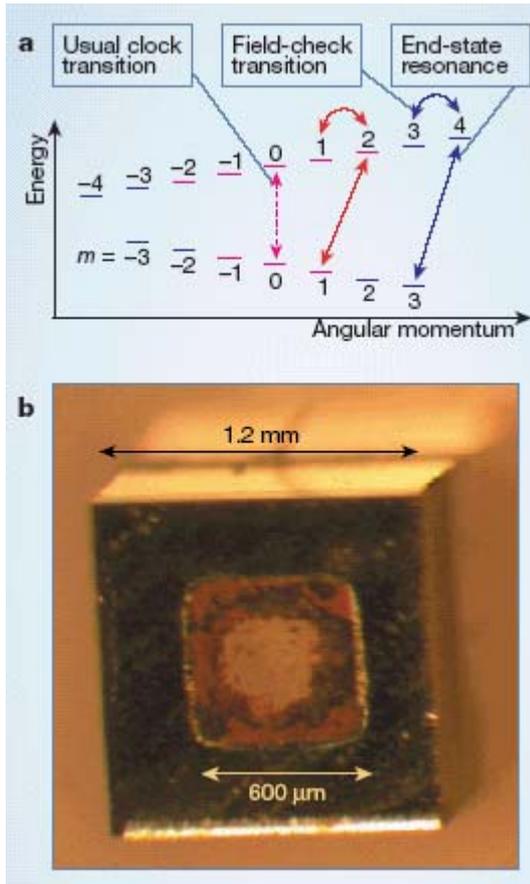


В этом выпуске:

ПРОРЫВ

Наручные атомные часы



Точность, как известно, вежливость королей... Современное общество не может обойтись без точного отсчета и измерения времени. В национальных метрологических лабораториях имеются специальные устройства, позволяющие определять время с погрешностью 10^{-15} (одна секунда в 30 миллионов лет). Эти устройства очень громоздки (величиной со шкаф) и дорогостоящи. Впрочем, для большинства нужд (например, для синхронизации передачи данных в многопользовательских сетях) оказывается достаточной точность $\sim 10^{-12}$. Ее обеспечивают приборы размером с ящик для

обуви и стоимостью около 50 000 долларов. Всего в мире насчитывается несколько тысяч таких приборов. Если бы удалось уменьшить их габариты, то диапазон услуг "службы точного времени" существенно расширился бы.

Прецизионный хронометраж основан на эффекте резонансного возбуждения атомов микроволновым излучением. Современные спектроскопические методики позволяют измерять частоту с колоссальной точностью. Например, для атомов цезия резонансная частота ν_{res} соответствует 9192631770 колебаний в секунду. Одно колебание – это один "тик" атомных часов. В качестве пары атомных состояний, между которыми индуцируются переходы, обычно выбирают состояния с магнитным квантовым числом $m=0$, поскольку разница энергий таких состояний (а значит, и резонансная частота) практически не зависит от флуктуаций магнитного поля. Так как длина волны излучения составляет 3.2см, то размеры атомных часов в принципе не могут быть меньше ~ 1 см. Для преодоления сантиметрового барьера можно попытаться использовать лазерное излучение, которое содержит две компоненты, различающиеся по частоте на величину ν_{res} [1]. Однако здесь на пути

И далее ...

НАНОСТРУКТУРЫ

- 2 Волнуется двумерное море...

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 2 Нанотрубки работают в Зеленограде

СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 3 Квантовые магнитные возбуждения от "полосок" в ВТСП

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 3 Перепутывание ионов для обработки квантовой информации
4 Новая идея Benjamin'a в новом журнале

МИКРОТЕХНОЛОГИИ

- 4 Автомобильные датчики НИИФП лучше бошевских

ФИНАНСЫ И РЫНОК

- 5 Новая инициатива ЕС
6 Рост финансирования нанотехнологий
6 Купите нанотрубки и постройте космический лифт (продолжение)

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 7-10 сентября 2004 г., Москва
. Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC – 2004)

миниатюризации встают чисто технологические проблемы, до недавнего времени казавшиеся неразрешимыми. Но человеческий разум в который уже раз преодолел барьер, воздвигнутый Природой на его пути. В работах [2-4] разработана технология изготовления атомных часов, помещающихся в объеме всего лишь несколько кубических миллиметров. Для этого потребовалось несколько новых идей, одна из которых состоит в использовании переходов между атомными состояниями с $m \neq 0$ (например, $m = 3; 4$ для атомов цезия и $m = 1; 2$ для атомов рубидия), что позволило существенно повысить устойчивость к шумам и другим помехообразующим факторам. В принципе уже сейчас можно запускать наручные атомные часы в массовое производство. Потребляемая ими мощность составит несколько десятых долей ватта, а стоимость не будет превышать 100 долларов. Они будут отставать (или убегать) не более, чем на одну микросекунду за сутки. Королям такое и не снилось! Вот только перестанут ли при этом студенты опаздывать на лекции, девушки – на свидания, а мужья – на тещины блины?

