

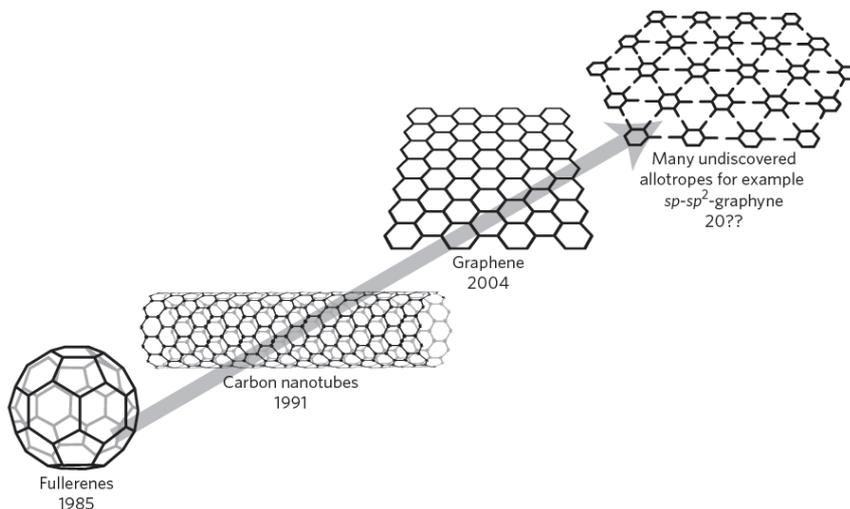
В этом выпуске:

## ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

### Эпоха углерода

Из всей Периодической таблицы химических элементов особую роль в нашей жизни играет углерод. Не только потому, что он входит в состав основных естественных энергоносителей (нефть, газ, уголь) и огромного количества разнообразных искусственных материалов, но и потому, что составляет биологическую основу самой жизни. С физической точки зрения причина этого заключается в способности атомов углерода (обусловленной в конечном счете их атомной электронной структурой) образовывать различные типы связей (одинарные, двойные, тройные, ван-дер-ваальсовские) как между собой, так и почти со всеми другими элементами. В природе углерод существует в форме алмаза и графита.

В 2010 году исполняется 25 лет с момента открытия еще одной, кластерной формы углерода – “нульмерных” фуллеренов, представляющих собой сферообразные полые кластеры из ~100 атомов. Этим был дан старт поиску новых углеродных аллотропов, еще не закончившемуся, но уже увенчанному синтезом одномерных нанотрубок в 1991 г. и “переоткрытием” двумерного графена в 2004 г. (см. рис.). И фуллерены, и нанотрубки, и графен обладают уникальными физико-химическими характеристиками, которые интересны как с фундаментальной, так и с практической точек зрения.



Фуллерены → нанотрубки → графен → ?

Если говорить о фуллеренах, то на рынок уже поступили первые промышленные партии изготовленных из них солнечных батарей. Определенные ожидания связаны с модификацией фуллеренов различными элементами и химически активными комплексами (биология, фармацевтика, новые материалы). Что касается нанотрубок, то их добавка позволяет существенно улучшить качество некоторых композитов и полимеров, в том числе использующихся для изготовления одежды. В свое время большие надежды возлагались на использование нанотрубок в нанoeлектронике и спинтронике. Одна из проблем здесь заключается в отсутствии надежной технологии

И далее ...

- 2 Увеличение диаметра длинных углеродных нанотрубок в процессе роста

### СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 2 Некогерентные квазичастицы в недодопированном  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$

### НАНОМАТЕРИАЛЫ

- 3 Графеновые наноленты: уже узкого

- 4 О наночастицах в бытовых товарах

### КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 5 Измерение электронного спина в кремнии

- 6 Лазерное охлаждение молекул

Спиновый эффект Зеебека в полупроводниках и диэлектриках

### СНОВА К ОСНОВАМ

- 7 Эффекты накопления в магнитном гистерезисе

### КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Семинар по магнетизму 16 ноября 2010 г.

Семинар по физике конденсированного состояния 17 ноября 2010 г.

4<sup>th</sup> Chaotic Modeling and Simulation International Conference (CHAOS2011), May 31 - June 3, 2011, Agios Nikolaos, Crete, Greece

массового производства нанотрубок с заранее заданной хиральностью. Графен имеет, пожалуй, максимальный потенциал для приложений. Как сказал недавно Нобелевский лауреат Ф. Вильчек, “Графен является, возможно, единственной системой, где идеи квантовой теории поля могут найти практический выход”.

Тем временем поиски новых аллотропов углерода продолжают. В частности, предпринимаются попытки изготовить материалы с определенной комбинацией  $sp$ -,  $sp^2$ - и  $sp^3$ -гибридизованных связей, например графайн (graphyne). А вообще, если заметить, что мерность новых аллотропов в последние годы увеличивалась от 0D до 2D, то можно предположить, что следующий аллотроп окажется трехмерным. Эпоха углерода еще не закончилась...

