

Том 11, выпуск 21

В этом выпуске:

## СНОВА К ОСНОВАМ

### Металлический водород: квантовая жидкость с необычными свойствами

Водород является самым простым по своему устройству химическим элементом. Он, однако, не образует столь же простых жидкостей или твердых тел, поскольку имеет очень маленькую массу. Это приводит к преобладающей роли квантовых эффектов в конденсированной фазе. Расчеты указывают на то, что при очень больших (но экспериментально доступных) давлениях водород должен быть жидким даже при низкой температуре. Кроме того, в процессе сжатия до жидкого состояния в водороде должен произойти переход диэлектрик-металл. Таким образом, встает вопрос о возможности существования нового типа вещества: жидкого металла в основном состоянии и его упорядоченных структурах. Известно, что упорядоченные квантовые жидкости подразделяются на два типа: сверхпроводящие и сверхтекучие. В них имеет место бездиссипативный перенос заряда и массы, соответственно. Как показано теоретически в работе [1], жидкий металлический водород может проявлять новый тип порядка. Отличительной особенностью такой квантовой металлической жидкости является наличие двух заряженных подсистем – электронной и протонной, в каждой из которых может формироваться сверхпроводящий конденсат. Джозефсоновское взаимодействие между этими конденсатами отсутствует, поскольку электронные куперовские пары не могут превратиться в протонные (и наоборот).

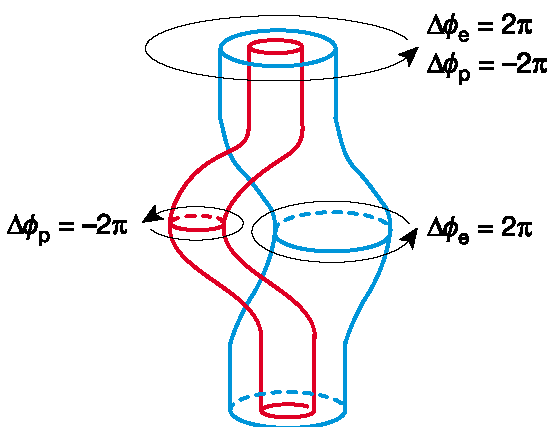


Рис. 1 (из статьи [1]).

Локальное расщепление композитного вихря в жидком металлическом водороде на электронную и протонную составляющие.

Внешнее магнитное поле проникает в металлическую жидкость в форме магнитных вихрей. Отличие от обычных

сверхпроводников заключается в том, что теперь возможно два типа вихрей – электронные и протонные. При  $T = 0$  радиус кора протонного вихря во много раз меньше, чем электронного – из-за различия масс протона и электрона (вблизи температуры перехода протонов в сверхпроводящее состояние это утверждение уже неверно из-за расходимости протонной длины когерентности). Из вида функционала свободной энергии [1] следует, что в основном состоянии (то есть при нулевой температуре) эти вихри являются

15 ноября 2004 г.

И далее ...

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 3 Критическая температура алмазных пленок подросла
- 4 Наночастицы помогают повысить критический ток в ВТСП

## ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 5 Управление параметрами синтезируемых нанотрубок возможно!

Еще один "талант" углеродной нанопленки

## МИКРОТЕХНОЛОГИИ

- 6 Композитный ферромагнитный фоторезист для МЭМС

## МАГНИТЫ

- 7 Удивительное рядом?

## КОНФЕРЕНЦИИ

Feb. 20th-25th 2005. Luxor, Egypt. International Conference on Nanotechnology: Science and Application (NanoTech Insight 2005)  
Contact:

Dr. Mohamed M. Abdel-Mottaleb  
email: [contact@nanoinsight.net](mailto:contact@nanoinsight.net)  
[www.nanoinsight.net](http://www.nanoinsight.net)

композитными: у электронной и фононной компоненты общие корни. Нагрев приводит к термическим флуктуациям, в результате чего композитный вихрь может разделиться на электронную и протонную компоненты (см. рис. 1).

Следовательно, имеет смысл говорить о "температуре ионизации вихрей". В результате такого расщепления образуется "плазма" вихревых линий, взаимодействующих друг с другом по логарифмическому закону. Поскольку величины  $H_{c2}$  для электронного и протонного конденсатов, а также температуры плавления электронной и протонной вихревых решеток существенно различны, то фазовая диаграмма в координатах поле-температура оказывается очень богатой. На ней различаются следующие фазы (см. рис. 2): *SSF* – решетка композитных вихрей (сверхпроводящее сверхтекучее состояние); *MSF* – жидкость композитных вихрей (несверхпроводящее металлическое сверхтекучее состояние); *ESC* – решетка электронных вихрей в жидкости протонных вихрей (сверхпроводящее, но несверхтекучее состояние); *NF* – "вихревая плазма" (несверхпроводящее и несверхтекучее состояние). Одним из следствий сосуществования двух типов вихрей в фазе *ESC* является то, что каждый электронный вихрь несет на себе только долю кванта магнитного потока  $\Phi_0$ . Эта доля увеличивается с рос-

том температуры и достигает единицы при температуре перехода протонной подсистемы в нормальное состояние.

