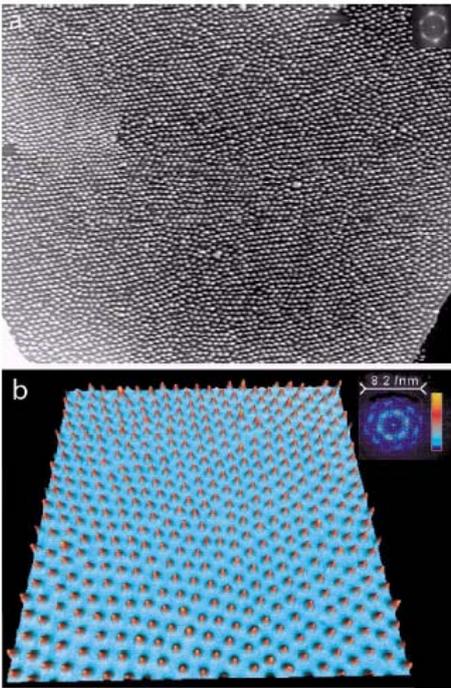


В этом выпуске:

НАНОСТРУКТУРЫ

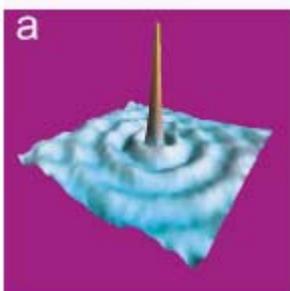
Самопостроение атомов



Сотрудники Inst. de Physique des Nanostructures (Швейцария) и Ohio State University (США) наблюдали образование сверхрешетки адатомов *Ce* с периодом 32\AA на поверхности *Ag(111)*. На рис.1 представлены изображения поверхности, полученные с помощью *STM*, а на рис.2 представлено более детальное распределение электронной плотности вокруг отдельного атома цезия, также полученное с помощью *STM*. Картина сформирована стоячими волнами, возникающими в результате интерференции поверхностных электронных состояний при рассеянии на адатоме. Именно это и приводит к взаимодействию между атомами *Ce*. Рассчитанная и измеренная длина волны интерференционной картины близка к периоду сверхрешетки. Другим подтверждением предлагаемого механизма самоформирования служит отсутствие периодической структуры адатомов на поверхности *Ag(100)*, где поверхностные электронные состояния не возникают.

Вследствие противоборства двух процессов, оба из которых являются термоактивационными, сверхрешетка образуется только в очень узком диапазоне температур вблизи $T=4.8\text{K}$. С одной стороны, коэффициент диффузии атомов на поверхности должен быть достаточно высоким, чтобы они уселись в минимумы потенциала, созданные переменной электронной плотностью (рис. 2), за разумное время. С другой стороны, повышение температуры приведет к тому, что адатомы будут перескакивать через максимумы потенциала.

Поскольку атомы цезия являются магнитными, упомянутое выше рассеяние поверхностных электронов на них должно демонстрировать эффект Кондо. Оценки величины обменного взаимодействия показали, что оно на два порядка слабее прямого кулоновского, поэтому, чтобы проявить его, необходимо снизить температуру до милликельвина.



Поскольку атомы цезия являются магнитными, упомянутое выше рассеяние поверхностных электронов на них должно демонстрировать эффект Кондо. Оценки величины обменного взаимодействия показали, что оно на два порядка слабее прямого кулоновского, поэтому, чтобы проявить его, необходимо снизить температуру до милликельвина.

Оценки величины обменного взаимодействия показали, что оно на два порядка слабее прямого кулоновского, поэтому, чтобы проявить его, необходимо снизить температуру до милликельвина.

И далее ...

2 Колечко на память

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

2 Микросхема из нанотрубок

Все о нанотрубках

СВЕРХПРОВОДНИКИ

3 Локальное упорядочение в псевдощелевом состоянии высокотемпературного сверхпроводника $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$

Какую информацию об электронной структуре ВТСП мы получаем, используя *ARPES*?

5 Комментарий А. Захарова (Max-Lab, Lund University)

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

5 В «настольном» источнике СИ пучок электронов будет изгибаться лазерным лучом...

6 НОВОСТИ ФИЗИКИ В БАНКЕ ПРЕПРИНТОВ

ФИНАНСИРОВАНИЕ

7 4Мб магнитная память с произвольной выборкой от Motorola'ы

8 Научная Программа «Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии» НАНУ

КОНФЕРЕНЦИИ

8 October 5 - 7, 2004. Voronezh. The XXI International Conference on relaxation phenomena in solids.

Если бы это удалось, то подобные структуры могли бы служить объектом для исследования двумерных магнетиков. Кроме того, авторы упоминают их возможное применение и в квантовых компьютерах. Правда, если верить современным публикациям, для них мало что не подходит.

