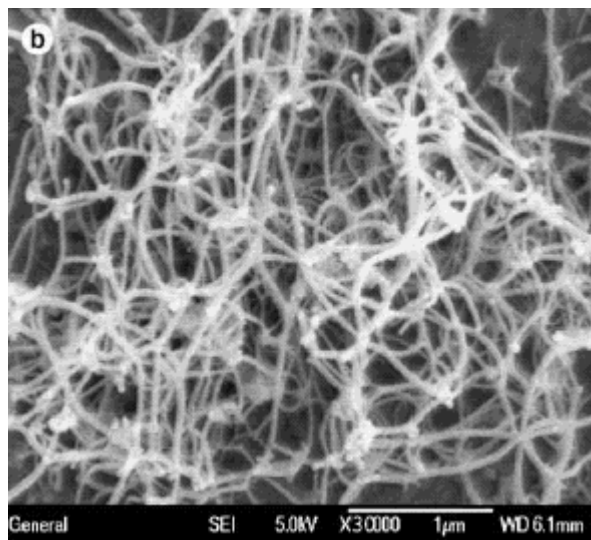


В этом выпуске:

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Нанотрубки и очень длинные, и очень короткие

Нанотрубки нужны и длинные, и короткие. Пряди из длинных нанотрубок перспективны для создания композитов, носителей катализаторов, микромеханических приводов. Очень короткие (и однородные по длине) нанотрубки – для наноэлектронных приборов. Перст (http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/5_14/index.htm) сообщал о синтезе 15-ти сантиметровых прядей из жгутов ориентированных углеродных одностенных нанотрубок (ОСНТ). И вот новое достижение – в совместной работе ученых Jilin Univ. (Китай) и Umea Univ. (Швеция) получены ленты из ОСНТ длиной до 20см [1].



Синтез нанотрубных лент, осуществлен в дуговом разряде в слегка модифицированной обычной дуговой установке. Ленты – тонкие, по структуре напоминающие паутину (см. рис. – изображение в СЭМ), клейкие (прилипающие к пинцету при их извлечении), состоящие из

однородных грубо ориентированных пучков ОСНТ (диаметр пучка ~ 10-30нм; диаметр ОСНТ 1.3-1.7нм). Одностенные нанотрубки имели достаточно высокую чистоту. Определяющую роль в их формировании играет биметаллический *Ho/Ni* катализатор (переходный металл с добавками редкоземельного). Добавка в катализатор редкоземельных элементов сильно влияет на выход и структуру нанотрубок. До сих пор лучшим считали биметаллический катализатор *Y/Ni*. По мнению авторов, для синтеза ОСНТ высокой чистоты и с большим выходом важно сочетание *Ho* и *Ni* в определенном соотношении.

Для создания наноэлектронных устройств требуются очень короткие нанотрубки однородной длины. Транспорт через нанотрубки длиной <300 нм свободен от рассеяния на акустических фононах и близок к баллистическому, желательному для запоминающих и логических приборов. Американские ученые из Исследовательской лаборатории фирмы E.I. Du Pont de Nemours и Лаборатории наноструктур Massachusetts Inst. Technology использовали метод обрезки нанотрубок, основанный на литографии [2]. На *Si* подложку (см. рисунок) диаметром 100мм сначала осаждали антиотражающее покрытие *XHRI-16* (208 нм), а затем электроннолучевым испарением слой *SiO₂* (20нм), на который наносили предварительно подготовленную суспензию из углеродных нанотрубок и полимерного

И далее ...

- 2 Композит *SiO₂*+УНТ хорошо поглощает СВЧ излучение
- 3 Лампа накаливания с нитью из углеродных нанотрубок

Новый метод очистки одно-
слойных углеродных
нанотрубок

СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 3 Сверхпроводимость в сильном магнитном поле вблизи квантовой критической точки

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 4 Два неожиданных вывода в копилку квантового компьютера

Интерфейс для квантовой информатики

- 5 Энионы для квантовых вычислений

Относительность запутанности

Секретная коммуникация
на резисторах

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- 6 Физика макарон

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

- 7 Больше для меньшего

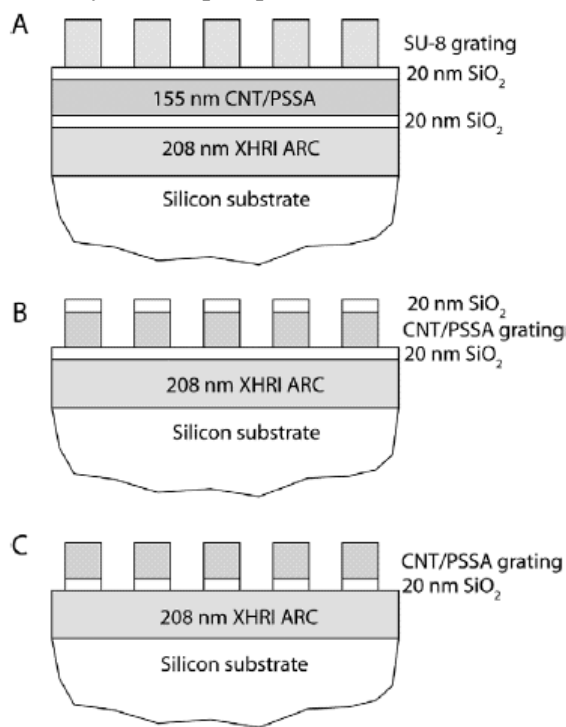
Рост продажи полупроводников

НОВЫЕ ОБЗОРЫ

- 8 Твердые и мягкие наноструктурные материалы: фундаментальные аспекты и применения

