и переворота образцов).

НТК «НаноФаб 100» является одним из первых нанотехнологических комплексов, разработанных в России для проведения исследований и разработок в области создания перспективных элементов нанoeлектроники. В частности, на данном оборудовании были разработаны методы формирования гетероструктур AlGaIn/GaN, обеспечивающие высокую концентрацию электронов в двумерном электронном газе до  $1.7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$  с сохранением подвижности на уровне  $1400 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$  [4] (рис. 2а). Разработаны ионно-пучковые методы формирования низкоразмерных структур для реализации акустоэлектрических преобразователей на пьезоэлектрических пленках группы  $A_3B_5$  с топологическими размерами элементов порядка 50 нм [5, 6] (рис. 2б). Предложены ионно-пучковые технологии утонения и литографии 2D-графитовых пленок при создании элементов электроники на основе графеновых структур [7] (рис. 2в).

В рамках выполнения работы по созданию учебно-научного комплекса была поставлена задача трансформировать накопленный опыт работы на НТК «НаноФаб 100» и на его отдельных модулях в образовательные ресурсы с целью ознакомления с основными компонентами модуля и изучения основных методов формирования низкоразмерных структур электроники на базе имеющегося оборудования.

Основными компонентами учебно-научного комплекса являются:

- модуль реальной МЛЭ с системой удаленного доступа;
- модуль совмещенных реальных ФИП и СЭМ с системой удаленного доступа;
- модуль реального вакуумного СЗМ, обслуживаемый оператором;
- симулятор – виртуальный аналог установки ФИП;



**Рисунок 2.** Результаты применения НТК «НаноФаб 100»: а – АСМ-изображение поверхности выращенной пленки GaN с шероховатостью 1 нм; б – АСМ-изображение графитовой наноленты шириной 100 нм и толщиной 2 нм; в – микрофотография вытравленной поверхности Al на пленке GaN методом ФИП (ширина канавки составляет 52 нм)

- симулятор – виртуальный аналог установки МЛЭ;
- коллекция данных и мультимедийные ресурсы, наглядно иллюстрирующие процессы, протекающие при формировании элементов нанoeлектроники с топологическими размерами до 10 нм на базе полупроводниковых гетероструктур и углеродных наноматериалов, и фундаментальные принципы, лежащие в основе работы приборов МЛЭ, ФИП и СЭМ;
- модуль, обеспечивающий интерфейс для дистанционного управления ФИП.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Благодаря развитию и распространению дистанционного обучения в мире значительно уменьшается проблема доставки знаний на расстоянии. В последнее время электронное обучение (e-learning) быстро набирает темпы и в России, открывая интересные перспективы. За формированием глобальных обучающих систем будущее.

Однако качество обучения не улучшается только от возможности использования удаленного доступа к новым технологиям. Качество также зависит от методов, которыми эти технологии сопровождаются в учебном процессе. В рамках проекта были учтены современные подходы к изложению учебно-методических материалов для эффективного on-line обучения и приобретения навыков, необходимых для дальнейшей реальной или интерактивной работы на соответствующем нанотехнологическом оборудовании. Учебно-методические материалы удаленного обучения отличает сжатость и реферативный метод изложения информации, что делает необязательным сплошное чтение текста, и позволяет строить процесс обучения в соответствии с интересами и уровнем подготовки обучаемого. Преимущество такого метода еще и в том, что он упрощает возможность корректировать и обновлять содержание информации, размещенной на web-сайте. Также в представлении методических материалов активно используются средства мультимедиа, позволяющие максимально близко к реальности представить архитектуру оборудования и все происходящие процессы.

Полный комплект разработанных методических материалов представляет собой набор, состоящий из:

- лекционных материалов о процессах и технологиях, реализуемых при работе нанотехнологического комплекса и принципах управления им, включая инструкции по эксплуатации элементов кластерного оборудования;
- виртуальных лабораторных работ, предоставляющих возможность практического обучения с помощью симулятора комплекса и проведения реальных экспериментов;
- методических указаний, обеспечивающих знакомство с работой в режиме ограниченного и расширенного доступа к оборудованию;
- видеоматериалов, демонстрирующих как методы подготовки к работе на оборудовании, так и наглядно иллюстрирующих физические процессы, проходящие внутри установок на атомном или нанометровом уровне.

Учебно-методические материалы разделены на пять модулей:

1. Кластерное оборудование нанотехнологий.
2. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
3. Технологии фокусированного ионного пучка.
4. Функциональные устройства на основе наноматериалов.
5. СВЧ устройства на основе гетероструктур.

Базовый набор лабораторных работ включает ознакомление с оборудованием (МЛЭ и ФИП), а также изучение основных технологических операций на данных модулях при изготовлении и исследовании элементов нанoeлектроники.

В системе обучения также предусмотрен контроль полученной подготовки, позволяющий оценить уровень знаний, усво-

енных пользователями в результате прохождения обучения на виртуальном и реальном оборудовании. Реализована возможность получения видеоконсультаций оператором комплекса и виртуального общения со специалистами-педагогами, ответственными за методическое обеспечение модуля.

Новизна предложенной методики удаленного доступа для обучения работе с реальным оборудованием заключается в том, что помимо предоставляемой большинством подобных программных комплексов возможности проводить исключительно только симуляцию физических процессов с имитацией графического интерфейса пользователя реального программного обеспечения данный учебно-научный комплекс дает возможность проводить эксперименты на реальном оборудовании.