Наличие при увеличении магнитного поля в жидком металлическом водороде нового типа фазового перехода из сверхпроводящего в сверхтекучее состояние (*SSF* → *MSF*) требует пересмотра стандартной схемы классификации квантовых жидкостей. При этом, однако, остается открытым вопрос: а может ли в принципе водород быть жидким металлом при низкой температуре? Ответ на него зависит от того, существует ли максимум на "линии плавления" твердого водорода (то есть на зависимости температуры плавления  $T_m$  от давления  $P$ )? Эксперимент указывает на то, что  $T_m$  монотонно возрастает при увеличении  $P$  до  $P \approx 50$  ГПа (хотя скорость роста  $T_m$  при этом постепенно уменьшается). Если эта тенденция сохраняется и при более высоких давлениях, то ни о какой низкотемпературной жидкой фазе говорить не приходится, и все сказанное выше останется лишь красивой теорией, не имеющей отношения к реальности. Если же кривая  $T_m(P)$  с ростом  $P$  загибается вниз, то можно надеяться, что рано или поздно величина  $T_m$  обратится в нуль при некотором критическом давлении  $P_c$ , и тогда при  $P > P_c$  водород в основном состоянии (то есть при  $T = 0$ ) будет жидким.

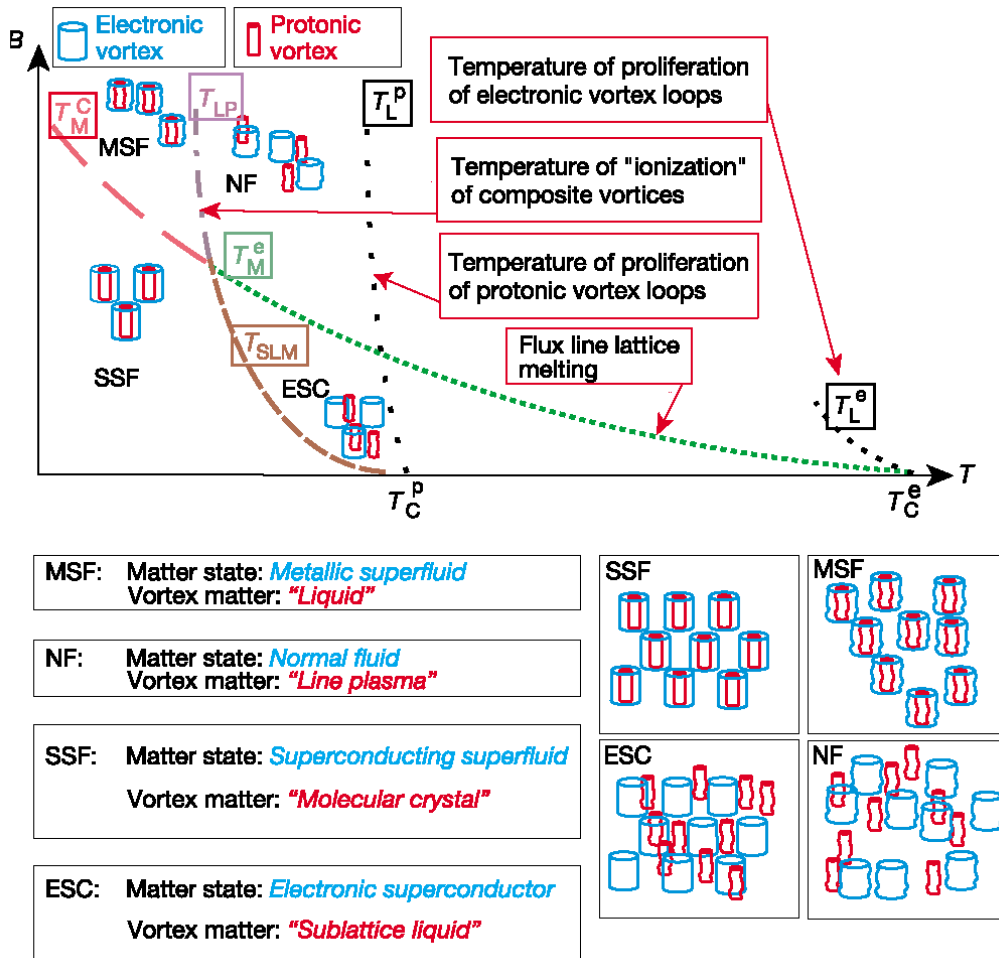


Рис. 2 (из статьи [1]).

Схематическая диаграмма состояний жидкого металлического водорода в координатах  $B$ - $T$ .

В отсутствие (пока...) эксперимента за дело взялись расчетчики [2]. Используя первопринципный метод молекулярной динамики (обобщенное градиентное приближение), они определили форму кривой  $T_m(P)$  при  $P \leq 200$  ГПа и показали, что  $T_m$  начинает так уменьшаться при  $P \approx 90$  ГПа (см. рис.3).

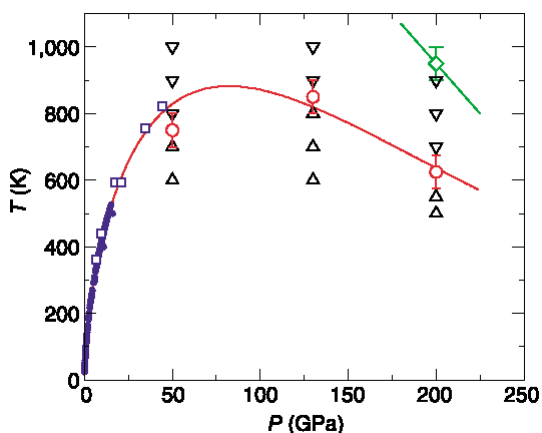


Рис. 3 (из статьи [2]). Расчетная зависимость температуры плавления водорода от давления. Аппроксимирующая кривая имеет вид  $T_m = 14.025(1+P/a)^b \exp(-cP)$ , где  $a = 0.030355$ ;  $b = 0.59991$ ;  $c = 0.0072997$ ;  $T_m$  измеряется в Кельвинах, а  $P$  – в ГПа. На рисунке изображен также фрагмент верхней кривой в окрестности  $P = 200$  ГПа, соответствующий переходу из молекулярной жидкой фазы в немолекулярную.

