

В этом выпуске:

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Псевдощель, сверхпроводимость и квантовая критическая точка в ВТСП

На фундаментальный вопрос о природе псевдощелевого состояния высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) пока нет однозначного ответа. На фазовой диаграмме этому состоянию отвечает область промежуточного допирования p , расположенная между фазами моттовского диэлектрика ($p=0$) и ферми-жидкости ($p>0.25$). При слабом допировании ($p<0.05$) определяемая по эффекту Холла концентрация дырок $n_H \approx p$, тогда как в ферми-жидкостном состоянии $n_H \approx p+1$. Это говорит о том, что на каком-то этапе допирования происходит резкое увеличение площади поверхности Ферми. Вопрос – на каком? И связано ли это с псевдощелью?

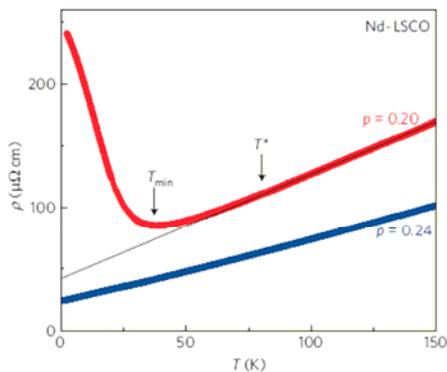


Рис.1. Температурная зависимость удельного сопротивления ρ в плоскости ab монокристаллов Nd-LSCO с различным уровнем допирования $p=0.20$ и $p=0.24$ при $H = 35$ Тл $> H_{c2}(0)$. Величина $T^* \approx 80$ К при $p=0.20$ – температура появления псевдощели, определяемая как температура, при которой зависимость $\rho(T)$ начинает отклоняться от линейной. При $p=0.24$ кривая $\rho(T)$ строго линейна вплоть до $T = 1$ К.

В работе [1] ученые из США и Канады представили результаты исследования эволюции электронной структуры $La_{1.6-x}Nd_{0.4}Sr_xCuO_4$ по мере увеличения p . Этот ВТСП был выбран по причине его сравнительно низкой максимальной $T_c \approx 20$ К, что делает возможным полное подавление сверхпроводимости магнитным полем и изучение характеристик нормального состояния вплоть до $T=0$. Температуру появления псевдощели T^* авторы [1] определяли по началу отклонения температурной зависимости сопротивления от линейной (рис. 1), а концентрацию носителей n_H – по коэффициенту Холла. Было показано, что величина T^* обращается в нуль при $p^* \approx 0.24$ (сопротивление становится строго линейным по температуре). При этом $n_H = 0.3 \pm 0.05 \approx p$ для $p=0.20$ и $n_H = 1.3 \pm 0.15 \approx 1+p$ для $p=0.24$, то есть исчезновение псевдощели сопровождается качественным изменением вида поверхности Ферми (чем больше ее площадь, тем больше носителей заряда может на ней разместиться, то есть тем выше n_H). Величина p^* соответствует квантовой критической точке (ККТ) при $T=0$. Она меньше величины $p_c \approx 0.27$, при которой с ростом допирования исчезает сверхпроводимость (рис. 2). Это согласуется с имеющимися в литературе косвенными экспериментальными данными для других систем ВТСП.

Помимо очередного подтверждения наличия ККТ в ВТСП, полученные в [1] результаты накладывают на теорию псевдощелевой фазы следующие ограничения: 1) возникновение псевдощели сопровождается кардинальной перестройкой поверхности Ферми и 2)

И далее ...

- 2 Манипуляция магнитными вихрями в сверхпроводнике
- 3 Анизотропная сверхпроводящая щель в C_6Ca

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- 4 Химическое переключение поляризации в сегнетоэлектрике

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 5 Обратимое изменение типа электрической проводимости в полупроводнике $Ag_{10}Te_4Br_3$

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

- 5 О пользе хрена для нанотехнологий

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 6 Гибкие углеродные трубки большого диаметра с пористыми стенками

КОНФЕРЕНЦИИ

- 7 NATO Workshop "Physical Properties of Nanosystems"

International Symposium on Spin Waves

XXI Международная конференция «Новое в магнетизме и магнитных материалах» (НМММ - XXI)

- 8 XLIII Зимняя школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния

Научная сессия ОФН РАН

“Образовательная атака на наномир”

при $p=p^*$ сопротивление зависит от температуры строго линейно вплоть до $T = 0$. Сам факт существования ККТ сейчас объясняют два сорта моделей, одни из которых связывают псевдощель с нарушением какой-либо симметрии, а другие – с переходом от нескольких маленьких дырочных “карманов” к большой поверхности Ферми. Но предстоит еще разобраться, что здесь является причиной, а что – следствием...

