

В этом выпуске:

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Заговор фотонов против дифракционного предела

При прохождении лазерного излучения через экран с двумя параллельными щелями возникает интерференционная картина (чередующиеся светлые и темные полосы), период которой равен длине волны λ падающего на экран света. Интерференция имеет место даже в том случае, когда источник настолько слаб, что испускает каждый раз всего по одному фотону. Подчеркивая одночастичный характер интерференции, Поль Дирак так и написал в своей книге "Принципы квантовой механики": "Каждый фотон интерферирует сам с собой. Никогда не бывает интерференции двух разных фотонов". Знаменитый физик был бы более осторожен в высказываниях, если бы дожил до нашего времени и прочитал статьи [1,2] в майском номере журнала Nature за 2004 год, информирующие научное сообщество о наблюдении интерференции запутанных состояний из трех [1] и четырех [2] фотонов.

В общем случае N -фотонного запутанного состояния $|N_A 0_B\rangle + |0_A N_B\rangle$ все N фотонов проходят либо через щель a , либо через щель b , что и приводит к N -фотонной интерференции. При этом N перепутанных фотонов как бы образуют один " N -фотон", энергия которого в N раз больше, а длина волны, соответственно, в N раз меньше, чем у каждого из исходных фотонов. В результате период интерференционной картины уменьшается в N раз и становится равным λ/N (см. рис. 1 и рис. 2), то есть так называемый "дифракционный предел" оказывается превзойденным.

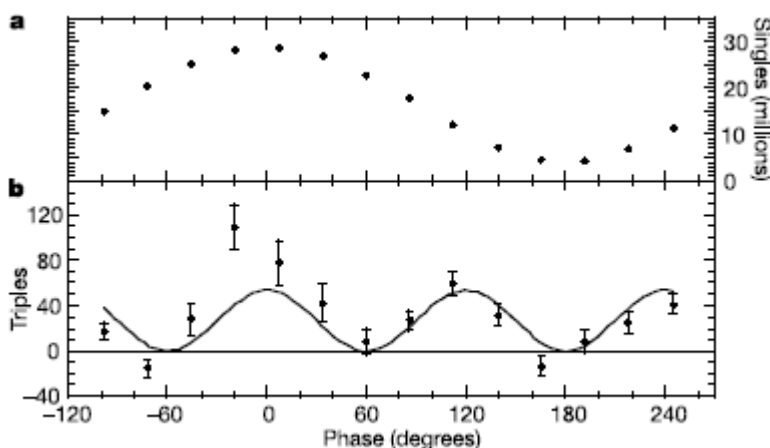


Рис. 1. Однофотонная (a) и трехфотонная (b) интерференция [1].

В работе [1] канадские физики формировали трехфотонные запутанные состояния вероятностным образом из трех фотонов с определенными поляризациями, тогда как австрийцы во главе с Цайлингером [2] конструировали четырехфотонные запутанные состояния из двух пар перепутанных фотонов от разных источников.

И далее ...

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 2 Электрон-дырочная симметрия в полупроводниковой углеродной нанотрубке
- 3 Превращение «стручков» в двухслойные нанотрубки

СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 3 "Призрак сверхпроводимости в осенний день"

МИКРОТЕХНОЛОГИИ

- 3 Монстры проигрывают при естественном отборе
- 4 Ускользающая нетленная память

МАГНИТЫ

- 5 Измерения в «свободном полете»

ФИНАНСЫ И РЫНОК

- 6 Купите нанотрубки и постройте космический лифт!
- 8 Япония соревнуется за ITER

Обе эти методики в принципе могут быть обобщены на случай $N > 4$, что позволит еще дальше уйти от "дифракционного предела" и, таким образом, еще более повысить пространственное разрешение. Для практического применения необходимо увеличить отношение сигнал/шум, что потребует создания ярких источников и надежных детекторов запутанных многофотонных состояний. Тогда станет возможным использование таких состояний в системах секретной передачи данных, оптических интерференционных устройствах и, возможно, квантовых компьютерах.

Как будто наш мир и без того недостаточно запутан...