ПЕРВЫЕ СООБЩЕНИЯ

поверхностно-активного вещества (*PSSA:CNT*), образующую тонкую пленку. Реактивным ионным травлением задавали толщину пленки, а следовательно и длину нанотрубок. Пленку *PSSA:CNT* снова покрывали слоем SiO_2 (20 нм) и фоторезистом (*SU-8*), в котором методом лазерной интерферометрической литографии формировали решетку с шириной линий 200 нм и периодом 500 нм, служившую маской для последующего переноса рисунка на пленку методом реактивного ионного травления. Окончательным этапом удаляли фоторезист и остатки SiO_2 .



В результате получены индивидуальные нанотрубки заданной длины (даже такой малой как ~ 50 нм). Нужно отметить, что ключевым этапом технологии является создание стабильного распределения нанотрубок в таком растворе, способном образовать однородные пленки на подложках, а затем, в свою очередь, может легко удаляться с подложки. Подбранное полимерное поверхностно-активное вещество (polystyrene sulfonic acid - *PSSA*) удовлетворяет обоим требованиям, и к тому же при малых концентрациях не приводит к функционализации нанотрубок, диспергированных в этом растворе.

О.Алексеева

1. *Carbon* 2005, **43**, 2894
2. *Nanotechnology* 2005, **16**, 2799

Композит SiO_2 +УНТ хорошо поглощает СВЧ излучение

Композитные материалы, в которые добавлены углеродные нанотрубки (УНТ), существенно образом изменяют свои характеристики. В недавно опубликованной работе [1] сотрудников Shanghai Inst. Ceramics (Академии наук Китая) показано, что композитный материал из диоксида кремния с добавкой многослойных УНТ эффективно поглощает СВЧ излучение. Нанотрубки диаметром и длиной в диа-

пазоне 20-40 нм и 5-15 мкм, соответственно, были получены термокаталитическим разложением метана. Плотный композитный материал получен горячим прессованием мелкодисперсной диоксида кремния, предварительно перемешанной с УНТ. Для измерений диэлектрической постоянной использовали образцы размером 22.86x10.16x2.0 мм³. В частотном диапазоне от 8-12 ГГц как действительная ϵ' , так и мнимая ϵ'' компоненты диэлектрической постоянной монотонно возрастают с ростом содержания УНТ в образце. Так, при добавлении 2.5 об. % УНТ величина ϵ' возрастает до 8, что примерно в 2.4 раза превышает величину для чистой диоксида кремния. При добавлении 10% УНТ эта величина возрастает, в зависимости от частоты излучения, от 36 до 56. Величина ϵ'' также возрастает с увеличением содержания УНТ в образце, однако в отличие от ϵ' , величина которой падает с ростом частоты излучения, частотная зависимость параметра ϵ'' имеет возрастающий характер. Отношение указанных параметров ϵ'/ϵ'' , известное под названием «тангенс угла потерь» $\tan \delta$, при содержании УНТ в образце 2.5% примерно на 3 порядка превышает величину, присущую чистой диоксида кремния. При дальнейшем увеличении содержания УНТ до 7.5 – 10% $\tan \delta$ приближается к единице. Прямые измерения коэффициента пропускания СВЧ излучения синтезированными композитами также указывают на рост коэффициента поглощения СВЧ излучения с увеличением содержания УНТ в образце. Так, при объемном содержании УНТ в образце, равном 10%, коэффициент пропускания излучения в диапазоне частот 11–12 ГГц достигает 33 дБ, что указывает на отличную поглощающую способность рассматриваемого материала.

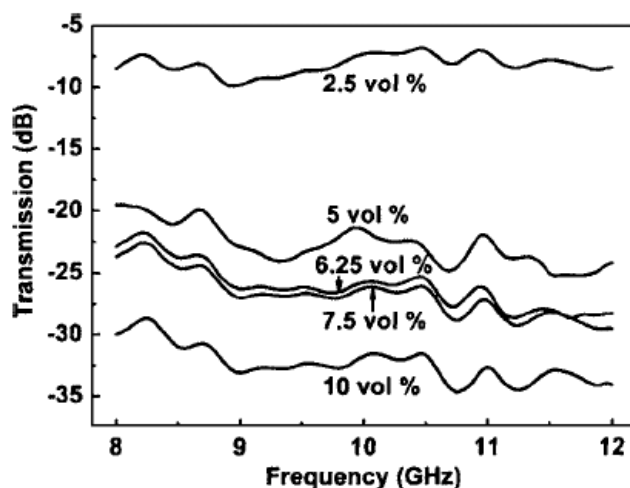


Рис. Зависимость пропускания микроволн (дБ) от частоты для образцов композитов SiO_2 +УНТ толщиной 5 мм при различной концентрации УНТ.