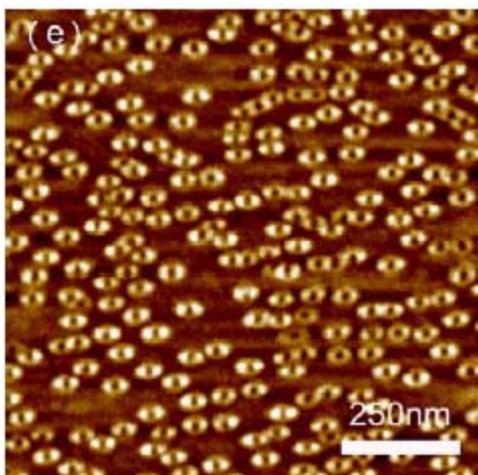
В.Вьюрков

1. *Phys.Rev.Lett.*, 2004, 92, 016101.

Колечко на память

Квантовые кольца изучаются уже на протяжении десяти лет. Эти нанобъекты способны захватывать кванты магнитного потока вследствие возникновения незатухающих токов (persistent currents). Вначале их формировали с помощью «принудительной» технологии. Взрыв исследований произошел после того, как А. Lorke et al. изобрели технологию самоформирования. Сначала все напоминает образование квантовых точек *InAs* на поверхности *GaAs*. А вот после этого производят отжиг, в результате которого атомы *In* диффундируют из центра, образуя дырку в бублике. Авторы изобрели не только технологию, но и красивое название – вулкан.

Сотрудники National Ciao Tung University (Тайвань) усовершенствовали процесс формирования квантовых колец, путем размещения тонкого слоя *AlAs* на поверхности *GaAs*. В результате возникают такие симпатичные колечки, как на рисунке 1.



Одним из возможных практических применений таких структур, является, естественно, магнитная память.

В.Вьюрков

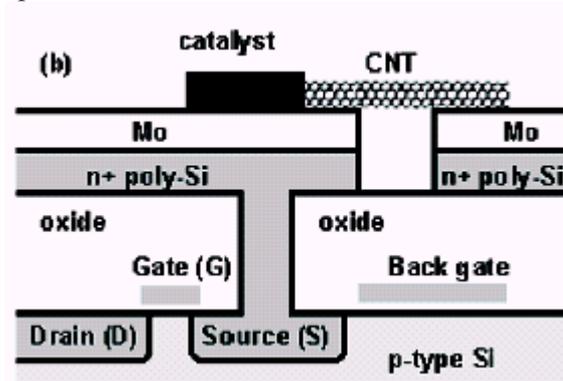
1. *Nanotechnology*, 2004, 15, 848

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Микросхема из нанотрубок

Изготовленная схема - многоуровневая (см. рисунок). В нижнем уровне расположены кремниевые полевые транзисторы, а в верхнем – транзисторы на нанотрубках. Для выращивания нанотрубок методом химического осаждения из паровой фазы использовали специальный катализатор (неплохим катализатором служит окись алюминия). Нанотрубки имели диаметр 2-4 нм и микронную длину. О хо-

роших характеристиках транзисторов говорить пока не приходится.



Затвор (back gate на рисунке) находился довольно далеко от нанотрубки, поэтому для открывания канала пришлось подавать на него напряжение 15В. Отношение тока в открытом состоянии к току в закрытом состоянии, когда напряжение на затворе равно нулю, редко превышало 100. Это очень мало. Транзистор проявлял биполярные свойства, при положительном напряжении его канал заполняли электроны, а при отрицательном – дырки. Главная проблема состоит в плохом электрическом контакте металлических электродов истока и стока с нанотрубкой. Контакт далек от омического.

В.Вьюрков

1. *Nanoletters*, 2004, 4, 123

Все о нанотрубках

Всем любителям нанотрубок можно порекомендовать 28-ми обзорную страничную статью, которую написали сотрудники University of Maryland (США) Т. Durkop, В. М. Kim и М. S. Fuhrer. Рассмотрена технология формирования нанотрубок, их кристаллическая структура и спектр носителей, эксперименты по измерению подвижности и возможное использование нанотрубок в устройствах одноэлектронной памяти и полевых транзисторах.

Кстати, Т. Durkop и М. S. Fuhrer являются соавторами сенсационной статьи, в которой сообщалось об измерении подвижности дырок в углеродных нанотрубках, равной $100000 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ при комнатной температуре. Это - рекорд подвижности в полупроводниках вообще. Измерения проводили с помощью структуры полевого транзистора, в котором в качестве канала была размещена нанотрубка, а интерпретация результатов была основана на конденсаторной модели такого транзистора. Однако, в недавнем комментарии (ПерсТ, вып. 4 с.г.) выражено некоторое сомнение в правомерности применения такой модели. Но даже, если подвижность в нанотрубке не превышает подвижность при комнатной температуре в объемном углероде (графите) $15000 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$, это значительно превосходит подвижность в канале современного кремниевого полевого транзистора - $1000 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$.

