ПерсТ
Информационный бюллетень
перспективные технологии
наноструктуры сверхпроводники фуллерены
http://perst.isssph.kiae.ru

Том 11, выпуск 22 30 ноября 2004 г.

В этом выпуске:

Нанофинансирование нанотехнологий в России

Квалифицировать изделие как нанотехнологическое можно, если, по крайней мере, один из его размеров находится в диапазоне от 1 до 100нм и этот размер ***существен для функций квалифицируемого изделия***.

В заголовок вынесен короткий комментарий А.Г.Забродского (директора ФТИ им. Иоффе РАН) к итогам совещания по вопросу «Нанотехнологии – проблема развития и подготовки кадров», проведенного 26.10.2004 г. межфракционным депутатским объединением (МДО) «Наука и высокие технологии» под эгидой академика Ж.И.Алферова совместно с представителями широкой научной общественности.

Déjà vue, дежа вю, дежа вю…Нечто полностью аналогичное было более года назад - Коллегия Минпромнауки (тогда) под эгидой министра И.Клебанова (тогда) - все с тем же участием представителей широкой научной общественности….Обратимся к 10–му выпуску ПерсТ'а с.г.: «По решению Коллегии Минпромнауки ранее была создана Рабочая группа (во главе с теперешним главой ФАНИ С.Н.Мазуренко), которая призвана объединить разрозненные исследования различных ведомств в единую Программу. Группа закончила разработку концепции новой Нанопрограммы, включающей 3 основных структурных части - выбор приоритетов; создание инфраструктуры для исследований и разработок; подготовка специалистов. В рамках этой концепции в свое время будет объявлен двухэтапный конкурс: на первом этапе - конкурс тематик, на втором - конкурс исполнителей. *Вероятнее всего*, новая Программа будет запущена с 2006 г.». *Вероятнее всего* – это и итог нового совещания. В его решениях – создать Рабочую группу специалистов при МДО «Наука и высокие технологии» и добиваться формирования и открытия финансирования федеральной целевой программы типа «Нанотехнологическая инициатива в России». В.А. Заяц, ученый секретарь Отделения физических наук РАН, к итогу совещания перефразировал академика В.Л.Гинзбурга («Чтобы дождаться Нобелевской премии, надо жить долго») - «Чтобы дождаться открытия Нанопрограммы в России, надо быть бессмертным».

Вернемся к сути докладов на упомянутом выше совещании МДО.

В прениях участвовали:

Асеев Александр Леонидович (член-корр. РАН, директор ИФП СО РАН)

Сурис Роберт Арнольдович (член-корр. РАН, ФТИ им. Иоффе РАН)

Чаплыгин Юрий Александрович (член-корр. РАН, ректор МИЭТ)

Назаренко Владимир Андреевич (член-корр. РАН, директор ПИЯФ РАН)

Быков Виктор Александрович (генеральный директор МТ-НДТ)

Евдокимов Юрий Михайлович (профессор, заведующий лабораторией Института молекулярной биологии РАН)

Чеховой Анатолий Николаевич (генеральный директор Инженерного центра РИА «Передовые технологии»)

И далее ...

2 Области применения нанотехнологий

5 Финансирование наноисследований и наноразработок в мире

НАНОТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

6 Наноматериалы

- Нанокомпозиты для компактных источников питания
- Самоочищающиеся наноматериалы
- Нанокомпозиты для хранения водорода
- Наноструктурированные лечебные препараты
- Наномаркеры для медицинской диагностики

10 Наноструктуры в электронике

- Наноэлектромеханические системы на нанотрубках
- Фотоприемники для ИК области на *AlGaAs/GaAs*
- Фоточувствительные структуры с квантовыми точками *Ge* в *Si*
- Магнитные наноструктуры для сверхбольших ЗУ
- Нанобиотехнологии

13 Диагностика наноструктур и наноматериалов

14 Подготовка кадров в области нанотехнологий

14 Проблемы и их возможные решения
Решения МДО «Наука и высокие технологии»

Петрунин Вадим Федорович (заведующий отраслевой лабораторией, МИФИ)
Спицын Борис Владимирович (д.х.н., заведующий лабораторией ИФХ РАН)
Заседателев Александр Сергеевич (заместитель директора Института молекулярной биологии РАН)
Боресков Глеб Константинович (аспирант Центра экономико-математических исследований).

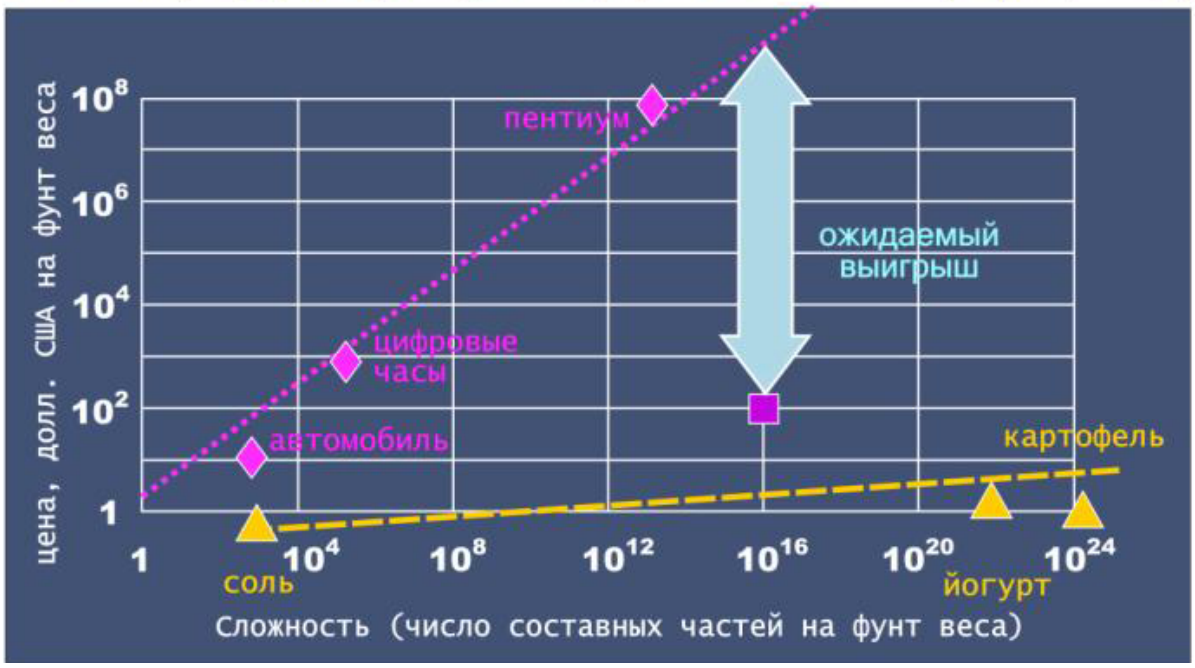
Каждый участник прений, коротко остановившись на впечатляющих достижениях зарубежных наноисследователей и еще более впечатляющем их финансировании, описал также сегодняшние результаты наноисследований, «нанофинансируемых» в России.

Области применения нанотехнологий

Перечислить все области, в которых эта глобальная технология может существенно повлиять на технический прогресс, не представляется возможным. Ниже – только их краткий перечень:

- элементы наноэлектроники и нанофотоники (полупроводниковые транзисторы и лазеры; фотодетекторы; солнечные элементы; различные сенсоры);
- устройства сверхплотной записи информации;
- телекоммуникационные, информационные и вычислительные технологии; суперкомпьютеры;
- видеотехника - плоские экраны, мониторы, видеопроекторы;
- молекулярные электронные устройства, в том числе, переключатели и электронные схемы на молекулярном уровне;
- нанолитография и наноимпринтинг;
- топливные элементы и устройства хранения энергии;
- устройства микро- и наномеханики, в том числе, актюаторы и трансдукторы, молекулярные моторы и наномоторы, нанороботы;
- нанохимия и катализ, в том числе, управление горением, нанесение покрытий, электрохимия и фармацевтика;
- авиационные, космические и оборонные приложения;
- устройства контроля состояния окружающей среды;
- целевая доставка лекарств и протеинов, биополимеры и заживление биологических тканей, клиническая и медицинская диагностика, создание искусственных мускулов, костей, имплантация живых органов;
- биомеханика; геномика; биоинформатика; биоинструментарий;
- регистрация и идентификация канцерогенных тканей, патогенов и биологически вредных агентов; безопасность в сельском хозяйстве и при производстве пищевых продуктов.