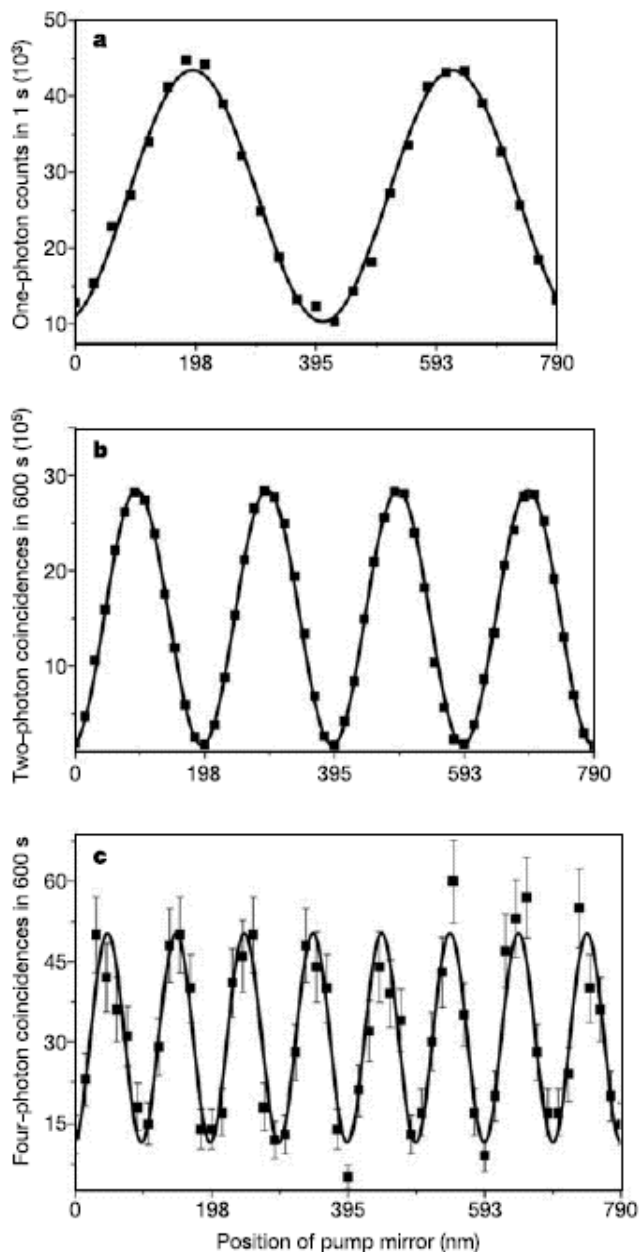


Рис. 2. Однофотонная (a), двухфотонная (b) и четырехфотонная (c) интерференция. Длина волны света $\lambda = 790\text{nm}$ [2].

1. M.W.Mitchell et al., *Nature*, 2004, **429**, 161.
2. P.Walther et al., *Nature*, 2004, **429**, 158.

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Электрон-дырочная симметрия в полупроводниковой углеродной нанотрубке

Электрические, оптические и прочие свойства всех твердых тел определяются поведением электронов (с энергиями выше энергии Ферми E_F) и дырок (не занятых электронами состояний с энергиями ниже E_F). Иногда характеристики электронов и дырок настолько близки, что предположение о строгой электрон-дырочной симметрии оказывается отличным приближением для описания таких систем. В полупроводниках все не так: структура зоны проводимости и валентной зоны, как правило, совершенно различна; эффективные массы электронов и дырок часто отличаются на порядок и более. При этом, если в объемных образцах энергетический спектр электронов и дырок является непрерывным, то в полупроводниковых наноструктурах спектр дискретный, что связано с эффектами размерного квантования.

Углеродные нанотрубки также относятся к наноструктурам, хотя и весьма своеобразным: один из их размеров может быть макроскопическим, а вот два других составляют несколько нанометров или даже меньше. При этом, в зависимости от типа спиральности и диаметра, нанотрубки обладают либо металлическими, либо полупроводниковыми свойствами. У нанотрубок конечной длины энергетический спектр дискретный, как в квантовых точках. Современные экспериментальные методики позволяют отслеживать "пошаговое" заполнение этих уровней электронами и дырками путем соответствующего изменения потенциала на электродах и определять тем самым структуру спектра. Для металлических нанотрубок это было проделано сравнительно давно, тогда как аналогичным исследованиям полупроводниковых нанотрубок препятствовало низкое качество последних: многочисленные дефекты разбивали нанотрубку на отдельные "островки", и спектры разрешить не получалось.

Голландским физикам из Delft University of Technology впервые удалось изготовить одностенные полупроводниковые нанотрубки, качество которых оказалось более чем приемлемым для изучения их одноэлектронных (и "однодырочных") характеристик [1]. Путем контролируемого добавления в нанотрубку одного за другим все новых и новых электронов (или же удаления электронов, то есть добавления дырок) был определен дискретный энергетический спектр нанотрубки. Оказалось, что электронная и дырочная части спектра почти тождественны, то есть имеет место электрон-дырочная симметрия. Это, в общем-то, не удивительно, поскольку давно предсказано теоретиками. Удивительно другое: ведь даже незначительное количество примесей убивает симметрию (поскольку, например, отрицательно заряженные примеси отталкивают электроны, но притягивают дырки). По-

этому главным достоинством этой работы следует считать освоение технологии изготовления полупроводниковых нанотрубок почти идеальной чистоты, что, без сомнения, даст новый импульс практическому использованию нанотрубок в нанoeлектронике.