1. J. Kitching et al., *Electron Lett.* 2001, 37, 1449.
2. L.-A. Liew et al., *Appl. Phys. Lett.* 2004, 84, 2694.
3. J. Kitching et al., *Proc. 18-th Eur. Frequency and Time Forum*, April 2004.
4. Y.-Y. Jau et al., *Phys. Rev. Lett.* 2004, 92, 110801.

НАНОСТРУКТУРЫ

Волнуется двумерное море

Большая группа исследователей, в которую входят как бывшие, так и нынешние российские ученые И.Кукушкин, М.Акимов, С.Михайлов, И.Алейнер, В.Фалько, а также сотрудники Max-Planck-Institut für Festkörperforschung J.Smet и K. von Klitzing, сообщают о наблюдении новых осцилляций магнетосопротивления двумерного газа при облучении микроволновым излучением [1]. Поскольку частота излучения была ниже циклотронной, это сразу дало авторам право рассматривать их как новые по отношению к уже известным осцилляциям, впервые наблюдавшимся Zudov et al. Затем Mani et al. довели амплитуду осцилляций до такой величины, что получили состояние с нулевым сопротивлением, чем вызвали настоящий бум в физике. Эти осцилляции вполне объясняются теорией В.Рыжия, созданной более 30 лет назад, что признают A.Durst и S.Girvin в недавней публикации в *Science* [2].

Что касается новых осцилляций, то их зависимость от размеров образца явно указывала на то, что при облучении микроволнами генерируются некоторые колебания в двумерном газе, для которых границы образца служат резонатором. Авторы тщательно и вполне убедительно показали,

что такими колебаниями являются магнетоплазмоны.

Если принять во внимание, что интерпретация результатов представленной работы в значительной мере основана на теоретических исследованиях магнетоплазмонов, выполненных В.Волковым и С.Михайловым, то получается, что это в основном «русские» на сей раз взволновали двумерное море.

В.Вьюрков

1. *Phys.Rev.Lett.* 2004, 92, 236803
2. *Science* 2004, 304, 1752

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Нанотрубки работают в Зеленограде

В огромном потоке публикаций о применении нанотрубок в микроэлектронной технологии очень редко мелькают российские работы. Тем, правда, они ценнее.

Сотрудники Московского государственного института электронной техники (МИЭТ) И.Бобринецкий, В.Неволин и Ю.Чаплыгин изготовили и исследовали характеристики логических ключей на основе полупроводниковых однослойных углеродных нанотрубок (SWNTs). Для создания макетов транзисторов использовали схему из четырех золотых электродов шириной 1.5мкм и длиной около 60мкм, расположенных параллельно друг другу на расстоянии 1.5мкм на изолирующей поверхности SiO_2 толщиной 200нм [1]. Роль управляющего электрода выполняла предварительно легированная кремниевая подложка. Нанотрубки высаживали на электроды из раствора в изопропиловом спирте. Для логического элемента использовали два транзистора с проводимостью канала *p*-типа, имеющие, однако, разные пороговые напряжения. Из-за флуктуаций диаметров нанотрубок это оказалось возможным. Продемонстрирована работа логического ключа «НЕ» - основы всех компьютеров.

Конечно, параметры этого элемента значительно уступают кремниевым. Добиться превосходства транзисторов на нанотрубках над современными кремниевыми полевыми транзисторами пока не удалось никому в мире. Чтобы это все-таки случилось, необходимо одновременно

- формировать короткие нанотрубки в нужном месте (в области канала);
- обеспечивать хороший (омический) контакт с электродами истока и стока;
- создавать огибающий электрод затвора с узкой диэлектрической прослойкой.

Последняя проблема является как раз той самой единственной, которая может обеспечить преимущество нанотрубок, но и в этом у них сильный конкурент – *fin-FET* – кремниевый транзистор с квазиодномерным каналом. Что касается широко разрекламированной высокой подвижности носителей заряда в нанотрубках, то это преимущество для короткоканальных транзисторов с баллистическим переносом не является столь существенным. Приведенные выше замечания – это то, что можно предвидеть, но ведь

могут случиться и неожиданности, когда нанотрубки вдруг «заиграют».