В.Вьюрков

1. *J.Phys.: Condens. Matter*, 2004, 16, R553

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Локальное упорядочение в псевдощелевом состоянии высокотемпературного сверхпроводника $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$

Добавление носителей заряда в антиферромагнитный моттовский диэлектрик приводит к возникновению одного из наиболее удивительных и необычных электронных состояний вещества. При низкой концентрации дырочных носителей в слоистых купратных ВТСП наряду со сверхпроводящим состоянием формируется так называемое псевдощелевое состояние, обладающее рядом аномальных свойств (транспортных, магнитных, оптических и др.) при $T > T_c$. Это состояние наблюдается ниже некоторой температуры T^* , которую обычно называют температурой появления псевдощели, и характеризуется резким уменьшением плотности электронных состояний в окрестности уровня Ферми. Распространено мнение, что псевдощелевое состояние представляет собой "отклонение" от ферми-жидкости и потому требует для своего описания других подходов. Были предложены различные сценарии образования псевдощели. Одни основаны на предположении о различных типах статического или динамического упорядочения (зарядового, спинного, орбитального). Другие усматривают в псевдощели проявление локальных сверхпроводящих корреляций без дальнего порядка. До консенсуса пока далеко, что во многом объясняется неоднозначностью и противоречивостью экспериментальных данных.

Японские (Central Research Institute of Electric Power Industry) и американские (University of Illinois) физики в работе [1] использовали сканирующий туннельный микроскоп для того, чтобы с атомным разрешением исследовать локальные электронные состояния недодопированных монокристаллов $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ с $T_c = 80$ К и величиной псевдощели $\Delta_{ps}(100 \text{ K}) = (35 \div 40)$ мэВ. При $T = 100\text{K} > T_c$ они обнаружили пространственную модуляцию возбуждений с энергией $\epsilon < \Delta_{ps}$ вдоль направлений связей $Cu-O$. Период этой модуляции не зависит от ϵ и равен $(4.7 \pm 0.2)a_o$, где a_o – расстояние между соседними атомами меди в слое CuO_2 . Корреляционная длина составляет $4 \div 5$ таких периодов. В сверхпроводящем состоянии ($T < T_c$) также была обнаружена модуляция электронных состояний, обусловленная квантовой интерференцией квазичастиц из-за рассеяния на дефектах. Отличие этой модуляции от наблюдающейся в псевдощелевом состоянии состоит в том, что ее период зависит от ϵ .

Таким образом, псевдощелевое состояние характеризуется наличием электронного упорядочения в реальном (координатном) пространстве. Это упорядочение может возникать, например, из-за пиннинга флуктуирующей несоизмеримой волны спиновой плотности. Возможны и другие объяснения, но в любом случае полученные результаты не удается

ПерсТ, 2004, том 11, выпуск 9

описать в рамках модели нескоррелированных куперовских пар, формирующихся при $T > T_c$. Главный вывод заключается в том, что сложная фазовая диаграмма купратных ВТСП есть следствие конкуренции между различными типами упорядочения. Хотя параметр порядка, ответственный за псевдощелевое состояние, идентифицировать пока не удалось, с большой долей уверенности можно заключить, что этот порядок не является сверхпроводящим, а конкурирует с ним.

Л Оленов

1. Michael Vershinin, Shashank Misra et al., Science 2004,303, 1995

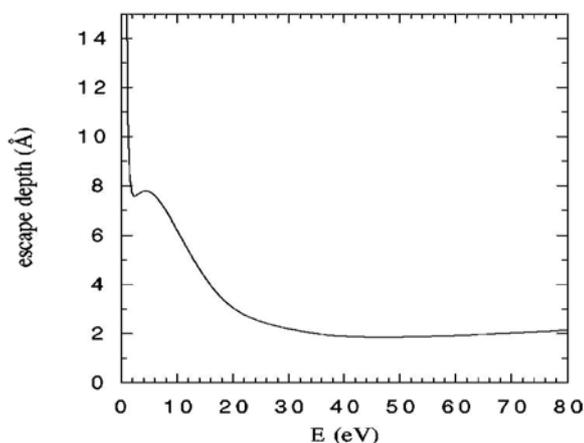
Какую информацию об электронной структуре ВТСП мы получаем, используя ARPES?

В «ПерсТ» (1998 г., 5, вып.15/16, с.4) уже комментировали ненадежность картины поверхности Ферми ВТСП, восстановленной из ARPES (фотоэмиссионная спектроскопия с угловым разрешением). Поводом к комментариям послужил следующий факт. Для Sr_2RuO_4 , соединения изоструктурного La_2CuO_4 , удалось построить поверхность Ферми, используя эффект де Гааза – ван Альфена (наиболее традиционный способ исследования электронной структуры металлов). Параллельно была также восстановлена поверхность Ферми из данных ARPES. Расхождения оказались столь значительными, что вопрос о применимости метода ARPES в дальнейшем для рутенатов совершенно отпал.