Прогнозируемое удешевление продуктов при переходе от традиционных методов создания нанообъектов ("сверху - вниз") к методам молекулярной и атомной само-сборки ("снизу - вверх")



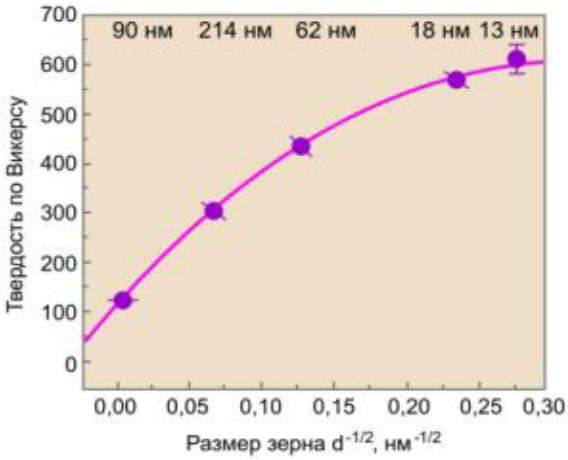
Нанотехнологии предполагают переход от традиционной технологии «сверху-вниз» к технологии «снизу-вверх», по которой Творцом создана вся Вселенная (вспомним Большой взрыв) и вся наша Природа, включая нас самих (от яйцеклетки к Венцу Творения, от макового зернышка к прекрасному цветку). Такой пере-

ход к созданию нанообъектов, как видно из диаграммы (см. рис. выше) приведет к значительному росту производительности и снижению стоимости продукции (Пентиум, сравнимый по стоимости с картофелем). Десятитомная “Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology” (2004, American Scientific Publishers) представляет уже реально достигнутое улучшение качества и появление новых функциональных возможностей при наноструктурировании материалов. Приведем примеры из упомянутой Энциклопедии.

Возрастание прочности и твердости наноструктурированных материалов.

Механические свойства обычного и нанокристаллического никеля

Свойства	Обычный, 10 мкм	Нано - Ni	
		100 нм	10 нм
Прочность, МПА (25°С)	103	690	>900
Предельная прочность на растяжение, МПА (25°С)	403	1100	>2000
Твердость по Викерсу, кг/мм^2	140	300	650



Применение:

Защита внутренней поверхности труб парогенераторов атомных станций в условиях высоких тепловых и потоковых нагрузок

Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 2004 American Scientific Publishers.

Увеличение эффективности сгорания топлива – добавка нанопорошкового алюминия в ракетное топливо увеличивает скорость его сгорания.

Создание новых взрывчатых веществ с объемным горением – на основе интеркалированного графита.

Очистка воды от бактериофагов (вирусов) – фильтры на основе нановолокон и нанотрубок.

Теплоносители в системах охлаждения – жидкости, содержащие наночастицы металлов, имеют многократно более высокую теплопроводность.

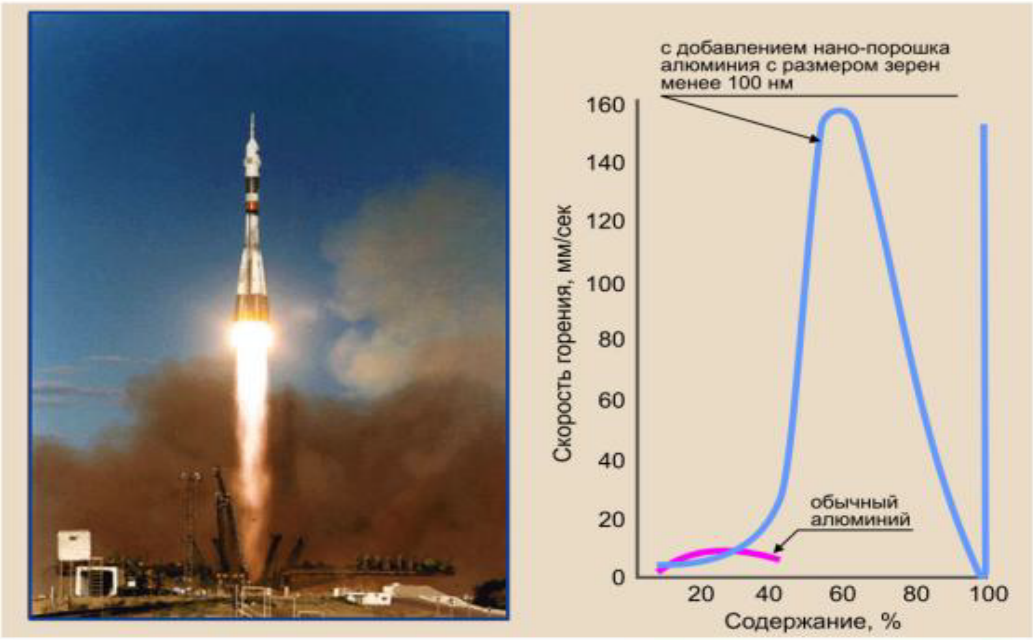
Самоочищающиеся материалы под действием солнечного излучения – оконные стекла, строительные материалы с покрытием из наноструктурированных материалов.

Водородная энергетика – нанокомпозиты, углеродные нанотрубки с повышенной способностью к накоплению водорода.

Компактные источники электропитания (миниатюрные батареи) – нанокомпозиты на основе твердых материалов с высокой ионной проводимостью.

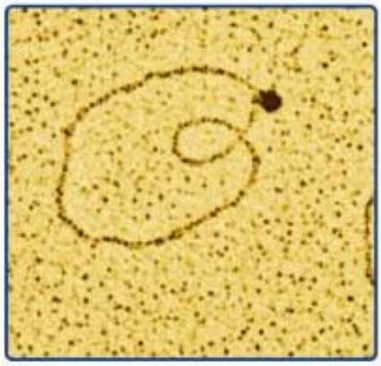
НАНО-АЛЮМИНИЙ В РАКЕТНОМ ТОПЛИВЕ

Порошок Al с размером зерен менее 100 нм

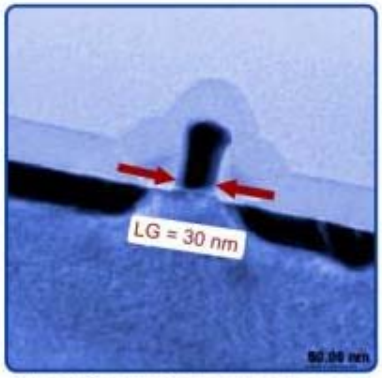


Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 2004 American Scientific Publishers.

Наноэлектронные приборы достигнут размеров ДНК.



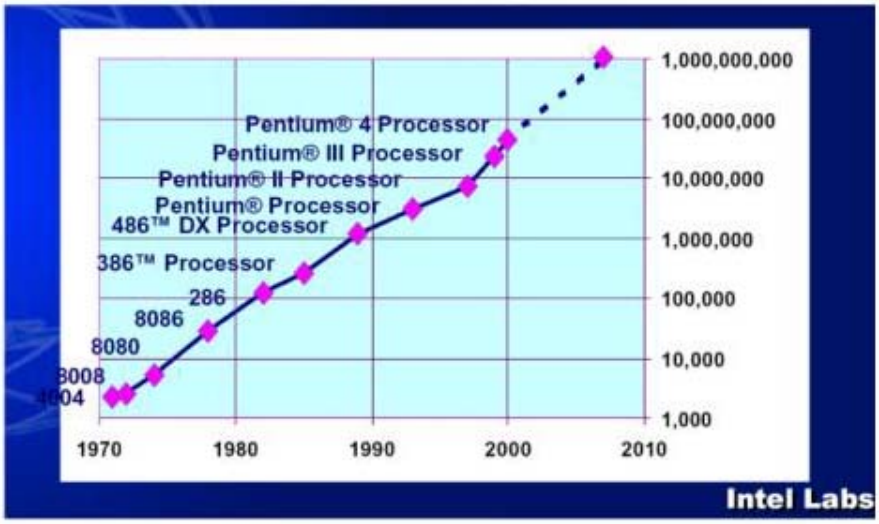
Декорировано частицами золота (10 нм) молекулы ДНК



Полевой транзистор с длиной затвора 30 нм (Intel)

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ ДОСТИГАЮТ РАЗМЕРА ДНК

Закон Мура: удвоение числа транзисторов каждые два года ведет к созданию микропроцессора с 1 миллиардом транзисторов



Наноструктурирование лекарственных средств позволит использовать меньшие дозы лекарств при большей эффективности (проведены испытания наноструктурированного аспирина).