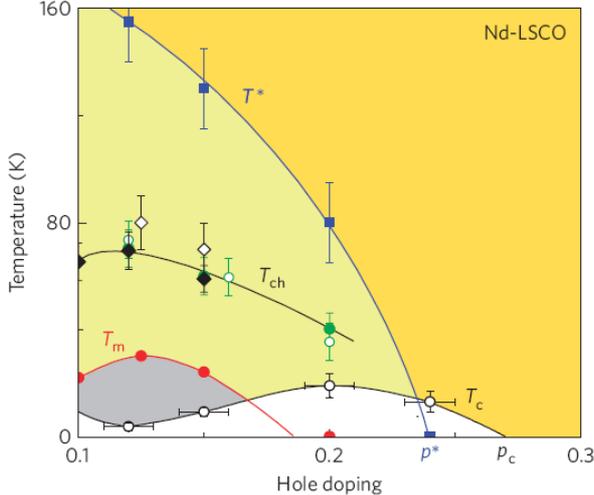


Рис.2. Фазовая диаграмма Nd-LSCO в координатах p - T . Здесь T_c – критическая температура, T^* – температура появления псевдощели, T_m – температура магнитного упорядочения, T_{ch} – температура зарядового упорядочения.

Еще один интересный результат, касающийся псевдощели, получили швейцарские, японские и американские физики [2]. Они выполнили гораздо более детальный, чем в предыдущих работах, анализ ARPES-спектров недодопированных, оптимально допированных и передопированных монокристаллов ВТСП $Bi_2Sr_2CuO_{6+x}$. Их целью было внести ясность в вопрос о том, имеет ли псевдощель отношение к сверхпроводимости. До сей поры данные ARPES интерпретировались по-разному, поскольку из-за низкой разрешающей способности метода было очень трудно отличить “несверхпроводящую псевдощель” (связанную, например, с волной зарядовой плотности) от “сверхпроводящей псевдощели”, появляющейся из-за наличия при $T > T_c$ некогерентных куперовских пар.

Авторы работы [2] изучили корреляцию между спектральными весами W_{CP} и W_{PG} сверхпроводящего когерентного пика при $T < T_c$ и псевдощелевой особенности при $T^* > T_c$. Сопоставив данные, полученные для разных участков поверхности Ферми при различных температурах и концентрациях носителей, они пришли к выводу, что по мере удаления от узлового направления (линии нулей d -волновой сверхпроводящей щели) и приближения к антиузловому направлению (где щель максимальна) величина W_{CP} всегда изменяется немонотонно: сначала она увеличивается (в соответствии с увеличе-

нием щели), а затем вновь уменьшается (рис. 3). При этом W_{PG} , напротив, монотонно возрастает, достигая максимума в антиузловом направлении. Из этого был сделан вывод, что сверхпроводящее и псевдощелевое состояния конкурируют друг с другом. Но это вовсе не означает, что в основе того и другого лежат разные микроскопические взаимодействия. Классический пример: в обычных низкотемпературных сверхпроводниках усиление электрон-фононного взаимодействия (ответственного за куперовское спаривание) приводит к зарядовому упорядочению, которое подавляет сверхпроводимость. Определенно можно сказать лишь то, что псевдощель не связана с некогерентными куперовскими парами, поскольку при охлаждении ниже T_c псевдощелевая спектральная особенность не трансформируется плавно в когерентный сверхпроводящий пик, а изменяется совершенно по-другому. Взаимодействия, которые приводят к образованию псевдощели, препятствуют сверхпроводящей когерентности на определенных участках поверхности Ферми. Авторы [2] отмечают также, что их результаты свидетельствуют о неприменимости к ВТСП модели резонирующих валентных связей (RVB), по крайней мере, в ее простейшем варианте.

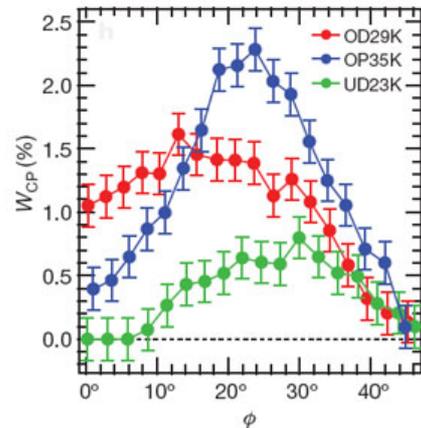


Рис.3. Изменение спектрального веса сверхпроводящего когерентного пика W_{CP} (в процентах от суммы $W_{CP}+W_{PG}$) на поверхности Ферми. Углы $\phi = 0$ и 45° отвечают узловому и антиузловому направлениям, соответственно. OD – передопированный образец, OP – оптимально допированный, UD – недодопированный.

Л.Опенев

1. R.Daou et al., *Nature Phys.* **5**, 31 (2009).
2. T.Kondo et al., *Nature* **457**, 296 (2009).

Манипуляция магнитными вихрями в сверхпроводнике

Достаточно сильное магнитное поле проникает в сверхпроводник в виде так называемых магнитных вихрей, каждый из которых несет на себе один квант магнитного потока. Вне области, занимаемой вихрями, сверхпроводимость сохраняется, но при пропускании через образец электрического тока вихри могут прийти в движение, что приведет к

диссипации энергии и к появлению конечного сопротивления. При практическом использовании сверхпроводников с этим борются, например, создавая в сверхпроводнике искусственные центры пиннинга, на которых вихри закрепляются и остаются неподвижными даже в присутствии тока. Ис-

следование динамики магнитных вихрей представляет, таким образом, большой интерес. Хотя поведение вихревой решетки (а также вихревой жидкости и вихревого стекла) как целого изучалось очень детально, экспериментальные данные о динамике отдельных вихрей практически отсутствуют.