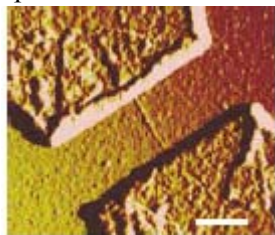


Рис. Полученное методом АСМ изображение углеродной нанотрубки, расположенной между двумя электродами. Длина масштабной линейки (белый отрезок) составляет 200 нм.

Л.Опенев

1. *Nature*, 2004, **429**, 389

Преобразование «стручков» в двухслойные нанотрубки

Однослойная углеродная нанотрубка (ОСУНТ), заполненная молекулами фуллерена C_{60} , напоминает по форме гороховый стручок. Интерес к таким структурам особенно оживился в последние годы, что связано с развитием методов их получения в макроскопических количествах. Наиболее эффективный метод - газофазная реакция фуллерена с очищенными ОСУНТ в вакууме при $T = 400^\circ\text{C}$. Близкая к 100% степень заполнения достигается в течение суток. При этом внутри нанотрубки образуется одномерный кристалл C_{60} , в котором расстояние между молекулами фуллерена примерно на 3% меньше, чем в трехмерном кристалле. Недавно в одном из университетов Японии при участии первооткрывателя углеродных нанотрубок проф. С.Иджимы с помощью просвечивающего электронного микроскопа обнаружен эффект превращения стручков в двухслойные нанотрубки (ДСУНТ). Это происходит в условиях вакуума при увеличении температуры до 800°C . В результате нагрева соседние молекулы фуллерена срачиваются в димеры, тримеры и так далее, после чего образуется протяженная цилиндрическая структура, представляющая собой нанотрубку диаметром около 0.7 нм, который близок к диаметру молекулы фуллерена C_{60} . Интересная особенность превращения стручка в ДСУНТ состоит в том, что в случае, если диаметр внешней нанотрубки достаточно велик, диаметр внутренней нанотрубки подстраивается к нему таким образом, чтобы расстояние между слоями внешней и внутренней нанотрубок составило 0.355 нм, характерное для многослойных нанотрубок. Механизм такого преобразования, требующего значительных энергетических затрат, до сих пор не установлен.

А.Елецкий

1. *MRS Bulletin* 2004, **29**, 260

СВЕРХПРОВОДНИКИ

“Призрак сверхпроводимости в осенний день”

Так называется сообщение в *Phys. Rev. Focus* [1], в котором речь идет о новых необычных данных для стандартного высокотемпературного соединения $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ [2]. Любопытно, что традиционно в *Phys. Rev. Focus* помещается популярное изложение важнейших статей из *Phys. Rev. Letters*. В данном же случае речь идет о публикации в *Phys. Rev. B*, как правило, не печатающего особо срочные сообщения. Видимо, авторы работы [2] решили действовать осторожно и, на всякий случай, не рискнули направить свою статью в *Phys. Rev. Letters*. А полученные ими результаты того заслуживают, поскольку речь идет о возможной сверхпроводимости в лантан-стронциевом купрате при температуре 290 К (отсюда и слова об “осеннем дне”).

А почему же “призрак”? Поскольку фактически сверхпроводимость не обнаружена, а лишь замечено необычное поведение намагниченности образца при изменении его температуры - она менялась на несколько процентов в зависимости от того, охлаждали ли материал в магнитном поле, или последнее включали после охлаждения образца ниже 290 К. В принципе, такое поведение может означать, что в образце уже при столь высокой (!) температуре возникают небольшие сверхпроводящие участки. Впрочем, возможна и другая гипотеза, которую предложил известный американский теоретик S. Kivelson в интервью автору заметки [1]: мы имеем дело не с самой сверхпроводимостью, а с необычным магнитным состоянием, которое стимулирует возникновение явления ВТСП в купратах. В любом случае, полагает Kivelson, результаты [2], как и более ранние свидетельства [3] в пользу наличия вихревой структуры выше критической температуры в металлооксидных сверхпроводниках, “говорят нам о чем-то важном” относительно нормального состояния этих материалов.