Для купратов (что остается загадкой) пока не удалось получить убедительных результатов по эффекту де Гааза – ван Альфена, хотя использовали мегагауссные поля и монокристаллы Tl_2201 ($T_c \approx 18$ К) с большой длиной свободного пробега электронов ($>1000\text{\AA}$ при $T=1$ К) [1]. Поэтому в настоящее время метод ARPES является монополистом при получении информации о топологии ферми-поверхности в ВТСП. Как следствие, редкая теоретическая работа по проблеме ВТСП обходится без ссылок на ARPES. И что удивительно, данные ARPES'a удовлетворяют большинство теоретиков даже для теорий, весьма далеких друг от друга: зонные теории; модели RVB, Хаббарда, $t-J$ [2]. Кривые дисперсии в ARPES'e, полученные на высококачественных кристаллах, дают такую долгожданную экспериментальную информацию (без которой невозможно ориентироваться в море существующих теорий), что как-то на второй план отходят все сомнения, связанные с таким поверхностно-чувствительным методом, как ARPES.

Основная проблема обсуждаемого метода состоит в том (цитируем учебник для студентов ВУЗ'ов [3]), что «строгой теории абсолютных интенсивностей фотоэлектронных спектров нет. ... Наблюдаемая интенсивность (I) является сложной функцией многих параметров. Обычно известны не все параметры...». Важнейшим параметром для I является глубина выхода фотоэлектронов - λ , т.к. «...на практике

обычно предполагают, хотя и не совсем строго, экспоненциальную зависимость интенсивности $I=f(\lambda)$ [3], λ зависит, конечно, от конкретного материала. Но подавляющее число *ARPES* работ было сделано на *Bi2212* системе, на которой практически «даром» можно получить чистую и долгоживущую поверхность, просто скалывая образец между двумя *BiO* плоскостями, связанными между собой слабыми ван-дер-ваальсовскими силами. Две *CuO* плоскости расположены глубоко внутри на расстояниях $>4\text{\AA}$ и 8\AA от поверхности, соответственно. Вопрос о глубине выхода фотоэлектронов в методе *ARPES* обсуждался, но опять как-то на задворках основного экспериментального потока, где до сих пор идут жаркие дискуссии о топологии ферми-поверхности и ее изменении с допированием [4]. При этом не было никаких сомнений, что наблюдаемая в *ARPES* дисперсия электронных состояний однозначно связана с электронами медь-кислородной плоскости.



Между тем, данные электронных потерь в *Bi2212* [5] неопровержимо свидетельствуют о том, что глубина выхода электронов в этом соединении очень мала ($<3\text{\AA}$ в области энергий $\sim 20\text{эВ}$, где проводится большинство *ARPES* экспериментов, и достигает абсолютного минимума $<2\text{\AA}$ при кинетической энергии электронов $\sim 50\text{эВ}$ [6]), см. рисунок из работы [6]. Комментарии к рисунку излишни.

Впервые экспериментально-теоретическая идиллия *ARPES*'а была нарушена, когда привычная энергии фотонов 20эВ была поднята до 33эВ [7,8]. При этой энергии топология ферми-поверхности терпит значительные изменения, превращается из открытой в закрытую и исчезает обобщенная седловая точка. В этой ситуации можно выбрать один из двух путей. В первом можно стараться сохранить общепринятую картину и для новых, не укладывающихся в нее фактов, придумывать все более и более сложные объяснения, как это делают, например, авторы работы [4], проявляющие большую изобретательность по примирению новых данных со старой моделью. Отметим, что в игру еще входит матричный элемент, который, вообще говоря, может сильно зависеть от энергии фотонов. Эту величину очень труд-

но вычислить, поскольку в соответствующие матричные элементы входят волновые функции начального и конечного состояния всех электронов, испытывающих влияние процесса электронной фотоэмиссии.

Можно пойти другим путем и предположить, что существующая модель неполна или даже неправильна. Так, большой резонанс вызвала работа [9] по туннельной микроскопии (*STS*), в которой авторам удалось сколоть *Bi2212* кристалл таким образом, что наряду с *BiO* плоскостью в некоторых местах на поверхности оказалась *CuO* плоскость. Туннельная микроскопия замечательно различает *BiO* и *CuO* плоскости, свидетельствуя о том, что электроны той плоскости, которая находится на поверхности, и создают наблюдаемую картинку. Более того, на *CuO* плоскости четко видны поверхностные состояния.

Здесь самое время отступить назад и задать вопрос, почему все-таки существует уверенность в том, что основной вклад в фотоэлектронные спектры на *BiO* поверхности обусловлен медь-кислородными электронами, спрятанными далеко в глубине кристалла?