По материалам заметки  
A.Hirsch, *Nature Mater.* **9**, 868 (2010).

### Увеличение диаметра длинных углеродных нанотрубок в процессе роста

Возможность использования углеродных нанотрубок (УНТ) в нанотехнологии стимулирует усилия исследователей, направленные на выращивание больших массивов вертикально ориентированных УНТ. Эти усилия уже привели к созданию методов получения нанотрубок длиной свыше одного миллиметра. Однако детальные исследования таких УНТ, выполненные сотрудниками Univ. of Tokyo (Япония), указывают на существенную неоднородность структуры нанотрубки по длине. В качестве подложки использовали кремниевую пластину, покрытую оксидным слоем и обработанную смесью  $H_2SO_4/H_2O_2$ . На подложку наносили слой Al толщиной 15 нм, который частично окислялся на воздухе. Затем на этот слой наносили слой Fe толщиной 1.0 нм, после чего подложку помещали в CVD реактор, представляющий собой трубку диаметром 34 мм с длиной горячей зоны 300 мм. Подложка в реакторе подвергалась термообработке при температуре 1073 К в потоке  $H_2O/Ar$  (соотношение 26:74), подаваемом при атмосферном давлении со скоростью 500  $см^3/мин$ . В результате такой обработки частично окисленный слой Al превращался в разупорядоченный оксид Al-Si-O, а слой Fe распадался на наночастицы.

УНТ синтезировали пропуская через реактор смесь  $C_2H_4$  (8 %),  $H_2$  (26 %),  $H_2O/Ar$  в течение 20 мин при атмосферном давлении и температуре 1073 К. Наблюдения, выполненные с помощью просвечивающего электронного микроскопа, показывали, что при этом формировался массив вертикально ориентированных однослойных УНТ высотой 0.8 мм. Диаметр синтезированных нанотрубок при этом зависит от продольной координаты (рис. 1), плавно уменьшаясь от 3.5 нм у основания УНТ до 1.7 нм у вершины. Эти выводы подтверждены результатами

измерений спектров комбинационного рассеяния (КР) образцов. Как известно, положение спектральных линий КР, соответствующих радиальным “дышащим” (breathing) модам, указывает на величину диаметра нанотрубки. Согласно измерениям спектров КР, диаметр УНТ изменяется в диапазоне от 0.8 до 2.5 нм.

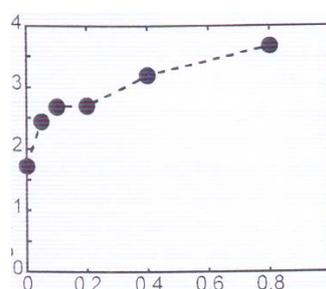


Рис. 1. Зависимость диаметра УНТ (мм) от расстояния до вершины (нм)

Наряду с этим наблюдались и другие структурные особенности массива нанотрубок.

Так, нанотрубки вблизи вершин объединены в жгуты, в то время как у основания УНТ изолированы друг от друга. Цилиндрическая структура некоторых нанотрубок в области оснований искажена таким образом, что поперечное сечение УНТ имеет эллиптическую, а не круговую форму. Часть нанотрубок у основания изогнута.

В качестве объяснения наблюдаемого изменения диаметра УНТ в процессе роста авторы [1] предлагают механизм, основанный на изменении диаметра частиц катализатора. Согласно наблюдениям, в рассматриваемых условиях имеет место базовый механизм роста, при котором частицы катализатора находятся вблизи основания нанотрубки. При таком объяснении наблюдаемый эффект уменьшения диаметра нанотрубки с высотой находится в соответствии с обнаруженным в эксперименте явлением увеличения размера частиц катализатора в процессе роста нанотрубки. Наряду с увеличением размера частиц наблюдается также сокращение их количества, что указывает на перераспределение катализатора в процессе роста.

А.Елецкий

1. K.Hasegawa, S.Noda, *Applied Physics Express* **3**, 045103 (2010).

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

### Некогерентные квазичастицы в недодопированном $YBa_2Cu_3O_{6+x}$

Для выяснения механизма высокотемпературной сверхпроводимости купратов необходимо прежде всего ответить на ключевой вопрос: можно ли описать это явление, оставаясь в рамках теории фермижидкости, или же следует обязательно учитывать нефермижидкостные эффекты, обусловленные близостью ВТСП к антиферромагнитному моттовскому диэлектрику при малой концентрации дырок  $p$ ? В работе [1] электронное строение  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  исследовано методом фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением в очень широкой области фазовой диаграммы, от недодопированных до

передопированных составов. Основное внимание уделялось определению спектрального веса квази-частиц в узловых (отвечающих нулю  $d$ -волновой сверхпроводящей щели) направлениях. При избытке дырок ( $0.24 < p < 0.37$ ) экспериментальные данные количественно согласуются с расчетами, выполненными в рамках ферми-жидкостной теории функционала плотности, тогда как при  $p < 0.10 - 0.15$  измеренный спектральный вес значительно меньше теоретического. Это указывает на существенную роль некогерентных квазичастиц в недодопированных (но еще сверхпроводящих) купратах. Если следовать формальной логике, то, исходя из факта уменьшения критической температуры в недодопированной области, можно сделать вывод, что нефермижидкостные возбуждения не усиливают, а ослабляют сверхпроводимость и поэтому вряд ли являются ее причиной.

