

В этом выпуске:

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Охота за квантовыми страйпами

В 1995 году было обнаружено, что даже незначительное искажение кристаллической структуры ВТСП может привести к исчезновению сверхпроводимости и возникновению так называемых “страйпов” – областей делокализованных электронов (“зарядовых рек”), разделенных областями со спиновым порядком, в которых электроны локализованы. Неоднократно высказывались предположения, что зарядовые неоднородности сохраняются и в сверхпроводящем состоянии, но при этом являются не статическими, а динамическими. На языке квантовой механики это означает наличие суперпозиции большого числа состояний с различной ориентацией страйпов, так что “в среднем” электронная жидкость выглядит однородной. Получить непосредственное экспериментальное доказательство существования в ВТСП таких квантовых страйпов (или же опровергнуть эту гипотезу) оказалось очень трудно из-за малости характерного времени флуктуаций $\sim 10^{-12}$ с.

Косвенное указание на их присутствие в ВТСП все же удалось получить. Исследуя спектры неупругого рассеяния нейтронов, авторы работы [1] обнаружили сильную аномалию колебаний связи *Cu-O*, происхождение которой трудно объяснить иначе как воздействием квантовых страйпов на решетку. С одной стороны за возникновение этой аномалии, по-видимому, отвечают межэлектронные взаимодействия, поскольку полученные результаты не удалось описать в рамках стандартной одноэлектронной теории. С другой стороны, аномалия отсутствует в несверхпроводящих (существенно недодопированных и передопированных образцах). Значит, электрон-фононное взаимодействие имеет отношение к механизму спаривания, хотя, возможно, не прямое, а косвенное – при посредничестве квантовых страйпов, которые, в свою очередь, появляются вследствие электронных корреляций.

1. *Nature* 2006, **440**, 1170

НАНОСТРУКТУРЫ

Нанопленка - почти невидимка



Самоподдерживающиеся нанопленки – это чудо мембранной технологии. Хотя изготовить их – нелегкое дело, но, будучи сделанными, эти квазидвумерные объекты обнаруживают удивительное

И далее ...

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Алмазные кубиты
- 3 Атомный ферми-газ на чипе
- 4 Уменьшение размерности в квантовой критической области

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 5 Зависимость модуля Юнга УНТ от диаметра и температуры

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- 6 «Step-by-nanostep» или «шаг вперед и два назад»?

НИТРИДНЫЕ НОВОСТИ

- 7 Светодиод с длиной волны 210 нм

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

- 8 Доход от нанотехнологий наноразмерный?

КОНФЕРЕНЦИИ

- 9 2-6 октября 2006 года. Харьков. Харьковская нанотехнологическая Ассамблея-2006

поведение, вызванное сочетанием макроскопической поверхности с наноскопической толщиной. Замечательный пример приводит Toyoki Kunitake с коллегами в журнале Nature Materials (2006, 5, 494). Они изготовили ультратонкую пленку, едва видимую невооруженным взглядом, но столь эластичную, что ее можно протянуть через отверстие микропипетки в 30000 раз меньшее, чем ширина пленки (см. фото). Несмотря на тонкость, почти до невидимости, она может удерживать жидкую среду в 70 тыс. раз тяжелее, чем она сама, и выдерживать значительные деформации. Она также устойчива к различным внешним средам и механическим напряжениям. Что еще более впечатляет, что пленка побивает рекорд по размерам – имеет несколько сантиметров в поперечнике при толщине всего 45 нм.

Эта почти несовместимая комбинация прочности и тонкости является результатом гибридного состава пленки. Она состоит из органической полимерной сетки (которая обеспечивает ее пластичность и деформируемость), пронизанной диоксидом циркония (придающей ей прочность и стабильность). Пленка формируется одновременно из двух исходных веществ на плоской центрифуге. Работают два совершенно различных химических процесса: полимер образуется поперечным связыванием мономеров под действием света, в то время как циркониевый прекурсор реагирует с остаточными следами воды в пленочной подложке из поливинилового спирта. Тем не менее, компоненты скручиваются с образованием нанопленок со свойствами, пригодными для изготовления датчиков, актюаторов и разделительных мембран.

1. Nature 2006, 441, 418

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Алмазные кубиты

Для устройств обработки квантовой информации требуется наличие сильного когерентного взаимодействия между квантовыми объектами – носителями кубитов. Кроме того, для передачи результатов квантового вычисления на большие расстояния (то есть для квантовой связи) необходимо также сильное взаимодействие таких объектов с фотонами. Но квантовые системы, удовлетворяющие этим требованиям, очень чувствительны к влиянию окружения и быстро теряют свою когерентность. Поэтому твердотельные кубиты – наиболее перспективные с точки зрения масштабируемости – оказываются в то же время и наиболее подверженными декогеренции, главным источником которой выступают фононы, из-за которых эксперименты приходится проводить при сверхнизких температурах. Исключением являются так называемые NV-центры (или NV-дефекты) в алмазе (рис. 1а). Они представляют собой пары «атом азота (замещающий атом углерода в узле решетки) – вакансия на соседнем узле». С каждым таким NV-

центром связан электронный спин, состояния которого могут рассматриваться как логические состояния кубита. В NV-центре возможны оптические переходы (рис. 1б), что позволяет измерить состояние единичного центра. До настоящего времени исследования ограничивались не очень качественными образцами со случайно распределенными по их объему NV-центрами. Время T_2 фазовой когерентности спина одного NV-центра в таких образцах не превышало 50 мкс.