А.В.Елецкий

1. *Appl. Phys. Lett.* 2005, **87**, 123103

Лампа накаливания с нитью из углеродных нанотрубок

В ранних вариантах лампочек накаливания источником излучения служила графитовая нить, нагреваемая протекающим электрическим током. Световая отдача таких лампочек оказалась невысокой, и в дальнейшем графитовая нить была заменена на вольфрамовую, имеющую более низкое сопротивление. С открытием углеродных нанотрубок (УНТ) представилась возможность вернуться назад к углероду. Преимущества нитей из УНТ: хорошие электрические характеристики, термическая стабильность в вакууме, высокие гибкость и пластичность. Эти характеристики УНТ позволяют изготавливать из них нити практически любых размеров, что и продемонстрировала недавно группа исследователей из Inst. Metal Research Академии Наук Китая (г.Шеньян). Нитью накаливания служили жгуты из однослойных УНТ длиной до 200мм и диаметром до 200мкм, синтезированные в дуговом разряде в среде аргона и водорода. УНТ нити были соединены с металлическими контактами с помощью проводящей углеродной пасты и помещены в колбу, отпаянную до давления 10^{-4} Тор.

Оптические измерения показали, что рост мощности сопровождается резким увеличением интенсивности излучения лампы накаливания и изменением цвета излучения от оранжевого до белого. Так, при повышении мощности от 1 до 9.5Вт интенсивность излучения возрастает в 8273 раза, а положение максимума в спектре излучения смещается от 836 до 740нм. Интересно отметить, что вклад инфракрасного излучения в спектр излучения лампы значительно ниже уровня, определяемого законом излучения абсолютно черного тела. Такой эффект подавления ИК излучения обусловлен, по мнению авторов, тем обстоятельством, что нанотрубки в составе жгутов играют роль фотонного кристалла, обрезавшего длинноволновое излучение. Температура нитей накаливания в диапазоне от 1000 до 1700К изменяется как квадрат мощности.

По мере горения лампы происходит термическое разрушение УНТ, составляющих нить накаливания. Об этом свидетельствует сравнение спектров комбинационного рассеяния нитей до и после включения лампы. Термическое разрушение нанотрубок приводит к исчезновению особенностей спектра, связанных с радиальными дышащими модами и однозначно указывающих на существование однослойных нанотрубок. В результате термического разрушения однослойных нанотрубок образуются многослойные УНТ, а также грибообразные неупорядоченные структуры.

А.В.Елецкий

1. *J. Appl. Phys.* 2005, **98**, 044306

Новый метод очистки однослойных углеродных нанотрубок

Выделять углеродные нанотрубки (УНТ) в чистом виде технически затруднительно, что и объясняет

ПерсТ, 2005, том 12, выпуск 20

их высокую стоимость. При использовании дугового разряда образуется сажа, содержащая только 20-40% УНТ, а остальное - наночастицы аморфного углерода, многослойные частицы графита и частицы металлического катализатора, обычно заключенные в многослойную графитовую оболочку. Различными химическими и механическими способами удастся удалить около половины посторонних частиц. Группа китайских исследователей из Института микро- и нанометровых исследований и технологий (г. Шанхай) предложила и реализовала сравнительно простой метод более глубокой очистки. В эксперименте однослойные УНТ были получены электродуговым методом (напряжение на электродах 45 – 50В и ток 80 – 100А) в *Ar* (200Тор), катализатором служил сплав на основе *Ni* или *Y*. На стенках камеры образовывался тканеподобный материал, содержащий однослойные УНТ. 100 г этого материала в течение 2 часов подвергали ультразвуковой обработке в 300 мл 1% водного раствора поверхностно активного додецилсульфата натрия. Затем суспензию дважды фильтровали и полученное твердое вещество прогревали в потоке кислорода (20 мл/с; 365°C; 1.5 часа). Для удаления частиц металлического катализатора образец промывали концентрированной соляной кислотой. Степень очистки образца определяли в сканирующем электронном микроскопе и методом комбинационного рассеяния. Оказалось, что частицы аморфного углерода при температуре 365°C выгорают полностью (пока нанотрубки еще остаются стабильными), а содержание металлических частиц снижается от 28 до 1.5%. В результате описанной процедуры очистки масса образца снижается до 45% от исходной величины, а степень очистки составляет 98%.