Будут созданы новые бактерицидные и противовирусные средства - наночастицы серебра в порах цеолитов для эффективного залечивания ран; фильтры на нанотрубках для водоочистки

Магнитные наночастицы применимы для очистки крови от токсикантов.

Квантовые точки - могут использоваться как люминесцирующие наномаркеры для ранней диагностики раковых клеток.

Финансирование наноисследований и наноразработок в мире

Объем финансирования наноисследований и разработок в мире в 2004 г. оценивается в размере 8.8 млрд. долл. (в 2003 г. – 7.5 млрд. долл.). Ожидается, что к 2015 г. мировой рынок наноматериалов и нанотехнологий превысит 1 триллион долл. Число зарегистрированных патентов в области нанотехнологий с 1976 г. – 88546 (из них 64% - патенты США). Россия – явный аутсайдер в списке владельцев нанотехнологических патентов (к слову, российские ученые не лидируют в международных конференциях, например, среди приглашенных докладчиков на «Международную конференцию по нанотехнологиям: наука и применения - 2005» нет ни одного из России, хотя представлены Австралия, Бельгия, Великобритания, Германия, Индия, Испания, Италия, Канада, Нидерланды, США, Швейцария, Япония). Патентная служба США (US Patent and Trademark Office) устанавливает некоторое руководство по вопросу, что же действительно относится к нанотехнологиям. Служба в октябре с.г. открыла новый класс - Class 977 – специально для нанотехнологических патентов. По определению Патентной службы США для того, чтобы квалифицировать изделие как нанотехнологическое по крайней мере один из его размеров должен быть в диапазоне от 1 до 100нм и *этот размер должен быть существен для функций квалифицируемого изделия*. Это означает, что, даже если некоторые компоненты, например, компьютера могут быть отнесены к нанотехнологическим, то сам компьютер – нет.

Таблица 1. Финансирование наноразработок в мире в 2004 году.

Страна		Объем финансирования в 2004 г., млн. долл.
США	Федеральный бюджет	1600
	Частный бизнес	1700
Европейский Союз	Правительственное финансирование	1300
	Частный бизнес	700
Страны Азии	Правительственное финансирование	1600
	Частный бизнес	1400
Россия	Все правительственные каналы (Минпромэнерго, Минобрнауки, РАН, РФФИ и другие)	Несколько десятков млн. долл.

Необходимо отметить быстрый рост вложений в нанотехнологии в период 1997-2004 г.г., обусловленный осознанием фактического прогресса этой области исследований и разработок.

Таблица 2. Динамика бюджетных инвестиций в наноразработки за период с 1997 по 2004 годы.

Страна/объем финансирования, млн. долл.	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
США	116	140	165	270	422	604	710	1600
ЕС	126	140	165	200	270	400	1085	1300
Япония	70	-	-	245	465	650	-	-

НАНОТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

Наноматериалы

Институт электрофизики УрО РАН (Екатеринбург) - технология получения оксидных нанопорошков.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск) - технология плазменного нанесения наноструктурированных покрытий.

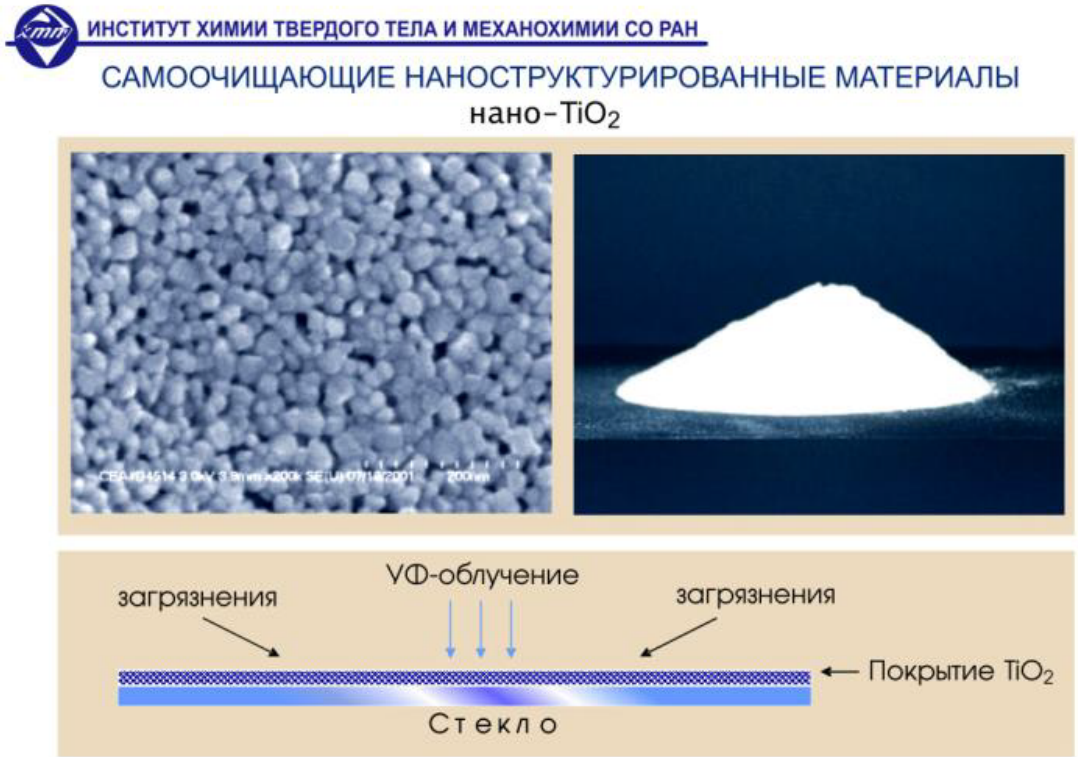
Институт химии твердого тела и механохимиии СО РАН (Новосибирск):

- механохимический синтез наноматериалов;
- нанокомпозиты на основе твердых материалов с высокой ионной проводимостью для компактных источников электропитания, миниатюрных батареек (см. рис.);
- самоочищающиеся строительные материалы, включая оконные стекла (см. рис.);
- эффективные материалы для аккумулирования водорода (см. рис.);
- эффективные фильтры для очистки воды и воздуха от бактериофагов на основе нановолокнистых материалов (см. рис.)
- эффективные лечебные препараты, такие как наноструктурированный аспирин, наноструктурированное серебро (см. рис.).

Институт физики твердого тела РАН (Черноголовка) - получены результаты, важные для разработки накопителей водорода на базе углеродных наноструктур. Обработкой в атмосфере молекулярного водорода под давлением 3–9 ГПа при температуре 450–500°C графитовые нановолокна и углеродные нанотрубки насыщенны водородом в количестве 6–6.9 вес.% водорода. Материалы с подобными характеристиками получены впервые в мире.