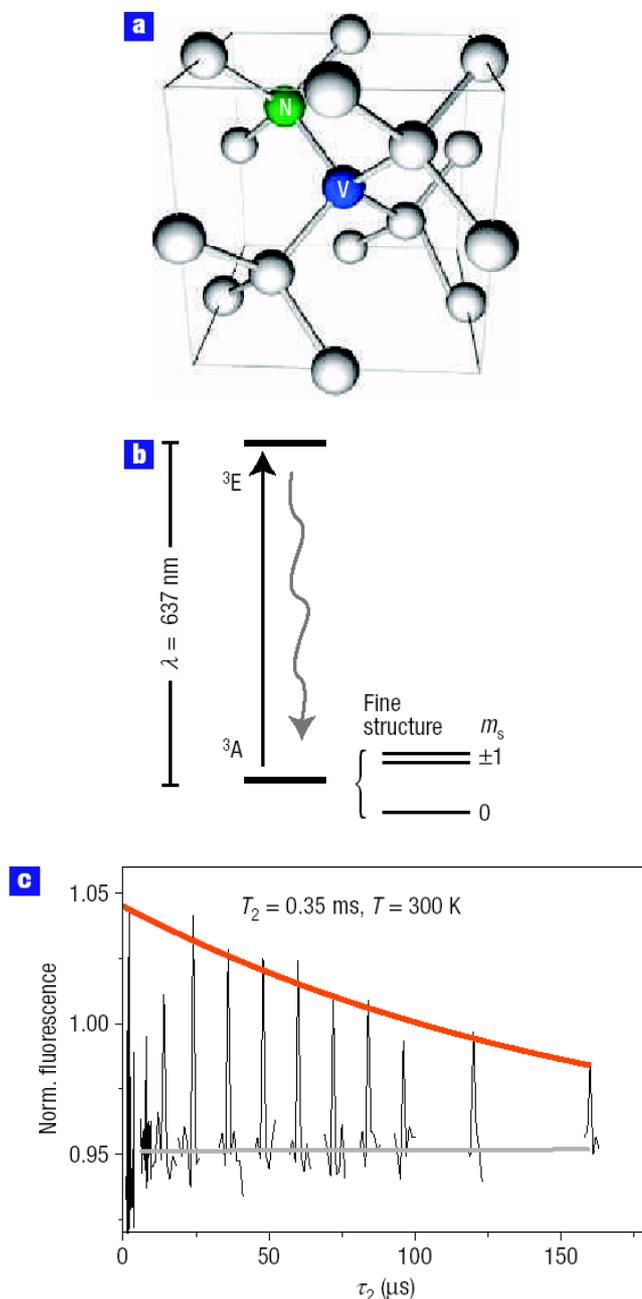


Рис.1. (из статьи [1]). а) NV-центр в алмазе; б) энергетические уровни NV-центра, между которыми имеют место оптические переходы; в) релаксация электронного спина NV-центра.

В работе [1] NV-центры были созданы путем имплантации единичных атомов азота в сверхчистые алмазные подложки. Поскольку вдоль ионного трека образуется большое количество вакансий, от последних избавлялись посредством отжига при $T \approx 800^\circ\text{C}$, в результате чего вблизи каждого имплантированного атома оставалась только одна вакансия. Время ко-

герентности T_2 удалось таким образом увеличить до 0.35мс (рис. 1с), и это при комнатной температуре! Для сравнения: в полупроводниковых квантовых точках $T_2 \approx 1\text{мкс}$ при $T = 0.1\text{К}$. Величина T_2 ограничена, по-видимому, взаимодействием спинов NV -центров со спинами примесей изотопа ^{13}C и, в принципе, может быть еще увеличена в результате дополнительной очистки исходного образца. Для организации когерентного взаимодействия между спинами двух NV -центров нужно, чтобы последние находились друг от друга на расстоянии не более $\approx 10\text{нм}$. Эта величина меньше предельного разрешения современной технологии имплантации единичных ионов ($\approx 20\text{нм}$), поэтому авторы [1] пошли по другому пути: они имплантировали в алмазную подложку молекулы N_2 . Попав в кристалл, молекула N_2 распадается на два атома N , каждый из которых может образовать NV -центр. При энергии молекул N_2 около 10кэВ среднее расстояние между двумя NV -центрами составляет $\approx 5\text{нм}$. Поскольку из-за низкой эффективности процесса $N \rightarrow NV$ число пар $NV-NV$ оказывается очень мало, то в [1] были изучены характеристики пар $NV-N$ (рис. 2). Показано, что исходное спиновое состояние такой пары может быть приготовлено (а результирующее – “прочитано”) с использованием обычных оптических методик.

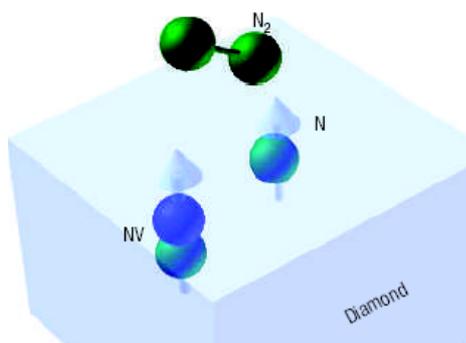


Рис.2. (статьи [1]). Пара $NV-N$, образующаяся при имплантации молекулы N_2

Эта работа открывает дорогу к комнатно-температурным квантовым компьютерам. Здесь можно выделить два возможных направления.

1) Пытаться создать массив NV -центров в одном кристалле (рис. 3а). Запутанность квантового состояния при этом будет обеспечена спин-спиновыми взаимодействиями. Такой подход потребует резкого увеличения точности имплантации отдельных ионов.

2) Пойти по пути “один кристалл – один кубит (NV -центр)” (рис. 3б). В этом случае запутанность генерируется оптическими средствами. Если (так или иначе) удастся продемонстрировать масштабируемость запутанных состояний NV -центров в алмазе, то о других кандидатах в кубиты можно будет забыть. И из предмета роскоши алмаз превратится в материальную базу квантовых суперкомпьютеров...