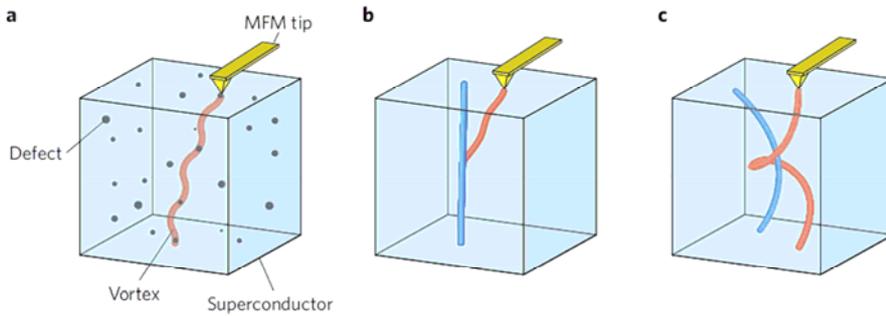


Рис.1. Использование магнитного силового микроскопа для наблюдения за отдельными магнитными вихрями в сверхпроводнике (a) и манипуляции ими (b, c).

В статье [1] группа физиков из США, Израиля и Канады сообщила о разработке методики наблюдения за отдельными магнитными вихрями с использованием магнитного силового микроскопа (МСМ). Когда острая игла МСМ приближается к поверхности сверхпроводника, на нее действует сила со стороны выходящего на эту поверхность магнитного вихря (рис. 1a). Измеряя отклонение иглы при сканировании вдоль поверхности, можно получить изображение “среза” вихревой системы. Поскольку игла, в свою очередь, тоже действует на вихрь, то удастся “зацепить” один-единственный вихрь и либо оторвать его от центра пиннинга, к которому он прикреплен (определив при этом силу пиннинга), либо “протаскать” его по образцу, измеряя попутно взаимодействие вихря с потенциалом дефектов (рис. 1b), либо даже “наматывать” один вихрь на другой (рис. 1c). Для эксперимента в [1] был использован недвойникованный монокристалл ВТСП $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.991}$. Обнаружена, в частности, существенная анизотропия силы пиннинга. Анализ показал, что это может быть связано с образованием удлиненных кластеров из ≈ 10 кислородных вакансий вдоль цепочек Cu-O.

В дальнейшем новую методику предполагается использовать, в том числе, для изучения микроскопического механизма пиннинга. Более того, она может помочь и при выяснении механизма высокотемпературной сверхпроводимости. Например, измеряя силу, необходимую для перетаскивания вихря через образец, можно попытаться определить, движется ли этот вихрь по “страйповой”, “шахматной” или флуктуирующей зарядово-упорядоченной структуре. Кроме того, стоит подумать о разработке нового типа логических устройств, в которых информацию будут переносить магнитные вихри (“флакстрики”). Не исключено также, что с помощью вихрей удастся управлять отдельными спинами в спинтронных или квантовых информационных устройствах.

Л. Опенов

1. O.M.Auslaender et al., Nature Phys. 5, 35 (2009).

Анизотропная сверхпроводящая щель в C_6Ca

После открытия сверхпроводимости в C_6Yb и C_6Ca [1] было высказано предположение, что ее механизм является нефононным. Это предположение исходно основывалось на гораздо более высокой критической температуре $T_c \approx 10$ К новых сверхпроводников по сравнению с T_c интеркалированного щелочными металлами графита, интенсивно изучавшегося в 1980-е годы. Так как нефононный механизм обычно предполагает анизотропию сверхпроводящего параметра порядка Δ , то значительное внимание уделялось поведению Δ на поверхности Ферми. Но результаты косвенных экспериментов (магнитные и термодинамические свойства, туннельная спектроскопия, электронный спиновый резонанс) оказались противоречивыми: одни говорили об изотропном s-волновом параметре порядка, а другие – о существенно анизотропном или даже многокомпонентном.

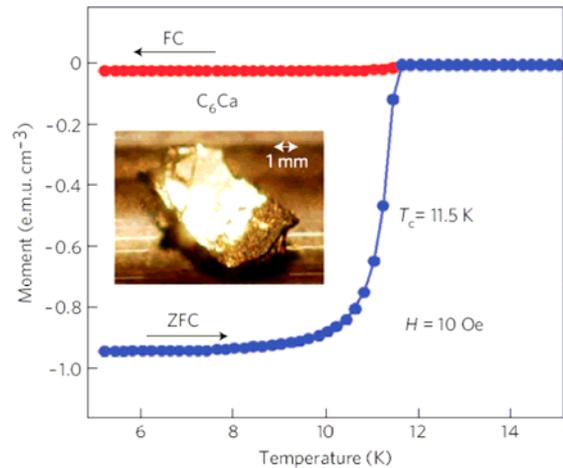


Рис. Температурная зависимость магнитной восприимчивости монокристалла C_6Ca (на вставке) при его охлаждении в поле $H = 10$ Э (FC) и без поля (ZFC).