### ОБУЧАЮЩИЙ СИМУЛЯТОР МОДУЛЕЙ ФИП И МЛЭ

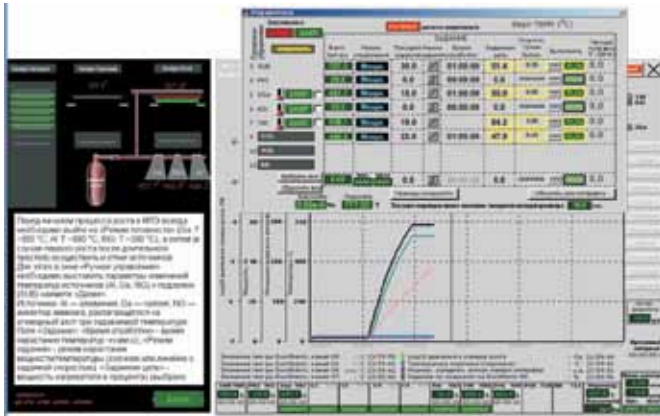
Для подготовки исследователя к работе на НТК «НаноФаб 100» были разработаны адаптированные многофункциональные симуляторы модулей МЛЭ и ФИП. Симуляторы содержат интерактивное описание оборудования, эмуляцию процессов подготовки оборудования к работе, а также интерфейсы программ управления модулями (МЛЭ или ФИП), полностью идентичные интерфейсам управляющих программ оборудования.

Работа с симулятором начинается с изучения основных компонентов каждого модуля. После изучения устройств и оборудования возможен переход к стадии подготовки оборудования к работе (включение прибора, откачка вакуума, загрузка образца и т.п.). Непосредственно программа-симулятор управления модулем МЛЭ содержит три компонента: окно программы, идентичной рабочей, окно визуализации происходящих в модуле процессов и окно комментариев (рис. 3а). Характерной особенностью работы модуля МЛЭ является длительность, протекающих в них процессов: от закладки пластины до получения готовой гетероструктуры может пройти от нескольких часов до нескольких дней. Для ускорения процессов в симуляторе введена возможность изменения скорости его работы, что позволяет провести виртуальную лабораторную работу в рамках одного академического занятия. Тем не менее при обучении будущих операторов установки следует работать именно в режиме реального времени, так как отслеживание параметров роста и своевременное реагирование на изменение технологических параметров и их подстройка является одним из ключевых факторов получения качественной гетероструктуры.

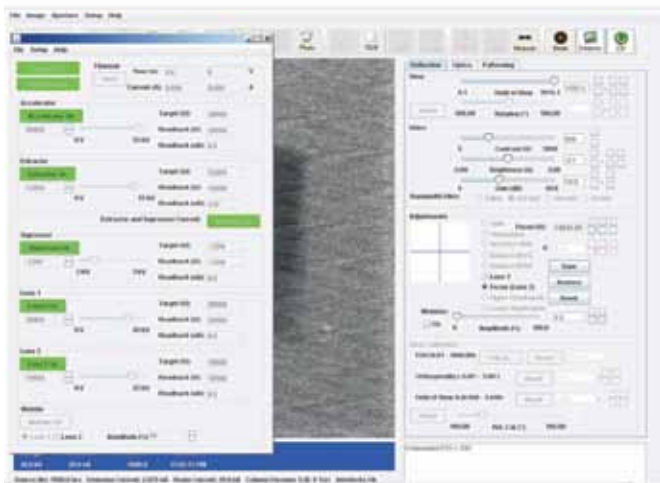
Основными данными в модуле МЛЭ «НаноФаб 100», характеризующими процесс и качество роста гетероструктур, является временной график сигнала лазерного интерферометра, а также значения температур источников и подложки. При этом температуры и длительность роста (скорость потока) являются входными данными, тогда как интерферограмма является выходной функцией. Для генерации интерферограмм в работе была предложена полуэмпирическая модель зависимости интенсивности сигнала от температуры источников, подложки, скорости потока и времени роста. Благодаря данной модели обучаемый, варьируя параметры роста, может получать различные результаты, не ограничиваясь статически заложенными экспериментальными данными предыдущих экспериментов. Более того, в модели также имитируются нарушения технологического процесса (отклонения температур, недостаток потока компонентов), что приводит к формированию высокодефектной пленки.

Для симулятора ФИП в качестве результатов симуляции используется архив данных в виде изображений, полученных во вторичных электронах до и после фокусированной ионной





а



б

Рисунок 3. Вид экранной формы управляющей программы симулятора МЛЭ (а) и ФИП (б)

литографии на различных поверхностях, которые отражают взаимосвязь времени воздействия и ширины формируемых наноструктур.

### РЕАЛИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К НТК «НАНОФАБ 100»

Для проведения удаленных экспериментов исследовательскими группами, а также проведения лабораторных работ студентами были реализованы методы удаленного доступа к нанотехнологическому комплексу посредством свободных мультиплатформенных дополнений к браузеру пользователя. Со всей информацией можно ознакомиться на интернет-ресурсе научно-образовательного центра «Зондовая микроскопия и нанотехнология» ([www.nanotube.ru](http://www.nanotube.ru)) в разделе «Учебно-научный комплекс».

Удаленный доступ для управления и взаимодействия с оборудованием осуществляется на нескольких уровнях:

1. Видеодоступ для визуального наблюдения и контроля состояния оборудования посредством IP видеокамер через RTSP протокол (VPN доступ).
2. Управление/наблюдение за программой управления модулями МЛЭ и ФИП через удаленный рабочий стол (VNC протокол).
3. Удаленное управление модулем ФИП в режиме полного доступа с упрощенным функционалом с помощью Java-апплета.

Видеодоступ осуществляется через шесть IP видеокамер, расположенных напротив смотровых окон модулей и служащих для визуального контроля перемещения образцов при проведении лабораторных работ или исследовательских экспериментов.

Управление/наблюдение за программой через удаленный рабочий стол позволяет проводить полнофункциональное удаленное управление программами модулей МЛЭ и ФИП при проведении экспериментов и наблюдение за действиями оператора при проведении учебных мероприятий.

Удаленное управление модулем ФИП посредством Java-апплета позволяет пользователю самостоятельно осуществлять доступ к управлению рядом функций программы управления ФИП при проведении лабораторных работ. Данное упрощение функциональности, с одной стороны, позволяет оградить оборудование от неправильных действий студентов без необходимости подтверждения выполнения операций оператором, а с другой – позволяет получить полнофункциональный доступ к реальному оборудованию и существенно повысить эффективность обучения.