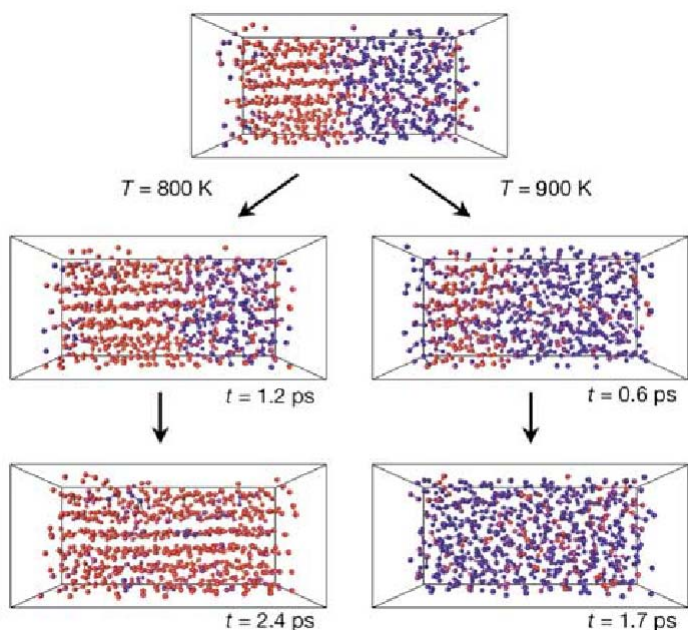


Рис. 4 (из статьи [2]). Результаты моделирования при  $P = 130$  ГПа и температурах  $T = 800$  К (дальний порядок сохраняется) и  $T = 900$  К (кристаллическая решетка плавится).

Как показал детальный анализ данных "численного эксперимента", физическая причина появления максимума  $T_m(P)$  заключается в том, что при высоких давлениях "отталкивательная составляющая" эффективного парного потенциала взаимодействия атомов водорода в жидкой фазе увеличивается с *Перст*, 2004, том 11, выпуск 21

ростом  $P$  медленнее, чем в твердой. Экстраполяция на область  $P > 200$  ГПа показывает, что  $T_m$  должна обращаться в нуль при  $P_c \approx 400$  ГПа. Научившись сжимать водород до таких давлений, мы сможем наблюдать его жидкое основное состояние со всеми перечисленными выше присущими ему необычными свойствами.

1. E.Babaev et al., Nature 2004, 431, 666
2. S.A.Bonev et al., Nature 2004, 431, 669

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

### Критическая температура алмазных пленок подросла

Сообщение российских физиков о сверхпроводимости легированного бором алмаза [1] некоторые ученые восприняли скептически. Однако этот результат уже подтвержден во многих лабораториях по всему миру. Рукастые японцы вырастили ориентированные (111) пленки алмаз/бор на кремниевых (001) подложках [2], используя методику MPCVD (одну из модификаций метода химического осаждения из паровой фазы). За 9 часов пленки достигли толщины 3.5 мкм и состояли из зерен с размером около 1 мкм. При  $H = 0$  температура начала резистивного перехода составила  $T_{c,on} = 7.4$  К, то есть значительно больше, чем в работе [1], при этом  $T_c(R=0) = 4.2$  К. Как и положено сверхпроводникам, увеличение магнитного поля приводит к подавлению сверхпроводимости (рис.1). Линейная экстраполяция дает  $H_{c2}(0) = 10.4$  Тл и  $H_{irr}(0) = 5.12$  Тл (рис.2). Оценка в "грязном пределе" приводит к величине  $H_{c2}(0) = 7$  Тл.

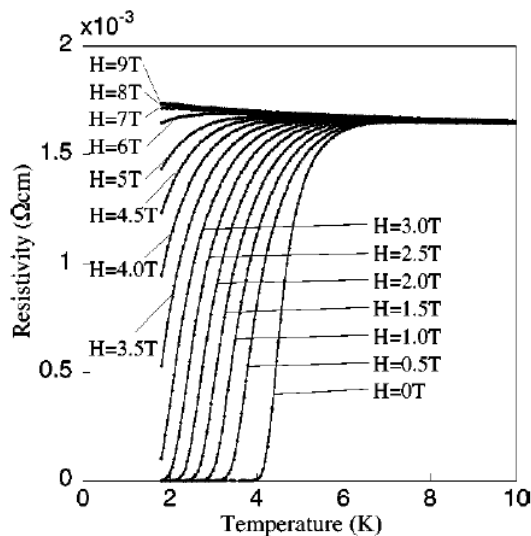


Рис. 1 (из статьи [2]). Резистивные переходы пленок алмаз/бор в различных магнитных полях

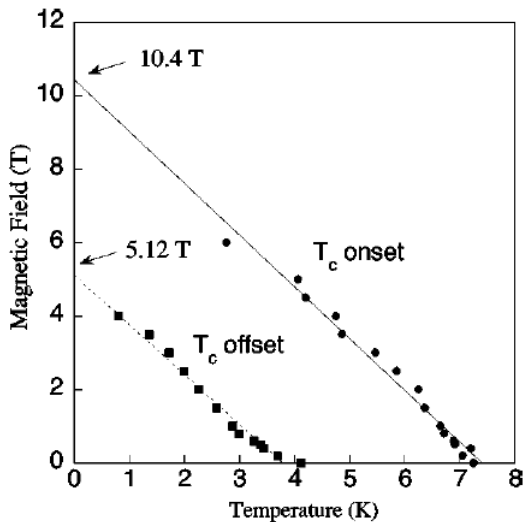


Рис. 2 (из статьи [2]).  
Полевые зависимости критической температуры пленок алмаз/бор.