В работе [2] японские ученые из Tohoku University сообщили о первом непосредственном исследовании анизотропии сверхпроводящей щели $|\Delta|$ в монокристалле C_6Ca с $T_c = 11.5$ К (см. рис.) методом фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разре-

шением (ранее качественные монокристаллы SrTiO_3 вырастить не удавалось). Было показано, что поверхность Ферми состоит из двух частей, на одной из которых щель $|\Delta| = (1.8 \div 2.0)$ мэВ ($2|\Delta|/k_B T_c \approx 4$) практически изотропна, а на другой (связанной с π -зоной графитовых слоев) близка к нулю – $|\Delta| = (0.2 \pm 0.2)$ мэВ. Наличие в SrTiO_3 этой маленькой, не существенной для сверхпроводимости щели и послужило, по-видимому, причиной того, что эксперименты по теплоемкости и туннельной плотности состояний были объяснены анизотропией “основной” щели. Данные работы [1] хорошо согласуются с расчетами из первых принципов, которые дают $|\Delta| \approx 2$ мэВ (за счет обычного электрон-фононного взаимодействия).

Л. Опенов

1. T.E.Weller et al., *Nature Phys.* **1**, 39 (2005).
2. S.Sugawara et al., *Nature Phys.* **5**, 40 (2009).

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

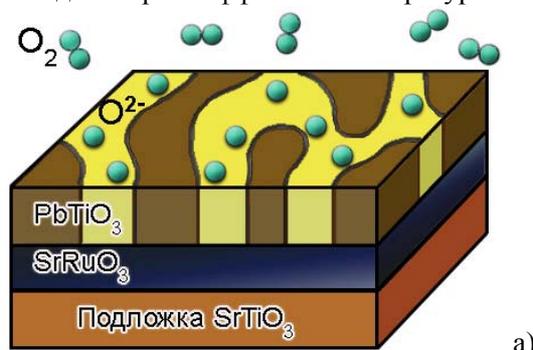
Химическое переключение поляризации в сегнетоэлектрике

В связи с все большим распространением пленочных технологий в физике сегнетоэлектрических материалов большое значение приобретают поверхностные эффекты, которые при нанометровых (единицы-десятки) толщинах пленки доминируют над объемными свойствами материала. В частности, некоторые исследования посвящены взаимосвязи химического состава окружающей среды и сегнетоэлектрических свойств пленки. Так, в прошлом году эксперименты выявили, что сегнетоэлектрические поверхности с противоположной полярностью по-разному адсорбируют молекулы [1], а уже в новом году ученым из университетов Иллинойса и Пенсильвании удалось наблюдать обратный эффект – химическое окружение управляет ориентацией электрической поляризации пленки сегнетоэлектрика подобно электрическому напряжению [2].

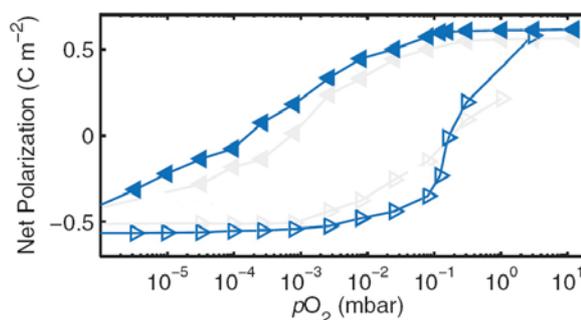
Эксперименты производили в атмосфере кислорода при температуре 600-1000 К с пленками титаната свинца PbTiO_3 , выращенными на подложке SrTiO_3 . Прослойка из проводящего SrRuO_3 выполняла роль металлического контакта, в котором происходит электронная компенсация связанных зарядов на нижней поверхности сегнетоэлектрической пленки, в то время как верхняя граница ее свободна и подвержена действию кислорода (рис. 1а). Для измерения электрической поляризации пленки применяли рентгенографический метод (synchrotron x-ray scattering), который позволяет очень точно определять положение атомов и их смещение в поляризованном состоянии, и в то же время не чувствителен к поверхностным зарядам.

В результате наблюдали характерные петли сегнетоэлектрического гистерезиса (рис. 1 б), только вместо электрического поля по горизонтальной оси откладывалась величина давления кислорода. Как значе-

ния поляризации насыщения, так и ширина петли уменьшалась с температурой, и при температуре выше точки Кюри (920 К) сегнетоэлектрический гистерезис исчезал, доказывая тем самым, что данное явление обусловлено именно переключением поляризации, а не изменением химического состава вещества, поскольку в последнем случае должен был бы наблюдаться рост эффекта с температурой.



а)



б)

Рис. 1. а - Исследуемые образцы; б - петля сегнетоэлектрического гистерезиса при изменении давления кислорода [2].