М.Белоголовский

1. <http://focus.aps.org/story/v13/st19>

2. *Phys. Rev. B*, 2004, **69**, 144508

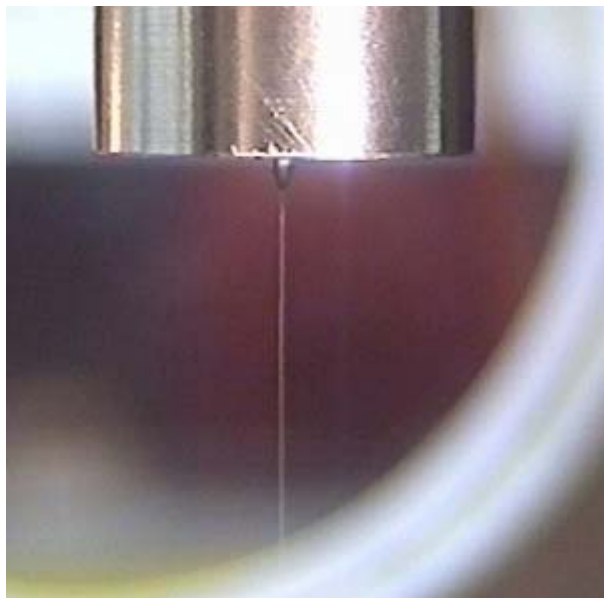
3. *Phys. Rev. Lett.*, 2002, **88**, 257003

МИКРОТЕХНОЛОГИИ

Монстры проигрывают при естественном отборе

Нам ли не знать эту простую истину? Иначе как бы наши предки, окруженные птеродактилями и трицератопсами, а позднее саблезубыми тиграми, смогли бы донести и передать нам эстафету эволюции бесформенного комка серых клеток? Собственно те, которых мы теперь осознаем как монстров, были одним из вариантов, которые пробовала Природа при периодическом столкновении с временными трудностями – глобальным потеплением, или высыханием и т.д. Но всегда оказывалось так, что

наилучшим образом проблема решалась не на пути концентрации сил (зубов или когтей), а как-то иначе, вот только что это за “иначе” - с самого начала было неочевидно. Занятно, что техника в своей эволюции старательно повторяет эволюцию живого в попытках выйти из затруднений с помощью “монстров” - вспомним хотя бы первые ламповые ЭВМ или гигантские паровые машины.



Кризис, с которым заранее готовится справляться современная технология, - преодоление очередного предела (130нм) в разрешающей способности микроэлектронного производства. Сомнений, что предел удастся преодолеть, нет, но какие именно средства и усилия какого масштаба для этого потребуются, остается не ясным. Сообщения в научной периодике свидетельствуют, что дело, по-видимому, идет к крупным национальным и межнациональным программам, в духе освоения управляемого термоядерного синтеза. Однако появившееся сооб-

щение [1] позволяет надеяться, что и здесь монстрам суждено проиграть в эволюционном отборе.

Организованная меньше года назад германская компания [Microliquids](http://www.microliquids.com) (в которую вошли несколько сотрудников из Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie и University of Göttingen) разработала новый источник экстремального ультрафиолета *EUV* для нанолитографии. Необходимое излучение с длиной волны 13.5нм получается от микроструи жидкого ксенона толщиной 10-100нм, возбуждаемой (так и хочется сказать – “обычным”) второй гармоникой 2-ваттного импульсного *Nd:YAG* лазера. Струя жидкого ксенона выбрасывается в вакуум сильным избыточным давлением (5-50атм.), и потому остается сформированной на длине ~ 100мм даже в условиях вакуума. Отличительной особенностью нового источника, которая, несмотря на его несколько меньшую эффективность, позволяет надеяться на успешную конкуренцию с “монстрами”, является его предельно малый размер и радиальная симметрия. Последнее чрезвычайно важно для применений в нанолитографии, т.к. существенно упрощает фокусировку в этой непростой спектральной области.

М.Компан

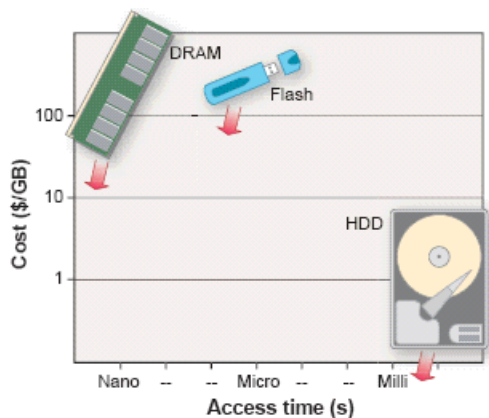
1. <http://optics.org/articles/news/10/5/20>