А.В.Елецкий

1. *Physica E* 2005, **28**, 309

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Сверхпроводимость в сильном магнитном поле вблизи квантовой критической точки

Причиной обычного фазового перехода из упорядоченной в неупорядоченную фазу (например, перехода ферромагнетик-парамагнетик) является усиление тепловых флуктуаций с ростом температуры. Используя внешние факторы (высокое давление и т.п.), можно понизить температуру перехода T_c до абсолютного нуля и попасть, таким образом, в так называемую *квантовую критическую точку* (quantum critical point, *QCP*). Фазовый переход в *QCP* при $T=0$ тоже происходит за счет флуктуаций, но уже не тепловых, а квантовомеханических. При конечной (но низкой) температуре в непосредственной окрестности *QCP*, называемой квантовой критической областью, образуется новая квантовая фаза, причем квантовые флуктуации могут проявлять себя и при достаточно высокой (порядка комнатной) температуре, приводя к ряду новых необычных эффектов. После открытия нескольких материалов, в которых сверх-

проводимость при большом давлении сосуществует с ферромагнетизмом вблизи QCP , встал вопрос: а что будет, если подойти к QCP , используя сильные магнитные поля? Выживет ли сверхпроводящее состояние? Ведь магнитное поле отнюдь не благоприятствует сверхпроводимости.

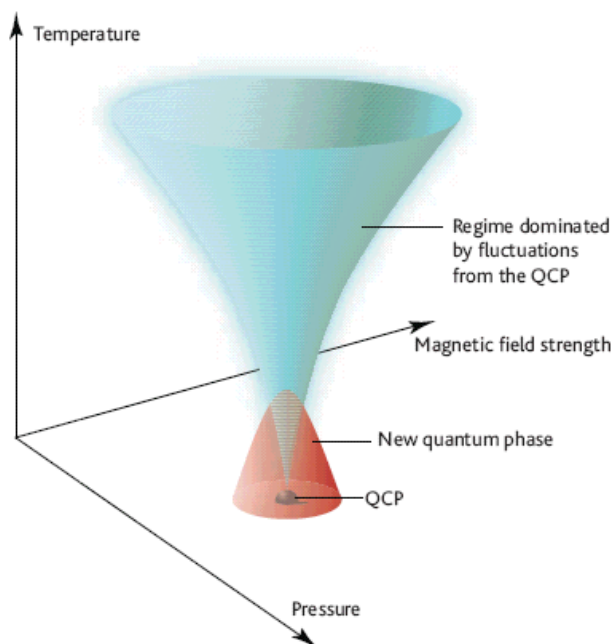


Рис. Схематическая диаграмма квантовых критических фаз

Исследования фазовой диаграммы соединения $URhGe$, которое при обычном давлении является сверхпроводником показали [1], что, хотя сверхпроводимость (T_c до 500мК) и исчезает при увеличении поля до $H \approx 2$ Тл, но затем вновь появляется при $H \approx 10$ Тл. Такой эффект наблюдали и прежде в других сверхпроводниках; он был связан просто с компенсацией внутреннего поля ферромагнетика внешним полем. На сей раз, однако, его причина иная: близость QCP . При этом не исключено, что именно магнитные флуктуации ответственны за формирование куперовских пар в сильных полях, поскольку при $H = 12$ Тл в $URhGe$ имеет место магнитный переход, при котором изменяется направление спинов. Поэтому возбуждения, связанные с поворотом спинов, являются наиболее очевидными кандидатами в спаривающие бозоны (хотя наличие в $URhGe$ взаимосвязи между магнитными и структурными свойствами говорит о том, что фононы пока еще рано сбрасывать со счетов). Работа выполнена сотрудниками Service de Physique Statistique, Magnetique, et Supraconductivite (Гренобль) и Grenoble High Magnetic Field Lab.

Л.Опенев

1. *Science*, 2005, **309**, 1343

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Два неожиданных вывода в копилку квантового компьютера

Декогеренция на пользу. Практическим выходом от развития теории квантовых блужданий по цепям

(графам) (quantum walks) может стать квантовый алгоритм поиска в базе данных. Ускорение блужданий в квантовых цепях по сравнению с классическими вызвано вступлением в игру интерференции. В недавней работе [1] L.Fedichkin, D.Solenov и C.Tamon (Clarkson Univ., Potsdam, США) показали, что небольшая доля декогеренции в этой ситуации может ускорить процесс. Результат — аналитический, но он объясняет явление, которое наблюдали другие исследователи при численном моделировании. Вывод совершенно неожиданный и трудно поддается пониманию, ведь до сих пор считалось, что декогеренция только мешает получить практическую пользу от квантовых систем. Возможно, декогеренция в небольших дозах в большей степени подавляет деструктивную интерференцию, чем конструктивную. Исследователи, естественно, рассмотрели предел сильной декогеренции. Он, как и следовало ожидать, приводит к классическому поведению.

Пригодится и небольшое количество кубитов. Создать квантовый компьютер из нескольких тысяч кубитов для реализации квантового алгоритма Шора разложения числа на простые множители с целью подрыва современной системы секретной коммуникации (собственно, на это даются деньги) пока не представляется возможным. Ученые из Univ. California и Lawrence Berkeley Nat. Lab. показали [2], что даже небольшое количество кубитов (~10) уже позволяет решать практически важные задачи, например, рассчитывать энергетический спектр некоторых простых, но важных молекул. Таким образом, если терпение военных закончится, ассигнования можно будет ожидать от химических концернов.