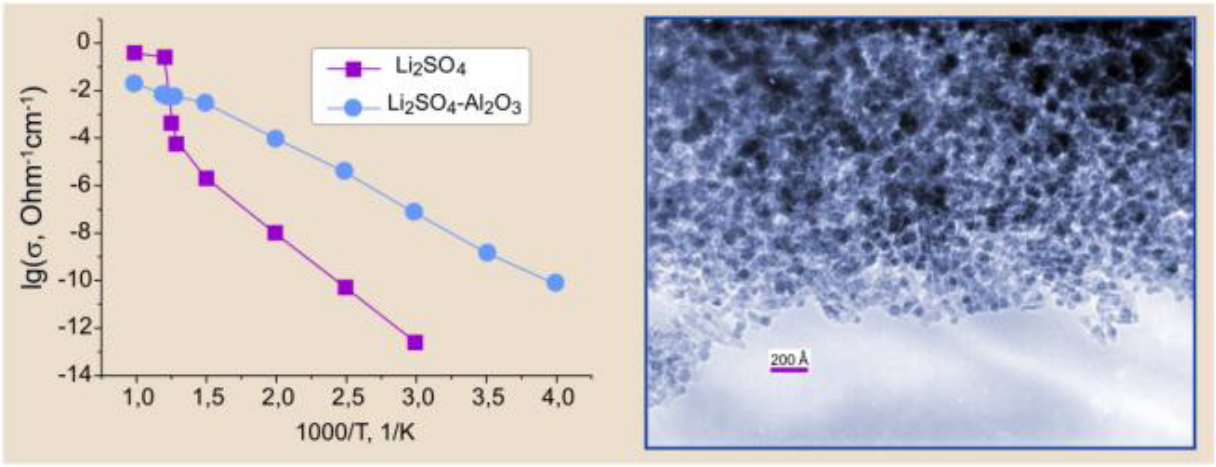
Отраслевая лаборатория (при МИФИ, Москва) - разработана технология синтеза нанодисперсных порошков (углеродных, металлических, оксидных), имеющих высокий коммерческий потенциал (эффективны для снижение температуры спекания топливных таблеток двуокиси урана, в качестве фильтров для сверхтонкой очистки, водородных аккумуляторов, антикоррозионных покрытий, магнитных красок для защиты ценных бумаг).

Институт физической химии РАН (Москва) – разработана технология тонких наноструктурированных алмазных пленок.



ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН

НАНОКОМПОЗИТ ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА Li_2SO_4-Al_2O_3 С ВЫСОКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ ИОНОВ ЛИТИЯ

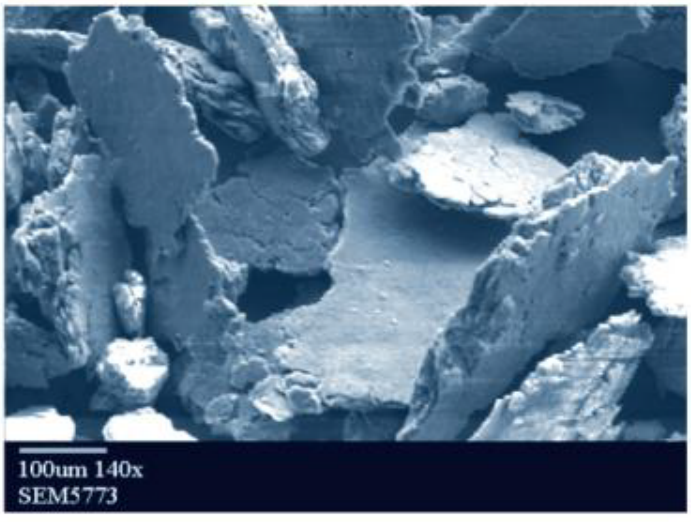


Применение:

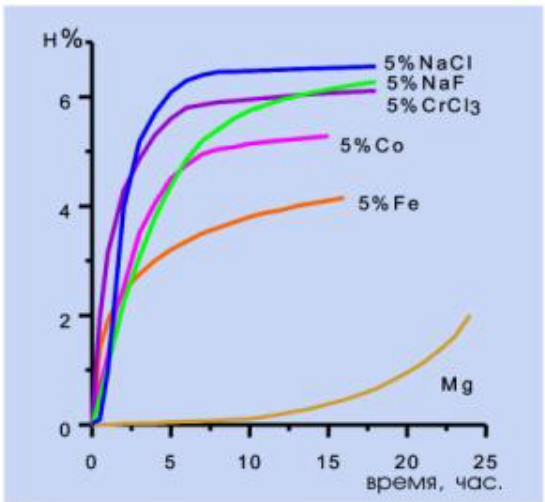
Миниатюрные и гибкие батареи, газовые сенсоры

ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН

НАНОКОМПОЗИТЫ – МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗА ГИДРИДОВ



Внешний вид и микроструктура механических сплавов (Mg-Ni)

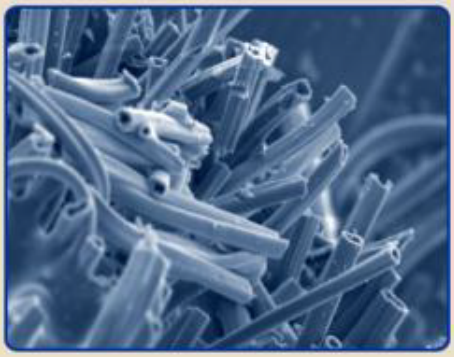


Кинетика гидрирования, I цикл, T=350°C, P_{H_2}=15 атм.

ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН

БИОФИЛЬТРЫ НА ОСНОВЕ НАНО - ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ БАКТЕРИОФАГОВ (ВИРУСОВ) ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ

Полые трубки полученные синтезом "по основанию"



Толщина, мм	Весовая доля нановолокон %	MS -2 % удаления	PRD -1 % удаления
1.1	0	8	-
1.2	2	14	-
1.0	5	29	-
1.1	8	94	-
1.1	20	>99.9999	99.99999
1.3	30	>99.9999	>99.99999
1.3	40	>99.9999	99.99991
1.2	50	>99.9999	>99.99999
1.3	60	>99.9999	99.99999
1.2	70	>99.9999	99.99999

ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН

Растворимые таблетки ацетилсалициловой кислоты

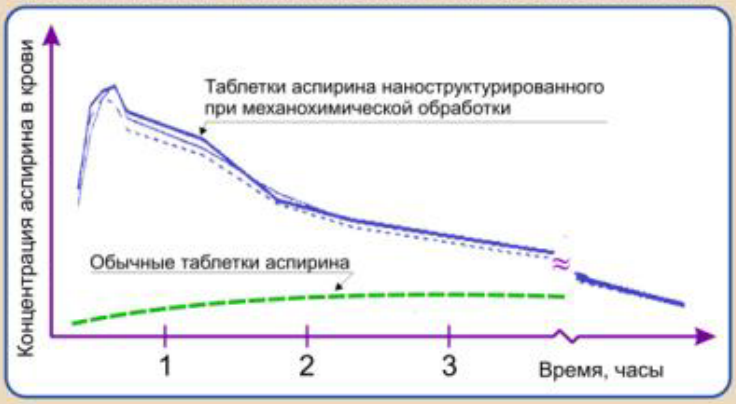
Преимущества разработанных таблеток:

- Общий вес таблетки уменьшен в 5 раз;
- Уменьшено количество вспомогательных веществ;
- Малое газовыделение при растворении;
- Возможность приема препарата как после его предварительного растворения, так же как и путем проглатывания таблетки, запивая водой. Для импортных аналогов проглатывание таблетки невозможно из-за ее величины и большого газовыделения;
- Уменьшение себестоимости производства в 3-4 раза.

Недостатки разработанных таблеток:

Пониженная скорость растворения в холодной воде (10-25 °С).

Сравнительная фармакокинетика при пероральном приеме



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (РОСПАТЕНТ)

ПАТЕНТ

№ 2223058

на ИЗОБРЕТЕНИЕ

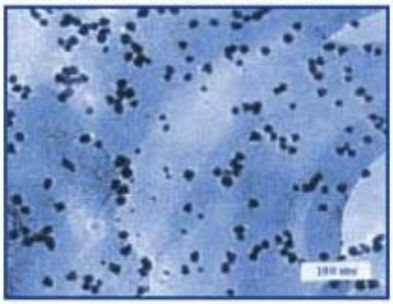
"Способ получения твердой быстрорастворимой дисперсной системы, содержащей ацетилсалициловую кислоту"

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕОЛИТА

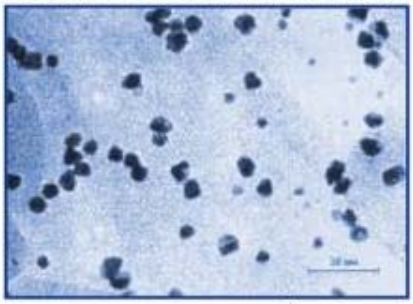
✓ *новое эффективное лекарственное средство с бактерицидными и противовирусными свойствами.*

Подтверждено результатами клинических испытаний.
Защищено патентами Российской Федерации.