Огромный размер элементарной ячейки *Bi2212* в *c*-направлении ($\sim 30\text{\AA}$) и высокая поверхностная чувствительность *ARPES* позволили коллективу из Lund'a (Швеция) - А.А.Закхаров, I.Lindau, R.Yoshizaki - экспериментально исследовать изменение интенсивности вкладов различных элементов в фотоэлектронный сигнал при изменении энергии фотонов [10]. Авторы показали, что действительно кинетическая энергия фотоэлектронов в 50эВ соответствует максимальному рассеянию и подавлению сигнала. Интенсивность мелких атомных уровней *Sr(4p)* и *Ca(3p)* имеет сильную немонотонную зависимость от энергии фотонов и практически исчезает при кинетической энергии $\sim 50\text{эВ}$, свидетельствуя, что при этой энергии электроны в кристалле *Bi2212* испытывают сильное рассеяние и перестают давать вклад в фотоэлектронный сигнал. Теперь электроны из *CuO* плоскости на пути выхода из кристалла должны преодолеть еще большие расстояния по сравнению с электронами *Sr* и *Ca*, а, следовательно, для электронов из *CuO* эффект поглощения должен быть еще больше. Поэтому, если изменять энергию фотонов в достаточно широких пределах (скажем, в диапазоне $20\text{--}60\text{эВ}$), сигнал на уровне Ферми (если он действительно обусловлен *CuO* электронами) должен экспоненциально спадать при подходе к кинетической энергии в 50эВ . Экспериментальные данные в широкой области энергий представлены, например, в работе [4], и даже беглый анализ этих данных показывает, что никакого экспоненциального спада интенсивности на уровне Ферми не происходит. Тогда все существующие экспериментальные данные, полученные методами *ARPES* и *STS* на *BiO* поверхности в *Bi2212*, логично объяснить,

предположив, что вклад в соответствующие спектры вносят электроны из BiO плоскости.

В заключение приведем цитату из статьи Д. Шенберга [11] - основоположника топологии ферми-поверхностей металлов: «Соответствие между наблюдаемой величиной и ферми-поверхностью должно быть достаточно простым, чтобы построение поверхности было однозначным или почти однозначным. Наконец, теоретические предпосылки, с помощью которых установлено такое соответствие, должны быть действительно надежным».

Парфенов О.Е. (ИСФФТ,
РНИЦ «Курчатовский Институт»)

1. W.Y.Liang, J. Phys.:Condens. Matter. 1998, **10**, 11365
2. С.Г.Овчинников, УФН, 1997, **167**, 1043
3. Ю.А.Пентин, Л.В.Вилков, «Физические методы в химии», М., «Мир» 2003
4. A.A.Kordyuk et al., Phys.Rev.Lett. 2002, **89**, 077003
5. N.Nucker et al., Phys.Rev. 1989, **B39**, 12379
6. M.R.Norman et al., Phys.Rev. 1999, **B59**,11191
7. Y.-D. Chuang et al., Phys.Rev.Lett. 1999, **83**, 3717
8. A.A.Zakharov et al., Phys.Rev. 2000, **B61**,115
9. S.Misra, et al., Phys.Rev.Lett. 2002, **89**, 087002
10. A.A.Zakharov, I.Lindau, R.Yoshizaki Physica 2003, **C398**, 49
11. «Физика металлов. Электроны.» под ред. Дж. Займана, М., «Мир» 1972.

Комментарий А. Захарова (Max-Lab, Lund University)

Конечно, ARPES - поверхностно чувствительный метод, туннелирование же через вакуумный промежуток идет просто только из самого верхнего слоя. Именно поэтому STM микроскопия дает расположение атомов в первом (редко, во втором) слое от поверхности [1]. Факт совпадения туннельных данных и данных по ARPES [2] (параметр порядка и его анизотропия), полученных на одних и тех же $Bi2212$ образцах, достаточен для того, чтобы главной в трактовке ARPES и STS данных считать модель, в которой основной вклад в сигнал дают 1-2 поверхностных слоя. Но поскольку ARPES упорно не хотели рассматривать как поверхностный метод, то вышеуказанное совпадение спектров приписали более чем сомнительной «объемной чувствительности» STM метода. Именно поэтому работа [1] вызвала такой резонанс и именно там «проявляется большая изобретательность по примирению новых данных со старой моделью». Фактически в работе [1] и было показано, что в $Bi2212$ нет никакой «объемной чувствительности» STM метода, а в этом случае совпадение туннельных спектров со спектрами ARPES свидетельствует только о том, что и в ARPES'e сигнал чисто поверхностный.

1. S.Misra, S.Oh, D.J.Hornbaker et al. Phys.Rev.Lett. 2002, **89**, 087002
2. H.Ding, J.R.Engelbrecht, Z.Wang et al. Phys.Rev.Lett. 2001, **87**, 227001

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

В «настольном» источнике СИ пучок электронов будет изгибаться лазерным лучом...