Чем же обусловлен данный эффект? Дело в ионной компенсации связанных зарядов на поверхности материала. Например, на поверхности тех областей пленки, где поляризация направлена вверх (положительный поверхностный связанный заряд) могут оседать отрицательно заряженные ионы кислорода O^{2-} , или, наоборот, с поверхности доменов с противоположной ориентацией поляризации эти ионы могут отрываться. Каждый из этих механизмов способен обеспечить нейтрализацию доменов одной полярности, действуя как эффективное электрическое поле.

Результаты данных исследований, с одной стороны, указывают на важность учета химических свойств атмосферы, в которой находится сегнетоэлектрик, а с другой – открывают перспективы практического использования химических процессов как нового метода создания доменных структур в сегнетоэлектрических пленках, включая нанесение узоров сквозь маску, изготовленную литографическим образом.

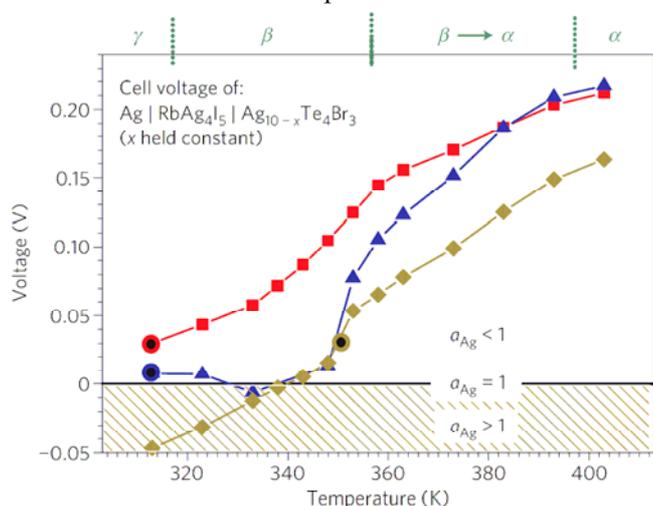
А. Пятаков

1. D.Li et al., *Nature Mater.*, **7**, 473 (2008).
2. R.V.Wang et al., *Phys. Rev. Lett.*, **102**, 047601(2009).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Обратимое изменение типа электрической проводимости в полупроводнике $Ag_{10}Te_4Br_3$

Полупроводники являются основными материалами современной электроники и, по-видимому, сохраняют ведущие позиции в нанoeлектронике. Особый класс полупроводниковых материалов составляют некоторые соединения серебра и меди, в которых при низких температурах имеет место смешанная (и ионная, и электронная) проводимость. Так как электронный вклад в проводимость зависит от стехиометрии (например, от величины x в $Ag_{2-x}S$), то, создавая внешним потенциалом градиент ионов между электрическими контактами (благодаря ионной проводимости), можно формировать в образце локальные области с n - и p -типом проводимости, то есть – внутренние p - n и p - n - p переходы. Поэтому такие полупроводники считаются перспективными для устройств памяти, наноразмерных логических элементов и пр.



Температурная зависимость напряжения V гальванической ячейки с электродами из $Ag_{10}Te_4Br_3$. Кружки – начальные величины V . Три кривые различаются условиями предварительной термообработки образца (a_{Ag} – активность серебра).

В работе [1] немецкие и французские физики сообщили о наблюдавшемся ими обратимом переключении проводимости недавно открытого полупроводника $Ag_{10}Te_4Br_3$ с p -типа на n -тип и обратно при изменении температуры (см. рис.). Это оказывается возможным благодаря наличию в сравнительно узком интервале температур нескольких структурных модификаций (α , β , γ). В том же самом температурном диапазоне термоэдс имеет резкий максимум и два раза меняет знак. Авторы полагают, что уже в ближайшем будущем $Ag_{10}Te_4Br_3$ будет использоваться для изготовления полупроводниковых переключателей, датчиков и других устройств с рабочей температурой, близкой к комнатной.

1. T.Nilges et al., Nature Mater. 8, 101 (2009).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

О пользе хрена для нанотехнологий

Недавно опубликованные результаты исследований ученых Питсбургского университета (University of Pittsburgh, США) свидетельствуют о возможности биологического (естественного) разложения одностенных углеродных нанотрубок (ОСНТ) [1]. Это чрезвычайно важный вопрос, ведь, несмотря на непрекращающиеся дискуссии о безопасности или токсичности наноматериалов (см., например, [2]), их производство непрерывно растет. Новые достижения в области nano-биомедицины со временем приведут к широкому применению этих уникальных материалов *in vivo*. При этом даже специально подготовленные «безвредные» нанотрубки (очищенные, имеющие нужные размеры), используемые для диагностики и лечения, останутся в теле человека и смогут вызвать воспалительные отклики или какие-либо другие неблагоприятные последствия. Развитие нанотехнологий увеличит содержание углеродных нанотрубок в окружающей природе (откуда часть их, естественно, попадет в организм человека). Но, как выяснили авторы [1], найти пути безопасного удаления (биодеструкции) «отработанных» ОСНТ поможет хрен, точнее фермент пероксидаза из его корней¹.