*Л. Опенов*

*I. D.Fournier et al., Nature Phys. 6, 905 (2010).*

## НАНОМАТЕРИАЛЫ

### **Графеновые наноленты: уже узкого**

Графеновые наноленты (GNR) представляют особый интерес для приложений наноэлектроники и спинтроники, ведь в отличие от графеновых листов они обладают запрещенной энергетической зоной, которая зависит от поперечного размера ленты и краевого расположения атомов. Однако “нарезать” графен на полоски необходимой ширины задача не из простых.

В работе [1] предложена оригинальная методика селективного плазменного травления краев графеновых листов и нанолент без сопутствующей гидрирования графеновой плоскости. Контролируемую реакцию водородной плазмы мощностью около 20 Вт с образцом осуществляли при 300°C. Давление водорода составляло 300 мТорр. Расстояние между графеном или GNR и источником плазмы поддерживали постоянным и равным 40 см. На рис. 1а представлены изображения однослойного (1L) и многослойного (FL, состоящего из 2–3 монослоев) фрагментов графеновых полос, полученные с помощью атомно-силовой микроскопии. Первоначальные ширины 1L и FL GNR составляли 330 и 71 нм, соответственно. После обработки образцов водородной плазмой наноленты удалось “сузить” до 295 и 56 нм (рис. 1б), что соответствует скоростям травления 0.29 и 0.12 нм/мин. При этом сохраняется целостность самой графеновой плоскости, что доказывает избирательность воздействия плазменной реакции именно на края образца и подтверждается атомно-силовой микроскопией и рамановской спектроскопией. Как оказалось, это выполняется лишь при условии равенства температуры проведения реакции 300°C. Авторы обнаружили, что использование водородной плазмы при более низкой (порядка комнатной) или более высокой (около

500°C) температурах может привести к нежелательному гидрированию непосредственно графеновой плоскости или образованию в ней дефектов.

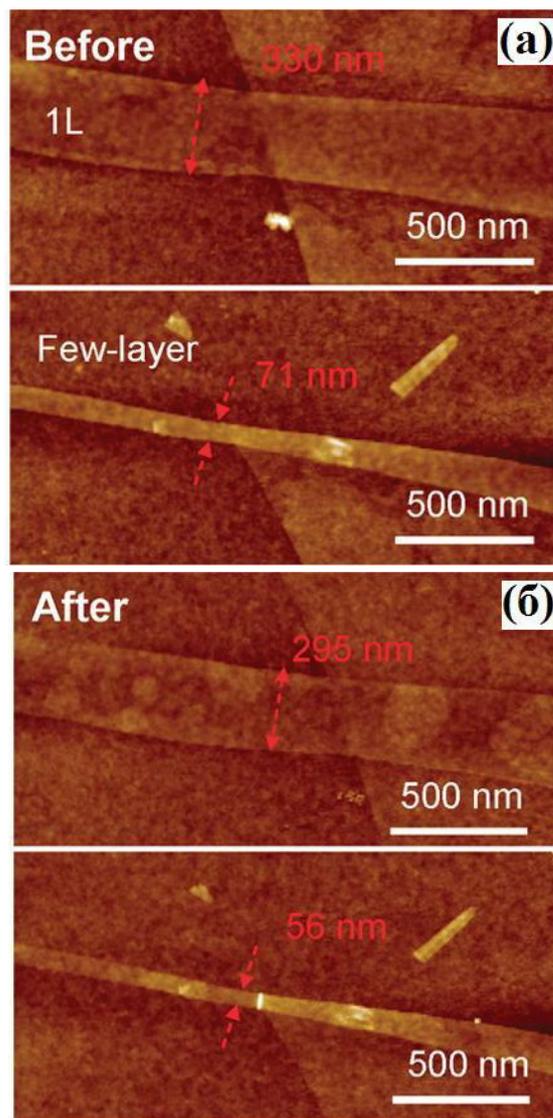


Рис. 1. Изображения графеновых фрагментов, полученные с помощью атомно-силовой микроскопии [верх: полоска однослойного графена; низ: полоска, состоящая из нескольких графеновых слоев], до (а) и после (б) селективной обработки краев образцов водородной плазмой в течение часа при 300°C.