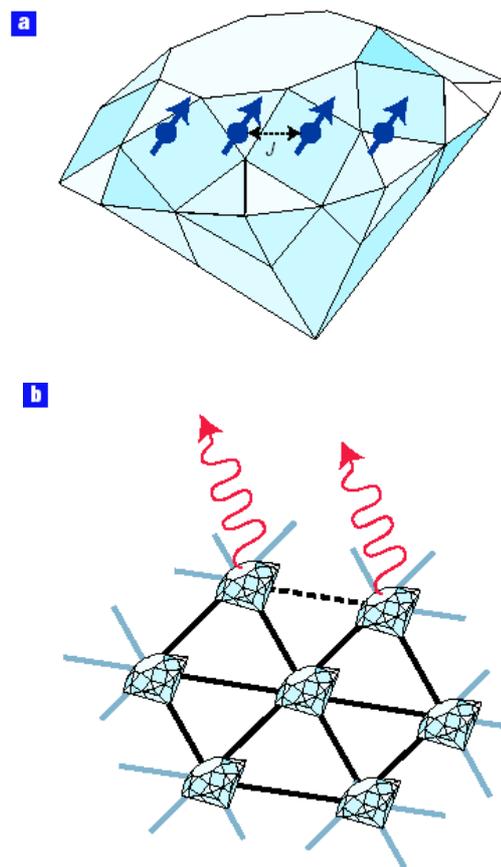


Рис.3. (из статьи [2]). Возможные пути масштабирования квантовых вычислительных устройств на основе NV -центров.

1. *Nature Phys.* 2006, 2, 408
2. *Nature Phys.* 2006, 2, 365

Атомный ферми-газ на чипе

Частицы, обладающие полужелым спином и вследствие этого подчиняющиеся статистике Ферми-Дирака, являются основными “кирпичиками”, из которых состоят окружающие нас вещества. Недавно физики научились захватывать фермиевские атомы в магнитные или оптические ловушки и охлаждать их до столь низких температур, что при этом образуется атомный ферми-газ, в котором атомы (подобно электронам в самих этих атомах) занимают дискретные уровни энергии в соответствии с принципом Паули (на одном уровне может находиться не более одной частицы с одинаковым набором квантовых чисел). При температуре $T \ll T_F$ такой ферми-газ является вырожденным: в нем уровни с энергией $E \leq E_F$ заняты, а уровни с $E > E_F$ – пусты. При $T \gg T_F$ частицы, напротив, могут занимать любые уровни в соответствии с классической функцией распределения, так что в среднем число частиц на каждом уровне много меньше единицы. Величина T_F определяется массой частиц и их концентрацией. В отличие от электронного ферми-газа в металлах, где $T_F \approx (10^4 \div 10^5)\text{К}$, в атомном ферми-газе $T_F \approx (10^{-6} \div 10^{-5})\text{К}$. Исследование атомных ферми-газов с сильными межчастичными взаимодействиями важно для понимания свойств самых различных систем – от высокотемпературных сверхпроводников до нейтронных звезд и кварк-глюонной плазмы эпохи Большого Взрыва. Одна беда –

используемые для этих целей методы очень сложны, а оборудование – громоздкое и дорогое. Поэтому до сих пор лишь несколькими научным группам удалось создать вырожденный атомный

ферми-газ в своих лабораториях (газ из бозе-атомов охлаждать до низких температур значительно легче, поскольку принцип Паули не препятствует столкновениям, приводящим к испарению “горячих атомов”).

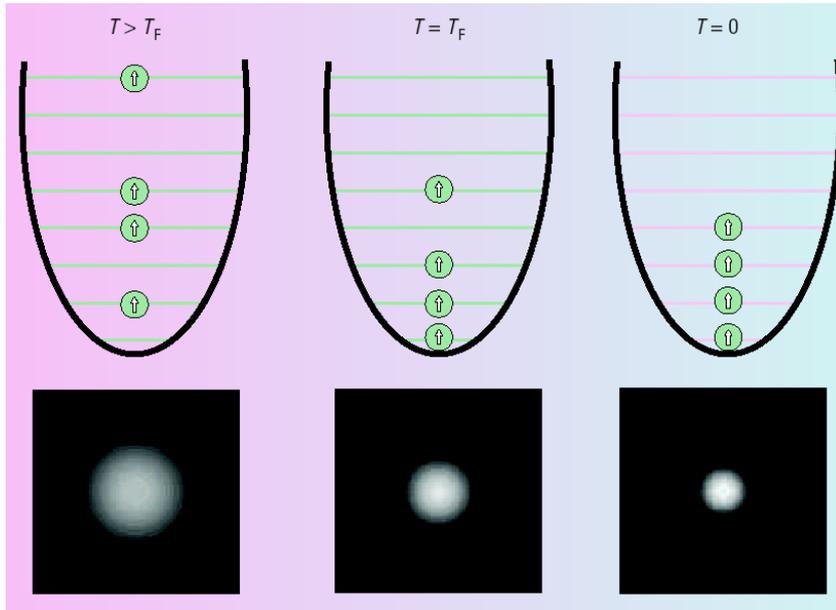


Рис. (из статьи [2]). Атомный ферми-газ, охлажденный до различных температур. При понижении T атомы занимают низколежащие уровни энергии. Для этих уровней радиус локализации частиц маленький, поэтому размеры “атомного облака” уменьшаются.

В журнале “Nature Physics” канадская команда из университета Торонто опубликовала статью [1], где предложила простой и экономичный способ изготовления ультрахолодных ферми-газов. Эксперимент проводили в одной стеклянной вакуумной камере. Смесь паров ^{40}K (фермионы) и ^{87}Rb (бозоны) получали путем лазерного испарения щелочных металлов со стенок камеры. Внутри камеры посредством комбинации катушек и пересекающихся лазерных пучков формировали магнито-оптическую ловушку, в которой происходило предварительное охлаждение ферми-бозе смеси, при этом бозе-атомы ^{87}Rb помогали интенсифицировать процесс охлаждения. Охлажденное газовое облако с помощью дополнительной системы катушек с квадрупольной конфигурацией магнитного поля перемещалось примерно на 5 см в направлении кремниевого чипа, на который нанесены золотые пленочные проводники толщиной в несколько микрон. Токи, протекающие через эти проводники, формировали над чипом (на высоте 180 мкм) микромагнитные ловушки, число которых на одном чипе может быть весьма велико. Их малые размеры ($0.5 \times 0.1 \text{ мкм}^2$) позволяют добиться сильного конфайнмента и, соответственно, высокой плотности атомов. Газ атомов ^{40}K в таких микроловушках удается охладить до $T < 0.09 T_F$ (где $T_F \approx 1.1 \text{ мкК}$) всего лишь за 6 секунд – на порядок быстрее, чем в обычных магнитных ловушках. Новая методика не только существенно облегчает создание и исследование атомных ферми-газов, но и открывает путь к их практическому использованию, например, в атомных часах, квантовых вычислительных устройствах.