Все эти результаты полностью воспроизводимы на разных образцах. Диамагнитный сигнал появляется при  $T < T_c(R=0)$ , тогда как при охлаждении пленок в магнитном поле изменения намагниченности  $M$  при  $T = T_c$  не наблюдается, что говорит о достаточно большой силе пиннинга, которая приводит к захвату магнитного потока при переходе в сверхпроводящее состояние. Гистерезис кривой  $M(H)$  имеет вид, типичный для сверхпроводников второго рода. Оценка  $J_c$  дала  $200 \text{ A/cm}^2$  при  $H = 0$ . Измерения холловской подвижности позволили определить концентрацию носителей заряда  $n = 9.4 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ , что отвечает концентрации бора 0.53%. Первые признаки сверхпроводимости появляются при содержании бора 0.18% – значительно ниже, чем в работе [1], где для синтеза образцов были использованы высокие давления, а также меньше имеющихся в литературе теоретических оценок.

Л. Опенов

1. *Nature* 2004, **438**, 542
2. *Appl. Phys. Lett.* 2004, **85**, 2851

### Наночастицы помогают повысить критический ток в ВТСП

Сразу же после открытия Беднорца и Мюллера в 1986 году начались работы по изучению возможности практического использования ВТСП в сильноточных устройствах, функционирующих при температуре жидкого азота. Одна из проблем здесь заключается в том, что движение магнитных вихрей приводит к диссипации и ограничивает токонесящую способность. Критический ток можно, однако, повысить путем искусственного создания в образце дефектов, которые играют роль центров пиннинга магнитного потока. Для этой цели лучше всего подходят дефекты, линейные размеры  $l$  которых близки к длине сверхпроводящей когерентности

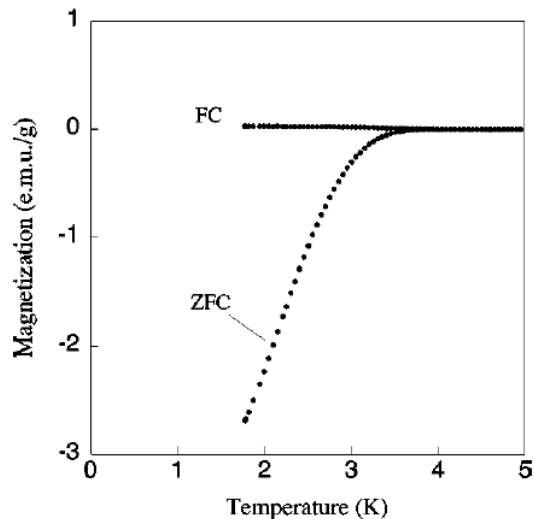


Рис. 3 (из статьи [2]).  
Температурные зависимости намагниченности пленок алмаз/бор при охлаждении в магнитном поле (FC) и без магнитного поля (ZFC).

(например,  $l = (2 \div 4) \text{ нм}$  в Y-123 при  $T < 77 \text{ K}$ ) и плотность которых имеет порядок  $(H/2) \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ , где  $H$  измеряется в теслах. Такой высокой плотности дефектов нанометровых размеров очень трудно достичь на стадии изготовления образцов, поэтому единственным выходом до недавнего времени было ионное облучение.

В работе [1] сотрудники Air Force Research Laboratory (Wright-Patterson) и Ohio State University (США) предложили способ изготовления пленок Y-123, содержащих частицы несверхпроводящей фазы Y-211 с  $l \approx 8 \text{ нм}$  и плотностью более  $10^{11} \text{ см}^{-2}$ . Он заключается в поочередном напылении слоев Y-123 и Y-211 и последующем формировании (из-за несовпадения периодов решетки фаз Y-123 и Y-211 на  $(2 \div 7)\%$ ) "островков" Y-211. Толщина слоев Y-123 и Y-211 составляла  $\sim 10 \text{ нм}$  и  $\sim 1 \text{ нм}$  соответственно.

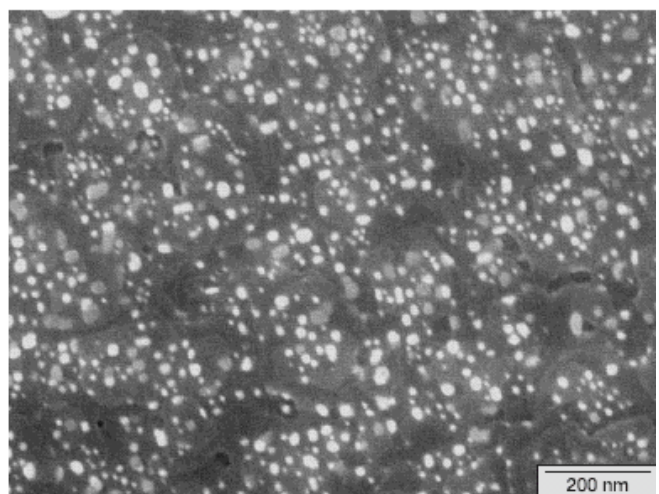


Рис. 1. Микроструктура пленки Y-123, содержащей наночастицы Y-211.