Авторы уверены, что предложенная методика селективного плазменного травления (обработка водородной плазмой) может быть успешно использована для получения из “широких” графеновых нанолент полупроводниковых полосок с шириной, меньшей 5 нм, без образования дефектов в самой графеновой плоскости. Так, например, изначально 14-нанометровая полоска графена (рис. 2а) была “сужена” до ширины менее 5 нм (рис. 2б) и в дальнейшем использована исследователями при создании прототипа полевого транзистора.

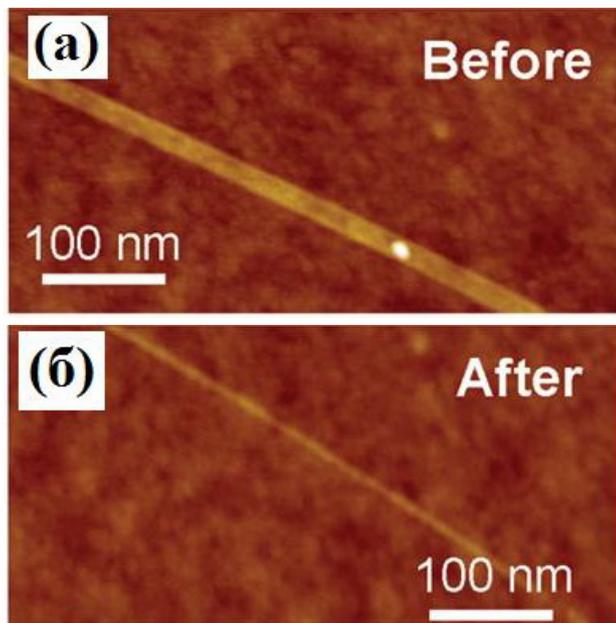


Рис. 2. Изображения GNR, полученные с помощью атомно-силовой микроскопии, до (а) и после (б) плазменного травления в течение 55 мин.

М.Маслов

1. L.Xie et al., *J. Am. Chem. Soc.* **132**, 14751 (2010).

### О наночастицах в бытовых товарах

Несмотря на возможные риски применения наноматериалов [1], на прилавках появляется всё больше бытовых товаров, производители которых гордо сообщают – “содержит нано...”. Это и косметика, и текстиль, и медицинские препараты, и даже пищевые продукты. Чаще всего речь идет о наночастицах серебра, обладающего уникальными бактерицидными свойствами. Тысячелетия назад в серебряных сосудах хранили и перевозили воду и другие жидкости, серебряные пластины использовали для обеззараживания ран, серебряные кресты и чаши применяли (и применяют) при освящении воды и в других церковных церемониях.



Водосвятная чаша XVII в.

Одно из самых рекламируемых изделий с наночастицами серебра – носки, “обладающие антибактериальными свойствами и препятствующие образованию неприятного запаха”. Тестирование спроса на “простой” нанопроduct, проведенное в РФ в 2009 г., показало, что 73% россиян готовы совер-

шить покупку “наноносок”; потенциальная емкость рынка в России составляет 57.7 млрд. руб. в год [2]. Эти изделия пользуются популярностью и в других странах. Однако результаты некоторых исследований говорят о том, что наночастицы (в том числе и серебра) при определенных условиях могут быть токсичными для живых организмов. Необходимо знать, могут ли, и в каких количествах, наночастицы из изделий попасть в организм человека и в окружающую среду. Для ответа на эти вопросы учёные из Швейцарии “устроили стирку” [3]. Они исследовали 9 образцов, содержащих серебро: носок торговой марки X-STATIC, носок торговой марки AgKilVast, 6 видов ткани от двух компаний и один экспериментальный материал PLASMA-NP. Наночастицы Ag были введены внутрь волокон или на их поверхность различными способами. Стирку проводили при 40°C в течение 30 мин. Было изучено влияние pH среды и различных добавок (ПАВ, отбеливателей). Интересно, что при pH 10 (щелочная среда) концентрация растворенного серебра оказалась в 10 раз меньше, чем при pH 7. Правда, добавление отбеливателей значительно ускорило процесс растворения. Основной вывод – количество и форма (ионы, частицы) растворенного серебра зависят от того, как Ag был введен в текстиль. Процент серебра, выделившегося в воду при стирке разных образцов, меняется от 1 до 45%! Основная фракция – частицы более 450 нм. Полученные результаты, как надеются авторы [3], помогут производителям минимизировать выход частиц в сточные воды, то есть в окружающую среду.