1. *Nature Phys.* 2006, 2, 384

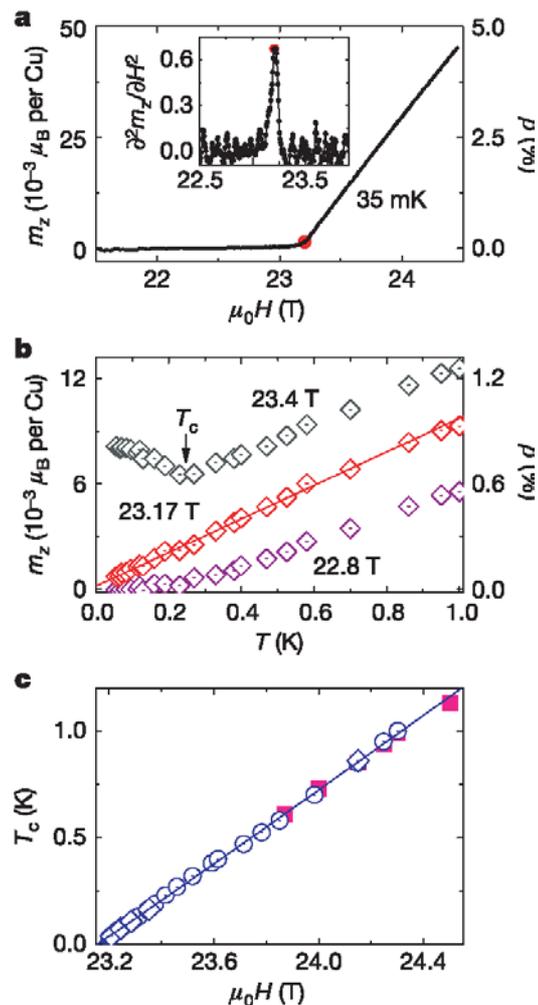
2. *Nature Phys.* 2006, 2, 377

Уменьшение размерности в квантовой критической области

Точка, в которой фазовый переход происходит при $T = 0$, называется квантовой критической точкой (ККТ). В окрестности ККТ несколько различных электронных основных состояний конкурируют между собой. В низкоразмерных системах с ККТ эта конкуренция должна приводить к необычным свойствам. В частности было предсказано, что в таких системах вблизи ККТ могут возникать новые электронные фазы. Эти идеи часто используют при попытках объяснить такие явления как высокотемпературная сверхпроводимость и нефермижидкостное поведение электронов в некоторых материалах. Однако любой реальный физический объект является трехмерным. Например, в слоистых (квазидвумерных) системах всегда имеется конечное взаимодействие между слоями. Поэтому, собственно, двумерные ККТ никогда и не наблюдались экспериментально, а существовали только на бумаге.

В работе [1] обнаружен эффект эффективного понижения мерности ККТ ($3D \rightarrow 2D$). Авторы этой работы, исследуя бозе-эйнштейновскую конденсацию спиновых триплетов в трехмерном моттовском диэлектрике $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$, нашли, что сильные спиновые корреляции на геометрически фрустрированной решетке приводят к резкому подавлению взаимодействия между спиновыми слоями и возникновению двумерной ККТ. О двумерности ККТ свидетельствуют, в частности, линейные зависимости намагниченности m_z от T и H и критической температуры T_c от H (см. рисунок). Действительно, теория предсказывает $m_z \sim T^{d/2}$ и $T_c \sim (H - H_{c1})^{2/d}$, где d – мерность системы. Таким образом, к самому понятию мерности нужно подходить осторожно: хотя отдельные

частицы двигаются в трехмерной решетке, но их коллективные свойства при этом могут проявляться в двумерном подпространстве.



Зависимость намагниченности $BaCuSi_2O_6$ от H (a) и T (b). Зависимость критической температуры от H (c).

1. *Nature* 2006, 441, 617

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Зависимость модуля Юнга УНТ от диаметра и температуры

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальными механическими свойствами, в частности, рекордной величиной модуля Юнга, $Y \sim 1$ ТПа. Однако, измеренная на различных образцах эта величина может существенно различаться, иногда даже более чем на порядок. Такой разброс может быть связан с ее чувствительностью к концентрации и виду структурных дефектов УНТ, а также с неопределенностью измерения поперечного сечения нанотрубки, входящего в определение модуля Юнга. В работе [1] группы сотрудников Ming Hsin Univ. Science and Technology, Natl. Cheng Kung Univ. и Natl. Center High-Performance Computing (Тайвань) модуль Юнга определен теоретически методом молекулярной динамики. Авторы моделировали тепловые колебания свободного конца однослойной УНТ при закрепленном другом конце. Амплитуда таких колебаний зависит от величины модуля Юнга. Описанный подход позволил

ПерсТ, 2006, том 13, выпуск 13

определить модуль Юнга в зависимости от температуры среды и геометрии нанотрубок. Расчеты выполнены для однослойных УНТ с индексами хиральности $(n, 0)$, где индекс n меняется от 7 до 29. Это соответствует изменению радиуса нанотрубки в диапазоне от 0.273 до 1.131 нм. Изменение температуры в диапазоне от 0 до 2000 К соответствует изменению характера тепловых колебаний атомов, составляющих нанотрубку. В качестве потенциала взаимодействия этих атомов использовался потенциал Терсов-Бреннера, хорошо себя зарекомендовавший в подобных расчетах. Вычисления указывают, что квадрат амплитуды колебаний нанотрубки пропорционален кубу ее длины. Отсюда следует, что в рамках рассматриваемой модели справедлива обратно пропорциональная зависимость между квадратом амплитуды колебаний нанотрубки и величиной модуля Юнга, характеризующей ее упругие свойства. Зависимость модуля Юнга от радиуса нанотрубки, вычисленная для $T < 1100$ К, показана на рис. 1.