Электронные микрофотографии образца цеолита с наночастицами серебра



из оксалата серебра



из стеарата серебра

Мазь "Гидропент" для лечения инфицированных ран.
Патент 2233652 РФ, БИ °22(2004)

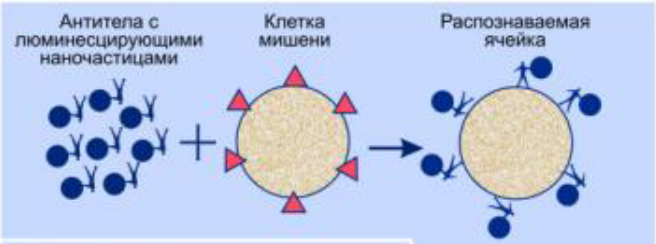
Средство «Арголит» для лечения инфицированных ран.
Заявка на изобретение №2002135207/15. Положительное решение о выдаче патента от 20.08.2004.

Авторы разработки:

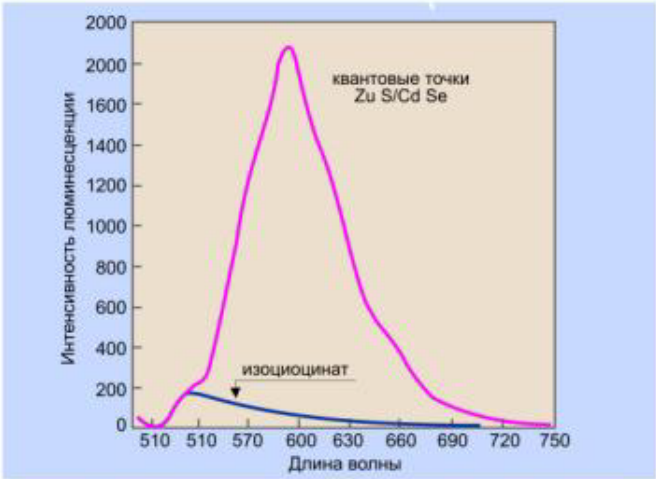
Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирская государственная медицинская академия, Новосибирская государственная областная клиническая больница, ЗАО «Вектор Бест», Национальный Мексиканский университет, Сибирский университет потребительской кооперации, Новосибирский институт экономики и менеджмента.

ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН

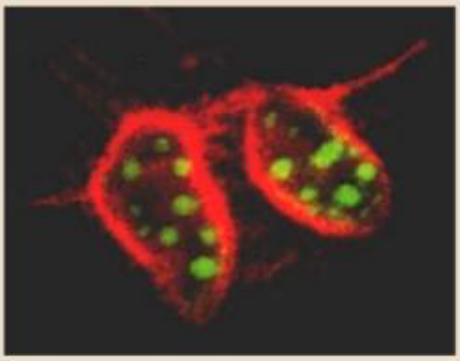
КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ КАК ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЕ НАНОМАРКЕРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ



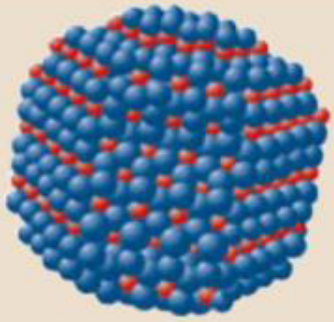
Принцип распознавания клеток мишени при использовании светящихся маркеров



Эмиссионный спектр маркированного 30 нм частицами люмфоцита $SmIgG^+$



Квантовые точки в клетках мыши



Нанокристалл ZnSe селенида цинка

Наноструктуры в электронике

Ведущие организации - ФТИ им. Иоффе (С.-Петербург), ФИАН (Москва), ИРЭ РАН (Москва), ФТИАН (Москва), ИОФ РАН (Москва), Институт СВЧ полупроводниковой электроники (Москва), ИФМ РАН (Н.Новгород), ИФТТ РАН (Черноголовка), ИФП СО РАН (Новосибирск), МГУ, СПбГТУ.

В этой области исследований российские достижения мирового уровня:

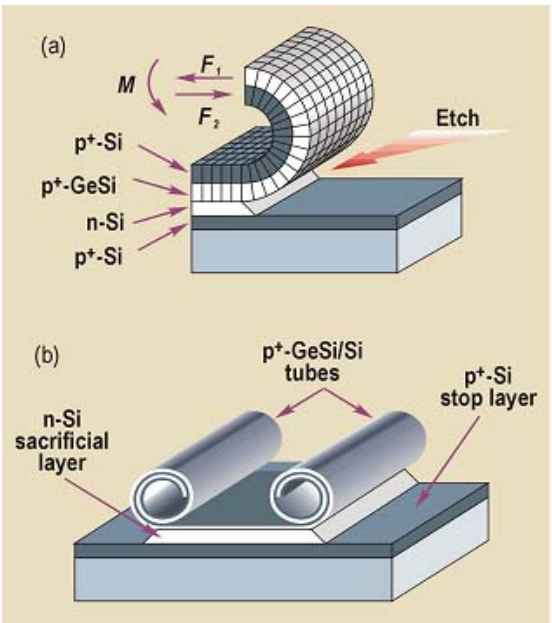
- полупроводниковые лазеры на квантовых ямах, каскадные лазеры (λ = 3-17 мкм, ТГц); инжекционные лазеры (мощностью до 17Вт при мм размере); эффективные солнечные элементы, сверхяркие светодиоды, наногетероструктурные ИС (ФТИ им. Иоффе РАН);
- оборудование для нанолитографии в области экстремального ультрафиолета, λ = 13.5нм (ИФМ РАН, Н.Новгород);
- оборудование и МЛЭ технология для выращивания слоев *HgCdTe,* стратегически важного материал для ИК техники (ИФП СО РАН;
- диагностическая аппаратура для исследования наноструктур - СТМ, АСМ (ф. НТ-МДТ, Зеленоград).

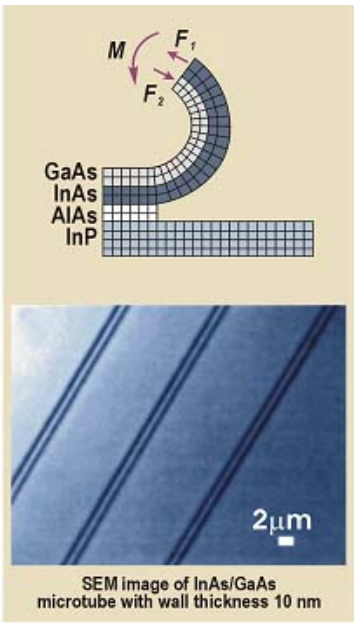
Методом МЛЭ в ИФП СО РАН изготовлены экспериментальные образцы матричных фотоприемных модулей форматом 320x256 элементов на основе гетероструктур *GaAlAs/GaAs* с квантовыми ямами - λ = 7-9мкм, разрешение по температуре 40-70мК (см.рис.).

На основе эпитаксиальных гетероструктур *Ge/Si* на подложке “кремний-на-изоляторе” в ИФП СО РАН созданы фотодетекторы на диапазон длин волн 1.3-1.55мкм с активной областью, включающей 36 слоев нанокластеров (квантовых точек) *Ge.* За счет многократного внутреннего отражения достигнуты значения квантовой эффективности 21% и 16% для длин волн 1.3 и 1.55мкм, соответственно. Фотодетекторы на квантовых точках перспективны в качестве фотонных компонентов волоконно-оптических линий связи с повышенной пропускной способностью (см. рис.).

Нанотехнологии позволяют интегрировать на одном кристалле функции восприятия и обработки изображения с использованием квантоворазмерных фоточувствительных наноструктур, что приведет к созданию систем «искусственного» (технического) зрения с расширенным (в УФ и ИК области) спектральным диапазоном по сравнению с биологическим зрением. Системы технического зрения и фотонные компоненты на наноструктурах, способные принимать и обрабатывать огромные массивы информации, создадут основы принципиально новых телекоммуникационных устройств, систем экологического и космического мониторинга, тепловидения, робототехники, высокоточного оружия, средств борьбы с терроризмом.