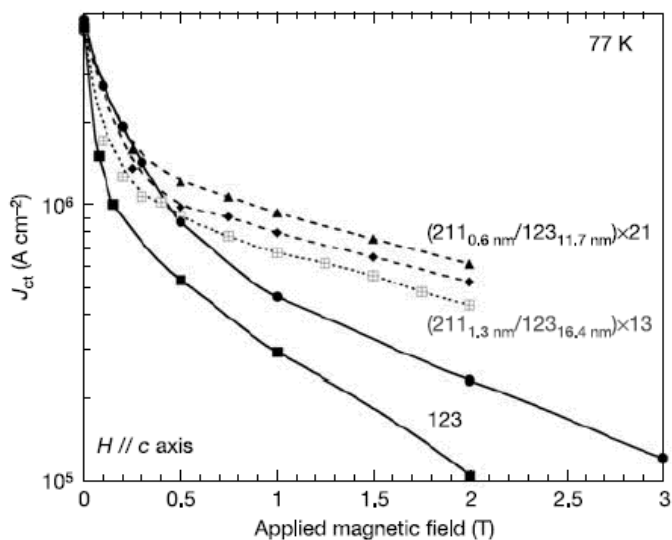


Рис. 2. Полевые зависимости транспортной плотности тока  $J_c$  бездефектных пленок Y-123 (сплошные линии) и пленок Y-123/Y-211 (пунктирные линии). Измерения выполнены 4-контактным способом с критерием  $1 \text{ мкВ/см}$ . Длина и ширина мостика составляли  $(0.3 \div 0.6) \text{ см}$  и  $(0.05 \div 0.075) \text{ см}$  соответственно.

Анализ микроструктуры показал, что наночастицы Y-211 однородно распределены в матрице Y-123. Пленки, полученные по этой методике, имеют гораздо более высокую, нежели бездефектные пленки Y-123, критическую плотность тока, которая к тому же уменьшается намного медленнее при увеличении магнитного поля.

1. T. Haugan et al., Nature 430, 867 (2004)

## ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

### Управление параметрами нанотрубок возможно!

Углеродная нанотрубка (УНТ) является готовым элементом нанoeлектронного устройства рекордно малых размеров. Ее электронные характеристики (ширина запрещенной зоны, плотность носителей на уровне Ферми и т.п.) в существенной степени определяются геометрией (диаметр, хиральность). А посему практическая реализация элементов электронных схем на нанотрубках зависит от умения синтезировать нанотрубки с заранее заданными геометрическими параметрами. Обычно однослойные нанотрубки синтезируют в электродуговом разряде с графитовыми электродами с использованием металлических катализаторов. При этом диаметр синтезируемых нанотрубок распределен в достаточно широком диапазоне с максимумом  $\sim 1.4 - 1.5 \text{ нм}$ .

Недавно исследователи ряда французских университетов в кооперации с Космическим центром Хьюстона (США) обнаружили, что характер распределения по диаметру однослойных нанотрубок, синтезируемых в дуговом разряде, зависит от состава и давления буферного газа в разряде [1]. В качестве катализатора использовали мелкодисперс-

ную смесь Ni/Y, вводимую в небольшом количестве в продольное отверстие в графитовом стержне-аноде. Нанотрубки синтезировали в смеси аргона и гелия различного состава при разрядном токе  $100 \text{ А}$  и межэлектродном расстоянии  $3 \text{ мм}$ . Напряжение на электродах, в зависимости от состава буферного газа, варьировали от  $20 \text{ В}$  (для чистого аргона) до  $40 \text{ В}$  (для чистого гелия). Полное давление буферного газа изменяли в диапазоне от  $100$  до  $660 \text{ мбар}$ .

Полученные образцы - однослойные нанотрубки, объединенные в жгуты - исследовали методами резонансного комбинационного рассеяния, просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и рентгеновской дифрактометрии. Благодаря наличию связи между частотой радиальной дышащей моды и диаметром нанотрубки, удалось определить распределение нанотрубок по диаметру при различных условиях синтеза. Измерения показывают, что характер распределения практически не зависит от полного давления буферного газа, однако проявляет заметную зависимость от доли аргона в смеси He/Ar. Так, увеличение доли аргона в смеси от  $20$  до  $100\%$  приводит к снижению среднего диаметра нанотрубок от  $1.4$  до  $1.3 \text{ нм}$  и снижению выхода нанотрубок (который при использовании чистого аргона не превышает нескольких процентов). Кроме того, увеличение доли аргона в смеси сопровождается уменьшением среднего числа нанотрубок в жгуте.

По мнению авторов, наблюдаемая зависимость среднего диаметра нанотрубок от состава буферного газа обусловлена влиянием последнего на температуру плазменной области, в которой происходит синтез. Изменение состава смеси приводит к изменению коэффициента теплопроводности смеси, что отражается на условиях синтеза. Таким образом, авторы продемонстрировали возможность управления средними параметрами синтезируемых углеродных нанотрубок, что приближает нас к реализации нанoeлектронных устройств на их основе.

А.Елецкий

1. J. Appl. Phys. 2004, 95, 2029

### Еще один "талант" углеродной нанопленки

Наверно, нет другого такого привычного и вместе с тем такого незнакомого элемента, как углерод, который не перестает открывать нам все новые стороны своих "талантов". Авторы работы [1] (Институт прикладной механики УрО РАН, Ижевск; МГУ; Университет Йенсуу, Финляндия), исследуя свойства нанoeуглеродной пленки, обнаружили в ней эффект оптического выпрямления.

Эффект оптического выпрямления заключается в том, что при прохождении достаточно мощного лазерного импульса через нелинейно-оптический кристалл в последнем возникает диэлектрическая поляризация, воспроизводящая по форме огибающую лазерного импульса. Если нелинейно-

оптический кристалл поместить между металлическими электродами, возникающая в кристалле поляризация приводит к появлению на электродах напряжения. Исследование этого эффекта интересно с точки зрения измерения мощности, поляризации и формы лазерных импульсов в широком диапазоне длин волн, а также для генерации ультракоротких электромагнитных импульсов в диапазоне частот 0.1-50ТГц.