Таким образом, был создан уникальный учебно-научный комплекс, обеспечивающий обучение, получение навыков и проведение исследований на нанотехнологическом комплексе НТК «НаноФаб 100». Данный комплекс позволяет проводить практические занятия, обучение операторов работе на установках МЛЭ и ФИП, удаленное участие в экспериментах.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНО-НАУЧНОГО КОМПЛЕКСА «НАНОФАБ ОНЛАЙН»

Разработанный интерактивный учебно-научный комплекс предназначен для предоставления удаленного доступа студентам, исследователям и разработчикам к современному уникальному нанотехнологическому оборудованию для формирования и исследования элементов нанoeлектроники. Подобная возможность способствует:

- подготовке квалифицированных специалистов в области наноинженерии и нанoeлектроники;
- проведению совместных научных исследований как в рамках образовательного процесса, так и на коммерческой основе;
- созданию единого комплекса технологического и измерительного оборудования, обеспечивающего непрерывный образовательный и исследовательский процесс в режиме удаленного доступа.

Работа выполнена в рамках направления 2 ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2011 годы» (государственный контракт № 16.647.12.2037 от 15.06.2011 г.).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Бобринский И. И., Симулин, М. М., Неволин В. К., Строганов А. А., Горшков К. В. // Учебно-исследовательский нанотехнологический комплекс. Российские нанотехнологии. 2008. Т. 3. № 3–4. С. 173–175.
2. Быков В. А. // Междисциплинарные нанотехнологические центры – основа развития инноваций. Наноиндустрия. 2010. № 1. С. 48–51.
3. Быков В. А. // Разработка и освоение производства приборов и оборудования для нанотехнологии. Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 1–2. С. 32–36.
4. Алексеев А. Н., Петров С. И., Неволин В. К., Царик К. А., Красовицкий Д. М., Чалый В. П. // Наногетероструктуры на основе нитридов с повышенной подвижностью электронов, полученные методом МЛЭ. Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА. 2011. № 5. С. 69–74.
5. Бараш С. В., Лосев В. В., Царик К. А. // Формирование нанометровых слоев фокусированным ионным пучком. Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА. 2008. № 3. С. 63–67.
6. Бессонова А. В., Неволин В. К., Ромашкин А. В., Царик К. А. // Закономерности процесса формирования полупроводниковых наноструктур с помощью фокусированного ионного пучка. Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА. 2011. № 6. С. 25–32.
7. Бобринский И. И., Горшков К. В., Неволин В. К., Царик К. А. // Формирование интегрированных наноразмерных графеновых структур при фокусированном ионном травлении. Российские нанотехнологии. 2010. Т. 5. № 5–6. С. 30–34.



Закрытое акционерное общество  
«Научное и технологическое оборудование»

194156, Россия,  
Санкт-Петербург, пр. Энгельса, 27  
Тел.: +7 (812) 702-13-08, 633-05-96  
Факс: +7 (812) 320-43-94, 633-05-97

sales@semiteq.ru  
www.semiteq.ru

## Современное оборудование для перспективных задач нанoeлектроники



Установки молекулярно-лучевой эпитаксии серии STE3N\* специально сконфигурированные для выращивания соединений системы InAlGaIn/GaN на подложках Si, SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> диаметром до 100 мм

### Исправленному верить

В статье В.Г. Жулего и Г.Е. Куниной «Определение центров превосходства среди организаций, ведущих исследования и разработки в области нанотехнологий», «Российские нанотехнологии», 2012, № 3–4, с. 12–17, в таблице 3 приведены неправильные данные об ИМЕТ РАН.

Количество публикаций ИМЕТ РАН (официальные данные)

Год (число н.с.)	Статьи		Книги и монографии		
	Отечеств. журналы	Зарубеж- ные журналы	Изда- тельство «Наука»	Неакаде- мические изда- тельства	Зару- бежные изда- тельства
2007	356	183	3	3	1
2008	403	46	2	4	–
2009	367	123	1	4	2
2010 (350)	398	121	2	6	–
2011 (357)	449	119	–	3	–

Для ИМЕТ РАН рейтинг R1 (полное число публикаций данной организации за 5 лет, делен-

ное на количество научных сотрудников организации) **больше 2**.

Для ИМЕТ РАН рейтинг R2 (количество публикаций по данному направлению (по ГРНТИ или нанорубриктору), вошедших в число наиболее цитируемых публикаций, деленное на общее число наиболее цитируемых работ за весь предыдущий период) **также больше нуля, поскольку** есть публикации в ведущих журналах по нанотехнологиям.

Для ИМЕТ РАН рейтинг R3 (средний индекс цитирования организации (сумма индексов цитирования всех сотрудников за пять истекших лет, деленная на количество научных сотрудников, публикующих статьи) **также больше нуля, поскольку** сотрудники ИМЕТ РАН имеют высокий индекс цитируемости и индекс Хирша.

Для ИМЕТ РАН рейтинг R4 (количество патентов по данному направлению, поданных организацией за 5 лет, деленное на количество научных сотрудников организации) **также больше нуля, поскольку** сотрудники ИМЕТ получают около 20 патентов в год.

Член редколлегии

М.И. Алымов

# Каталог малых инновационных предприятий

российских вузов

в сфере нанотехнологий (окончание)

*д.т.н. проф. Н.М. Емелин,  
к.т.н. доц. Ю.Н. Артамонов,  
к.т.н. доц. Е.Д. Володина*

*Министерство  
образования и науки  
Российской  
Федерации ФГБНУ  
«Госметодцентр»,  
115998, ГПС-8, Москва,  
ул. Люсиновская, 51  
E-mail: bomelihov@mail.ru*





**Наименование организации:**

Московский государственный институт электронной техники (технический университет)

**Наименование малого инновационного предприятия:**

Общество с ограниченной ответственностью «Нанокристалл»

**Сокращенное наименование:**

ООО «ННК»

**Дата регистрации:**

2010 г.