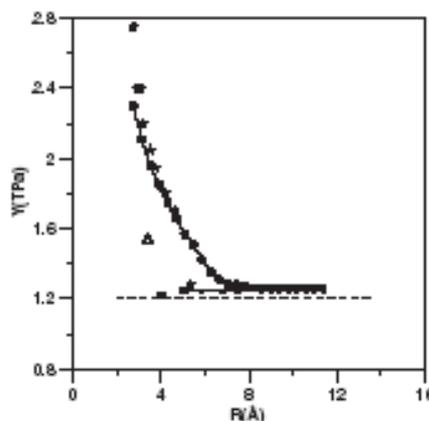


Рис. 1. Зависимость модуля Юнга однослойной нанотрубки от радиуса, вычисленная для температур ниже 1100 К.

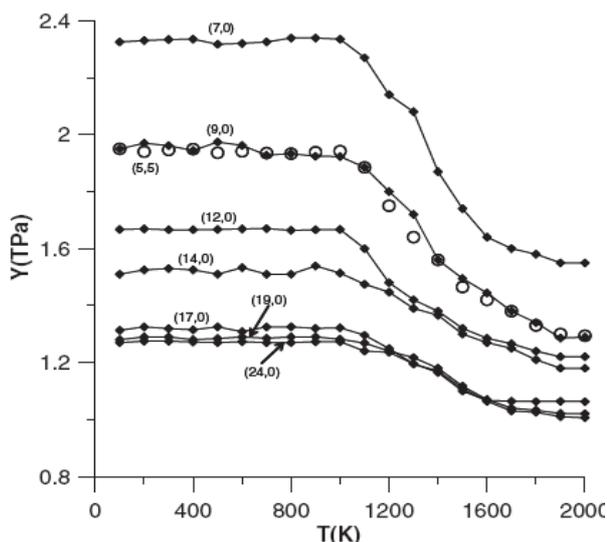


Рис. 2. Температурные зависимости модуля Юнга, вычисленные для нанотрубок различной хиральности

Как видно, с ростом радиуса УНТ величина модуля Юнга падает, достигая при $R > 0.7$ нм величины $Y = 1.2$ ТПа, характерной для графита.

На рис. 2 показаны температурные зависимости модуля Юнга, вычисленные для УНТ различной хиральности и диаметра. Как видно, при температурах выше

1100К указанные зависимости имеют спадающий характер. При этом, несмотря на явный спад модуля при повышенных температурах, величина этого параметра остается на уникально высоком уровне.

А.В.Елецкий

1. *Nanotechnology* 2006, 17, 3920

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

«Step-by-nanostep» или «шаг вперед и два назад»?

Бурное освоение наномира вызвало новую волну интереса к механическим свойствам и пластичности твердых тел, важных как с точки зрения конструирования наноприборов, так и возможностью понять роль наномасштабных флуктуаций в формировании пластических свойств. Но, как часто бывает, сам нанообъект служит оправданием работы, даже если полученные в ней результаты оказались тривиальными. Так, в совместной работе [1] сотрудников Air Force Res. Lab., Northwestern Univ. и Los Alamos Nat. Lab. сообщается об исследовании скачкообразной деформации столбиков никеля микронного размера (рис. 1) и наблюдении скачков пластической деформации с пространственным разрешением 0.01нм при точности измерения прикладываемой силы 50нН. Провести такие эксперименты удалось с помощью атомного силового микроскопа *AFM*.

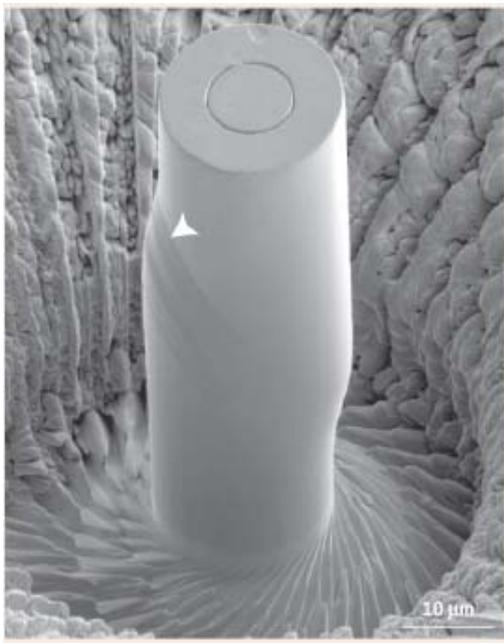


Рис.1 (из статьи [2]). Цилиндрический образец никеля после деформации, демонстрирующий следы дислокационного скольжения (отмечены стрелкой).

Типичные зависимости деформации образца и силы от времени показаны на рис. 2. Вообще, на фоне давно известных особенностей скачкообразной пластической деформации почерпнуть из наномеханических испытаний удалось сравнительно немного. Хотя на славу Портевена (A. Portevin), и Ле Шателье (F. Le Chatelier) авторы не замахивались,

сославшись на их работу 1923 года, многое описанное в их статье представляется уже известным. В частности, бегло отметив работу [3] М.Лебедкина и Ю.Эстрина 2005 г. (к слову, авторы отнесли ее к 20-м годам прошлого столетия), все дальнейшее оказалось сосредоточено на доказательстве того, что пластическая деформация является самоорганизованным критическим процессом. Представляется удивительным, что мощные и широко опубликованные исследования М.Лебедкина оказались неизвестны авторам статьи, опубликованной в *Science*. В статье представлен список закономерностей скачкообразной пластической деформации, который, по мнению авторов, должен поразить своей необычностью, связанной с маленькими (нано?) размерами испытываемого объекта:

1. Скачки возникают при скоростях деформации, значительно больших, чем скорости, задаваемые деформирующим устройством (т.е. процесс релаксации энергии происходит значительно быстрее, чем ее передача образцу управляющей силой).
2. Наибольшие скачки наблюдаются после нарастания управляющей нагрузки (это и свидетельствует о том, что система находится вблизи критического состояния).
3. После возникновения больших скачков далее следует серия маленьких (как при землетрясении), причем последние уже не требуют для их возникновения роста внешней нагрузки (это и есть признак самоорганизации критического состояния).
4. Но самое «удивительное», что после деформирования образец содержит много дислокаций («странно» только, что картина их распределения и другие параметры оказались такими же, как и для макроскопических образцов).
5. Признано удивительным, что и на спокойных участках диаграммы деформирования некоторая деформация происходит (т.е. имеется и мода однородной деформации без скачков).