В.Вьюрков

1. *Микроэлектроника 2003, 32, 102*

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Квантовые магнитные возбуждения от "полосок" в ВТСП

Сильное кулоновское отталкивание валентных электронов приводит к их локализации – по одному на каждом атоме меди – в "родительских" для ВТСП медно-оксидных диэлектриках. Спины локализованных электронов упорядочены антиферромагнитным образом. Высокотемпературная сверхпроводимость возникает при дырочном допировании диэлектрического состояния. При этом антиферромагнитные флуктуации сохраняются и

сосуществуют со сверхпроводимостью. Согласно одной из моделей, претендующей на объяснение такого противоестественного, на первый взгляд, сосуществования двух совершенно различных типов упорядочения, дырки в слоях CuO_2 самоорганизуются в так называемые "полоски" (stripes), которые являются проводящими и чередуются с диэлектрическими антиферромагнитными областями. Однако спектр магнитных возбуждений, который предсказывает эта модель, совершенно не похож на экспериментально наблюдаемый в ВТСП $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ с близким к оптимальному уровнем допирования. Чтобы разобраться в сложившейся ситуации, группа американских (Brookhaven National Laboratory; Rutherford Appleton Laboratory) и японских (Tohoku University) физиков исследовала рассеяние нейтронов в другом слоистом окскупрате – $La_{1.875}Ba_{0.125}CuO_4$ [1].

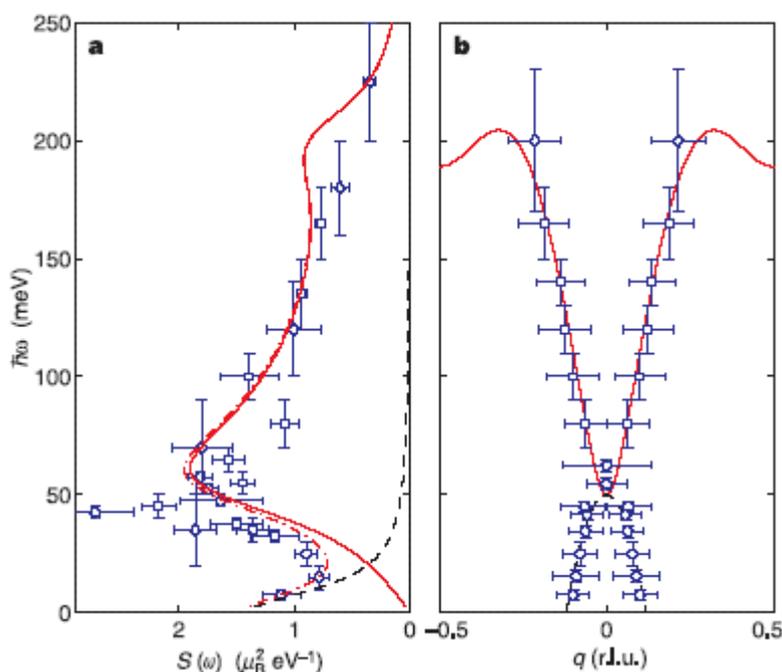


Рис. Спектральная функция (а) и дисперсия (б) магнитных возбуждений в $La_{1.875}Ba_{0.125}CuO_4$.

Результаты оказались такими же, как и для Y-123, то есть противоречащими теории. Так что же, нет в ВТСП никаких "полосок"? Авторы упомянутой работы считают, что на самом деле "полоски" в ВТСП есть, только описывать их надо не в рамках "наивной модели", а с обязательным учетом квантового характера магнитных флуктуаций, и тогда теория хорошо согласуется с экспериментом. Это утверждение, если оно не будет опровергнуто последующими исследованиями, важно для понимания феномена высокотемпературной сверхпроводимости, поскольку наличие в ВТСП зарядовых неоднородностей (возможно, динамических по своей природе) обязательно должно учитываться при описании спаривания носителей. Более того, нельзя исключить, что эти неоднородности лежат в основе самого механизма спаривания.

Nature 2004, 429, 534

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Перепутывание ионов для обработки квантовой информации

Перепутанные состояния лежат в основе квантовых вычислений, алгоритмов коррекции ошибок этих вычислений, телепортации квантовых объектов и квантовой связи. Для целей обработки квантовой информации необходимо научиться перепутывать и контролировать состояния достаточно большого числа частиц. Хотя первые эксперименты с фотонами и ядерными спинами в органических молекулах оказались удачными, их можно рассматривать всего лишь как демонстрацию принципиальной возможности манипуляции несколькими кубитами. Для планомерного (в розовой перспективе – практически неограниченного) увеличения числа кубитов и продвижения тем самым к конечной цели – созданию действующего квантового компьютера – нужны другие носители

кубитов, желательны твердотельные. Однако большие надежды, возлагавшиеся в свое время на квантовые точки и ядерные спины доноров в кремнии, пока не спешат оправдываться. В этой ситуации стоит обратить внимание на ионы в магнитных ловушках. Число "ионных кубитов", над которыми удастся установить "квантовый контроль", хоть и не очень быстро, но все же постоянно увеличивается. И пока не видно каких-либо фундаментальных и технических препятствий на пути его дальнейшего роста.