Эффект оптического выпрямления наблюдали на многих нецентросимметричных диэлектрических кристаллах, поскольку регистрация оптического выпрямления в дипольном приближении возможна только в нелинейно-оптических кристаллах, не обладающих центром инверсии. Однако, в отличие от известных данных, в данном случае оптическое выпрямление наблюдается на поверхности непрозрачных проводящих пленок. Это может объясняться квадрупольным или поверхностным дипольным вкладом в поляризацию, поскольку для центрально-симметричной среды объемный дипольный вклад равен нулю.

Исследованные пленки толщиной 3-4мкм имели ярко выраженную пористую нанокристаллическую структуру. В качестве источника излучения использовали одномодовый одночастотный  $YAG: Nd^{3+}$ -лазер ( $\lambda = 1064\text{nm}$ ). При оптимальной пространственной ориентации пленки измеренный коэффициент преобразования мощности лазерного импульса в электрическое напряжение составил 500мВ/МВт, что во много раз превосходит значения, полученные при эффекте оптического выпрямления для известных диэлектрических нелинейно-оптических кристаллов.

Л. Дунин-Барковский

1. Письма в ЖТФ 2004, 30 (7), 88

## МИКРОТЕХНОЛОГИИ

### Композитный ферромагнитный фоторезист для МЭМС

Фоточувствительная эпоксидная смола *SU-8*, прочная и стабильная при внешних воздействиях, является перспективным фоторезистом для технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Сотрудники факультета химии и химической биологии Гарвардского университета (Англия) показали, что фоторезист *SU-8* приобретает новые свойства при введении в него наночастиц никеля сферической формы. Синтезированный ими ферромагнитный фоторезист (*FPR*) обладает рядом достоинств, позволяя:

- 1) изготавливать магнитные детали МЭМС в один этап (без предварительного изготовления формы, гальванического осаждения или травления);
- 2) изменять толщину микроструктур в широком диапазоне (от субмикрон до сотен микрон);

- 3) изготавливать гибкие ферромагнитные микроструктуры (например, кантилеверы для магнитных туннельных микроскопов).

*FPR* с содержанием 5 вес. % наночастиц имеет модуль Юнга  $3 \cdot 10^9 \text{H/m}^2$ , что примерно в 16 раз ниже, чем у никеля и железа. Поэтому при одинаковом магнитном воздействии смещение конца консоли из нового композита (в силу меньшей его жесткости) будет значительно больше, чем у чисто металлической консоли. Следует отметить, что, несмотря на присутствие в композите непрозрачных частиц, при его использовании в качестве фоторезиста происходит полное экспонирование всего объема благодаря четырем возможным механизмам взаимодействия света с наночастицами - свободному прохождению света мимо наночастиц, отражению, рассеянию и дифракции на никелевых наночастицах (рис. 1).

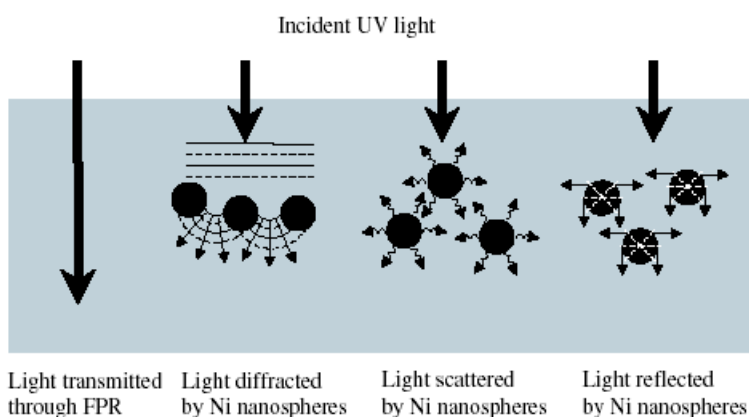


Рис. 1.

Авторы получали фотокомпозит, введением в коммерческий фоторезист *SU-8* от 1.33% до 13.3 вес.% никелевых наносфер диаметром 80-150нм с последующей 12-ти часовой выдержкой для удаления пузырьков воздуха. Во избежание оседания металлического наполнителя предельный срок хранения резиста не превышал 36 часов. На слоях резиста толщиной до 70мкм, полученных центрифугированием смесей с разным содержанием наночастиц и последующей типовой для *SU-8* термообработкой, снимали спектры пропускания. С увеличением содержания никеля, как и ожидалось, прозрачность уменьшалась по всему спектру.

Для демонстрации возможностей нового материала были изготовлены микрозеркала, смонтированные на кантилеверах из *FPR* толщиной 10мкм и 70мкм. Кантилеверы изготавливали на кремниевой подложке (рис. 2) с оксидом (0.2мкм), впоследствии удаляемом. У концов будущих кантилеверов формировали платформы из *SU-8-10* толщиной 10мкм под зеркало. Через окно в маске из фоторезиста (толщ. 20мкм), совмещенное с платформой, наносили слои зеркала - хром 10нм и золото 150нм. Зеркала изготавливали методом "взрыва" (удалением слоя фоторезиста с сохранением слоя металлов в окне). Затем из *FPR-5* формировали ферромагнит-

ПерсТ, 2004, том 11, выпуск 21

ные кантилеверы толщиной 70 мкм или 10 мкм, концом перекрывающиеся с платформой, а при полном удалении  $SiO_2$  в 48%-ной плавиковой кислоте (HF) кантилеверы с платформами освобождались (рис. 3). При испытании к фиксированному одним концом в пинцете кантилеверу (толщиной 10 мкм) подносили магнит и измеряли отклонение кончика кантилевера. Авторы отметили весьма незначительную остаточную деформацию кантилевера после освобождения - при длине 12 мм и толщине 70 мкм радиус кривизны составлял примерно 560 мм.