Ускользающая нетленная память

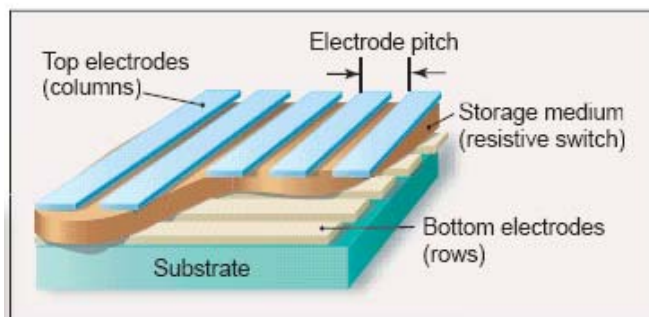
Несовершенство современных полупроводниковых запоминающих устройств (ЗУ) заставляет исследователей искать новые быстродействующие, энерго-независимые и недорогие устройства хранения информации. Однако любая новая предлагаемая память, чтобы утвердиться, должна превосходить технико-экономические характеристики существующих доминирующих технологий (табл.1).

Таблица 1

Технология	Характеристики	Достоинства	Недостатки
<i>DRAM</i> (ДЗУПВ – динамическое запоминающее устройство с произвольной выборкой)	Число циклов перезаписи - более 10^{15}	Высокое быстродействие; энергонезависимость; мгновенный перезапуск; многократный резервный режим; большой срок службы	Высокое энергопотребление - несколько ватт для обновления информации; относительно дорогая технология; достижение малого времени считывания накладывает жесткие ограничения на конструкцию компьютеров.
Флэш-ЗУ	Число циклов перезаписи – 10^6	Энергонезависимость; низкое энергопотребление - 1нДж/бит при записи и 1пДж/бит при считывании	Скорость записи в 1000 раз меньше тактовой частоты процессора; более дорогая технология, чем <i>DRAM</i> .
Жесткий накопительный диск	Число циклов перезаписи – 10^{12}	Неопределенно длительный срок службы; самая дешевая технология.	Время выборки - несколько мс, т.е. в 10^6 раз больше длительности такта процессора; высокое энергопотребление - несколько ватт для вращения вала; проблема с механической надежностью движущихся частей.



Следует отметить, что существующие технологии не застыли во времени, не прекращается и уменьшение их стоимости. Что касается срока хранения информации и энергопотребления, то и здесь существуют критерии “профпригодности” ЗУ: энергонезависимая информация должна сохраняться не менее 10 лет, архивное хранение – до 100 лет; энергопотребление при обращении к информации в идеале должно быть нулевым.



В последние годы появились многочисленные сообщения об устройствах памяти, претендующих на роль памяти «прекрасной во всех отношениях» (библиография работ дана в ссылках цитируемой здесь работы [1]). В большинстве своем это двухвыводные резистивные переключатели, занимающие, по крайней мере, два устойчивых состояния при подаче соответствующего напряжения. Среда хранения информации помещается между двумя пластинами, на которых сформированы электродные дорожки, причем электроды на верхней пластине расположены под прямым углом к электродам на нижней пластине. Перекрестия электродов образуют битовые ячейки. Такой элемент памяти мгновенно располагает к себе простотой изготовления: всего два уровня электродов, литографическая обработка запоминающей среды не требуется, как не требуется и строгое совмещение внутри матрицы перекрестий. К тому же очень высокая плотность размещения битовых ячеек – площадь каждой ячейки составляет всего в $4f^2$, где f – топологический размер (т.е. ширина электрода и промежуток между электродами) – порождает надежды на создание самого экономичного твердотельного ЗУ. Однако более пристрастный анализ выявляет такие недостатки, как трудность формирования электрических контактов к плотно упакованным строчным

и столбцовым электродам, а также сложность схемотехнологической инфраструктуры, обеспечивающей запись и считывание битов. И еще опыт конструирования плоских дисплеев показывает, что “запись” изображения на пассивно-матричном экране требует наличия у каждого элемента изображения диодной характеристики, коэффициент выпрямления которой определяет максимальное число надежно адресуемых столбцов и строк. Если новый элемент памяти по природе своей не является нелинейным, то необходимо обеспечить нелинейность схемотехническими средствами, а это увеличивает сложность и стоимость изделия.

Учитывая сказанное выше, рассматриваемый элемент не заслуживает оценки как “новая перспективная память”. Простая демонстрация бистабильности не достаточна. Редко сообщается о циклической стабильности и о максимальном времени считывания данных. Предлагаемые в последнее время приборы обладают эффектом выпрямления, зато многие из них слишком медленные или потребляют слишком много энергии на переключение. Только при условии самокритичного отношения и осознания высоко конкурентной технологической и экономической обстановки исследователи будут продвигаться вперед в поисках ускользающей нетленной памяти.