В.Вьюрков

1. *Quant-ph/0509163*, 22 Sept. 2005
2. *Science* 2005, **309**, 1704

Интерфейс для квантовой информатики

Квантовая коммуникация требует умения передавать квантовые биты из одного места в другое. При этом в качестве переносчиков квантовой информации на большие расстояния естественно выбрать фотоны — «летающие кубиты». На практике можно использовать стандартное телекоммуникационное оптоволокно, что делает фотоны с длиной волны $\lambda = 1310$ нм и $\lambda = 1550$ нм наиболее подходящими кандидатами в «квантовые курьеры». Однако здесь возникает вопрос о совместимости (а точнее — несовместимости) таких фотонов с фотонами, поглощаемыми и испускаемыми теми физическими объектами, в которых хранятся кубиты и проводятся операции с ними. Например, для одной из наиболее продвинутых на сегодняшний день систем обработки квантовой информации — ионов щелочных металлов в магнитной ловушке — характерные частоты переходов между энергетическими уровнями соответствуют длине волны $\lambda \approx 800$ нм. Таким образом, встает вопрос о создании «интерфейса» для переда-

ПерсТ, 2005, том 12, выпуск 20

чи кубитов от фотонов с одной длиной волны к фотонам с другой длиной волны, при этом сохраняющего квантовую когерентность и запутанность. В работе [1] возможность такой передачи продемонстрирована на примере фотонов с $\lambda = 710$ нм и $\lambda = 1310$ нм. Для этих целей был использован эффект нелинейного преобразования. Величина *fidelity* оказалась очень высокой и превысила 98%. В дальнейшем интерфейсы подобного рода будут, по видимому, широко использоваться в квантовых сетях различного назначения.

1. S. Tranzilli et al., *Nature* 2005, 437, 116

Энионы для квантовых вычислений

Когда в начале 80-х годов прошлого века Фрэнк Вильчек ввел в научный обиход понятие энионов (anyons) – частиц, не являющихся ни фермионами, ни бозонами, это было воспринято всего лишь как теоретический курьез. Но очень скоро энионы естественным образом проявились в теории квантового эффекта Холла, и вот – совсем недавно – получены первые указания на их экспериментальное обнаружение [1]. Более того, в работе [2] предложено для целей квантовых вычислений использовать способность энионов “обвиваться” друг вокруг друга так, что их мировые линии образуют своеобразные “клубки” в пространстве-времени. Различные “клубки” энионов, представляющие собой разные состояния в гильбертовом пространстве, и предполагается задействовать в качестве носителей квантовой информации.

1. *cond-mat/0504341*

2. *cond-mat/0412343*

Относительность запутанности

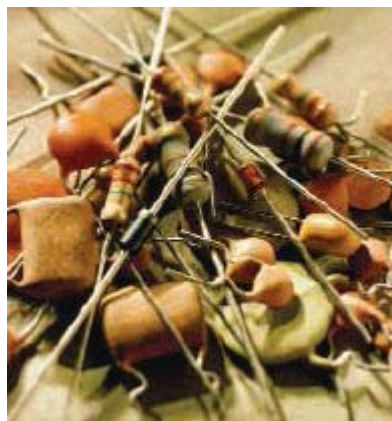
В случае, когда две квантовые частицы “перепутаны” между собой, измерение состояния одной из них мгновенно сказывается на состоянии другой, даже удаленной на огромное расстояние. Если Боб и Алиса, выполняющие измерения над частицами запутанной пары, движутся относительно друг друга с постоянной скоростью (хотя бы и близкой к скорости света), они по-прежнему будут наблюдать полную корреляцию между результатами своих измерений, хотя им и придется, возможно, учитывать различие импульсов регистрируемых частиц. А вот если Боб и Алиса движутся с ускорением, картина принципиально меняется [1]. Допустим, Алиса и Боб получают фотоны из источника фотонных пар, находящегося где-то между ними. При этом, с точки зрения Алисы, запутанность состоит в том, что если она регистрирует фотон своим детектором, то она знает, что Боб тоже получил фотон, а если ее детектор не “шелкает”, то она уверена: фотона нет и у Боба. Так же, в свою очередь, рассуждает о запутанности и Боб. Когда Алиса начинает двигаться с ускорением прочь от Боба, она замечает, что ее измерения не полностью согласуются с данными Боба, тогда как Боб не обнаруживает никаких от-

ПерсТ, 2005, том 12, выпуск 20

клонений от идеальной запутанности! Таким образом, запутанность оказывается не абсолютной, а относительной характеристикой физической системы: в общем случае она зависит от состояния наблюдателя. Поскольку, согласно теории Эйнштейна, ускорение связано с гравитацией, то должна существовать какая-то связь между запутанностью (сугубо квантовым эффектом!) и гравитацией. По видимому, этот вопрос можно решить только в рамках квантовой теории гравитации.