Есть идея..., что такое сооружение, как Advanced Photon Source (APS) Аргоннской национальной лаборатории, занимающее площадь, почти равную нормальному стадиону, можно «ужать» до размеров «настольного» аппарата..., если прав Ronald Ruth, физик-«ускорительщик» из Stanford Linear Accelerator Center in California. Пока его идея, заявленная 16.04.04, существует только на бумаге. Однако она уже привлекла капиталовложения в 7млн. долл. от Национального института США по общей медицине (US National Institute of General Medical Sciences) с надеждой продвинуться с помощью нового аппарата в исследованиях биологически важных молекул. Да и по словам экспертов по синхротронам, известная квалификация Ruth'a тоже не лишает проект правдоподобия. Синхротроны генерируют жесткие рентгеновские лучи, которые, например, позволяют исследовать структуру белков и других биоматериалов. Лучи испускаются электронами, накопленными и ускоренными почти до скорости света в большом кольце диаметром до сотен метров. Такие системы обычно используют сотни постоянных исследователей, и потребность во времени обычно превосходит его предложение.

В варианте по Ruth'у, высказанном на Keystone Symposia on Structural Genomics (Snowbird,Utah, США), электроны накапливаются при гораздо более низкой энергии – около 25МэВ (в сравнении с 7ТэВ, как в APS) – в скругленном прямоугольнике длиной всего лишь 1м. Ключевое отличие - в способе генерации рентгеновского пучка. Пучок генерируется, когда ускоренные электроны меняют направление. В известных синхротронах излучение появлялось при изгибании траектории движения пучка электронов в накопительном кольце, более современные устройства имеют дополнительные т.н. поворотные магниты, создающие короткие отклонения траектории частиц. Ruth намерен отклонять электроны с помощью фиксированной конфигурации лазерного луча, сформированной при отражении луча вперед-назад в резонаторе, расположенном продольно в прямой секции накопительного кольца минисинхротрона. При этом удастся повернуть частицы по более плотным кривым траекториям, чем в поворотных магнитах традиционных источников синхротронного излучения. Ruth заявил, что энергия полученного рентгеновского излучения будет в диапазоне 5-35кэВ, обычно используемом для многих задач на традиционных синхротронных установках, но при яркости, на порядки

меньшей, чем требуется в некоторых экспериментах, таких как при исследовании границ кристаллитов под поверхностью металлов.

Некоторые ученые говорят, что поверят в идею Ruth'a, когда увидят ее в действии. По мнению биохимика Janos Hajdu (Uppsala University, Швеция), проводящего исследования структуры белков с помощью синхротронного излучения, «многие идеи выглядят лучше на бумаге, чем в работе, но я буду первым пользователем, если он сможет это сделать». Будущую систему, известную, как Компактный Источник Света, будет продавать Lyncsean Technologies (Palo Alto, California, США) - компания, соучредителем которой является сам Ruth. Он неохотно говорит о стоимости установки, полагая, что она составит несколько миллионов долларов. Хотя для университетов, имеющих свои источники СИ, дело кажется заманчивым, будущие пользователи полагают, что не все будет гладко. Критики отмечают, что медленно движущиеся электроны будут взаимодействовать между собой и стенками прибора, сокращая свое время жизни, т.е. время возбуждения рентгеновского излучения до долей секунды. Но Ruth полагает, что эту потерю можно компенсировать дополнительной инъекцией в рабочем режиме, обеспечивая непрерывный рентгеновский пучок. Если он точен в своих высказываниях, то его конструкция сможет иметь преимущество перед другими рентгеновскими источниками на отклонении электронов пучком лазера, которые до сего времени производили только вспышки излучения. Сейчас Lyncsean собирает первый экземпляр системы, который должен испустить первый рентгеновский пучок в начале 2005 года.

1. *Nature*, 2004, **428**, 789

НОВОСТИ ФИЗИКИ В БАНКЕ ПРЕПРИНТОВ

Изменение симметрии параметра порядка при охлаждении высокотемпературного сверхпроводника с электронным типом допирования

Измерена электронная теплоемкость C_{el} монокристаллов ВТСП n -типа $Pr_{2-x}Ce_xCuO_{4-y}$ с оптимальным и избыточным уровнем допирования. Совершенно неожиданно обнаружено, что при $T \geq 3$ К полевая зависимость C_{el} является нелинейной, как у сверхпроводников с d -волновой симметрией параметра сверхпроводящего порядка Δ , тогда как при $T = 2$ К имеет место линейная зависимость $C_{el}(H)$, свидетельствуя об изменении симметрии Δ на s -волновую при понижении температуры. Полученные результаты позволяют по-новому взглянуть на имеющиеся в литературе противоречивые данные о симметрии Δ в ВТСП с электронным типом допирования. Ведь эксперименты-то проводились при разных температурах!