Полезные свойства хрена (рис.1), конечно, известны всем. Он с давних пор используется в народной медицине как противовоспалительное, фитонцидное, противомикробное средство, источник витаминов и микроэлементов. Медикам и биологам хорошо знакома пероксидаза, содержащаяся в верхнем слое корня хрена и в его кожуре. Она широко применяется в диагностике при биохимическом исследовании компонентов крови и мочи; в экспресс-тестах на СПИД, является сильнейшим иммуномодулятором, восстанавливающим функции иммунной системы. На основе пероксидазы хрена разрабатываются перспективные электрохимические биосенсоры [3].



Рис.1. Хрен обыкновенный (англ. - horseradish)

Ученые Питсбургского университета в своих исследованиях *in vitro* показали, что биологическое разложение ОСНТ может происходить при помощи ферментативного катализа. Пероксидаза хрена была добавлена к суспензии карбоксилированных нанотрубок (ОСНТ для удаления примесей металлических катализаторов были обработаны H_2SO_4/H_2O_2). Инкубацию проводили в течение 24 ч в темноте при $4^\circ C$ (эти температурные условия, по мнению авторов, соответствуют возможному применению биологических систем для биодеструкции УНТ в окру-

жающей среде в различное время года). Затем добавляли пероксид водорода (конечная концентрация была невысокой, ~ 40 μM). Для оценки активности пероксидазы использовали спектрофотометрический метод и электронный парамагнитный резонанс. Оба метода подтвердили, что нанотрубки не снижают активность фермента. Эксперимент продолжался 16 недель. В течение этого срока каждые 2 недели отбирали и исследовали пробы (250 микролитров) инкубированной суспензии; для компенсации добавляли равный объем 80 μM H_2O_2 .

Данные спектрофотометрии подтвердили, что происходило окисление карбоксилированных нанотрубок. Контроль каждой пробы с помощью просвечивающей электронной микроскопии наглядно показал, как происходит деструкция нанотрубок (рис.2). Сначала уменьшается их длина (если исходная длина в среднем ~520 нм, то через 8 недель она составляет ~230 нм), через 8 недель наблюдается появление глобулярного вещества; через 12 недель в пробе в основном присутствуют глобулы; через 16 недель нанотрубки практически отсутствуют!

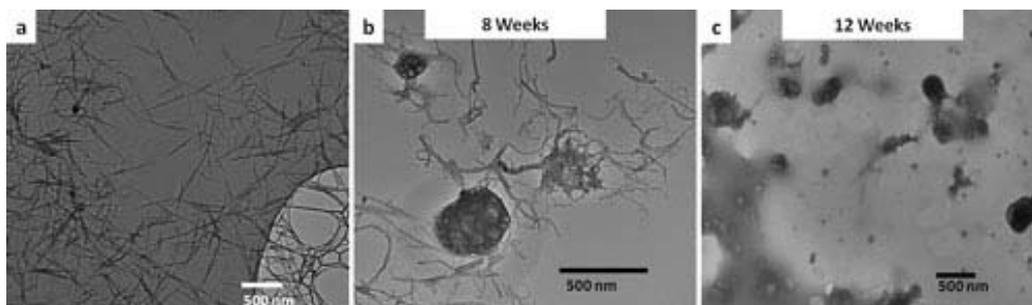


Рис.2 Биодegradация ОСНТ: а - исходная проба; б - уменьшение длины и появление глобул через 8 недель; с - проба через 12 недель [1].

В дополнение был проведен термогравиметрический анализ (ТГА) более крупного образца, к которому периодически добавляли пероксид. Примерно 5 мг карбоксилированных ОСНТ были инкубированы с пероксидазой при 37°C, и в течение 5 дней каждый час добавляли 1 мМ H_2O_2 . Оказалось, что в результате этой процедуры вес нанотрубок уменьшился примерно на 40%. Профили ТГА показывают, что потери веса для карбоксилированных ОСНТ начинаются с 200°C (для исходных – с 900°C). Нанотрубки, инкубированные с пероксидазой и H_2O_2 , оказались менее стабильными: общие потери веса были гораздо больше и особенно значительными при 100°C и 670°C. Это указывает на более высокий уровень возникших дефектов, что подтверждено электронномикроскопически. В своих исследованиях авторы [1] использовали также масс-спектрометрию, гель-электрофорез, спектроскопию в УФ, видимой и ближней ИК областях спектра. Данные подтвердили окислительную модификацию нанотрубок при воздействии пероксидазы/ H_2O_2 .

Таким образом, разработан мягкий, естественный метод безопасного удаления углеродных нанотрубок в условиях окружающей среды. Ученые продолжают исследования. Необходимо выяснить, что представляют собой продукты деструкции ОСНТ, насколько они безвредны. Интересно найти другие эффективные пероксидазы, содержащиеся в растениях и животных, ведь расширение возможностей каталитической биодеструкции нанотрубок позволит применять эти материалы в медицинских целях, не опасаясь токсичных эффектов.