Таким образом, совершилась «масса открытий», опубликованных ранее в большом количестве и в более скромных изданиях.

Вероятно, новым результатом следует считать степенную зависимость числа скачков от их размера (рис. 3). На рисунке 3 показаны данные для отдельного образца и для одновременно деформируемого «пучка» из нескольких одинаковых образцов. Видна хорошая воспроизводимость степенной зависимости. Однако она наблюдается всего на протяжении двух порядков величины скачков, и остается непонятным, как это экстраполируется в обычную область микронных скачков, наблюдаемых вот уже сотню лет. Т.е. главный замах статьи на наномасштабы и специфику нанообъектов в пластичности остался за кадром. Впрочем, легко предугадать, что и в микронной области эта зависимость числа событий от их масштаба сохраняется, и этот факт тоже давно известен. Жаль только непонятно, меняется ли степень в показателе степенного закона.

НИТРИДНЫЕ НОВОСТИ

Светодиод с длиной волны 210 нм

Компактные, высокоэффективные твердотельные источники ультрафиолетового излучения представляют собой альтернативу большим, токсичным, неэффективным газовым лазерам и ртутным лампам. Для создания ультрафиолетовых (УФ) светодиодов (СД) и лазерных диодов (ЛД) перспективны широкозонные полупроводники, такие как алмаз и нитрид алюминия. Но эти материалы сложно легировать и контролировать в них электропроводность. Трудности преодолели ученые из NTT Basic Research Laboratories (Япония) [1], которым удалось получить нитрид алюминия *n*- и *p*- типа.

Они получили *n*-тип проводимости в *AlN*, легировав его *Si*. Уменьшив концентрацию дислокаций и научившись прецизионно контролировать уровень легирования, авторам удалось повысить подвижность при комнатной температуре: по измерениям эффекта Холла при концентрации *Si* $3.5 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$ была получена концентрация электронов $7.3 \times 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и рекордная подвижность $426 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ (при 300К). На рис.1а видно, что при повышении температуры концентрация электронов выходит на насыщение. На рис.1б представлена зависимость подвижности от температуры. Точки – экспериментальные данные, линия – теоретическая аппроксимация. При 220К подвижность составила $730 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$.

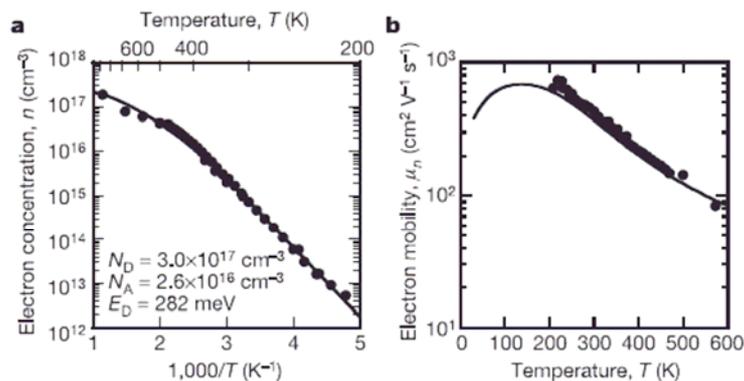


Рис. 1. Температурная зависимость концентрации (а) и подвижности (б) электронов в *n-AlN:Si*

Нитрид алюминия *p*-типа был получен при легировании *Mg* с концентрацией $2 \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$ в процессе выращивания пленки и последующего отжига (800°C) в атмосфере азота. На рис. 2 представлены эти результаты (точки – эксперимент, линии – аппроксимация).

Получение слоев *AlN n*- и *p*- типов позволило создать два типа светодиодов - со структурой *pin*-СД (рис. 3а) и *mis*-СД (рис. 3б; *mis* – metal-isolator-semiconductor). Измерения вольт-амперных характеристик светодиодов показали, что при рабочем токе 20мА напряжение

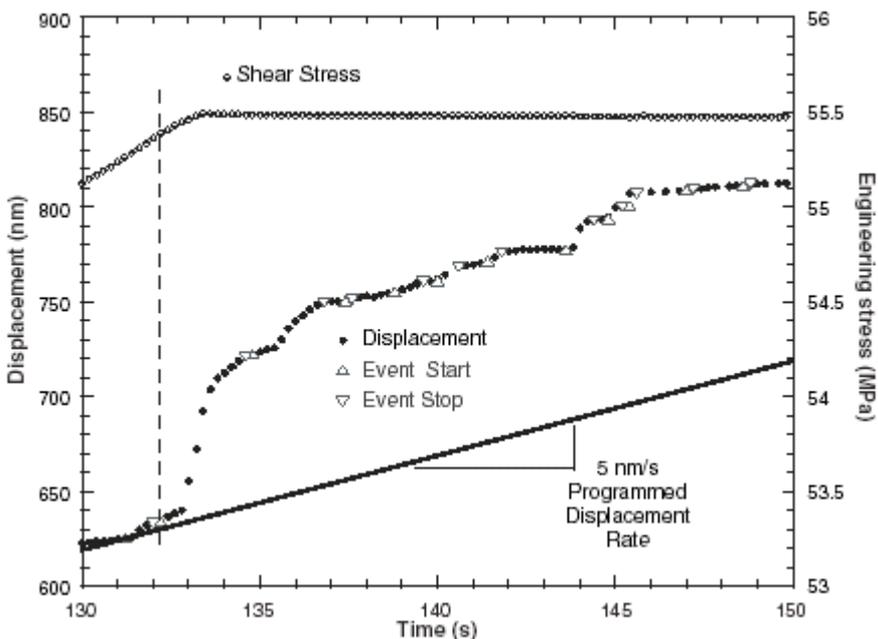


Рис. 2 (из статьи [1]). Зависимость деформации и нагрузки от времени для образца никеля диаметром 30.7мкм. Заметим, что скачки начинаются на фоне растущей механической нагрузки, но их дальнейшее возникновение происходит на фоне постоянной нагрузки.