1. *Phys. Rev. Lett.* 2005, 95, 120404

Секретная коммуникация на резисторах



Что обеспечивает квантовая система коммуникации? Она не исключает подслушивание, поскольку и квантовый канал связи доступен для посторонних. Квантовая система в идеале позволяет только обнаруживать факт подслушивания. В

настоящее время доказано, что некоторые квантовые алгоритмы (например, Шора и Гровера) на квантовом компьютере работают гораздо эффективнее известных аналогичных классических алгоритмов на классическом компьютере. Кроме того, доказано, что квантовая коммуникация, в принципе, обеспечивает секретность передачи ключа, чего не обеспечивает существующая коммуникация классическая. Но вот не доказаны теоремы о том, что не существуют неизвестные пока классические алгоритмы и системы коммуникации, которые не уступают квантовым. Это открывает простор изобретателям.

L. Kish из Texas A&M University предлагает вместо сложной системы секретной квантовой коммуникации применить простую систему с использованием обычных сопротивлений [1]. Рассмотрим легендарную тройцу: Алиса, Боб и Ева. Боб старается передать Алисе секретный ключ в двоичном коде, т.е. цепочку нулей и единиц. Ева подслушивает канал связи, стараясь быть незамеченной. В распоряжении Алисы и Боба есть по паре сопротивлений – одно большое, другое маленькое. Алиса и Боб случайным образом подключают в канал одно из сопротивлений и с помощью вольтметра измеряют шум, каждый на своем конце цепи. Как известно, средний квадрат напряжения, обусловленного найквистовским (термическим) шумом пропорционален величине сопротивления. Значит, если Алиса и Боб подключили большие сопротивления, шум большой, если маленькие – шум маленький, если разные – шум промежуточной величины. Ева способна подслушать величину шума, подключивши в цепь свой вольтметр. Как легко понять из рисунка,

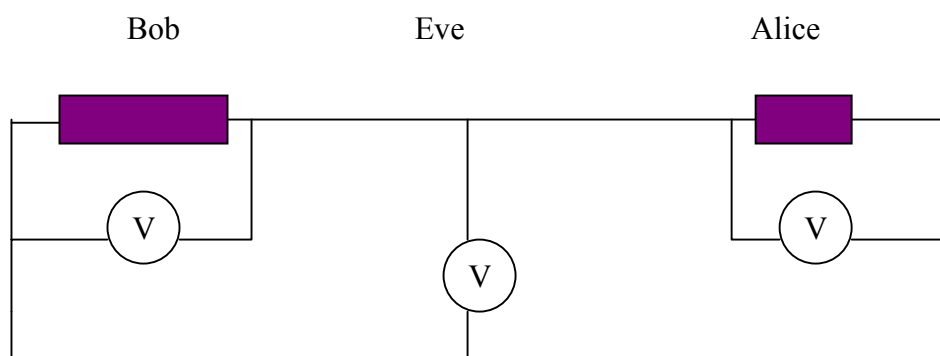
оба сопротивления и все вольтметры включены параллельно (сопротивлением линии пренебрегаем), поэтому все персоны измеряют одинаковый шум. Единственно, что не может определить Ева в ситуации с промежуточной величиной шума, какой величины сопротивления подключили Алиса и Боб. А вот Алиса и Боб, зная, что каждый из них сам подключил, знают, что подключил другой. Это и служит основанием для секретной передачи информации между ними. Предположим, что Боб звонит по открытому телефону Алисе и сообщает, что если она подключила маленькое сопротивление, это означает 1, а если большое – 0. Так можно передать ключ. Потом ключ надо еще и сравнить, как и в системах квантовой коммуникации, только тогда

может выясниться подслушивание. Необходимость этого обусловлена тем, что Ева может имитировать действия Алисы с сопротивлениями, разорвав линию. Разорвав линию, Ева, конечно, может просто измерить сопротивления Алисы и Боба порознь, но для этого надо пропустить ток, что сразу будет замечено.

Пытливые могут найти разоблачение представленного в Science фокуса. Одно из возможных разоблачений, предложенное К.Руденко (ФТИАН), будет представлено в следующем выпуске ПерсТа.

В.Вьюрков

1. *Science* 2005, **309**, 2148



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Физика макарон

Два исследователя из *Universite Paris VI* опубликовали в высокорейтинговом *Phys.Rev.Lett.* статью, почти все содержание которой, так или иначе, связано с изучением процесса разламывания макарон [1]. Статья интересна не только основным содержанием, но и любопытными сопутствующими обстоятельствами.

Например, характерная деталь: до макарон снизошли записные законодатели высокой кухни – французы (которые, однако, для придания солидности своему исследованию ссылаются на предшественника с безотказной репутацией, которого также интересовал этот вопрос – на Нобелевского лауреата Ричарда Фейнмана). Понятно, что такую работу не могли бы сделать представители народов Крайнего Севера или дети степей – этим просто не до того, чтобы по пищевым вопросам строить сложные абстракции. Но, казалось бы, французов должны были бы опередить итальянцы. Однако у последних, видимо, все, что связано с макаронами, впитано в подкорковые разделы в раннем детстве, и поэтому позывов на рациональное осмысление физических явлений в макаронах не возникает.