В июне 2004 года сразу двум группам исследователей из Австрии (Университет Инсбрука) и США (Национальный институт стандартов и технологий) независимо друг от друга удалось создать трехионный вариант GHZ-состояния (состояния Гринберга-Хорна-Цайлингера) в ионной ловушке [1,2]. Такие состояния особенно важны при исследовании перепутывания более чем двух частиц, поскольку позволяют изучить запутанность, остающуюся в системе после измерения, выполненного над одной из частиц (или после потери этой частицы). Авторы работы [1] смогли, используя запутанные состояния трех ионов бериллия, в 1.45 раза превысить максимально возможное для трех перепутанных частиц разрешение по частоте, тем самым вплотную приблизившись к так называемому гейзенберговскому пределу. Это имеет большое практическое значение для спектроскопии. В работе [2] на примере перепутанных состояний трех ионов кальция реализован поворот конечного двухчастичного состояния, условный по отношению к результату измерения состояния третьей частицы. Таким образом, прогресс в инженерии квантовых состояний продолжается. И к чему-то он нас приведет?

1. D. Leibfried et al., *Science* **304**, 1476 (2004).

2. C. F. Roos et al., *Science* **304**, 1478 (2004).

Новая идея Benjamin'a в новом журнале

Известный автор в области квантовых компьютеров S.C.Benjamin (University of Oxford, Англия) опубликовал свою новую работу в новом журнале. Правда, несмотря на название, *New Journal of Physics* издается уже с 1998 года под эгидой IOP Publishing и Deutsche Physikalische Gesellschaft.

Структуры квантовых компьютеров, в которых взаимодействие между отдельными кубитами то включается, то выключается, гораздо труднее организовать, чем структуры, в которых это взаимодействие существует постоянно. В твердотельных квантовых компьютерах такое включение-выключение требует, по крайней мере, дополнительных электродов. Вычисления с постоянным взаимодействием уже осуществляли в «жидких» квантовых компьютерах, в которых кубитами служили электронные состояния в молекуле. Потребовалась специальная адаптация квантовых

алгоритмов к ситуации постоянно действующего взаимодействия. В «жидких» компьютерах количество кубитов было невелико. Можно ли такой режим использовать в твердотельных компьютерах с большим числом кубитов? На этот вопрос и пытается ответить автор.

В статье рассмотрены различные структуры спиновых компьютеров. Простейшей из них является одномерная цепочка, однако автор показывает, что двумерные и трехмерные структуры обладают преимуществом. Чтобы такие спиновые системы удалось рассчитать, прежде всего, надо было придумать, как от правильного спинового гамильтониана Гейзенберга перейти к гораздо более простому гамильтониану Изинга. В более ранней работе автору удалось показать, что при большой разнице зеемановских энергий соседних спинов, помещенных в магнитное поле, по сравнению с обменным взаимодействием гамильтониан Гейзенберга, действительно, приблизительно переходит в гамильтониан Изинга. Как это сделать в структуре с идентичными спиновыми кубитами? Надо между каждой парой поместить вспомогательный спиновый кубит с существенно другим g-фактором.

Статья читается с интересом, если не оглядываться на землю. Многие практически важные вопросы автор не затрагивает: как хотя бы приблизительно можно изготовить предлагаемую структуру, как в ней производить управление отдельными спинами (адресацию), достаточно ли точности применимости гамильтониана Изинга для проведения квантовых вычислений на реалистических структурах?

Но даже если компьютер Benjamin'a не будет создан, его идеи можно разобрать на «запчасти» для других устройств.

В.Вьюрков

1. *New J. Physics* 2004, **6**, 61 (свободный доступ на <http://stacks.iop.org/1367-2630/6/61>)

МИКРОТЕХНОЛОГИИ

Автомобильные датчики НИИФП лучше бошевских

В свое время специалисты НИИФП им. Ф.В.Лукина (Зеленоград) ориентировали свои разработки мембранных технологий на изготовление рентгеношаблонов для СБИС и МЭМС. В поисках рынка нашлись и более близкие применения этой технологии. Группа специалистов под руководством к.ф.-м.н. Н.А.Дюжева (В.А.Березкин, И.Г.Шкуропат, А.Н.Шокин) совместно с сотрудниками ООО «Unique IC's» на базе мембранной технологии успешно разрабатывают микродатчики различного назначения. Технология позволяет интегрировать в одном чипе первичные преобразователи физико-химических параметров среды в электрические сигналы (сенсоры) со схемами управления и обработки результатов.

Ключевым элементом сенсоров является многослойная (до 6 слоев) диэлектрическая мембрана, прочная,

эластичная, стабильная в широком температурном диапазоне, с минимальными тепловыми потерями в подложку. Сенсор датчика массового расхода газа (рис. 1) работает на термоанемометрическом принципе. Его основная часть состоит из чувствительного платинового резистора R1 и нагревателя R_H, изолированных друг от друга термически и электрически. При прохождении потока газа над нагретым резистором его сопротивление изменяется в зависимости от массы проходящего газа. Оптимальное расположение сенсора в потоке позволяет точно измерять величину массового расхода газа. По обе стороны от основной части сенсора располагаются два дополнительных платиновых резистора R2 и R3 для регистрации направления потока и мгновенного значения температуры. Еще один дополнительный резистор R4 измеряет стационарное значение температуры. Все элементы сенсора, кроме третьего дополнительного резистора, находятся на тонкой мембране (6), обеспечивающей минимальные тепловые потери в подложку и минимальную тепловую связь между элементами.