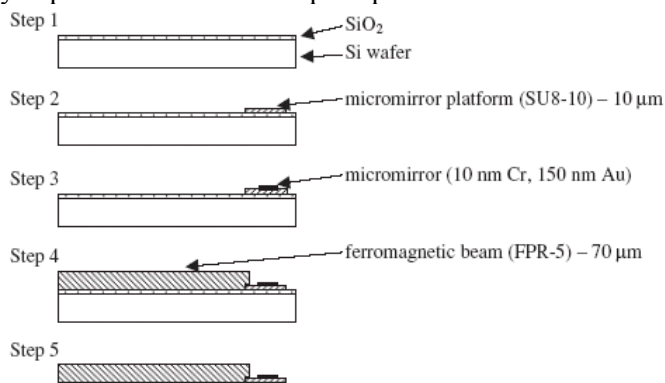


Рис. 2. Схема процесса формирования магнитно-управляемого микрозеркала. Технологические этапы: (1) - термическое окисление Si; (2), (3) - формирование платформы и микрозеркала; (4) - изготовление кантилевера из ферромагнитного резиста SU-8:Ni; (5) - освобождение кантилевера.

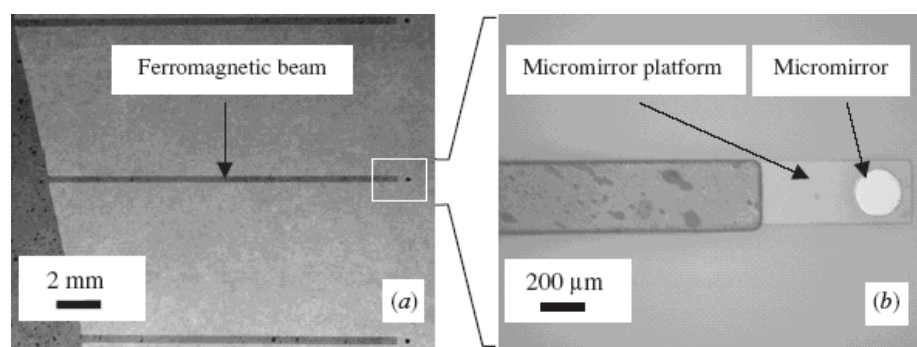


Рис. 3. Изображения в оптическом микроскопе магнитно-управляемых микрозеркал после освобождения. (a) - Три кантилевера длиной 10 мм, 11 мм и 12 мм. Зеркала находятся на конце каждого кантилевера. (b) Увеличенное изображение кончика кантилевера с круглым микрозеркалом и поддерживающей платформой.

В.Колясников

*J. Micromech. Microeng.* 2005, 15, 294

## МАГНИТЫ

### Удивительное рядом?

Что может сделать магнитное поле 0.3Тл с дефектами структуры в диамагнитных кристаллах при комнатной температуре? На первый взгляд, оно способно лишь изменить энергию дефектов, обладающих спиновым или орбитальным магнитным моментом, на величину  $\sim 10^{-4}$  эВ, что на 2 порядка меньше энергии термических флуктуаций. Т.е.,

*Перст*, 2004, том 11, выпуск 21

другими словами, в равновесной системе такое поле не может изменить ничего. Ряд эффектов влияния магнитного поля  $B \sim 1$ Тл в неравновесных системах, где происходило либо движение дислокаций, либо преднамеренно инициированная в начале эксперимента агрегация примеси, в последнее время подробно обсуждается [1-3]. В возникновении магнитных эффектов в неравновесных системах также нет ничего удивительного, поскольку среднюю температуру кристалла нельзя относить к короткоживущим промежуточным состояниям взаимодействующих частиц. В [1-3] подробно комментируются условия возбуждения кристаллов внешними воздействиями, создающими неравновесность.

Удивительное ждет нас в статье [4], авторы которой сообщают об обнаружении влияния магнитного поля на распределение химических компонент в приповерхностных слоях кристаллов *InAs*. Из текста статьи следует, что перед экспериментами кристаллы не были подвергнуты закалке, деформированию или какой-либо другой процедуре, способной нарушить их равновесное состояние. Тем не менее, на рис.1., приведенном в статье, видна эволюция в распределении темных и светлых пятен, выявляемых сканирующим электронным микроскопом. Авторы утверждают, что импульсное магнитное поле повлияло на однородность распределения In в *InAs* и стимулировало распад дефектов в *Sb<sub>0.8</sub>As<sub>0.2</sub>*. При этом предполагается, что возникают потоки точечных дефектов от поверхности в объем.

Отмечается, что в течение 100 дней (а не 90), в контрольном образце не происходило никаких изменений, а изменения в магнитообработанном образце видны на рисунке. Из весьма общих термодинамических соображений следует, что даже если эта система и не является равновесной, а находится в метастабильном состоянии, ее отделяет от равновесия весьма высокий потенциальный барьер  $> 1$ эВ, способный сдерживать релаксацию, как минимум, в течение трех месяцев. Из приведенного в статье обсуждения неясно, как этот барьер преодолевается магнитным полем, откуда берется столько энергии в расчете на один дефект?