Собственно вопрос исследования состоял в выяснении причин того, почему макароны ломаются сразу на несколько кусков, вместо того, чтобы чинно сломаться примерно пополам так, как это нужно хозяйке – по размеру кастрюли. Для тех,

кому макароны ломать не приходилось, укажем другое явление сходной природы – несговорчивость стекла при попытке его сломать (или даже отрезать) в нужном месте. Оказывается, главным осложняющим обстоятельством и в том и в другом случае является существенно динамический характер процессов. При этом не существенно, медленно или нет ломают макароны. Первый разлом действительно осуществляется в случайной точке, там и тогда, где и когда кривизна статического изгиба превышает критически допустимую.

Однако, как только первый разлом произойдет, концы у разлома становятся свободными, и стержень макаронины начинает самопроизвольно разгибаться. При этом в стержне рождается набор упругих волн, и дальнейший профиль его изгиба определяется суперпозицией этих волн. Как оказывается, подобный процесс описывается универсальным уравнением, имеющим строгое аналитическое решение, причем не требующее никаких подгоночных параметров. Максимальная кривизна, которая может получиться в стержне, освобожденном с одной стороны, составляет 1/48 исходной. Как легко понять, каждый разлом с большой вероятностью вызывает следующий, и так далее – каскад разломов. Поскольку даже самые высококачественные макароны неидеальны и имеют слабые места, случайно распределенные по длине, процесс невоспроизводим в деталях, но характерная множественность разломов воспроизводится в каждой попытке.

Сами уравнения, решения, фотографии и трехмерные графики читатель может найти в обсуждаемой статье, а на сайте новостей из мира физики *Physic-sWeb* в статье за первое сентября и кинограмму процесса ломки макарон. Действительно, макароны (и наши тоже) не хотят ломаться пополам. Так что теперь и эта загадка природы, маскировавшаяся под мелкий житейский факт, объяснена, протоколирована, и засушена между страницами уважаемого журнала, словно мотылек в коллекции. Хочется, правда, надеяться, что у Природы остались еще загадки для любознательных.

Напоследок – еще одна невеселая ассоциация. Фактически, все это явление – каскад разрушений, непредсказуемых разломов – просто следствие вдруг обретенной свободы (...одного из концов макаронины...). Как хорошо, что законы развития общества все-таки несколько отличаются от законов, управляющих неживой природой!

М.Компан

1. *Phys. Rev. Lett* 2005, **95**, 095505

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

Больше для меньшего

«Твердотельное» освещение, обязанное нанотехнологическим разработкам, неожиданно попало в Закон об энергетике США, прошедший недавно одобрение Конгресса. Закон, открывший зеленую улицу исследованиям и разработкам в области новых чистых источников энергии для спасения

экологии планеты, не обошел вниманием и проблемы экономии энергии. А твердотельные светодиоды способны с коммерческой выгодой заменить флуоресцентные источники и лампы накаливания.

Закон разрешает выделять по 50млн долл. в год в течение 7 лет (начиная с 2007 ф.г.) на финансирование источников освещения следующего поколения – полупроводниковых и органических светодиодов с задачей сделать их более эффективными по соотношению яркости и стоимости [1]. Однако, каждый год Конгресс и Белый Дом должны будут решать, в достаточной ли степени результаты соответствуют инициативе. Активная разработка светодиодов для освещения началась 3 года назад с открытием финансирования в 2млн долл. и последующим ростом до 15млн долл. в 2005 ф.г.

Финансирование фундаментальных исследований и разработок будет разделено примерно поровну между обычными и органическими светодиодами. Общая цель для обоих типов – получить больше люменов на ватт и снизить стоимость от нынешней для обоих типов. В таблице представлены сегодняшние параметры светодиодов и цели, которые ставит Министерство энергетики США к 2025 году. В разработках «твердотельного» освещения на пятки США наступают активные азиатские страны.

Тип светодиодов	Отношение светового потока к мощности, лм/Вт		Срок службы, час.		Стоимость, долл. за 1000 лм	
	2005 г.	2025 г.	2005 г.	2025 г.	2005 г.	2025 г.
Полупроводниковые	47	162	16000	100000	146	3.3
Органические	20	100	100	10000	-	-

Сегодня 160 светильников со светодиодами освещают обе стороны моста Винсента Томаса в Лос-Анджелесе. 80 светильников развешены на растяжных тросах и еще столько же – по обеим сторонам мостового пролета. Каждый светильник потребляет мощность 19.5Вт, что вполне реально получить от солнечных батарей. Вблизи моста установлена солнечная панель на 4.5кВт, которая была продана во владение Департаменту воды и энергии Лос-Анджелеса. Мост Винсента Томаса - первый в своем роде, работающий в режиме самоокупаемости декоративного освещения. Было испытано несколько вариантов светильников, прежде чем получили «добро» питаемые солнечной энергией светильники Blue 360-LED (фирмы LEDtronics, США). Светильники голубого цвета заметно отличаются от янтарного цвета общего освещения и морских навигационных знаков порта Лос-Анджелес.