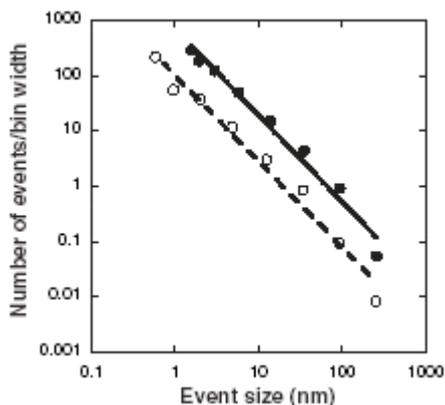


Рис.3. (из статьи [1]). Зависимости числа событий (скачков на диаграмме деформирования) от величины этих скачков.

В целом авторы [1, 2], конечно, правы. Движение дислокаций в кристаллах напоминает и процессы перемагничивания ферромагнетиков, и закономерности землетрясений, и много других динамических систем. Хотя стандартная фраза о том, что эта работа закрывает щель между представлениями о движении отдельных дислокаций и макроскопической пластичностью, представляется опрометчивой. Щель остается для будущих исследований в этой области.

Р.Моргунов

1. *Science* 2006, **312**, 1188
2. *Science* 2006, **312**, 1151
3. *Acta Mater.* 2005, **53**, 3403

составило 45В (для *pin*-СД) и 37В (для *mis*-СД), что существенно превышает потенциал поля *p-n* перехода (5В для *pin*- и 3.8 В для *mis*-СД).

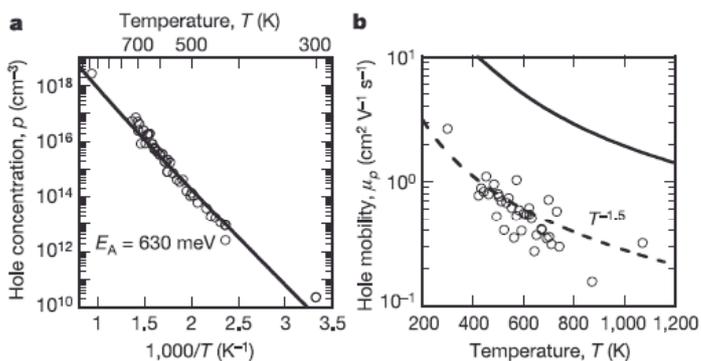


Рис. 2. Температурная зависимость концентрации (а) и подвижности (б) электронов в *p-AlN:Mg*

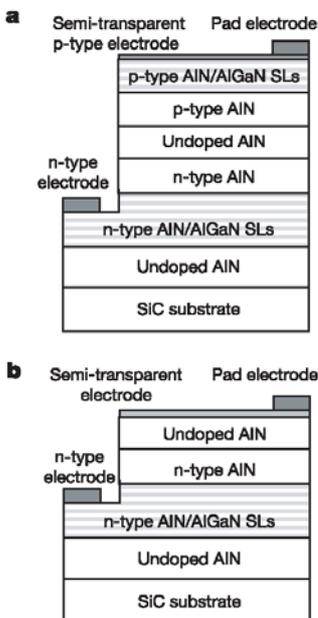


Рис. 3. Структура *pin*-СД (а) и *mis*-СД (б)

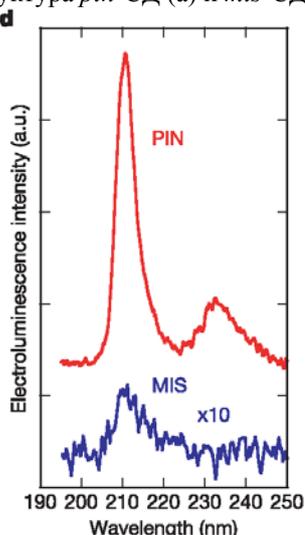


Рис. 4. Спектры электролюминесценции для *pin*- и *mis*-СД

На рис.4 представлен спектр электролюминесценции, на котором виден максимум излучения вблизи длины волны 210нм. Присутствие слоя *AlN* и сверх-

решетки *p*-типа для *pin*-СД более чем в 70 раз увеличивает интенсивность электролюминесценции. Выходная мощность излучения с длиной волны 210нм составила 0.02мкВт при токе 40мА, а внешняя квантовая эффективность устройств составляла 10⁻⁶%. Это очень малая величина, однако работа по усовершенствованию структур и улучшению их параметров продолжается.

С.Широков

1. Nature 2006, 441, 325

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

Доход от нанотехнологий наноразмерный?

Аналитики высказывают мнение, что нанотехнологии могут повторить успех, аналогичный успехам Intel в полупроводниках, Microsoft в программном обеспечении и Google в Интернет-поиске. Но существует и другая точка зрения, сводящаяся к тому, что после 8 лет активного госфинансирования нанотехнология почти ничего не смогла предложить рынку.

Как отмечает Scientifica - исследовательская фирма, нацеленная на рынок, ряд правительств уже затратили 18 млрд. долл. на nanoисследования и разработки. Если еще добавить 6 млрд. долл. в бюджете 2006 г., то финансирование исследований в нанотехнологии достигнет тех же объемов в абсолютном долларовом выражении, как вся программа космических исследований Apollo. Так почему же при таких больших деньгах так мало появляется изделий от нанотехнологии?

Scientifica беседовала с чиновниками и учеными из разных стран мира и выявила много тормозов в самом процессе финансирования. Средства могут быть выделены, но пройдут месяцы (в ряде случаев даже годы), прежде чем они пройдут через византийскую бюрократию и попадут на счета исследовательских программ. Может быть, это хорошо для соблюдения законов, но задерживает реальные исследования. Говорят, вполне возможно, что на проект по нанотехнологии, который сегодня только начинается, деньги были выделены в 2003 году. Причем, из общего объема 18 млрд. долл. за последние 8 лет 12.4 млрд. долл. были выданы в последние 3 года. А от начала разработки обычно проходит на менее 7 лет, прежде чем появится рыночное изделие.