сложные химические процессы, протекающие в клетках растений и животных. Названия ферментов обычно образуются путем прибавления окончания «-аза» к названию вещества, на которое данный фермент действует. Так, пероксидазы активируют кислород пероксида водорода (а также органических перекисей) и катализируют окисление многих фенолов и ароматических аминов. Пероксидаза — один из наиболее распространенных ферментов, он содержится в растениях, микробах, тканях животных.

О.Алексеева

1. V.L.Allen et al., *Nano Lett.* **8**, 3899 (2008).
2. *ПерсТ* **15**, вып. **21**, с.3 (2008).
3. Г.В.Преснова и др., *Рос. хим. ж.* **LII**, № 2, 60 (2008).

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Гибкие углеродные трубки большого диаметра с пористыми стенками

Недавно семейство новых углеродных материалов пополнилось новым представителем. Это гибкие цилиндрические структуры диаметром от 40 до 100 мкм и длиной до 1 см, синтезированные группой исследователей из нескольких американских лабораторий совместно с Шанхайским университетом (Китай) методом химического осаждения паров (CVD). В качестве прекурсора использовали смесь этилена с парафиновым маслом. Пары этой смеси вместе с потоком $\text{Ar} + \text{H}_2$ (94:6) подавались в камеру синтеза, поддерживаемую при температуре между 750 и 850°C. В типичных условиях синтеза, проводимого без использования катализаторов, поток этилена составлял 80 $\text{cm}^3/\text{мин}$ (в пересчете на нормальные условия), а поток носителя поддерживали на уровне 120 $\text{cm}^3/\text{мин}$. На микрофотографиях продуктов синтеза

¹ Ферменты (белковые вещества) – катализаторы, синтезируемые живыми клетками и регулирующие

видны трубки диаметром около 50 мкм с толщиной стенок примерно 1,4 мкм. Внешняя поверхность трубок покрыта частицами аморфного углерода, количество которых возрастает по мере увеличения длительности синтеза. Как показывают наблюдения, выполненные с помощью сканирующего электронного микроскопа, стенки трубок содержат поры в виде столбиков прямоугольной формы высотой 1,2 мкм и поперечником от 0,5 до 2 мкм. Поры отделены друг от друга стенками толщиной около 100 нм. Эти стенки имеют многослойную графитовую структуру с расстоянием между слоями 0,34 нм, как у кристаллического графита и многослойных нанотрубок. Выполненная на основании структурных измерений оценка плотности материала, составленного из таких трубок, равна 11 мг/см^3 , что соответствует плотности углеродной нанопены. Плотность стенок таких трубок оценена величиной 116 мг/см^3 . Исследования механических свойств синтезированных трубок, выполненные стандартным методом, показали, что прочность на растяжение этих нитей около 6,9 ГПа. Учитывая крайне низкую плотность материала, можно заключить, что синтезированные трубки обладают рекордной удельной прочностью, которая более чем на два порядка превышает прочность хлопковых нитей. Результаты измерения температурной зависимости электропроводности синтезированных трубок приведены на рис. 1. Абсолютная проводимость синтезированных трубок примерно на порядок превышает величины, измеренные для нановолокон. Возрастающий характер зависимости указывает на полупроводниковую природу проводимости трубок.

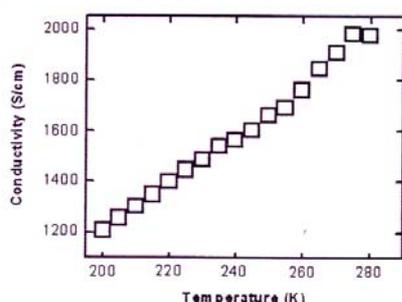


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента электропроводности углеродной трубки большого диаметра.

Сочетание высоких механических и электрических свойств с чрезвычайно низким удельным весом делает новый материал весьма привлекательным для широкого круга приложений в качестве элемента микроэлектромеханических систем, в медицине, в текстильной промышленности и т. п.

А.Елецкий

1. H.Peng et al., *Phys. Rev. Lett.* **101**, 145501 (2008).

КОНФЕРЕНЦИИ

NATO Workshop "Physical Properties of Nano-systems", 28 September - 2 October 2009, Yalta, Crimea, Ukraine

Topics will include physics of graphene, iron-based superconductors, high-Tc, MgB_2 , mesoscopic superconductivity, quantum computing technology, spintronics, sensors and biosensors.

Deadline for registration: **1 April 2009**.