1. *OE Magazine*, 2005, **5**, no 9, p.10

Рост продаж полупроводников

Глобальные продажи полупроводниковой промышленности быстро растут и в текущем году достигли рекордного уровня, составив на август 144 млрд. долл., что, по утверждению Semiconductor Industry Association, на 6% выше соответствующего периода 2004 года. При этом их потребление в Европе, США и Японии значительно снизилось, но резко выросло в остальной части Азии.

Nature 2005, **437**, 494

НОВЫЕ ОБЗОРЫ

Microelectronics Journal опубликовал обзор «Solid and soft nanostructured materials: Fundamentals and applications» авторов из России (Ю.Е. Лозовик – Институт спектроскопии РАН) и Швеции (M. Willander, O. Nur, S.M. Al-Hilli, Z. Chiragwandi, Q.-H. Hu, Q.X. Zhao, P. Klason - Goteborg Univ.) [1].

Во всем мире ведутся фундаментальные исследования наноструктурных материалов в надежде на их

эффективное применение. В обзоре представлен обзор достижений по квази дву-, одно- и нуль мерным твердым и мягким материалам и областям их применений. Представлено несколько важных с точки зрения авторов примеров движения от фундаментальных результатов к применению.

В первой части обзора рассмотрены ловушки для экситонов в полупроводниковых наноструктурах: физическая реализация, фазовые диаграммы, приближения локальной плотности и мезоскопические конденсаты. Авторы проводят аналогию между фундаментальными свойствами твердых материалов и прикладной проблемой «вылавливания» одиночных молекул и их групп в воде. Разработанный недавно т.н. «водяной» транзистор с наноструктурированными электродами является прецизионным локальным сенсором pH воды, что важно для многих биохимических, химических и промышленных применений. Показаны способы манипулирования водой (создание вихрей) с помощью наноструктурированных материалов.

Во второй части рассматриваются в основном свойства ZnO наностержней (нанопроволочек), как перспективного материала для оптоэлектроники (лазеры, светодиоды, лампы, детекторы) и медицины (фотодинамическая терапия раковых заболеваний). ZnO имеет очень сильную экситонную энергию связи (60мэВ) и сильную энергию связи фотон-экситон, что способствует образованию наноструктур. Представлены данные по росту кристаллических ZnO наностержней на различных подложках как монокристаллических (кремний, карбид кремния, сапфир), так и аморфных (двуокись кремния, пластиковые материалы) при температуре в диапазоне 50 – 900°C. Анализируется связь оптических и структурных свойств наностержней.

В третьей части обсуждаются вопросы поглощения и рассеяния УФ излучения ZnO наночастицами в зависимости от их размера. Наночастицы могут быть использованы для нанесения на кожу для защиты от солнечной радиации как источника раковых заболеваний кожи.

1. *Microelectronics Journal* 2005, **36**, 940

ПЕРВЫЕ СООБЩЕНИЯ

Об открытии углеродных нанотрубок

S. Iijima

NEC Corporation, Fundamental Research Laboratories
(Цукуба, Япония)

Nature 1991, **354**, 56

О возможности накопления водорода в углеродных нанотрубках

A.C. Dillon, K.M. Johns, T.A. Bekedahl, C.H. Klang,
D.S. Bethune, M.J. Heben

National Renewable Energy Lab. (Golden, Colorado,
США)

Nature 1997, **386**, 377

О сверхпроводимости фуллеритов

$C_{60}:K - T_c = 18K$

A.F. Hebard, M.J. Rosseinsky, R.C. Haddon,
D.W. Murphy, S.H. Glarum, T.T.M. Palstra,
A.P. Ramirez, A.R. Kortan

Bell Laboratories (Murray Hill, США)

Nature 1991, **350**, 600

$C_{60}:Rb - T_c = 28K$

R.M. Fleming, A.P. Ramirez, M.J. Rosseinsky,
D.W. Murphy, R.C. Haddon, S.M. Zahurak,
A.V. Makhija

Bell Laboratories (Murray Hill, США)

Nature 1991, **352**, 787

$Rb_xC_{60} T_c \sim 29 K$; $Cs_xRb_yC_{60} T_c = 33K$

K. Tanigaki, T. W. Ebbesen, S. Saito, J. Mizuki, J. S.
Tsai, Y. Kubo, S. Kuroshima

NEC Corp., Fundamental Res. Lab. (Цукубо, Япония)

Nature 1991, **352**, 222

$Cs_xC_{60} (x = 1.2-3)$

S.P. Kelty, C.-C. Chen, and C.M. Lieber
Harvard University (Cambridge, США)

Nature 1991, **352**, 223

$Cs_xC_{60} T_c = 40K$

T.T.M. Palstra, O. Zhou, Y. Iwasa, P.E. Sulewski,
R.M. Fleming, B.R. Zegarski

Bell Laboratories (Murray Hill, США)

Solid State Commun. 1995, **93**, 327

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой
ИФТТ РАН и РНЦ «Курчатовский институт» при поддержке
Программы Президиума РАН «Информатизация»

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

Научный консультант: К.Кугель e-mail: kugel@orc.ru

В подготовке выпуска принимали участие: О.Алексеева, В. Вьюрков, А.Елецкий, М.Компан, Ю.Метлин, Л.Опенос

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64^а