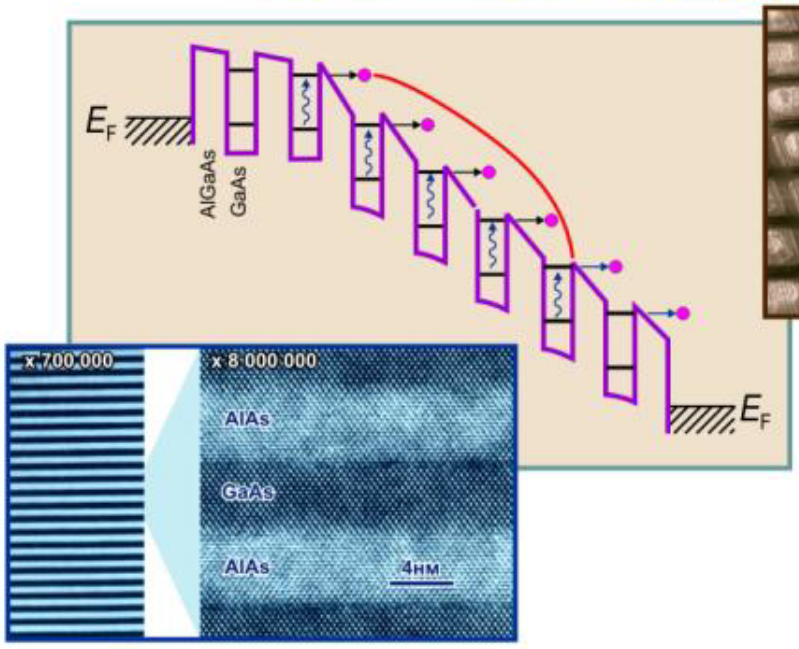
Технология формирования нанотрубок из полупроводниковых, диэлектрических и металлических материалов (ИФП СО РАН) послужит основой для создания оригинальных наноэлектромеханических систем (см. рис.).



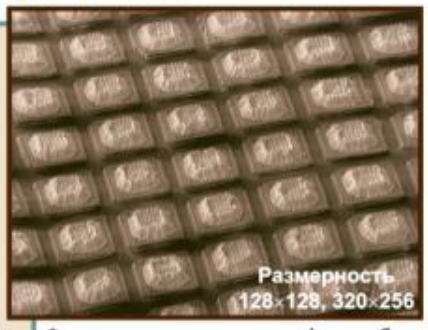


ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ СО РАН

Фотоприемники для инфракрасной области спектра на основе эпитаксиальных структур AlGaAs/GaAs



Изображение в высокоразрешающем электронном микроскопе



Фотоприемная матрица с In столбами

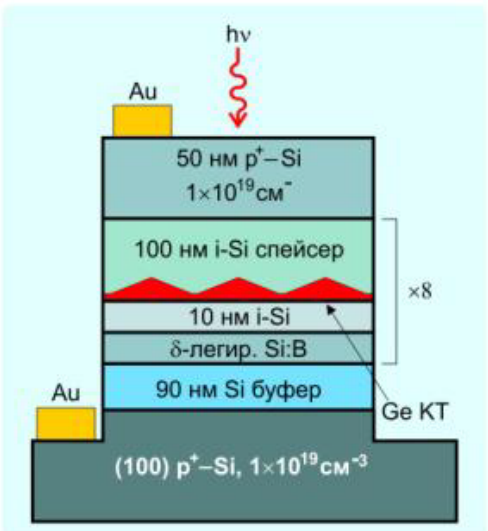
ИК изображение матрицы 128X128
спектральный диапазон 7,5 - 8,8 мкм
частота кадров 50 Гц, температура 65К

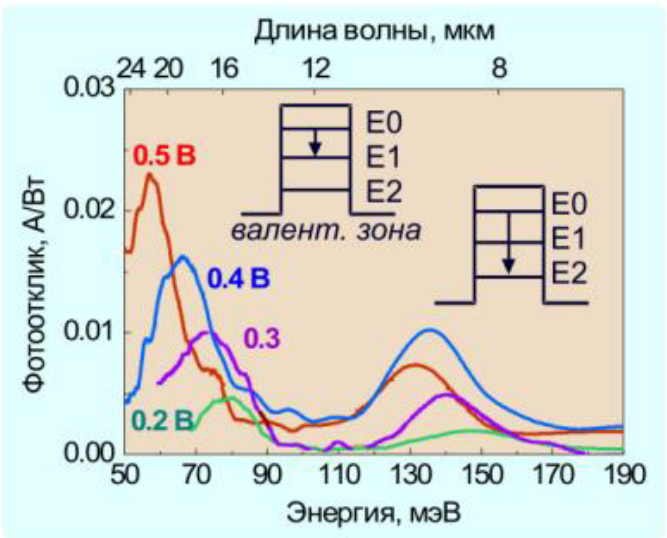
В.Н. Овсюк, А.И. Торопов, В.В. Шашкин,
"Матричные фотоприемные устройства инфракрасного диапазона",
Наука, Новосибирск, гл. 4, 2001г.

А.И. Торопов, В.В. Шашкин
В кн: Нанотехнологии в полупроводниковой электронике,
изд. СО РАН, Новосибирск, 2004, § 4.1, с. 252-272

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ СО РАН

Фоточувствительные структуры с квантовыми точками Ge в Si





Обнаружительная способность при T=300 К и λ =10-20мкм D* =(0,7 - 1,7) · 10^8 см $Hz^{1/2}$/W

А.В. Двуреченский, А.И. Якимов;
В кн: Нанотехнологии в полупроводниковой электронике,
изд. СО РАН, Новосибирск, 2004, § 4,4, с. 308-337

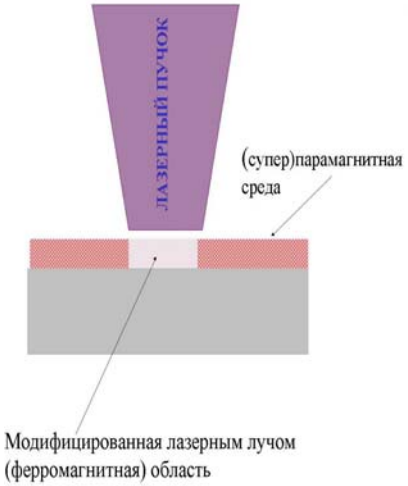
A.I. Yakimov, A.V. Dvurechenskii, A.I. Nikiforov, Yu.Yu. Proskuryakov.
J. Appl. Phys. v. 89, № 10, 5676(2001).

В ИФМ РАН (Н.Новгород) освоена технология прямой лазерной литографии для формирования магнитных наноструктур для сверхплотной записи информации.

ПРЯМАЯ ЛИТОГРАФИЯ МАГНИТНЫХ НАНОСТРУКТУР

Наноразмерные ферромагнитные области формируются непосредственно (без применения резистов) на поверхности ферромагнитной пленки в интерференционных максимумах.

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП



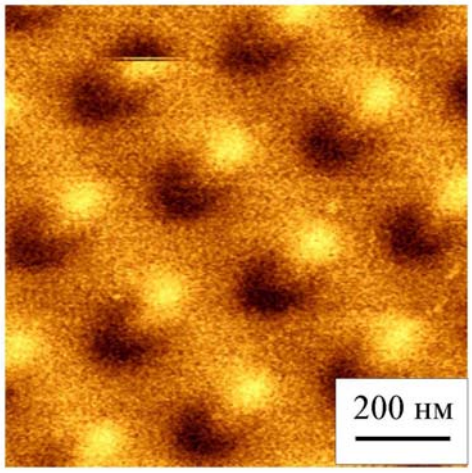
Предназначена для:

- производства массовой магнитной памяти со сверхплотным хранением данных

Запись информации с плотностью до 100 Гбит/см^2

Размер бита информации 150 нм (в перспективе - 15 нм)