**Руководитель:** Леонтьев Алексей Владимирович

**Реквизиты:** 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пр-д 4806, 5/23, тел.: 8 (903) 115-01-36

**Email:** avleontiev@gmail.com

**Вид деятельности:**

Научно-техническая деятельность.

**Продукция/услуги:**

Создание опытного образца тонкопленочного фотоэлектрического преобразователя энергии на основе модифицированных и нанокompозитных материалов.

**Инновационные результаты:**

Опытный образец тонкопленочного фотоэлектрического преобразователя энергии на основе модифицированных и нанокompозитных материалов находится в стадии разработки.

**Область применения результатов:**

Наука и научное обслуживание.

**Объекты интеллектуальной собственности:**

Планируется подача заявки на изобретение.

**Наличие коммерциализации продукции/услуг:** Нет.

**Наименование организации:**

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

**Наименование малого инновационного предприятия:**

Общество с ограниченной ответственностью «Интеллектуальная оптоэлектроника»

**Сокращенное наименование:**

ООО «Интеллектуальная оптоэлектроника»

**Дата регистрации:**

14.06.2011 г.

**Руководитель:** Толстогузов Виктор Леонидович

**Реквизиты:** 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5/1, тел.: 8 (495) 769-02-43

**Email:** kedrovka@mail.ru

**Вид деятельности:**

Научные исследования, разработка, производство и реализация оптоэлектронных приборов и систем; вне-

дрение и обеспечение полного внедренческого цикла, выпуск и изготовление новой наукоемкой продукции на основе использования достижений в области естественных наук; разработка, внедрение, выпуск, реализация, поставка и организация эффективного использования компьютерных систем, вычислительной техники, аппаратных средств и программного обеспечения, информационных и радиоэлектронных устройств и систем, оргтехники и иной интеллектуальной продукции, производственного оборудования, высокотехнологичных товаров народного потребления; обслуживание средствами связи организаций и отдельных граждан; формирование информационной базы исследований по изучаемым проблемам.

**Продукция/услуги:**

Малогабаритный интерферометр для измерения линейных перемещений с субнанометровым разрешением NVDMI-11. Интерферометр для измерения линейных перемещений микрообъектов MDMI-2. Однокоординатный позиционер NVTS-08-30 А. Малогабаритный датчик угла NVANS-2-10.

**Инновационные результаты:**

Интерферометр NVDMI-11 – это высокочувствительный малогабаритный измеритель относительного линейного перемещения, обладающий разрешением 0.02 нм. NVDMI-11 выполняет 12000 измерений в секунду, что позволяет следить за перемещениями объекта, движущегося со скоростью до 2 мм/с. Интерферометр автоматически отслеживает изменение оптической разности хода лучей между опорным и измерительным пучком лучей с момента включения и передает информацию об изменениях по запросу с помощью интерфейса USB. Интерферометр автоматически регистрирует уровень сигнала и максимальную скорость перемещения. Оптическая схема NVDMI-11 представляет собой интерферометр Майкельсона. В качестве источника излучения в NVDMI-11 используется внешний коллимированный источник излучения (в комплект поставки не входит) с апертурой не менее 0.8 мм. Диапазон измеряемых перемещений зависит от длины когерентности выбранного источника и точности настройки измерительной установки и может достигать более 200 мм. Применение: метрология, нанотехнологии, точное приборостроение, измерители ускорения, вибрации, температуры, массы, давления, гравитации, наклона, показателя преломления и др.

Интерферометр MDMI-2 – это высокочувствительный малогабаритный измеритель относительного линейного перемещения микрообъектов, обладающий разрешением до 0.07 нм. MDMI-2 выполняет 6000 измерений в секунду, что позволяет следить за перемещениями объекта, движущегося со скоростью до 1.5 мм/с. Интерферометр автоматически отслеживает изменение оптической длины пути измерительного пучка с момента включения и передает информацию об изменениях по запросу с помощью интерфейса USB. Оптическая схема MDMI-2 представляет собой интерферометр Майкельсона, в измерительное плечо которого установлен объектив, фокусирующий излучение на измеряемый объект. В качестве источника излучения в MDMI-2 используется встроенный лазерный диод. Диапазон измеряемых перемещений зависит от фокусного расстояния установленного объектива. Интерферометр MDMI-2 выпускается в различных конфигурациях для измерения перемещений объектов с различным коэффициентом отражения – от прозрачных жидкостей до металлических поверхностей. Принята следующая маркировка интерферометров серии MDMI-2: MDMI-2-xx-yy-zz, где xx – фокусное расстояние объектива, мм; yy – коэффициент отражения исследуемой поверхности, %; zz – рабочая длина волны, нм. Применение: метрология, нанотехнологии, точное приборостроение, микробиология, измерители перемещений микрообъектов, живых клеток и др.

Однокоординатный позиционер NVTS-08-30 А предназначен для перемещения объектов весом до 2 кг в диапазоне 30 мкм ±15%. Перемещение задается подачей напряжения в диапазоне 0..100 В на встроенный многослойный пьезоактюатор. Перемещение подвижной платформы позиционера при повышении и снижении напряжения характеризуется петлей гистерезиса, составляющей примерно 20% от максимальной амплитуды перемещения. Статическая емкость встроенного пьезоактюатора C1-7 мкф ±20%, сопротивление изоляции пьезоактюатора R1 – не менее 1.5 МОм. Позиционер по заказу может комплектоваться блоком ЦАП с выходным напряжением 0..100 В, а также встроенным интерферометром с разрешением 0.05 нм и блоком управления для измерения и стабилизации положе-

ния подвижной платформы позиционера. Применение: нанотехнологическое оборудование, точное приборостроение, модуляторы фазы электромагнитных волн, системы автоматической фокусировки, твердомеры.

Датчик углового перемещения NVANS-2-10 предназначен для измерения углов в диапазоне до 20 °С предельным разрешением 0.25'. Для проведения измерений углов с помощью NVANS-2-10 на объекте необходимо установить зеркало размером 3x12 мм на расстоянии 10–15 мм от передней поверхности датчика. Датчик измеряет относительное угловое перемещение объекта с момента включения. С помощью NVANS-2-10 возможно также измерение абсолютного углового положения объекта.