Contact: Professor Sergei Kruchinin, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Metrologichna str. 14 b, 252143, Kiev-143, Ukraine

FAX: 380 44 526 59 98

phone: 380 44 521 34 66

e-mail: skruchin@i.com.ua

Web: <http://www.i.com.ua/~ppn>

International Symposium on Spin Waves 2009
Spin Waves 2009
Spin Waves, June 7-12, 2009, St. Petersburg, Russia



Program topics

- Novel trends in spin dynamics
- Spin waves
- Current-induced and spin-torque phenomena for spintronics
- Low-dimensional magnetic structures, magneto-photonics and magnonics
- Spin liquids and frustrated magnets
- Electromagnons and multiferroics

Important dates

Abstract deadline **April 1, 2009**

Abstract acceptance **April 15, 2009**

Contacts

Fax: +7(812)2971017

Phone: +7(812)2927963

E-mail: optics-lab@mail.ioffe.ru

Web: www.ioffe.ru/optics/SW2009

XXI Международная конференция «Новое в магнетизме и магнитных материалах» (НМММ- XXI) 28 июня – 4 июля 2009 г., Москва, Россия

1. Новые магнитные материалы: синтез и физические свойства
2. Процессы намагничивания и перемагничивания
3. Микромагнетизм и доменная структура
4. Динамические процессы в магнетиках
5. Элементарные возбуждения и волновые процессы в магнетиках
6. Резонансные явления в магнетиках
7. Кинетические эффекты в магнетиках
8. Магнитные фазовые переходы и критические явления
9. Магнитные пленки и многослойные структуры
10. Малые магнитные частицы

11. Магнитные наноструктуры
12. Магнитооптика и фотомagnetизм
13. Магнитоэлектрические явления
14. Геомагнетизм, палеомагнетизм и магнетизм горных пород
15. Лекционные эксперименты и курсы по разделам «Магнетизм» и «Магнитные материалы» в высшей школе

Deadline: **25 марта 2009.**

e-mail: nmmm@genphys.phys.msu.ru

Web: <http://congress.phys.msu.ru/nmmm21>

XLIII Зимняя школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния, 12-18 марта, 2009г., Репино, Санкт-Петербург, Россия

Общая тематика школы - современные проблемы физики конденсированного состояния (такие как наноструктуры, функциональные материалы, тяжелые фермионы и т.д.) и возможности их решения нейтронными методами и с помощью синхротронного излучения.

Сайт школы <http://hepd.pnpi.spb.ru/nrd/FKS09/>



Научная сессия ОФН РАН, посвященная 100-летию со дня рождения академика Л.А. Арцимовича

18 февраля 2009 г (11.00)

(Ленинский просп., 53, Главное здание ФИАН, конференц-зал)

Программа

1. академик **Халатников И.М.**
Воспоминания о встречах с Л.А. Арцимовичем
2. член-корреспондент РАН **Пашинин П.П.**
Л.А. Арцимович и инерционный термоядерный синтез
3. академик **Фортов В.Е.**
Мощные ударные волны и экстремальные состояния плазмы
4. академик **Фридман А.М.**
Предсказание и открытие сильнейших гидродинамических неустойчивостей, вызванных скачком скорости: теория и эксперименты
5. академик **Смирнов В.П.**
По пути Арцимовича к термоядерной энергетике

“Образовательная атака на наномир”

Тяжелый, предкризисный, високосный 2008 вылился в начале этого года в череду уникальных событий, инициатором которых выступил Московский государственный университет, точнее, его Научно-образовательный центр по нанотехнологиям (<http://nano.msu.ru/news>). И это, наверное, правильно, поскольку знания, особенно в такой междисциплинарной и хайтековской области, как нанотехнологии, нужны всегда, несмотря ни на какой кризис, ни на какую конъюнктуру. Первое из событий, которое состоялось уже на 10 февраля 2009 г., как только студенты вернулись с каникул, - начало чтения совершенно нового курса лекций для студентов МГУ и всех желающих - «Фундаментальные основы нанотехнологий» (<http://nano.msu.ru/news>), впервые читаемый в МГУ и вообще в России, в таком грандиозном формате. Среди лекторов - только выдающиеся ученые, из которых - 13 членов Российской академии наук и 10 ведущих профессоров МГУ. Никогда еще не предпринималось столь масштабных попыток экспертов мировой величины рассказать всем и каждому обо всем спектре современных достижений и (куда же без них) проблем нанотехнологий.

Второе событие, очень удачно дополняющее первое, - мартовская Третья Всероссийская Интернет - Олимпиада по нанотехнологиям (http://www.nanometer.ru/2009/01/23/1232726335522_1.html), которая впервые проводится совместно с Государственной корпорацией РОСНАНО. Это масштабное событие (регистрация участников на которое, кстати, началась совсем недавно) позволит абитуриентам по ее результатам поступить на ведущие естественно-научные и некоторые гуманитарные факультеты МГУ и других ВУЗов. А студентам, аспирантам и молодым ученым даст реальный шанс проверить себя в действии и получить ценные призы, премии от РОСНАНО, престижные дипломы, а также сделать семимильный шаг к началу своей будущей карьеры.

Сколько уже копий сломано по поводу нанотехнологий, чего только о них не писали! Ан нет - есть еще порох в пороховницах. Будем надеется, что эта мощная образовательная атака на наномир завершится блистательной победой всех без исключения ее участников.

Сайты по теме: НОЦ МГУ (<http://nano.msu.ru/>)

Нанометр (<http://www.nanometer.ru/>)

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

Ответственный редактор: И.Чугуева, e-mail: irina@issp.ras.ru

Научные редакторы К.Кугель, Ю.Метлин

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

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

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