Загрязнением сточных вод не ограничивается возможный вред текстильных изделий с серебром. Наночастицы Ag не только вымываются в воду при стирке, но, как показали недавние исследования ученых из Таиланда [4], выделяются в пот человека, а значит, через кожу могут попасть в организм. И здесь уже речь не только о носках, но и о важных противомикробных перевязочных материалах, медицинской одежде, в состав которых входит нано-Ag. Авторы [4] провели исследования *in vitro*, используя в качестве среды искусственный пот - аналог человеческого пота. “Пот” различался по химическому составу и, соответственно, по pH (4.3; 5.5; 6.3; 8). Было исследовано пять лабораторных образцов хлопковой ткани, пропитанных суспензией, содержащей наночастицы серебра (A<sub>0</sub>–A<sub>4</sub>), и шесть образцов антимикробной ткани от шести разных фирм Таиланда B, C, D, E, F, G. Хотя все производители заявляли о наличии в тканях наносеребра, авторы [4] обнаружили Ag только в трех, возможно, из-за его малого количества. Лабораторный образец A4 и коммерческий C представлены на рис. 1.

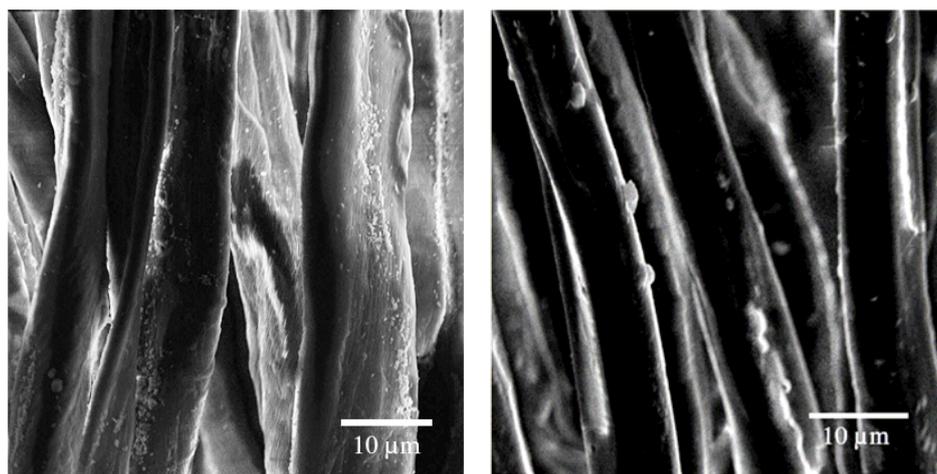


Рис. 1. SEM-изображения образцов антимикробной ткани. Слева – лабораторный А4, справа – коммерческий С.

Небольшие кусочки образцов находились в среде искусственного пота в течение 24 ч при 37°C. Количество выделившегося серебра приведено в таблице.

Образец	Исходное содержание серебра (мг/кг)	Серебро, выделившееся в искусственный пот (мг/кг)			
		pH 4.3	pH 5.5	pH 8.0	pH 6.5
A <sub>0</sub>	—	—	—	—	—
A <sub>1</sub>	36.12 ± 22.42	21.01 ± 4.13	15.53 ± 3.62	34.27 ± 2.88	35.83 ± 19.68
A <sub>2</sub>	56.57 ± 34.28	33.39 ± 15.80	28.81 ± 10.34	66.54 ± 46.29	77.96 ± 23.80
A <sub>3</sub>	95.12 ± 33.12	70.15 ± 37.29	72.69 ± 11.99	82.22 ± 26.99	152.20 ± 36.54
A <sub>4</sub>	425.21 ± 93.73	217.61 ± 81.32	177.13 ± 57.13	268.31 ± 131.15	322.21 ± 87.00
B	—	—	—	—	—
C	—	—	—	—	—
D	—	—	—	—	—
E	15.16 ± 9.90	0.08 ± 0.05	0.01 ± 0.01	0.50 ± 0.30	0.36 ± 0.10
F	1.22 ± 0.87	—	—	—	0.05 ± 0.00
G	0.99 ± 1.53	—	—	—	—

Как видно из таблицы, для лабораторных образцов количество выделившегося серебра при любом pH зависит от исходного количества. На выделение серебра из промышленных образцов могут также влиять текстура ткани и методы внедрения серебра. В среде с pH 5.5 (эта величина близка к pH нормальной человеческой кожи) обнаружено наименьшее количество серебра как для лабораторных, так и для коммерческих образцов. Самое большое выделение наблюдается для pH 6.5. Этот “пот”, имеющий в своем составе мочевину, обычно используется при проверке воздействия на кожу ювелирных изделий.

В целом результаты показывают, что выделение серебра из противомикробной ткани зависит от его исходного количества, качества ткани, pH и состава пота. Продолжение исследований поможет оценить возможный риск при использовании текстильных материалов с наночастицами серебра.

О.Алексеева

1. [ПерсТ 16, вып.17, с. 6 \(2009\).](#)

ПерсТ, 2010, том 17, выпуск 21

2. В.Чепиков [www.scanmarket.ru](http://www.scanmarket.ru) (2010).
3. L. Geranio et al., *Environ. Sci. Technol.* **43**, 8113 (2009).
4. K.Kulthong et al., *Particle and Fibre Toxicology* **7:8** (2010).

## КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

### Измерение электронного спина в кремнии

Один из обсуждающихся сейчас вариантов квантового компьютера основан на операциях с электронными спинами доноров фосфора в кремнии. При этом нужно, в частности, уметь определять спиновые состояния электронов отдельных доноров. В работе [1] проекция спина донорного электрона измерена с помощью одноэлектронного МОП-транзистора, расположенного в непосредственной окрестности от донора и туннельно связанного с ним. Туннелирование электрона с донора в транзистор приводит к изменению тока через последний, а чувствительность туннелирования к проекции спина (см. рис.) обеспечивается магнитным полем с

$H > 1$  Тл. Так в [1] было найдено время релаксации спина, оказавшееся очень большим ( $\sim 6$  секунд при  $H = 1.5$  Тл). Точность предложенной в [1] методики превышает 90%. Но температура должна быть низкой,  $\sim 100$  мК.

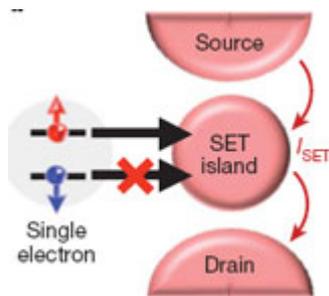


Рис. 1. Спин-зависимое туннелирование электрона с донора P/Si в одноэлектронный транзистор.

1. A. Morello et al., *Nature* **467**, 687 (2010).

### Лазерное охлаждение молекул

Лазерное охлаждение атомов открыло около 30 лет назад путь к сверхнизким температурам. Непосредственному применению этой методики к охлаждению молекул препятствует сложная внутренняя структура последних, которая приводит к тому, что у молекул наряду с поступательными и электронными степенями свободы есть еще колебательные и вращательные. Поэтому для эффективного отвода энергии от молекулы требуется одновременно задействовать очень много лазеров, что хотя и возможно теоретически, но трудно реализовать на практике. Между тем именно сложность внутреннего устройства делает молекулы потенциальными кандидатами для использования в ряде приложений (например, в квантовых вычислениях).

В работе [1] сотрудников Yale University (США) лазерное охлаждение молекул впервые продемонстрировано экспериментально. Используя всего три лазера, авторы [1] понизили “поперечную температуру” пучка молекул SrF до  $\sim 1$  мК. Это оказалось возможным, в частности, благодаря приложению магнитного поля, что позволило избавиться от “темных” (не возбуждаемых лазером) состояний. Следующим шагом должен, по идее, стать переход от “одномерного охлаждения” к трехмерному, что позволит более детально изучить широкий диапазон различных физических явлений (а может быть, и обнаружить новые).

1. E.S. Shuman et al., *Nature* **467**, 820 (2010).

### Спиновый эффект Зеебека в полупроводниках и диэлектриках

В обычных металлах наличие градиента температуры приводит к возникновению электрического напряжения (термоЭДС), что известно как эффект Зеебека (рис. 1а). Спиновый аналог этого эффекта был обнаружен недавно [1] в магнитном металле NiFe: перепад температур приводил к перераспре-

делению электронных спинов по образцу на масштабе, многократно превышающем длину диффузии спина, и к скоплению спинов с противоположной поляризацией на разных краях образца, то есть – к появлению “спинового напряжения” (рис. 1б). Сразу же после публикации статьи [1] стали обсуждаться возможные применения спинового эффекта Зеебека в спинтронике для управления спиновыми токами.

В диэлектриках обычный эффект Зеебека не наблюдается по причине отсутствия в них свободных носителей заряда. Но тогда, казалось бы, и спинового эффекта Зеебека в диэлектриках быть не должно, ведь спиновый ток тоже создается электронами проводимости [1]. Однако в работах [2] и [3] сообщается о наблюдении этого эффекта в ферромагнитном диэлектрике  $\text{LaY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  и ферромагнитном полупроводнике GaMnAs. При разрезании образца на две секции эффект сохранялся [3], то есть он действительно не был связан с переносом частиц. Возможно, в переносе спина участвуют спиновые волны (рис. 1с). А может быть, здесь как-то задействована подложка. Для прояснения ситуации требуются новые эксперименты. И, наверное, не помешает еще раз проанализировать данные по спиновому эффекту Зеебека в металлах [1].