**Наименование организации:**

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

**Наименование малого инновационного предприятия:**

Общество с ограниченной ответственностью «Микро- и наноголографические системы»

**Сокращенное наименование:**

ООО «МНГС»

**Дата регистрации:**

17.01.2011 г.

**Руководитель:** Ковалев Михаил Сергеевич

**Реквизиты:** 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1, тел.: 8 (499) 263-63-44

**Email:** odinokov@bmstu.ru

**Вид деятельности:**

Практическое применение (внедрение) результатов интеллектуальной деятельности; разработка современных оптико-голографических приборов на основе новейших элементов.

**Продукция/услуги:**

Измеритель мощности лазерного и оптического излучений.

**Технические характеристики продукции/услуг:**

Диапазон измерения мощности излучения без использования оптического ослабителя: – 3 нВт – 300 нВт, погрешность 3–5 %; – 300 нВт – 30 мкВт, погрешность 1.25–2.5 %; – 30 мкВт – 3 мВт, погрешность 1.25–2.5 %; – 3 мВт – 100 мВт, погрешность 1.25–2.5 %; с использованием оптического ослабителя: – 300 мВт – 3 Вт, погрешность 2.5–5 %.

Диапазон длин волн, в которых производится измерение мощности



Sandia National Laboratories

лазерного излучения, – от среднего ультрафиолетового 190 нм до ближнего инфракрасного 1100 нм.

Питание и интерфейс USB 2.0 для связи с компьютером.

Термостабилизация прибора при температуре 25±0.5 °С.

Рабочая поверхность фотодиода – 10x10 мм.

Частота дискретизации сигналов может изменяться в пределах 1.875–30 Гц. Фильтрация сигналов на частотах 50/60 и 100/120 Гц для уменьшения влияния синфазной промышленной помехи; возможность управления от внешних устройств запуска типа затвора; специализированное программное обеспечение LMD-PRO, совместимое с операционными системами Windows XP/Vista/7; крепление к стандартному рейтеру M10x1.5 от оптической скамьи (ана-

лог устанавливается на стол посредством небольшой подставки, которая является неустойчивой и не совместима ни с одним оптическим креплением); масса – от 210 г до 320 г (с учетом встраиваемого оптического ослабителя); габаритные размеры, не более 74×74×50 мм<sup>3</sup>.

**Инновационные результаты:**

Основной задачей проекта является разработка и опытное производство мелких серий измерителей мощности оптического и лазерного излучения (далее ИМЛ) для видимого диапазона и ближнего инфракрасного диапазона длин волн для производственных, научно-исследовательских организаций и предприятий, занимающихся выпуском, производством, продажей оптических и лазерных излучателей различного назначения. Конечной целью является освоение, захват

и насыщение внутреннего рынка подобных измерителей ИМЛ по конкурентоспособным ценам, а также получение прибыли.

Измерители мощности оптического и лазерного излучения предназначены для высокоточного измерения мощности оптического и лазерного излучения в нано-, микро-, милливаттном диапазонах мощности во многих сферах научной и производственной деятельности. Они востребованы в медицинской лазерной технике, где важнейшее значение для безопасности пациентов имеет контроль допустимой мощности лазерного излучения; в лазерном «шоу-бизнесе»; в проверке на соответствие требованиям лазерной безопасности технических устройств; в голографии, где контроль мощности излучения определяет качество голограмм; в лазерной технике (лазерные интерферометры, лазерные измерители микро- и наноперемещений и поворотов и др.); в лабораторных измерениях.

Разработанный измеритель мощности лазерного и оптического излучений в сравнении с измерителем мощности оптического излучения фирмы Ophir, модель PD300–3W-V, имеет улучшенные характеристики: больший диапазон измерения мощности излучения без использования оптического ослабителя с меньшей погрешностью; больший диапазон длин волн, в которых производится измерение мощности лазерного излучения; питание и интерфейс USB 2.0 для связи с компьютером; термостабилизацию прибора; более широкую частоту дискретизации сигналов; функцию управления от внешних устройств запуска типа затвора; крепление к стандартному рейтеру от оптической скамьи.

### **Область применения результата:**

Промышленность.

### **Объекты интеллектуальной собственности:**

Подана заявка на изобретение № 2011106401 от 22.02.2011 г.

### **Наименование организации:**

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

### **Наименование малого инновационного предприятия:**

Общество с ограниченной ответственностью «Нанотестконсалт МГТУ им. Н.Э. Баумана»

### **Сокращенное наименование:**

ООО «НТК МГТУ им. Н.Э. Баумана»

### **Дата регистрации:**

17.12.2010 г.

**Руководитель:** Осипков Алексей Сергеевич

**Реквизиты:** 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, тел.: 8 (916) 1144589

**Email:** alexosipkov@mail.ru

### **Вид деятельности:**

Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук.

### **Продукция/услуги:**

Проведение НИР и консалтинговые услуги по внедрению в производство инноваций в сфере нанотехнологий.

### **Инновационные результаты:**

В настоящее время МИП ведутся следующие работы: разработка технологии нанесения наноструктурированных изоляционных покрытий с высокой теплопроводностью на основе AlN для термоэлектрических модулей и светодиодов; разработка технологии получения твердосплавных заготовок для микроинструмента (размер зерна карбидной фазы менее 300 нм); разработка технологии получения высокоэффективных термоэлектрических материалов (работа ведется совместно с ведущими российскими предприятиями в области термоэлектричества); исследование свойств модифицированных наноразмерными порошками чугунов (работа ведется по заказу ООО «Металлургические технологии»); разработка методов синтеза наноструктурных радиационноустойчивых сцинтилляционных детекторов; разработка катализаторов

нового поколения с высокой степенью каталитической активности для автомобилей и нефтехимических производств; разработка датчика системы дистанционного контроля давления в автомобильных шинах на основе технологии РЧИД (работа проводится по заказу ООО «Автоинновации»); разработка быстродействующего амплификатора реального времени; исследование и разработка методик оценки и прогнозирования кинетики формирования и параметров пленок, конденсирующихся на оптике космических аппаратов; исследование пограничных слоев в наноразмерных металлоорганических гетероструктурах; исследование влияния плазмохимической модификации полимеров с целью создания слоев с заданными функциональными свойствами. Совместно с ООО «Научные развлечения» создан один из демонстрационных стендов для передвижного учебного класса «Нанотрак», а также разработан комплекс лабораторных работ для вузов и школ в области нанотехнологий.