H. Balci *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0402263>

Contact: Hamza Balci <hzbalci@physics.umd.edu>

Локальное упорядочение в псевдощелевом состоянии ВТСП $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+y}$

Исследования ВТСП $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+y}$ методом сканирующей туннельной микроскопии с атомарным разрешением показали, что в псевдощелевом режиме имеет место пространственная модуляция низкоэнергетических электронных состояний внутри псевдощели вдоль направлений связей $Cu-O$. Период модуляции является несоразмерным и не зависит от энергии. Это говорит о наличии некоего упорядочения в электронной подсистеме, что является тестом для теорий псевдощели в ВТСП.

M. Vershinin *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0402320>

Contact: Ali Yazdani <ayazdani@uiuc.edu>

Утверждается, что наблюдавшаяся на эксперименте модуляция обусловлена волной плотности d -волновых некогерентных куперовских пар. В принципе сканирующая электронная микроскопия позволяет отличить волну плотности пар от обычных электронных модуляций, таких как волна зарядовой плотности.

H.-D. Chen *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0402323>

Contact: Han-DongChen <hdchen@stanford.edu>

Псевдощель и сверхпроводимость в $HgBa_2CuO_{4+\delta}$

Исследовано электронное рамановское рассеяние в ВТСП $HgBa_2CuO_{4+\delta}$ с различным содержанием кислорода. Анализ полученных результатов показал, что псевдощель в нормальном состоянии не может быть объяснена наличием в образце несконденсированных куперовских пар. Наиболее вероятная причина его возникновения – флуктуации конкурирующего со сверхпроводимостью параметра порядка.

Y. Gallais *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0403753>

Contact: Yann Gallais <yann.gallais@espci.fr>

Универсальное скейлинговое соотношение в высокотемпературных сверхпроводниках

При изучении сложных систем очень важную роль играют так называемые скейлинговые законы, которые отражают систематические и универсальные соотношения между теми или иными характеристиками. Эти законы, в частности, играют огромную роль в биологии. При исследовании ВТСП долгое время не удавалось найти скейлинговое соотношение, включающее в себя такие фундаментальные характеристики ВТСП как критическую температуру T_c и сверхтекучую плотность ρ_s . Авторы препринта утверждают, что такое соотношение ими найдено. Оно справедливо в разных материалах, при различных уровнях допирования и имеет вид $\rho_s \sim \sigma_{dc} T_c$, где σ_{dc} – статическая проводимость при температуре начала сверхпроводящего перехода.

Это может иметь важное значение для пока еще не разгаданного механизма высокотемпературной сверхпроводимости.

C. C. Homes *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0404216>

Contact: Christopher Homes <homes@bnl.gov>

Электрон-фононное взаимодействие в молекулярном твердом теле на основе фуллеренов C_{28}

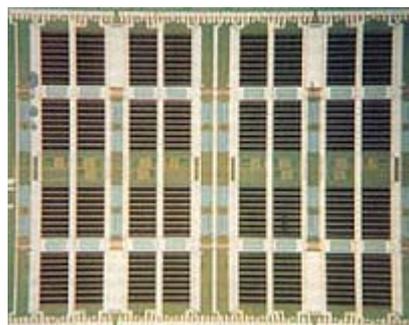
Представлены результаты расчета кристаллической и электронной структуры молекулярного твердого тела на основе фуллеренов C_{28} методом функционала плотности. Показано, что соединение $C_{28}H_4$ во многом схоже с фуллеренами C_{60} , но электрон-фононное взаимодействие более сильное. При этом теория свидетельствует о том, что химическое допирование $C_{28}H_4$ должно приводить к переходу в сверхпроводящее состояние с критической температурой более высокой, чем в фуллеренах C_{60} с добавкой щелочных элементов.

N.A.Romero *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0403003>

Contact: Nichols Romero <nromero@uiuc.edu>

ФИНАНСИРОВАНИЕ

4Мб магнитная память с произвольной выборкой от Motorola'ы



Motorola анонсировала создание первой в мире магнитнорезистивной памяти с произвольной выборкой (*MRAM* - **M**agnetic **R**andom **A**ccess **M**emory) емкостью 4Мб. 4Мб *MRAM* изготовлена по

0.18мкм технологии. Ячейка *MRAM* содержит 1 транзистор (технология КМОП), 1 магнитный туннельный переход и медные межсоединения. Выбранные потребители в настоящее время оценивают образцы Motorola'ы.

MRAM – изделие спинтроники, быстроразвивающейся области нанoeлектроники, использующей в качестве носителя информации спин электрона. *MRAM* сочетает сохранение данных при отключенном питании (аналогично магнитным дискам) с беспрецедентно длительным сроком службы и высоким быстродействием (аналогично полупроводниковой памяти) и потенциально способна заменить многочисленные существующие технологии оперативных запоминающих устройств с произвольной выборкой.