Разработанная технология адаптирована для изготовления датчиков массового расхода воздуха в инжекторных двигателях автомобилей. Экспериментальные образцы автомобильных датчиков испытаны в аэродинамической трубе Московско-

го радиотехнического института. При испытаниях в качестве эталона использовали датчик фирмы Bosch, установленный на автомобилях ВАЗ–2110. При полном совпадении характеристик (зависимость выходного напряжения от расхода воздуха в кг/ч) бошевского и зеленоградского датчиков, последний обладал и существенными преимуществами:

- на порядок меньшим энергопотреблением (как следствие, упрощенная и более компактная конструкция);
- более высокой чувствительностью и быстродействием (~1мс.).

К тому же, датчик изготавливается по стандартной технологии микроэлектроники и микромеханики.

По оценкам, на собственной технологической базе НИИФП может выпускать до 10000 сенсоров в месяц.

В ближайших планах института – трудная для россиян доработка до *потребительского* уровня датчиков: массового расхода газа и жидкости; концентрации газов; контроля состояния фильтров и систем вентиляции; электромагнитного излучения - и их внедрение в завоеванную Bosch'ем нишу. Хотя ниша – емкая: автомобильная промышленность; коммунальное хозяйство (бытовые счетчики газа); технологическое оборудование; газовые котельные; экологический мониторинг.

Л.Журавлева

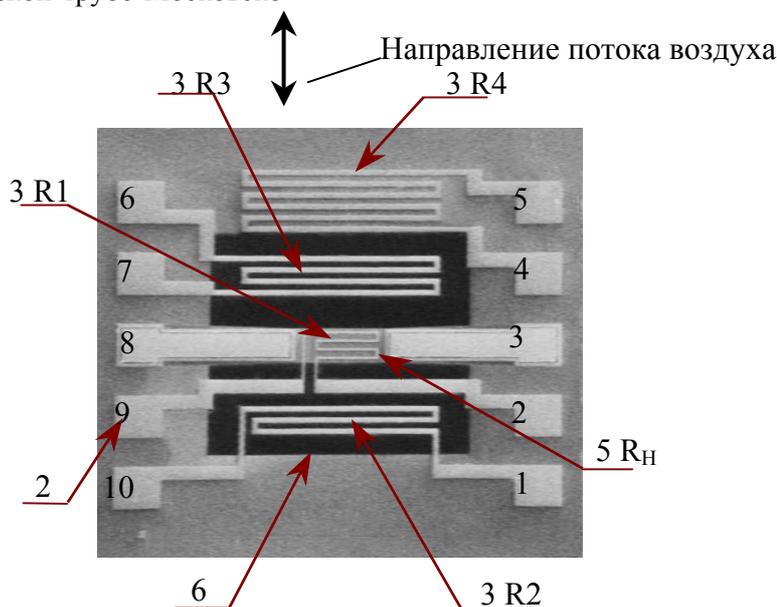


Рис 1. Сенсорный чип (вид сверху).

Контакт: Андрей Горелов gorelov@niiifp.ru;
Алексей Шокин shokin@niiifp.ru
Web: www.niiifp.ru

ФИНАНСЫ И РЫНОК

Новая инициатива Европейского Союза

12 мая с.г. Европейская Комиссия приняла заявление по европейской стратегии в области нанотехнологий (его полный текст можно найти на сайте

<http://www.cordis.lu/nanotechnology/src/communication.htm>). В заявлении сформулированы пять направлений деятельности Европейского Союза на ближайшее время:

- собственно научные исследования,
- развитие инфраструктуры,
- обучение и тренинг,
- инновации

и, наконец, информирование населения о перспективах нанотехнологий, мировой рынок продаж которых к 2010 году составит, по некоторым оценкам, не-

сколько миллиардов евро. Европа пока еще отстает от своих основных конкурентов США и Японии по уровню инвестиций, а также не имеет централизованной исследовательской программы в данной области. Устранить эти недостатки призвана новая европейская стратегия, которая, в частности, предполагает существенное увеличение расходов на наноисследования в 7-ой Рамочной программе (2007-2013г.г.), а также ряд других конкретных мер, призванных обеспечить ЕС уже через несколько лет ведущие позиции в мире в различных областях экономики, медицины и науки, где активно используются нанотехнологии.