Не менее загадочным является и то, как кристаллы попали в возбужденное состояние. Является ли это возбуждение «наследством» от процедуры выращивания, или привнесено предварительной полировкой поверхности. Да и само измерение приповерхностного химического состава, требующее облучения рентгеновскими лучами, в принципе, могло создать возбужденные состояния. Поскольку в отличие от работ, анализируемых в [1-3], авторы использовали импульсное поле (а образцы *InAs* обладают проводимостью на много порядков величины

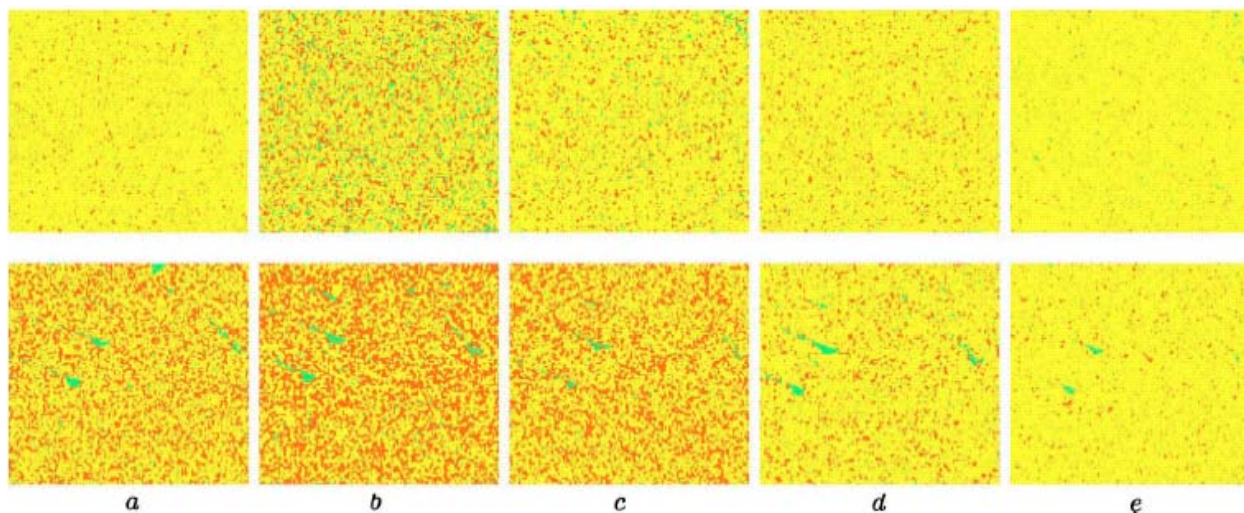


Рис. 1. Поверхности монокристаллов *InAs* (вверху) и *Sb<sub>0.8</sub>As<sub>0.2</sub>* (внизу): а) перед обработкой в магнитном поле, б) – е) через 5, 10, 20 и 100 дней после обработки в магнитном поле (0.3Тл, длительность импульсов 40мкс, число импульсов 1500, T = 300К). Рисунок из [4].

большой, чем, скажем *NaCl*), можно предполагать, что определенную роль мог играть и фронт импульса магнитного поля. ЭДС вихревого поля могла, например, создавать вихревые токи в кристаллах, нагревая их и приводя к существенно большим эффектам, чем само по себе наличие постоянного магнитного поля. К сожалению, в статье ничего не сказано о том, как постоянное магнитное поле влияет на исследованные кристаллы. Таким образом, остается неустановленным источник энергии, способной производить столь сильные изменения в кристаллах.

Ранее в [5] сообщалось об изменении сигнала *DLTS* на несколько порядков величины в монокристаллах *Si* под действием импульсного магнитного поля 0.05Тл. Общей чертой с работой [4] является отсутствие возбуждающего воздействия, которое могло бы создать неравновесность в кристаллах перед их обработкой в магнитном поле. Сотрудникам ИФТТ РАН воспроизвести эффект, описанный в [5], не удалось.

Наконец, одним из авторов [6] на недавней конференции в Воронеже был описан эффект влияния магнитного поля на кинетику плавления кристаллов *KCl*. Главные черты этого явления - отсутствие

внешних воздействий, переводящих кристалл в возбужденное состояние перед обработкой в магнитном поле; наличие длительного латентного периода (т.е. многодневной задержки в проявлении магнитного эффекта после воздействия магнитного поля); неопределенность в распределении примесей по кластерам и самого типа примесей. Эти черты весьма похожи на те, что описаны в [4,5]. Имеем ли мы дело с новым классом явлений, проявляющихся в твердых телах с различным химическим составом и типом межатомной связи? Покажет время.

*Р.Моргунов*

1. *1.Кристаллография*, 2003, **48**, 768
2. *ФТТ*, 2004, **46**, 769
3. *УФН*, 2004, **174**, 131
4. *Phys. Rev. B*, 2004, **70**, 104101
5. *Phys.Lett.A*, 1999, **260**, 386
6. *Программа XXI Международной конференции "Relaxation phenomena in solids", Воронеж, ВГТУ, ВГУ 2004, с.13.*

**Внимание!** Помещенные в этом выпуске цветные рисунки смотрите на сайте <http://perst.isspsph.kiae.ru>

**Экспресс-бюллетень ПерстТ выходит**  
**при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям РФ,**  
**Научных Советов Российских научно-технических программ:**  
 "Актуальные направления в физике конденсированных сред",  
 "Перспективные технологии и устройства микро- и наноэлектроники", "Физика твердотельных наноструктур"

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

В подготовке выпуска принимали участие:

Л.Дунин-Барковский, А.Елецкий, В.Колясников, К.Кугель, Ю.Метлин, Р.Моргунов, Л.Опенев

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64