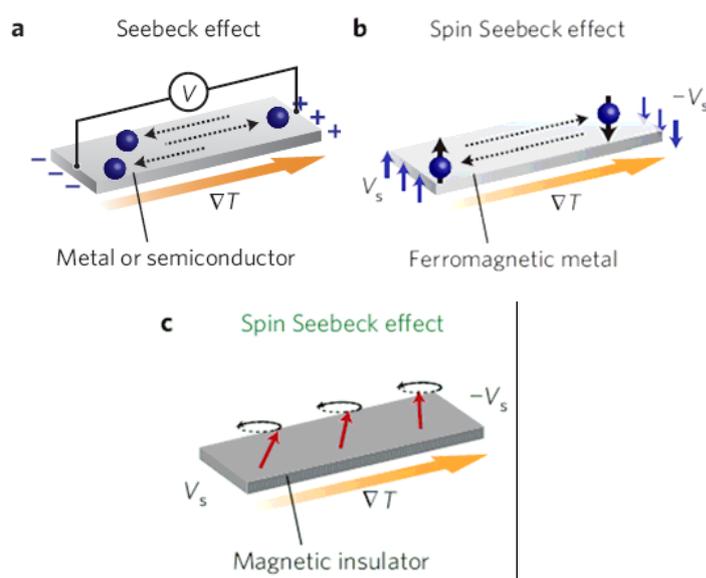


Рис. 1. Схематическая иллюстрация обычного и спинового эффекта Зеебека в металлах и диэлектриках.

Л. Опенов

1. K. Uchida et al., *Nature* **445**, 778 (2008).

2. K. Uchida et al., *Nature Mater.* **9**, 894 (2010).

3. C.M. Jaworski et al., *Nature Mater.* **9**, 898 (2010).

## СНОВА К ОСНОВАМ

### Эффекты накопления в магнитном гистерезисе

Понятие гистерезиса, т.е. зависимости состояния системы от предыстории, является важнейшей концепцией не только в физике магнетизма, но и далеко за её пределами, а именно, всюду, где наблюдаются метастабильные состояния. Примечательно, что, несмотря на случайный характер микроскопических процессов, происходящих при внешнем воздействии на систему, петля гистерезиса, соответствующая зависимости от внешнего поля усредненной по объему величины (например, намагниченности) полностью воспроизводится от цикла к циклу. Тут следует, однако, уточнить, что под петлей гистерезиса в данном случае понимается *предельная*

петля (major loop), в отличие от частных петель (minor loops), по которым происходит перемагничивание в случае, если амплитуда магнитного поля меньше той, что намагничивает образец до насыщения (рис. 1а). Интерес к частным петлям, с одной стороны, связан с тем, что они несут информацию о микроскопических процессах перемагничивания, с другой стороны, они даже в большей степени, чем предельная петля, соответствуют режиму работы реальных устройств. Однако повторяемость, присущая предельной петле, строго говоря, не свойственна частным петлям. От цикла к циклу может наблюдаться некоторый дрейф: изменяются как размеры, так и форма частной петли. Впрочем, такое смещение может рассматриваться как небольшая поправка на фоне повторяющейся при каждом цикле картины.

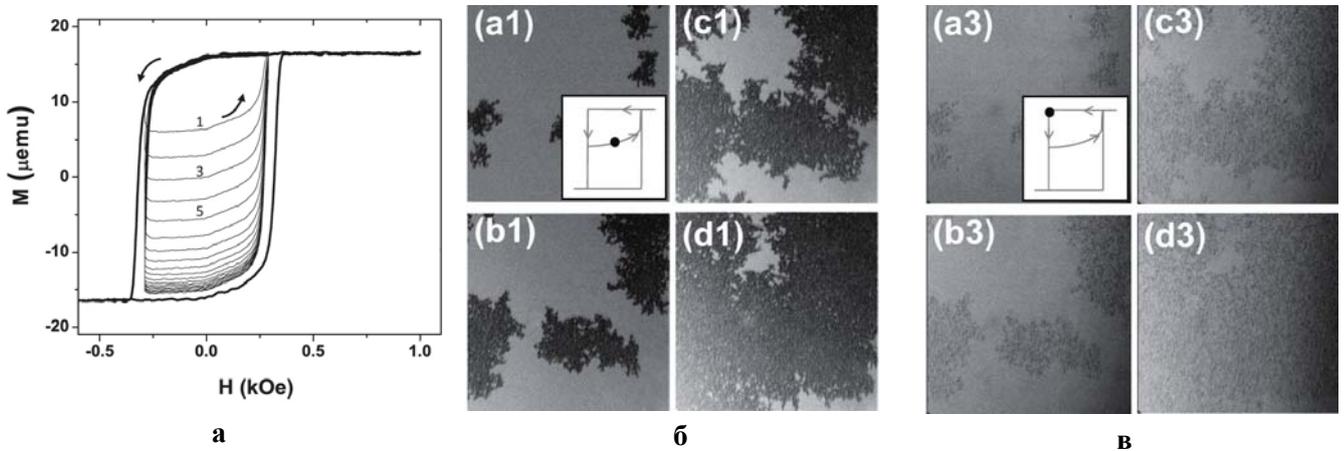


Рис. 1. *а* - Петли гистерезиса намагничивания многослойной структуры Co(4A)/Pt(7A) из 8 слоев. Жирная линия соответствует предельной петле, а несколько тонких линий – частным петлям, полученным в полях  $\pm 290$  Э.