### **Область применения результатов:**

Наука и научное обслуживание.

### **Наименование организации:**

Новосибирский государственный технический университет

### **Наименование малого инновационного предприятия:**





Общество с ограниченной ответственностью «Рудотермические технологии»

**Сокращенное наименование:**

ООО «РТТ»

**Дата регистрации:**

13.04.2010 г.

**Руководитель:** Безруков Иван Андреевич

**Реквизиты:** 630073, г. Новосибирск, ул. К. Маркса, д. 20, тел.: 8 (383) 346-09-66

**Email:** epos@epos.emf.nstu.ru

**Вид деятельности:**

Разработка энергосберегающей технологии производства высококачественных ферросплавов из бедных и трудно извлекаемых руд российских месторождений с использованием новых модифицирующих систем для обеспечения ресурсной независимости отечественной металлургии.

**Продукция/услуги:**

Энергосберегающие технологии для производства высококачественных ферросплавов.

**Технические характеристики продукции/услуг:**

Энергосберегающая технология получения высококачественных ферросплавов из бедных и трудно извлекаемых руд российских месторождений обеспечивает: одностадийность переработки руд; использование нового сырьевого материала (шихта с наноразмерными компонентами); КПД суммарный – в 1.5–2.5 раза выше (в зависимости от вида ферросплава), чем на существующих современных рудотермических печах открытого и закрытого типа; степень извлечения металлов из компонентов бедных руд (менее 15 % в руде по базовым элементам) возрастает с 65–70 % до 95 %; общее снижение себестоимости продукции до 30 %.

**Инновационные результаты:**

В настоящее время разработана конструкция плазменной рудовосстановительной печи; выполнены металлургические исследования процессов в плазменной печи; экспериментально доказаны заявленные технологические преимущества и эффективность печей; технические решения защищены патентами.

**Область применения результатов:**

Отрасли промышленности.

**Объекты интеллектуальной собственности:**

Вакуумная электронно-плазменная печь. Патент № 2376394, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20.12. 2009 г.

Катодный узел вакуумной электронно-плазменной печи, патент № 2390109, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20.05.2010 г. Способ получения мелкодисперсного очищенного порошка тугоплавких металлов и устройство для его осуществления, патент № 2388194, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20.05.2010 г.

**Наличие коммерциализации продукции/услуг:**

Налажен процесс производства и реализации готовой продукции.

**Наименование организации:**

Новосибирский государственный университет

**Наименование малого инновационного предприятия:**

Общество с ограниченной ответственностью «СВЧ Активация сибирских топлив»

**Сокращенное наименование:**

ООО «СВЧ АСТ»

**Дата регистрации:**

08.02.2011 г.

**Руководитель:** Пашенко Сергей Эдуардович

**Реквизиты:** 630117, г. Новосибирск, ул. Арбузова, д. 1/1, тел.: 8 (913) 786-25-58

**Email:** pashenko-ecolog@yandex.ru

**Вид деятельности:**

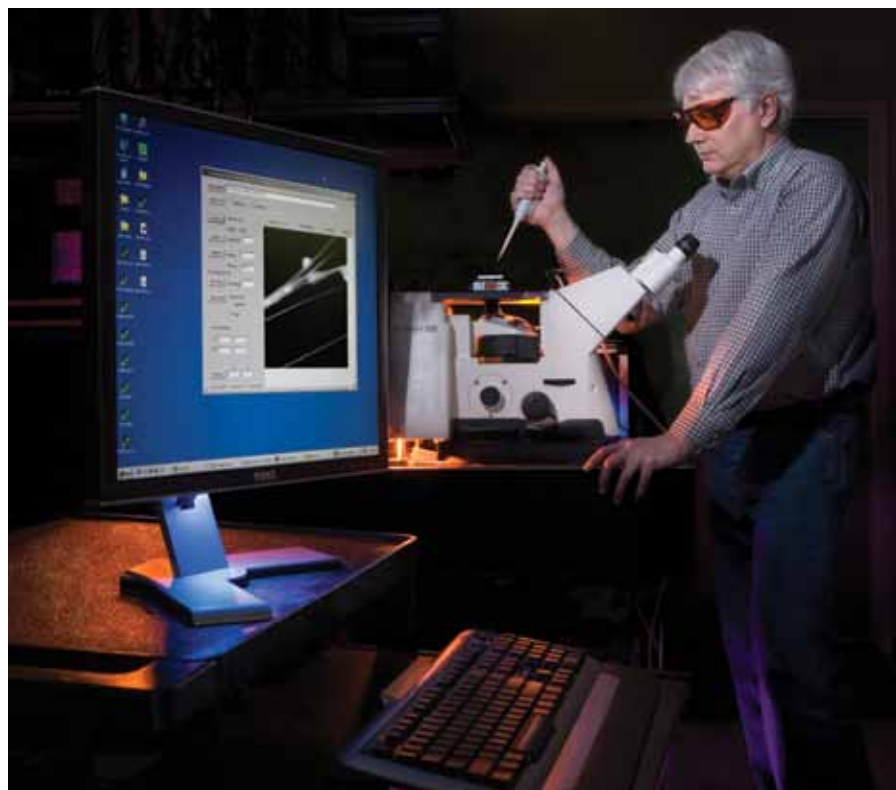
Разработка новых методов высокочастотного активирования, зажигания и горения различных видов топлив, включая и некондиционные топлива; разработка новых устройств и котлов для проведения СВЧ активирования и их внедрение в различных отраслях промышленности; разработка программного обеспечения оптимизации СВЧ процессов активации топлив разного вида; создание баз данных и информационных ресурсов по СВЧ активации топлив разного типа; выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, разработка и внедрение инженерных проектов и новых технологий, производство и реализация научно-технической продукции.