Л. Журавлева

1. Science, 2004, 302, 2 April

МАГНИТЫ

Измерения «в свободном полете»

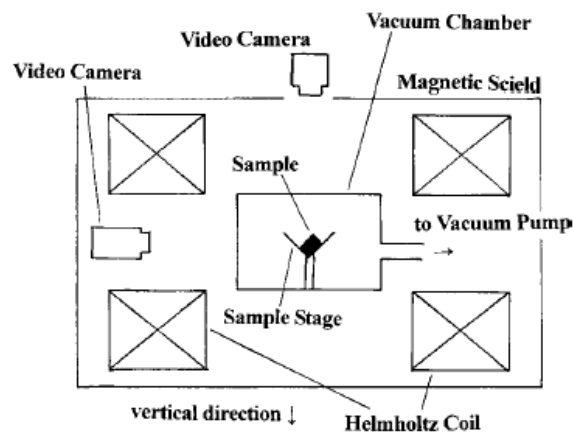


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования магнитной анизотропии кристал-

Новый подход к исследованию магнитных свойств твердых тел в условиях микрогравитации в магнитном поле был предложен и использован в [1, 2]. Идея заключается в создании неоднородного магнитного поля, в котором твердые тела с невысокой плотностью могут свободно парить (рис.1). Это могут быть диамагнитные или парамагнитные кристаллы, обладающие анизотропией магнитной восприимчивости. При достаточно высокой магнитной

анизотропии кристаллов в экспериментах может быть использовано магнитное поле сверхпроводящего магнита. Левитирующий образец имеет определенную частоту собственных колебаний около направления наибольшей намагниченности, совпадающего в равновесии с направлением магнитного поля. Эта частота колебаний и является информативным параметром, отражающим величину анизотропии и абсолютные значения восприимчивости образца в определенных направлениях. Исследования зависимости частоты собственных колебаний образца от температуры, величины магнитного поля и других параметров показывают, что можно получить ценную информацию о микроскопических характеристиках образца.

Еще один способ использования магнитной микрогравитации заключается в выстраивании магнитных моментов наночастиц и частиц микронных размеров в направлении магнитного поля. Выстраивание моментов зависит от числа частиц, магнитной анизотропии и конкурирующего фактора, «расшатающего» магнитное упорядочение – температуры. Исследования частиц 15 материалов [2] показало, что наблюдается корреляция между диамагнитной анизотропией и направлением химических связей. Поэтому предложенный метод может быть использован для измерения вклада химических связей в магнитную восприимчивость. Поскольку для измерений необходимы лишь сверхпроводящий магнит и кинокамера, суммарная стоимость установки оказывается значительно меньше, чем, например, у СКВИД магнитометра. Кроме того, предложенный метод позволяет исследовать распределение частиц по намагниченности, что невозможно с помощью весов Фарадея или СКВИД-магнитометра.

К сожалению, во многих случаях оказывается затруднительным отделить магнитные свойства системы от вкладов токов Фуко и других «неинтересных» факторов. Эти недостатки присущи и всем другим типам измерений, проводимым в условиях переменного магнитного потока в образце.

Р. Моргунов

1. *Jap. J. Appl. Phys., (part 2), 2003, 42, L1226.*
2. *Materials Trans., 2003, 44, 2594.*

ФИНАНСЫ И РЫНОК

Купите нанотрубки и постройте космический лифт!

NASA реанимировало свой амбициозный проект создания космического лифта для доставки пассажиров и грузов на космические станции. А поводом для этого послужили успехи в технологии изготовления прочных канатов из углеродных нанотрубных композитов – канат из них удержит космический лифт. Композиты на основе нанотрубок в 2 раза легче алюминия, в 100 раз прочнее стали, имеют электрическую проводимость лучше меди и теплопроводность лучше алмаза, они биосовместимы и эластичны.

Композиты на основе нанотрубок в 7 раз более прочные, чем композиты на основе углеродных нановолокон.

Как сообщает сайт консалтинговой фирмы Cientifica [1], более 100 компаний в мире занято производством нанотрубок и нановолокон, так что общий объем их производства уже приближается к 250 тоннам в год. Производство одностенных углеродных нанотрубок (рус. – ОСНТ, англ. – *SWNT*) составляет 9 тонн в год с возможностью увеличения до 27 и 100 тонн к 2005 и 2007 году, соответственно, а многостенных (рус. – МСНТ, англ. – *MWNT*) – 32 тонны в год с увеличением по крайней мере до 268 тонн к 2007 году. Производители в Японии, Корее, Китае и Франции анонсировали запуск производства нанотрубок в промышленных масштабах в ближайшие 3 года. Суммарный рынок нанотрубок оценивается сегодня в 12 млн. долл. и может вырасти к 2005 году до 700 млн. долл.