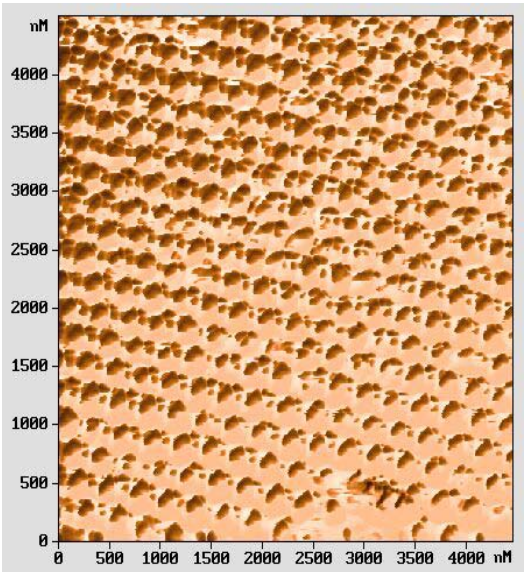
Изображение полученных магнитных элементов



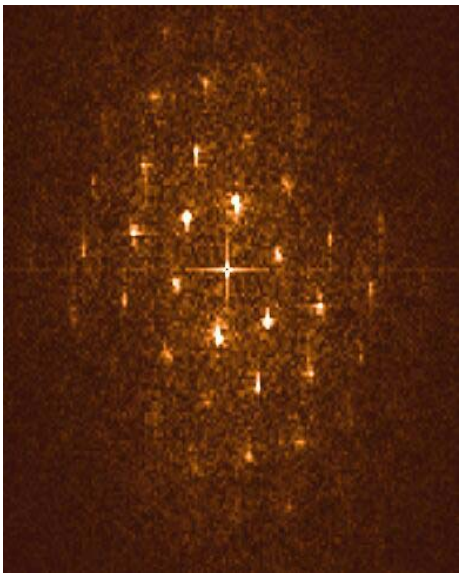
Изображение решеток магнитных элементов (битов двоичной информации) получено методом магнитно-силовой микроскопии.

Другой подход к созданию сверхплотной магнитной памяти на наночастицах реализуется в ИФТТ РАН – заполнение нанопор в опаловых кристаллах наночастицами никеля.

ДВУМЕРНЫЕ УПОРЯДОЧЕННЫЕ МАГНИТНЫЕ НАНОРЕШЕТКИ Ni НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ОПАЛОВЫХ ПЛЕНКАХ



Суперпозиция изображений атомно-силовой и магнитно-силовой микроскопии



Фурье образ магнитной сверхрешетки

Нанобиотехнологии

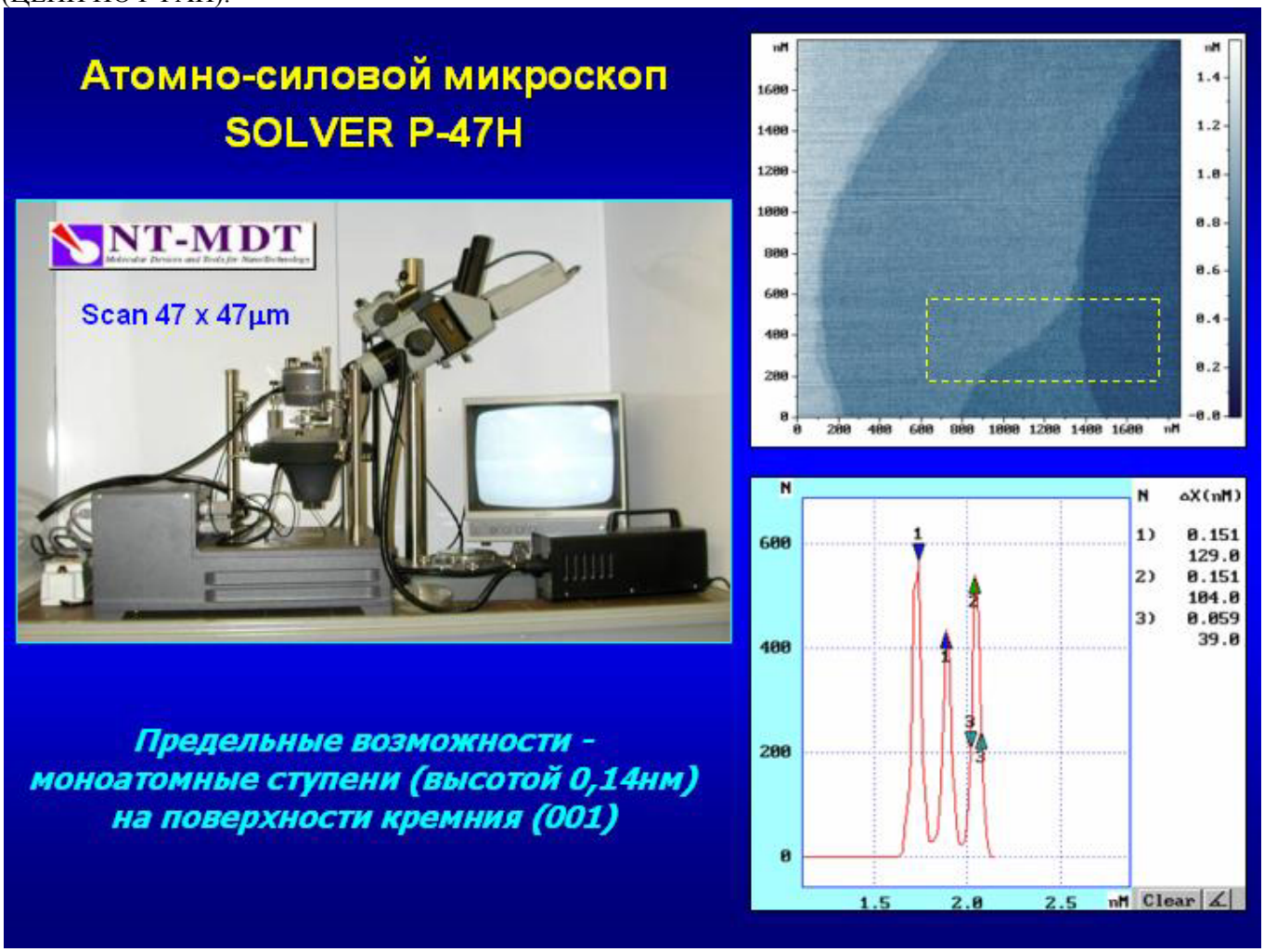
Наноструктурирование на основе двухцепочечных нуклеиновых кислот, т.е. направленное создание сложных трехмерных конструкций, «строительными» блоками которых являются молекулы нуклеиновых кислот, - эта проблема решается в Институте молекулярной биологии РАН. Совместно с сотрудниками Института спектроскопии РАН создан оптический прибор, способный «работать» с частицами жидкокристаллических вариантов ДНК – портативный дихрометр, который в сочетании с биодатчиками позволяет обнаруживать более 40 различных соединений (генотоксикантов), нарушающих структуру молекул нуклеиновых кислот, например, в молекулах крови.

В ИМБ РАН разработана технология создания биологических микрочипов для детектирования последовательностей ДНК и специфических белков, важных для ранней диагностики многих заболеваний – туберкулеза, оспы, рака.

Диагностика наноструктур и наноматериалов

Здесь усовершенствованы «классические» методы исследований – скорректированы эффекты сферической аберрации и разработаны энергетические фильтры для высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии; развиты методы электронной голографии, сверхвысоковакуумной отражательной электронной микроскопии, микроскопии медленных электронов.

Революционным явилось широкое применение методов сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии (СТМ, АСМ). Значительный прорыв в российской приборостроительной базе – разработка и серийный выпуск СТМ и АСМ частной фирмой НТ-МДТ (Зеленоград) и сверхвысоковакуумных СТМ (ЦЕНИ ИОФ РАН).



Нужно отметить также использование в целях нанотехнологий и нанодиагностики

- синхротронных источников в РНЦ «Курчатовский институт» (Москва) и ИЯФ СО РАН (Новосибирск);
- нейтронных источников– высокопоточный реактор ПИК в ПИЯФ, (С.-Петербург; к сожалению, задерживается его полный запуск) и импульсный реактор ИБР-2 в Дубне.

Несмотря на широкий спектр нанотехнологических исследований и разработок в России, многие из них остаются невостребованными из-за неготовности производственной базы для их внедрения.