М.Белоголовский

1. *CORDIS focus*, No. 246, 1 June 2004, p.4

Рост финансирования нанотехнологий

По данным японского Совета по научной и технологической политике нанотехнологический бюджет Японии в 2004 г. вырос на 9.1%, достигнув отметки 875 млн. долл. Реальную поддержку нанотехнологическим проектам оказывают *METI* (Министерство экономики, торговли и промышленности) и *MEXT* (Министерство образования, культуры, спорта, науки и технологии) (табл. 1).

Табл. 1. Финансирование нанотехнологических проектов *METI* и *MEXT* (Япония)

	2003 г.	2004 г.
<i>METI</i>	96.7 млн. долл.	101.4 млн. долл.
<i>MEXT</i>	228.8 млн. долл.	242.8 млн. долл.

В США на нанотехнологические исследования в текущем году выделено из федерального бюджета 849 млн. долл., а в период 2005 – 2008 г.г. планируется выделить 3.7 млрд. долл.

Только промышленная фирма *IBM* (США) ежегодно расходует 5.2 млрд. долл. на исследования в неполупроводниковых нанотехнологиях - углеродные нанотрубки, квантовые и молекулярные компьютеры, спинтроника.

Соответственно темпам роста финансирования развивается и рынок нанотехнологических изделий. В исследовании “Nanotechnology: Impact of Nanotechnology on the U.S. Electronics Industry” предполагается, что в ближайшие 10 лет (до 2014 г.) мировой нанорынок вырастет более, чем на 45% и превысит 75 млрд. долл. Для сравнения, по данным *FTM Consulting Inc.* за этот же период объем сектора накопителей на жестких дисках (винчестеров) достигнет 363 млрд. долл., объем сектора нанотрубок вырастет до 11.3 млрд. долл. В этом же исследовании прогнозируется двух-фазное развитие нанорынка:

- фаза изделий 1-го поколения, включающих нанотрубки и нанопроводники;
- фаза изделий 2-го поколения, включающих молекулярную электронику, квантовые вычисления и электронные приборы с самоорганизованной структурой.

Приборы 1-го поколения появятся на рынке в течение ближайших 10 лет, изделия 2-го поколения будут пребывать в рамках теоретических и лабораторных исследований, по крайней мере, еще в течение 10 лет.

Л.Журавлева

1. http://www.smalltimes.com/print_doc.cfm?doc_id=7735
2. http://www.eet.com/article/printableArticle.jhtml?articl.../news&sub_taxonomyID=251

Купите нанотрубки и постройте космический лифт (продолжение)

Космический лифт (элеватор) – любимое детище *NASA Institute for Advanced Concepts (NIAC)* - скрученный из углеродных нанотрубок канат длиной 100 тыс. км [1]. Ширина каната около 1м при толщине в бумажный лист. Элеватор физически связан с поверхностью Земли (на морской платформе в районе экватора) и космической станцией на геостационарной орбите или другим космическим объектом (например, Луной). Он может использоваться для доставки на космическую станцию космонавтов и различных грузов. По оценкам, транспортировка грузов в Космос с использованием элеватора не будет превышать 100 долл. за кг (на Шаттле – от 10 тыс. до 40 тыс. долл. за кг). *NIAC* выделяет 500 тыс. долл. компании **HighLift Systems, Inc.** для разработки концепции элеватора. Технология углеродных нанотрубок быстро развивается и зарегистрировано много фирм, работающих над этой технологией, так что найдется достаточно производителей, чтобы изготовить канат длиной 100 тыс. км. На создание элеватора потребуется 10 млрд. долл. Финансовая поддержка проекта может прийти, например, от компаний, заинтересованных в развитии космического туризма.

Компании по производству нанотрубок создаются группами ученых, занятых исследованиями и имеющими интеллектуальную собственность в этой области. Они, как правило, первоначально ставят мелкое производство на базе своих исследовательских лабораторий.

Частная компания **ApNano Materials (США)** [2] основана в 2002 году сотрудниками *Weizmann Institute of Science* (Израиль). Цель – коммерциализация (производство и продажа) изделий на основе нового класса неорганических наноструктур, открытых группой сотрудников под руководством Prof. Reshef Tenne (www.weizmann.ac.il/materials/msg). До этого открытия существовала точка зрения, что большие сферические молекулы могут быть синтезированы только из углерода (фуллерены). Сотрудники *Weizmann Institute* впервые в мире синтезировали фуллереноподобные структуры из различных неорганических соединений, в том числе *NbS₂*, *MoS₂* и *WS₂*. Уникальные наносферы и нанотрубки из этих соединений являются основой для широкого спектра коммерческих продуктов, прежде всего, перспективных твердых смазок для аэрокосмической техники, продукции тяжелого

машиностроения, военной техники, для полупроводникового и оптического оборудования. Торговая марка твердых смазок ApNano Materials - NanoLub™.