Для каких целей развивается такое большое производство?

Первое место по потреблению займут, как ожидается, легкие и прочные композитные материалы для автомобильной, авиационной и аэрокосмической промышленности. Дополнительный рынок обеспечат нанотрубки и композиты на их основе в качестве

- аккумуляторов водорода;
- материалов, поглощающих излучение радиолокаторов;
- заготовок для компакт-дисков;
- электромагнитных экранов для электронных систем;
- сверхемкостей в электрических батареях;
- химических и биологических датчиков;
- эмиттеров электронов для плоских экранов дисплеев, осветительных ламп и рентгеновских трубок;
- нанoeлектронных интегральных схем;
- кантилеверов атомно-силовых микроскопов; материалов для спортивного снаряжения (теннисные ракетки, корпуса яхт, рыболовные снасти);
- технического текстиля.

Проводящий нанотрубный композит, покрывающий корпус автомобиля, позволит исключить необходимость предварительной грунтовки при электростатической распылительной окраске. К тому же, улучшится надежность окраски, снизится воздействие на окружающую среду летучих органических растворителей, используемых в традиционной окраске. Проводящий полимер в системе подачи топлива исключит риск повреждений, вызванных искрой от накапливаемых статических зарядов.

Ограничения в продвижении нанотрубок на рынок связаны с основной проблемой – стоимость нанотрубок выше, чем золота. Попытки выяснить стои-

мость нанотрубок через Интернет выводят, например, на бельгийскую фирму Nanosyl S.A. [5], предлагающую весь возможный ассортимент нанотрубок различного диаметра - прямых и геликоидаль-

ных, неочищенных и в разной степени очищенных, многостенных, одностенных и с двумя стенками (см. таблицу 1) и американскую фирму Microtech-Nano [6] (см. таблицу 2).

Таблица 1. Стоимость нанотрубок различного типа от ф. Nanosyl S.A. (полный список - на сайте фирмы [5])

Тип нанотрубок	Внешний /внутренний диаметр, нм	Длина, мкм	Степень очистки, %	Стоимость, евро/грамм
Толстые МСНТ	4-10/8-50	до 50	20	90
			95	250
ОСНТ, изолированные и в пучке(bundled)	1-4	до 10	> 5	30
			> 70	500
УНТ с двумя стенками	1.6-2.6/2.3-3.3	-	> 95	350
Нанотрубки с присоединенными радикалами – Н; ОН; Cl; СО; COOH; NH ₂ ; SH; SCH ₃				К указанным выше ценам добавить 50 евро за грамм

Таблица 2. Стоимость нанотрубок от американской компании MicrotechNano.

При поставке упаковок (в граммах)	Диаметр углеродных нанотрубок, нм/Стоимость в \$ за грамм					
	<2 (Single-Wall)	10 (Multi-Wall)	10-30 (Multi-Wall)	20-40 (Multi-Wall)	40-60 (Multi-Wall)	60-100 (Multi-Wall)
1-10г	132	88	36	32	28	25
>10г	120	80	32	28	24	22
>50г	108	72	28	24	20	19
>100г	96	64	24	20	16	15
>250г	84	56	20	16	12	11
>500г	72	48	16	12	8	7
>1000г	60	40	12	8	4	3

десятки мкм, чистота 70%) поставляется в упаковках по 1, 5 и 10 грамм, а по специальному требованию, - в упаковках по 100 грамм и даже 1 кг.

В *Kumae* зарегистрирована фирма Shenzhen Nanotech Port Co., Ltd. (NTP) на базе нанотехнологических разработок Китайской академии наук [2]. Имея права на независимую интеллектуальную собственность в области нанотехнологий, NTP первой в Китае реализует промышленную технологию производства углеродных нанотрубок, нановолокон и графитовых кристаллов. Сегодняшние возможности фирмы – 10 тонн нанотрубок в год, но потенциально фирма может расширить производство для удовлетворения любых запросов.

В *Японии* [3] разрабатывает технологию и производит нанотрубки ф. Mitsui and Co., имеющая свой исследовательский институт Carbon Nanotube Research Institute (CNRI). Mitsui планирует довести производство нанотрубок до 120 тонн в 2004 году. Цель – снизить стоимость УНТ до 300 долл./кг, а в дальнейшем до 100 долл./кг. Однако, S.Iijima, первооткрыватель нанотрубок и руководитель нанотехнологических исследований ф. NEC, скептически высказывается по поводу заявленных планов Mitsui. Согласно Iijima, другие компании в Японии также работают над промышленным производством нанотрубок, но «мягко говоря, мы все еще не достигли стадии разработок, достаточной для массового производства и рынка».