Надежность и длительный срок службы делают *MRAM* подходящей для применения в жестких или требующих длительного жизненного цикла условиях, например, в автомобильной промышленности (в частности, в будущих «интеллектуальных автомо-

билях», которые потребуют неразрушаемую память с высоким быстродействием при большом числе циклов считывание-запись). Осознавая высокий потенциал, военно-промышленная фирма Honeywell уже приобрела лицензию Motorola'ы на *MRAM* технологию для военных и аэрокосмических применений.

В перспективе *MRAM* может взять на себя значительную часть рынка полупроводниковой памяти, который в настоящее время оценивается в 48 млрд. долл., заменив сегодняшние полупроводниковые Flash, *DRAM* (динамические *RAM*) и наиболее быстродействующие *SRAM* (статические *RAM*).

Потребительский рынок *MRAM* включает персональные компьютеры и мобильные телефоны, снижая вероятность утери данных, уменьшая времена загрузки и увеличивая срок службы батареек.

Motorola анонсировала меморандум о создании альянса между Motorola, Philips и STMicroelectronics, призванный ускорить процесс разработок *MRAM* следующего поколения.

Другая американская фирма - *NVE Corp.* - заключила контракт с Defense Threat Reduction Agency (*DTRA* – Управление по снижению военной угрозы) на разработку новой магнитно-термической *MRAM*. Объем финансирования на два года - \$500,000. Цель контракта – показать возможность конструирования 1Гб *MRAM* чипа. *NVE* уже имеет \$750,000 контракт с *DARPA* (Агентство перспективных исследований в интересах обороны) на реализацию этих же целей, но используя несколько другой подход.

В магнитно-термической *MRAM* используется комбинация магнитных полей и сверхбыстрого нагрева импульсами электрического тока, что приводит к увеличению плотности записи данных при пониженной энергии, требуемой для записи. Такая комбинация позволит магнитно-термической памяти стать конкурентом *DRAM*, полупроводниковой памяти с максимальным на сегодня объемом хранящихся данных. *NVE* имеет ряд основополагающих патентов на магнитно-термическую *MRAM* (включая U.S. Patent № 6 535 416 на само устройство и № 20 030 007 398 на области ее применения).

DTRA представляет интересы США в вопросах снижения угрозы от оружия массового уничтожения (химического, биологического, радиологического, ядерного) путем обеспечения служб контроля.

<http://www.spacedaily.com/news/chip-tech-03u.html>

<http://www.motorola.com/content/1,3306,296,00.html>

Научная Программа «Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии» НАНУ

С III квартала 2003 года в Национальной академии наук Украины начаты исследования в рамках комплексной программы фундаментальных исследований "Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии". Научным советом Программы руково-

дит первый вице-президент Национальной академии наук Украины, академик А.П. Шпак. Основные задания Программы сосредоточены на 10 важнейших научных направлениях и объединяют около 60 проектов:

1. Нанозфизика и наноэлектроника
2. Технология многофункциональных наноматериалов
3. Электронное и атомное строение кластерных и наноструктурных материалов
4. Физико-химические свойства аморфных и нанокристаллических сплавов, квазикристаллов
5. Апатитоподобные биосистемы
6. Диагностика наносистем
7. Синтез наночастиц и атомно-молекулярная архитектура наноструктур
8. Физико-химия поверхностных явлений, супрамолекулярная химия
9. Коллоидные наноразмерные системы
10. Наноструктурные пленки и покрытия

Информационный центр комплексной программы фундаментальных исследований
"Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии"

Адрес: 03142, Киев, бульвар акад. Вернадского, 36, комн. 413

Телефон: (044) 424 1305

E-mail: nanosys@imp.kiev.ua

Более детальная информация о новой украинской нанопрограмме представлена на украинском, русском и английском языках на сайте

http://www.imp.kiev.ua/NANO/Rus/main_rus.html

КОНФЕРЕНЦИИ

October 5 - 7, 2004. Voronezh. The XXI International conference on relaxation phenomena in solids.

Deadlines

- Pre-registration – April 30, 2004
- Abstracts – April 30, 2004
- Papers – September 15, 2004

Topics:

- Mechanical spectroscopy of materials
- Electric, magnetic, and mechanical relaxations
- Theory of relaxation processes
- Relaxation processes in nanostructured materials, biomaterials, advanced polymers and related materials
- Materials with extreme damping
- Technical applications of relaxation phenomena
- Modeling of relaxation processes
- Internal friction at nonequilibrium conditions

Contact

V.V. Posmet'yev

E-mail: relax@cc.vorstu.ac.ru

www.vorstu.ac.ru/relax

Экспресс-бюллетень "ПерсТ" выходит при поддержке
Министерства промышленности, науки и технологий 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 33 89, e-mail: stk@issp.ras.ru

В подготовке выпуска принимали участие:

В.Вьюрков, А.Захаров, Ю.Метлин, Л.Опенев, О.Парфенов

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64А