*б* - Магнитооптические изображения в микроскопе на эффекте Керра, снятые в нижней точке частных петель четырех последовательных циклов *a, b, c, d* (размер кадра 150 мкм).

*в* - Те же области, снятые в верхней части циклов *a, b, c, d*.

Тем более удивительным кажется результат [1], который был получен на многослойных тонких пленках Co/Pt и Co/Pd (толщины слоев 4-7 Å, количество слоев от 5 до 8), где наблюдался эффект накопления, проявляющийся в увеличении частной петли гистерезиса за десяток циклов более чем в три раза (рис. 1). При внимательном изучении оказалось, что такое возрастание размеров происходит на фоне незначительного уменьшения величины максимальной намагниченности в цикле (оно составляет доли процента и не видно на рисунке). Тем не менее, исследователи отнеслись к этой, казалось бы, незначительной детали со всей серьезностью, усмотрев в ней намек на скрытый механизм накопительного эффекта: образец перемагничивается не полностью, и даже при максимальных положительных магнитных полях в нем остается память о достигнутом в предыдущем цикле.

Эта догадка получила подтверждение с помощью непосредственного наблюдения процесса перемагничивания в микроскоп (рис. 1б). Узор из темных

доменов, снятый в нижней точке цикла, разрастался от цикла к циклу. При этом даже в верхней точке цикла, где, казалось бы, должно наблюдаться ровное светлое поле, в магнитооптической картине угадываются те же узоры, но с едва заметным контрастом (рис. 1в). Снижение контраста авторы [1] толкуют как уменьшение доменов отрицательной полярности до зерен с размерами меньшими предела разрешения оптического микроскопа. При этом покрываемая зернами общая площадь, как видно из рис. 1в, остается неизменной. Эти призраки былого хранят память о предыдущем цикле и при следующем круге намагничивания не только восстанавливают, но и расширяют зону, покрытую темными доменами.

В будущем исследователям предстоит выяснить, насколько общими являются закономерности, обнаруженные в частных петлях.

А.Пятаков

1. A.Berger et al., Phys. Rev. B **82**, 104423 (2010).

## КОНФЕРЕНЦИИ

### *Семинар по магнетизму*

*16 ноября 2010 г. (17.00)*

(конференц-зал ИФП им. П.Л. Капицы РАН,  
ул. Косыгина, 2)

А.И. Морозов, И.А. Морозов - Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (Технический университет) – “Магнитная фазовая диаграмма спин-вентильной структуры с антиферромагнитным оксидным слоем”

### *Семинар по физике конденсированного состояния 17 ноября 2010 г. (17.00)*

(многофункциональный зал библиотеки физического факультета МГУ, 5 этаж)

Демишев Сергей Васильевич (Институт общей физики РАН им. А.М. Прохорова) – “Магнитный резонанс в сильно коррелированных металлах”

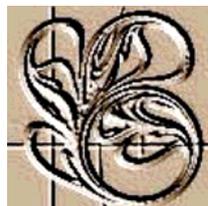
Пропуск на физический факультет слушателей семинара, будет осуществляться по предъявлению паспорта. Предварительная запись на семинар на сайте <http://nano.msu.ru/education/seminars> (до 15:00 дня семинара).

Для расширения возможностей участия в семинаре предполагается обеспечить прямую он-лайн трансляцию заседаний через сайт <http://nano.msu.ru/video.php>

Дополнительная информация:

тел. +7(495)939-1151

E-mail: [khokhlov@mig.phys.msu.ru](mailto:khokhlov@mig.phys.msu.ru)



*4<sup>th</sup> Chaotic Modeling and Simulation International Conference (CHAOS2011), May 31 - June 3, 2011, Agios Nikolaos, Crete, Greece*

### Conference Topics

1. Chaos and Nonlinear Dynamics
2. Stochastic Chaos
3. Chemical Chaos
4. Data Analysis and Chaos
5. Hydrodynamics, Turbulence and Plasmas
6. Optics and Chaos
7. Chaotic Oscillations and Circuits
8. Chaos in Climate Dynamics
9. Geophysical Flows
10. Biology and Chaos
11. Neurophysiology and Chaos
12. Hamiltonian Systems
13. Chaos in Astronomy and Astrophysics
14. Chaos and Solitons
15. Micro- and Nano- Electro-Mechanical Systems
16. Neural Networks
17. Chaos, Ecology and Economy

Deadline submission of abstracts **December 15, 2010**

Contact

E-mail: [secretariat@cmsim.org](mailto:secretariat@cmsim.org)

Web: [www.cmsim.org](http://www.cmsim.org)

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

Ответственный редактор: И.Чугуева, e-mail: [irina@issp.ras.ru](mailto:irina@issp.ras.ru)

Научные редакторы К.Кугель, Ю.Метлин

В подготовке выпуска принимали участие О.Алексеева, А.Елецкий, М.Маслов, Л.Опенев, А.Пятаков

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64<sup>а</sup>