**Продукция/услуги:**

Разработка методических основ СВЧ активации углей Сибирского региона; разработка методов оптимизации тушения очагов горения свалок и торфяников на основе новых моделей окисления матриц топлив, полученных в СВЧ экспериментах; создание СВЧ приставок активации угольного топлива для угольных котлов мощностью до 1 Мвт на базе Черепановского завода.

**Инновационные результаты:**

Созданы малые переносные СВЧ активаторные устройства для расходов до 10 кг в час по кусковому углю. Показаны



Sandia National Laboratories

зано, что СВЧ излучение внутренних объемов угля с одновременным образованием каталитических нанокластеров для инициирования ОН-радикала в факеле горения позволяет эффективно поддерживать режимы горения на оптимальном уровне. В зимнее время в подготовке углей наблюдаются многочисленные проблемы из-за остаточной влажности угля и его смерзания, тогда как СВЧ активаторы с переносными 2–3 кВт генераторами тока могут работать практически в любых условиях. Опытные партии активаторов для угольных котлов до 1 Мвт прошли тестовые испытания на заводе котлов в Черепановске, применены для активации отходов угольной крошки Листвянской обогатительной фабрики (Новосибирск), двух угольных карьеров Кемеровской области. Имеется договоренность и запросы от администраций и малого бизнеса различных районов Новосибирской и Кемеровской областей на испытание СВЧ активаторов. На основе полученных результатов по исследованию горения неконденсационных топлив под действием СВЧ были предложены и новые механизмы тушения источников внутреннего воспламенения на полигонах твердых бытовых отходов и торфяников. Метод прошел испытания в ГУП ЖКХ НЦО СО РАН (Новосибирск). Ряд новых типов СВЧ активаторов постоянно тестируется на огневых стендах ИТФ СО РАН, ИФЯ СО РАН и НГУ для угольных топлив различного типа, поступающих как из Сибирского региона, так и из Монголии.

**Область применения результатов:**

Угольная промышленность.

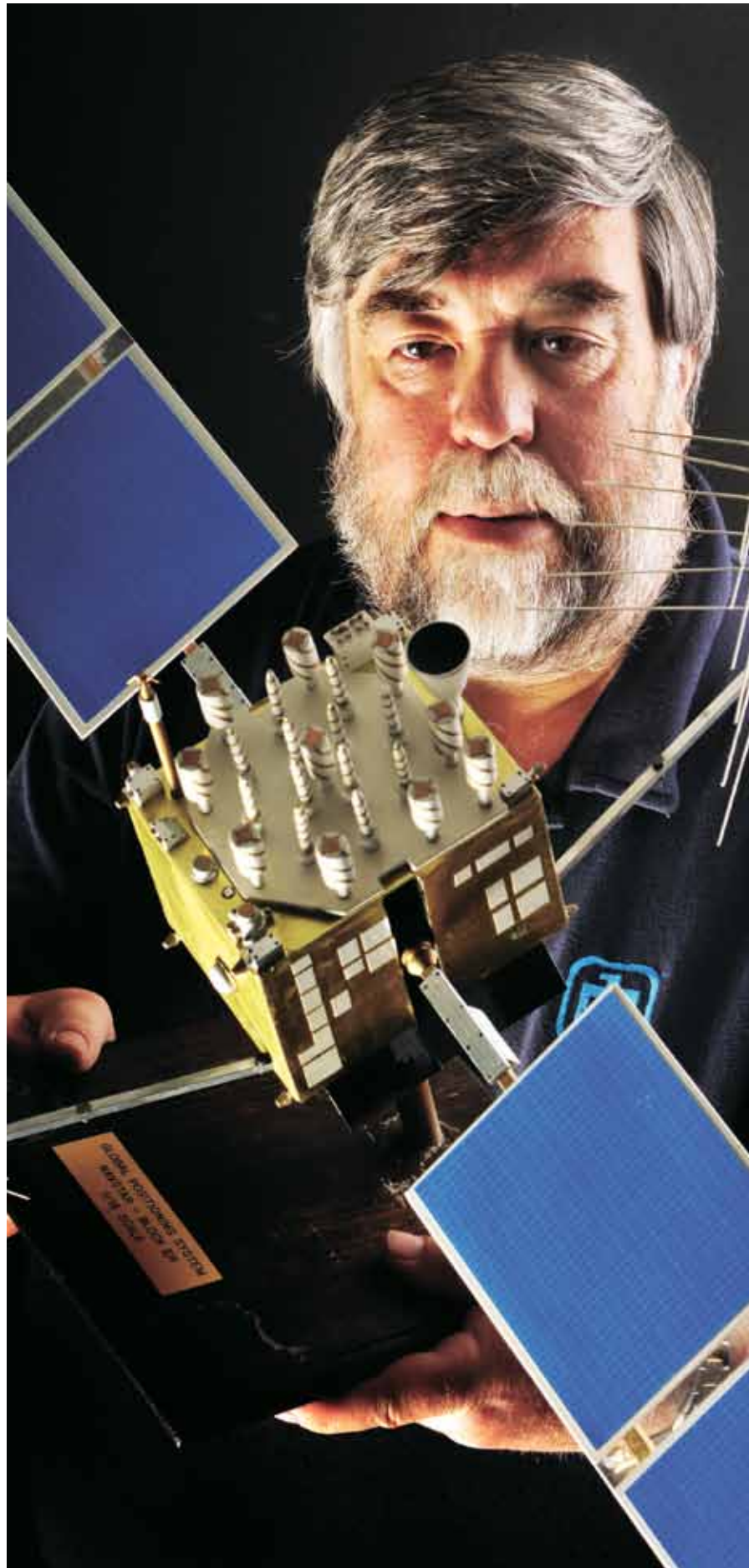
**Объекты интеллектуальной собственности:**

Способ СВЧ-градиентной активации угольного топлива для высокоэффективного и экологически чистого его сжигания. Технология ноу-хау, оформлена заявка на патент.