Подготовка кадров в области нанотехнологий

Положительным в этой области является опыт деятельности Научно-образовательного центра при ФТИ им. Иоффе и Специализированного учебно-научного центра при Новосибирском госуниверситете. Первым шагом в подготовке дипломированных специалистов по нанотехнологиям (специальности «Нанотехнология в электронике» и «Наноматериалы») явилось поручение Минобрнауки РФ (приказ № 71 от 29.01.2004) по подготовке кадров в ряде ведущих вузов России (МИЭТ, МВТУ им. Баумана, Новосибирский ГТУ, СПб ГЭТУ, Таганрогский ГРТУ, Нижегородский ГУ им. Лобачевского).

Для оптимизма нужно отметить, что пока короткий список Нобелевских лауреатов по темам, связанным с наноисследованиями, завершает российский лауреат – академик Жорес Иванович Алферов. Он же вместе с другим Нобелевским лауреатом Л.Есаки уже в течение многих лет организует наиболее представительный международный симпозиум «Наноструктуры: физика и технологии».

НОБЕЛЕВСКИЕ ПРЕМИИ

за результаты прорывного характера в области наноматериалов, нанотехнологий и наноэлектроники

Р.Фейнман (Нобелевский лауреат 1965 г.): «Там, внизу, еще много места»

1973 г. Л.Есаки, И.Гевер, Б.Джозефсон - теоретическое предсказание и экспериментальное открытие туннельных явлений;

1985 г. - К. фон Клитцинг - открытие квантового эффекта Холла;

1986 г. Э.Руска - создание первого электронного микроскопа, Г.Биннинг, Г.Рорер создание сканирующего туннельного микроскопа;

1996 г. Р. Смолли, Р.Курл, Г.Крото - открытие фуллеренов;

1998 г. Р.Лафлин, Х.Штермер, Д.Тсуи - открытие дробного квантового эффекта Холла;

2000 г. Ж.И.Алферов, Г.Кремер, Дж.Килби - создание полупроводниковых гетероструктур и интегральных схем.

Проблемы и возможные решения

В России все еще высок интеллектуальный потенциал научных и образовательных учреждений, высок уровень исследований в области наноматериалов и нанотехнологий, по ряду направлений опережающий мировой уровень (тут необходимо отметить, что высокий зарубежный уровень во многом определяют мигрировавшие туда российские ученые). Развитие российских исследований и разработок в этой области позволит российским компаниям развить внутренний рынок высоких технологий, а также восстановить научно-технический паритет с развитыми странами. Нанотехнологии могут привести к значительному прорыву в информационных и телекоммуникационных технологиях, в том числе в финансовой и банковской сфере, в сфере образования, в области создания новейшей материальной базы в медицине, в решении стратегически важных проблем для силовых ведомств и многих других сферах.

Основная проблема – слабая материальная база для развития нанотехнологий. Необходимы крупные капиталовложения со стороны государства. Для эффективного использования выделенных средств разумным является организация мощных распределенных региональных центров коллективного пользования (ЦКП) дорогостоящим уникальным диагностическим и технологическим оборудованием и их постоянное дооснащение в соответствии с профилем работы центров. Необходимы налоговые и таможенные льготы при закупке оборудования и аппаратуры. На первом этапе целесообразно организовать ЦКП в области наноматериалов и нанотехнологий в следующих региональных округах:

- Центральный (Москва),
- Северо-Западный (С.-Петербург),
- Приволжский (Н.Новгород),
- Уральский (Екатеринбург),
- Сибирский (Новосибирск).

Для экономического стимулирования нанотехнологических разработок и производства следует обратиться к опыту организации специализированных технопарков, а также всемерно поддержать малые высокотехнологичные компании в составе технопарков.

Необходимо предусмотреть систему мер по повышению качества преподавания естественно-научных дисциплин (математика, физика, химия, биология) в средних школах, среди важнейших – оснащение школ современными средствами преподавания и повышение статуса преподавателя. Для подготовки кадров высшей квалификации в области нанотехнологий необходимо организовать целевую материальную поддержку тех вузов, в которых уже ведется такая работа.

Решения МДО «Наука и высокие технологии»

Совещание приняло следующие решения:

1. Признать развитие нанотехнологий самой наукоемкой областью промышленности, медицины, биотехнологии, наноматериалов и одним из основных приоритетов национальной политики, требующих государственной поддержки.
2. Поставить вопрос о разработке и принятии Федеральной целевой программы «Развитие нанотехнологий в России».
3. Для экономического стимулирования инвестиций в развитие передовых разработок на основе нанотехнологий предоставить налоговые и таможенные льготы предприятиям и инвесторам и оказать поддержку малым высокотехнологическим компаниям.
4. В бюджете 2005 года необходимо предусмотреть инвестиции на развитие нанотехнологий.

При рассмотрении предложения о целесообразности создания промышленного холдинга «Наноэлектроника» (в составе групп предприятий на базе научно-технологического комплекса г. Зеленограда) Совещание высказало мнение, что в равной степени готовности находятся и другие региональные центры нанотехнологических исследований и разработок (такие как Санкт-Петербургский, Новосибирский, Нижегородский и другие), поэтому проблему необходимо рассматривать комплексно.

Если принять на веру утверждение, что техноэволюция на качественно ином уровне повторяет черты биологической эволюции, разбросавшей народы по множеству столетий, то, не вооружившись этой абсолютной технологией на начальном этапе техноэволюции, не окажемся ли мы на задворках новой техноцивилизации? Как доказала биоэволюция, из задворок не выбраться. Представители российского правительства от лозунга «Нет денег!» перешли к лозунгу «Денег не хватает всем!» Очевидно, в последнем случае имеется ввиду, что и за рубежом ученые жалуются на нехватку средств, но… одно дело, когда денег не хватает на *последние* метры стотысячекилометрого нанотрубного троса для космического лифта и совсем другое дело, когда их не хватает на *первый* метр.

Нанотехнология – это *абсолютная* технология, обеспечивающая прогресс во *всех* известных технических приложениях от Земных до Космических. В наноисследования уже сегодня включились более 30 стран мира, выбрав свои ниши и вкладывая в них большие средства. Для создания и сохранения паритета с ведущими странами мира в области нанотехнологий настоятельно необходима Федеральная целевая научно-техническая программа «Развитие нанотехнологий в России».

Движение в сторону нанотехнологий в России все же началось – нанотехнологии включены в Перечень критических технологий РФ, приняты решения на Коллегии Минпромнауки (2003 г.), проведено заседание и приняты решения МДО «Наука и высокие технологии». Возможно, нужно быть начеку и внимательно (каждый день) следить за газетой «Поиск» и Интернет сайтами – www.goszakupki.ru, www.extech.ru, www.ed.gov.ru и, возможно, новым сайтом ФАНИ www.fasi.gov.ru, который в настоящее время в стадии конструирования. Всем инициативным и предприимчивым желаем удачи в своевременном поиске новых конкурсов по нанотехнологическим исследованиям и разработкам!

При подготовке этого выпуска были использованы материалы из доклада директора ИФП СО РАН, член-корр. РАН А.Л.Асеева. Данные по Институту твердого тела и механохимии СО РАН предоставлены его директором член-корр. РАН Н.З.Ляховым. Использованы также данные из только что вышедших в свет 10-ти томной «Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology» (Ed. N.S.Nalwa, American Scientific Publ., 2004) и монографии "Нанотехнологии в полупроводниковой электронике" (ред. член-корр. РАН А.Л.Асеев, изд. СО РАН, 2004).

Редакция ПерсТ'а выражает искреннюю благодарность всем, предоставившим материалы и иллюстрации для подготовки этого выпуска, а также Виктору Анатольевичу Зайцу, по инициативе которого сотрудник ПерсТ'а присутствовал на совещании МДО «Наука и высокие технологии».

Экспресс-бюллетень ПерсТ выходит
при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям РФ,
Научных Советов Российских научно-технических программ:
"Актуальные направления в физике конденсированных сред",
"Перспективные технологии и устройства микро- и наноэлектроники", "Физика твердотельных наноструктур"

Редактор: С.Корецкая тел: (095) 930 3389, e-mail: stk@issp.ras.ru
В подготовке выпуска принимали участие:
С.Корецкая, Ю.Метлин, Л.Журавлева
Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова
Ответственный за тираж: Ю.Мухин