Однако, еще до того, как потребительский рынок нанотрубок разовьется, Mitsui будет обеспечивать ими возможных потребителей в Японии, чтобы найти уникальные ниши для использования этих

Бельгийская ф. Nanosyl зарегистрирована группой ученых University of Namur в 2002 г. и является одной из первых в Европе, активных в области производства нанотрубок, как материала с большим коммерческим потенциалом. В настоящее время производство сосредоточено в университетской лаборатории и поставляется исследовательским отделам частных промышленных партнеров. Nanosyl также консультирует промышленные фирмы по перспективам применения нанотрубок.

Британская ф. Thomas Swan & Co Ltd. [4], сотрудничая с Cambridge University, развернула производство очищенных одностенных нанотрубок по CVD технологии. Swan выпускает композитный материал под фирменной маркой ELICARB™, предназначенный, в частности, для покрытия корпусов автомобилей и в качестве твердых смазок. Сухой порошок из нанотрубок (средний диаметр меньше 2 нм, длина –

прекрасных материалов. "Первый шаг – поставлять нанотрубные материалы крупным производителям, способным найти для них приложения" - сказал Shuji Tsuruoka, директор *CNRI*. Наряду с этим Mitsui ведет переговоры с правительственной организацией Tokyo Metropolitan Government о необходимости создания фирм в Японии с целью освоения различных применений нанотрубок в рамках грантов инновационных программ. Это – классический случай, когда «рука руку моет» - я изготовлю материал, а вы оплатите его покупку для разработки изделий из него. Несколько автомобильных фирм Японии уже разработали основы промышленных применений нанотрубных материалов Mitsui. Из-за отсутствия формальных соглашений с этими фирмами Mitsui не имеет права разглашать информацию о них.

В беседах представителя Mitsui с представителями промышленности Японии были предложены оригинальные идеи по возможным применениям, например, используя высокую электропроводность нанотрубок, изготавливать легкие высоковольтные линии электропередач.

В России MedChemLabs Inc. (*MCL*), основной поставщик химических соединений для ВТСИ, в 2001 создала отдел NanoCarbLab (*NCL*) для разработок технологий массового производства и поставок нанотрубных материалов высокой степени очистки. Сегодняшний технологический (дуговой метод) и производственный уровень *NCL* позволяет синтезировать до 3 граммов одностенных нанотрубок (чистотой от 40 до 90%) в день. С условиями поставок и ценами (они – гибкие, по утверждению сайта фирмы) можно ознакомиться, обратившись на фирму через ее сайт [7]. Но, как сообщает сайт [8], в России можно попробовать получить нанотрубки бесплатно, если обратиться на кафедру нанотехнологии и наноматериалов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Здесь под руководством профессора Эдуарда Ракова сконструировали и опробовали установку, в которой из обычного городского газа можно получать углеродные нанотрубки в непрерывном процессе производительностью 10г/ч. В обмен производители хотят только знать, зачем нанотрубки понадобились и что получилось в результате.

(Продолжение обзора представленных в Интернете фирм-производителей нанотрубок в следующем выпуске ПерсТ'a)

С.Корецкая, Ю.Метлин

1. http://www.cientifica.com/html/docs/Nanotubes%202004_ExSum.pdf
2. http://www.nanospace.org/new_page_64.htm
3. http://www.findarticles.com/cf_dls/m0NTN/45/108722552/p1/article.jhtml
4. <http://www.thomas-swan.co.uk>
5. <http://www.nanocyl.com>
6. <http://www.microtechnano.com/>
7. <http://nanocarblab.com/>
8. <http://www.inauka.ru/technology/article35619.html>

Япония соревнуется за ITER

Япония может существенно увеличить (с 48% до 65%) свой вклад в строительство международного термоядерного реактора *ITER* в случае его строительства на ее территории. Напомним, что общая сумма на строительство оценивается в 10 млрд. долл. На сегодня партнеры по *ITER*'у еще не договорились о месте строительства – ЕС, Россия и Китай настаивают на городе Cadarache (Франция), а США, Ю.Корея и Япония предпочитают Rokkasho (Япония). Очередная встреча представителей партнеров по этому вопросу состоится в конце июня.

1. *Nature*, 2004, **304**, 3 June

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 33 89, e-mail: stk@issp.ras.ru

В подготовке выпуска принимали участие:

М.Белоголовский, Л.Журавлева, А.Елецкий, М.Компан, К.Кугель, Ю.Метлин, Р.Моргунов, Л.Опенов

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64А