Eikos, Inc. (США) [3] разрабатывает технологию покрытий на основе углеродных нанотрубок для плоских экранов дисплеев, солнечных батарей, оптических окон взамен покрытий на основе оксидов индий-олова (*ITO*). Нанотрубные покрытия технологичны, имеют более высокую проводимость, более долговечны. В текущем году Eikos, владелец лицензии на способ изготовления высокопрозрачных углеродных нанотрубных красок (чернил) для проводящих покрытий, получила грант (\$860000) от Air Force Research Laboratory на разработку прозрачных проводящих полимеров специально для военных авиационных куполов парашютов.

Hyperion Catalysis International (США) [4], основанная в 1982 году для продвижения различных углеродных технологий, включилась в разработку массовой технологии производства нанотрубок сразу после их открытия в 1983 году. В настоящее время компания выпускает проводящие многостенные нанотрубки под торговой маркой *FIBRIL™*. Композиты полимер/нанотрубки на основе *FIBRIL™* предназначены для растущего рынка применений в автомобильной и электронной промышленности, а также в качестве катализаторов в химической промышленности.

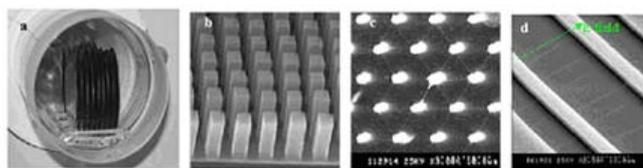
FIBRIL нанотрубки синтезируются из высокочистых газообразных низкомолекулярных углеводородов в непрерывном процессе с использованием эффективных катализаторов. Внешний диаметр нанотрубок – 10нм при длине несколько десятков мкм в агломератах. В компании также разработана технология их разделения.

Molecular Nanosystems, Inc. (Palo Alto, CA, США) [5] ставит целью разработку газовых, химических и биологических датчиков, кантилеверов для атомно-силовых микроскопов, электронных приборов. Компания использует технологию осаждения из газовой фазы (*CVD*) и имеет ряд ключевых патентов на эту технологию. Технология позволяет синтезировать как одностенные, так и многостенные нанотрубки высокой чистоты. Использование различных литографических методов формирования рисунков в буферном слое катализатора позволяет формировать слой нанотрубок практически на любых подложках в строго заданных позициях и любой ориентации (см. рисунок).

По этой технологии созданы экспериментальные образцы механических зондов, полевых эмиттеров, химических и биологических датчиков. В кооперации со Stanford University и MIT исследуется возможность использования механических нанотрубных зондов для создания запоминающих устройств терабитного диапазона.

ПерсТ, 2004, том 11, выпуск 12

Одностенные нанотрубки (индивидуальные или в не-



больших сборках) являются миниатюрными датчиками для обнаружения молекул в газовой среде или в растворах с ультра высокой чувствительностью – при адсорбции на поверхности нанотрубки молекул ее электросопротивление может изменяться на 3 порядка в течение нескольких секунд. Такие нанодатчики могут использоваться для мониторинга окружающей среды, в военных, медицинских и биотехнологических применениях.

Французская компания **Inanov** (Париж) [6] совместно с Lab. Emission Electronics (Лион) и Inst. Materials (Нант) участвует в рамках 6 Рамочной Программы (*6FP*) в проекте создания гибких экранов дисплеев (*NanoPage*) очень большой площади с излучателем электронов на основе углеродных нанотрубок. *Nanopage* – гибкие, легкие, допускающие скручивание, с низкой потребляемой мощностью, относительно низкой стоимостью, при этом с высокой четкостью изображения. Каждый пиксель такого экрана представляет собой миниатюрную катодную лучевую трубку (*Cathode Ray Tube*) – *MicroCRT* (см. рис.), установленную на полимерную основу. Оценочная стоимость такого экрана очень низкая - 1200 евро/м².

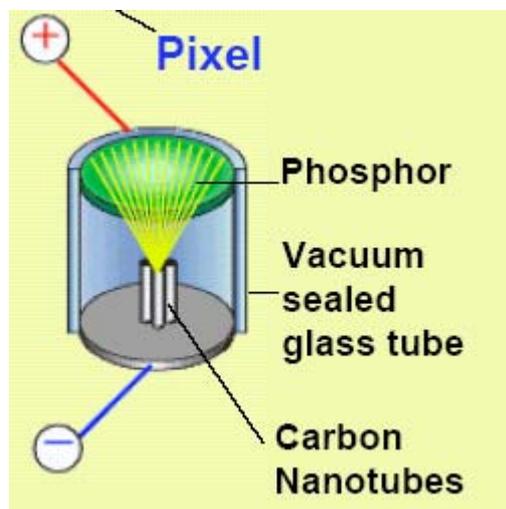


Схема *MicroCRT*

Компания уже продемонстрировала прототипы – наноэмиттер на углеродных нанотрубках и пиксели.