Форсунки газодинамические вихревые для активации угольного слоя в тепловых котлах специального типа. Технология ноу-хау, оформлена заявка на патент.

Способ и устройства для непрерывного измерения температур топлив в полевых условиях при наличии мощных помехонесущих СВЧ полей. Технология ноу-хау, оформлена заявка на патент.

Способ предупредительного тушения источников внутреннего воспламенения полигонов твердых бытовых отходов и торфяников. Технология ноу-хау, оформлена заявка на патент.



Sendia National Laboratories





**Рецензия на книгу Р.А. Андриевского «Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы» — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.— 252 с.**

Предыдущая книга Ростислава Александровича Андриевского (Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. Наноструктурные материалы. Учебное пособие для вузов.— М.: Изд. центр «Академия», 2005) была посвящена современному состоянию науки о наноструктурных материалах. В книге были описаны и проанализированы не только данные о структуре, физико-химических, механических и других свойствах наноструктурных материалов, но и представлена информация об основных технологических приемах их получения, применения в технике, медицине, сельском хозяйстве и других областях.

Рецензируемая монография — продолжение указанной выше книги. В предисловии и введении к ней достаточно полно освещен чрезвычайно запутанный вопрос, связанный с использованием терминов «наноматериалы» и «нанотехнологии». Впервые рассмотрены практически все известные варианты определений данных терминов как в отечественной, так и в зарубежной научной литературе и детально раскрыто содержание этих терминов.

Самая большая по объему первая глава монографии «Размерные эффекты в наноматериалах» посвящена анализу роли данных эффектов, а также влиянию структуры внешних поверхностей раздела наночастиц или внутренних границ наноразмерных зерен в консолидированных наноматериалах на формирование физико-химических,

механических и других свойств указанных материалов. В этой главе удалось классифицировать основные эффекты, проявляющиеся в наноматериалах. К безусловному достоинству рецензируемой книги относится впервые встречающееся в монографической литературе краткое, но вместе с тем емкое по содержанию изложение описания особенностей термодинамических, физических и механических свойств наноматериалов с обзором научных работ, вышедших в последние годы.

Содержание второй главы монографии, посвященной систематизации и анализу данных по стабильности наноструктур, естественным образом продолжает формирование у читателя полного представления о структуре и свойствах наноматериалов. Действительно, наиболее общей характерной особенностью наноматериалов является неравновесный характер их состояния, связанный, как известно, с наличием значительной избыточной поверхностной энергии, неравновесных фаз и сегрегаций. На первый взгляд данная общая характерная особенность, следствием которой является нестабильность структуры и связанных с ней свойств наноматериалов даже в интервале температур вблизи комнатной, представляется исключительно негативным фактором. Так оно и есть для подавляющего большинства случаев. Однако, как проиллюстрировано в монографии, другой «стороной медали» наличия неравновесности структуры наноматериалов является возможность проявления у таких материалов уникальных свойств. К ним, в частности, относятся: описанное в первой главе явление низкотемпературной/сверхскоростной сверхпластичности металлических наноматериалов и обнаруженная в последние годы возможность достижения значительного повышения радиационной и коррозионной стойкости материалов за счет формирования в них наноструктур. К сожалению, как справедливо отмечает автор монографии, сегодня нет полной ясности в вопросе о роли в реализации указанных эффектов характерных элементов структуры наноматериалов, таких как границы зерен и наночастиц, тройных стыков, и других наноразмерных особенностей структуры наноматериалов. Автор монографии завершает вторую главу не самым оптимистичным заключением о том, что, например, разработки коррозионностойких и, по-видимому, других наноматериалов пока находятся на чисто эмпирическом уровне.

Название третьей главы «Характерные наноматериалы, новые подходы и вызовы» само за себя говорит об акту-

альности рассматриваемого вопроса. На примере титана и кремния проведен анализ основных тенденций в области наноструктурного материаловедения. Действительно, сплавы и соединения (карбиды, нитриды, оксиды) на основе указанных химических элементов являются наиболее часто встречающимися объектами как фундаментальных, так и прикладных исследований. Прежде всего это обусловлено широким применением данных материалов в технике и медицине: кремний является базовым элементом в микроэлектронике, а титан и его сплавы по объемам и областям применения сегодня, по-видимому, уступают только стали. При этом объеме производства титановых сплавов и использование их в различных областях техники и медицины постоянно увеличиваются. В характеристике новых подходов и возможностей, открывающихся с применением наноматериалов, впервые в монографической литературе Р.А. Андриевскому удалось систематизировать практически все основные направления прикладных исследований наноматериалов в совокупности с анализом сегодняшнего состояния вопроса по их освоению в промышленности и коммерциализации.

Не меньший интерес, чем оригинальные главы, представляют и два приложения к тексту монографии. В первом из них («Журналы в области нанотехнологии. Место России в мировом наносообществе») дается подробная информация об отечественных и зарубежных журналах, публикующих статьи по нанотематике, и дается анализ роли и места публикаций отечественных ученых в общем обширном информационном потоке научных работ по рассматриваемому вопросу.

Второе приложение («Новые возможности в методах исследования наноматериалов») чрезвычайно полезно для экспериментаторов, занимающихся изучением структуры наноматериалов. Читатель может познакомиться с последними достижениями в развитии экспериментальной техники и списком статей, посвященных указанным вопросам.

В заключение хочу выразить уверенность в том, что рецензируемая монография займет достойное место в ряду наиболее информативных и полезных широкому кругу специалистов книг по наноматериалам и нанотехнологиям и может быть использована студентами и аспирантами соответствующих специальностей при освоении курсов по наноматериалам и нанотехнологиям.

*Рецензент: д.ф.-м.н., профессор  
Ю.Р. Колобов*