Но если государственное финансирование нанотехнологии идет столь медленными темпами, почему не включается частный капитал? Как отмечают другая консалтинговая нью-йоркская компания Lux Research, правительства тратили в этот период в 19 раз больше частных корпораций. Частные компании применяют двойной подход к нанотехнологии. Им нравится идея, но пугает ее реализация. Тому есть несколько причин: для начала требуется экспертиза в нескольких научных областях, мало предложений по краткосрочной стартовой стратегии, которые могли бы ободрить малые компании, а изделия нанотехники столь новы, что трудно оценить, как примут их покупатели.

В нанотехнологии инвестируют крупные устоявшиеся компании, которые проводят собственные фундаментальные исследования в этой области, и, конечно, имен-

но они первыми соберут урожай результатов в виде коммерческого продукта.

В обзоре Lux Research, озаглавленном «Как промышленные лидеры организуют инновации в нанотехнологии», подчеркивается, что нанотехнология сама по себе – еще не промышленность, а сфера инноваций, которые могли бы потенциально изменить многие существующие промышленные сферы. Это объясняет, почему, по мнению Lux, общие расходы на нанотехнологию более, чем в девять раз превышают другие рискованные финансовые вложения. В 2005 г. 1331 компания в 76 промышленных отраслях, за которыми следил Lux, инвестировали 3,2 млрд. долл. в нанотехнологию и реализовали на 32 млрд. долл. продукции, включающей в какой-то части нанотехнологию. Хотя 32 млрд. - всего лишь капля в «корзине» этих компаний с годовым доходом в 14 триллионов долл., но это более чем вдвое превышает аналогичные доходы предыдущего года - 13 млрд. долл. Основная доля инвестиций идет в медицину, аэрокосмос и оборону. General Electric с повышенным чутьем к обещающим инновациям, ассигновала в 2005 году 50 млн. долл. на наноисследования, или 1,6% от всего своего бюджета на исследования и разработки.

Lux ожидает, что настоящий взлет нанотехнологии произойдет в предстоящие пару лет. К 2008 году затраты на исследования в нанотехнологии более чем утроятся, число компаний, переориентированных на нанотехнологию, удвоится, а численность персонала в сфере нанотехнологии вырастет более, чем в шесть раз (когда ученые и инженеры пополнят штаты в производстве). Между 2006 и 2008г. материалы, оборудование и процессы, как составляющие нанотехнологии, станут общим местом во многих отраслях промышленности, а к 2010г. они будут уже обязательными. Все больше наноизделий пойдет на рынок, особенно в сфере медицины и электроники. Уже сегодня около 150 «нанооснащенных противораковых процедур» находятся в клинических испытаниях. К этому нужно добавить такие применения как покрытия для автомобилей (DuPont) и принтерную электронику (Hewlett-Packard), которые уже выходят на рынок. В первую очередь влиянию нанотехнологических разработок испытают такие отрасли, как производство химреактивов и полупроводников, но не обойдутся без перемен и производство лекарств, металлов, в автомобилестроении и обороне. Нефтяные компании, которые сегодня ищут партнеров для совместной разработки наноструктурированных солнечных батарей, будут в выигрыше в сравнении с

менее дальновидными конкурентами. Lux выделяет Boeing, как компанию, ведущую подготовку на нескольких фронтах, запуская нанотехнологические разработки не только у себя, но и выстраивая партнерство с исследовательскими центрами и поставщиками нанотехнологической продукции. Как полагает Lux, следующие четыре года - это короткое окно для крупных корпораций, чтобы реорганизоваться.

КОНФЕРЕНЦИИ

2-6 октября 2006 года. Харьков. Харьковская нанотехнологическая Ассамблея-2006.

В рамках Ассамблеи пройдут

- 7-я Международная конференция «Вакуумные нанотехнологии и оборудование» (ICVNTE-7)

- Наука о вакууме, физические явления в вакууме
- Технологические вакуумные установки, системы, комплексы и насосы
- Вакуумные технологии синтеза наноматериалов
- Разработка вакуумных нанотехнологий и использование вакуумных нанотехнологий в промышленности

- Международный научно-практический симпозиум «Наноструктурные функциональные покрытия для промышленности» (ISNSFCI)

- Технологии производства наноматериалов и наночастиц в различных отраслях промышленности (в производстве конструкционных материалов, машиностроительной, автомобильной, аэрокосмической, добыча нефти и газа, химической, электронной)

- Функциональные наноматериалы в виде покрытий и пленок, существенно улучшающие эксплуатационные характеристики различных изделий

- Аттестация и метрология наноструктурных функциональных покрытий и пленок

- 18-й Международный симпозиум «Тонкие пленки в оптике и нанoeлектронике» (ISTFONE-18)

- Методы синтеза тонких пленок и обработки поверхностей в оптике и нанoeлектронике

- Инженерные технологии наноразмерного диапазона

- Наноалмазные пленки и наноструктурные пленки родственных материалов

- Нанометрология и наноаналитика

- Международный семинар «Вакуумно-дуговой разряд с холодным катодом: физика, технологии и устройства» (ISVADCC)

- Достижения в физике вакуумно-дугового разряда

- Новые технологические применения вакуумно-дугового разряда

- Оборудование и устройства для реализации промышленных технологий с применением вакуумно-дугового разряда

- 2-ая школа молодых ученых и специалистов по нанотехнологиям, наноматериалам, наноструктурным покрытиям и пленкам.

тел. (057) 335-64-32; тел/факс (057) 335-25-45

v.shulayev@kipt.kharkov.ua; Web <http://www.ottom.com.ua>

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой ИФТТ РАН и РИЦ «Курчатовский институт»

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: В.Елецкий, Ю.Метлин, Р.Моргунов, Л.Опенев, С.Шириков

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

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