Мировой рынок плоских ТВ экранов, по оценкам, будет расти от 1.7млн. штук в 2002 году до 32 млн. в 2007 г. Кроме того, такие экраны могут использоваться для уличной рекламы.

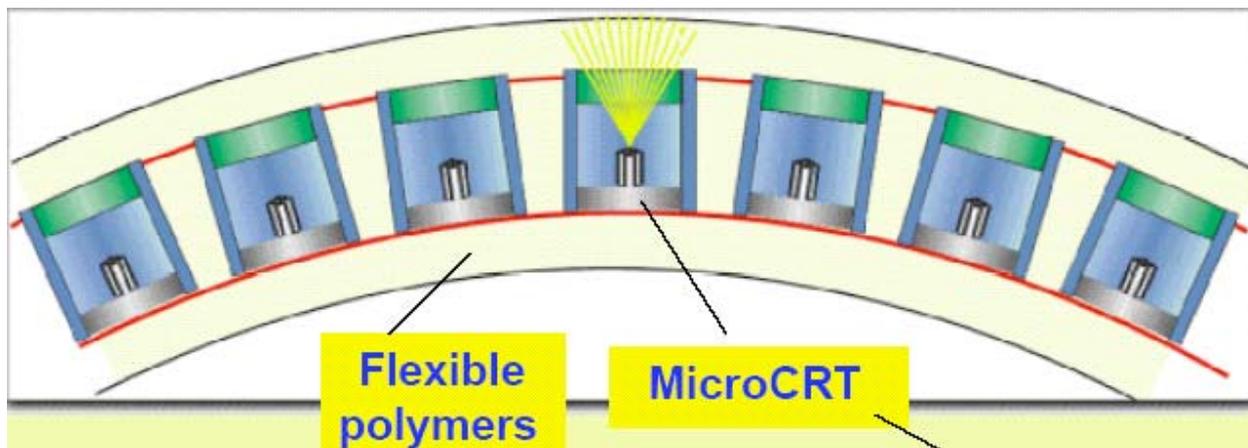


Схема экрана NanoPage

First Nano, Inc. (США) – производитель оборудования и аппаратуры для нанотехнологических исследований. В ноябре 2001 года компания выпустила в продажу систему EasyTube™, предназначенную для синтеза нанотрубок методом *CVD* с использованием катализаторов. EasyTube позволяет синтезировать одностенные и многостенные нанотрубки высокого качества при разложении газообразного метана или этилена. Синтез одностенных нанотрубок осуществляется при 800-1000°C, а многостенных – при 550-750°C. Разложение метана и этилена происходит только в месте расположения катализатора, позволяя формировать рисунок расположения нанотрубок в соответствии с литографическим рисунком в слое катализатора.

С.Корецкая

1. <http://www.spaceelevator.com/>
2. <http://www.apnano.com/>
3. <http://www.eikos.com/>
4. <http://www.hyperioncatalysis.com/technology.htm>
5. <http://www.monano.com/scienceadvance.htm>
6. <http://www.inanov.fr>
7. <http://www.firstnano.com/>

КОНФЕРЕНЦИИ

7-10 сентября 2004 г., г. Москва. Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC – 2004)

Председатель оргкомитета – академик РАН, д. т. н., проф. Ю.В.Гуляев

Научные направления:

- Перспективные материалы и компоненты электронной техники.
- Высокие наукоемкие технологии и оборудование.
- Радиоэлектронные компоненты и приборы.
- Телекоммуникационные и информационные приборы и системы.
- Диагностика и проблемы качества.

7-10 сентября 2004 г., г. Москва. Международная научная школа-конференция «Тонкие пленки и наноструктуры» (ПЛЕНКИ - 2004)

Председатель оргкомитета - д. ф.-м. н., проф. А.С.Сигов

Научные направления:

- Физика поверхности пленок.
- Структурообразование, релаксационно-диффузионные и электрические межфазные процессы.
- Математическое моделирование релаксационных процессов.
- Радиационная физика тонких пленок и наноструктур.
- Полимеры с легирующими и ультрадисперсными добавками.
- Гибридные нанокомпозиты.
- Активные пленочные структуры.
- Защитные и физико-механические свойства пленок.
- Новые применения пленок и наноструктур в экстремальных условиях.
- Методы и приборы контроля пленок.

Конференции «INTERMATIC-2004» и «ПЛЕНКИ-2004» проводятся совместно в Выставочном комплексе «КРОКУС-ЭКСПО», МИРЭА и ОАО «ЦНИИ Электроника».

Контакт: Лучников Александр Петрович (МИРЭА), fisika@pochtamt.ru

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 нанoeлектроники”, “Физика твердотельных наноструктур”

Редактор: С.Корецкая тел: (095) 930 3389, e-mail: stk@issp.ras.ru

В подготовке выпуска принимали участие:

М.Белоголовский, В.Вьюрков, Л.Журавлева, Ю.Метлин, Л.Опенев

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64А