

В этом выпуске:

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Телепортация атомных кубитов

В 1993 году Чарльз Беннетт с коллегами придумали протокол телепортации произвольного квантового суперпозиционного состояния [1]. До недавнего времени телепортировать удавалось лишь "бестелесные" фотоны. И вот сразу две группы исследователей из Австрии и США, словно сговорившись (обе статьи поступили в редакцию журнала "Nature" в один день – 17 марта 2004 года), сообщили об успешной телепортации квантового состояния массивной частицы – атома [2,3]. Хотя в работах [2,3] использовали ионы разных химических элементов (кальция в [2] и бериллия в [3]), разные типы состояний в когерентной суперпозиции (основное и метастабильное в [2] и два основных в [3]), разные способы создания запутанных состояний двух ионов в магнитной ловушке и разные методики манипуляции отдельными ионами, принципиальная схема эксперимента была одна и та же: на первом этапе перепутывались состояния ионов A и B , затем формировалась подлежащая телепортации когерентная суперпозиция внутренних состояний иона P , после чего над ионами A и P проводилось совместное белловское измерение, результаты которого использовались для соответствующего преобразования состояния иона B (см. рисунок). Величина *fidelity*, количественно определяющая степень соответствия квантовых состояний до и после телепортации, составила 0.75 и 0.78 в [2] и [3] соответственно, то есть существенно превысила "классический предел" $2/3$, который только и может быть достигнут без использования квантовой запутанности.

Значение этих экспериментов состоит не только (и не столько) в демонстрации эффекта телепортации атомных состояний, а в том, что такая демонстрация потребовала разработки новых уникальных методик, необходимых для обработки квантовой информации. Например, в [2] адресное воздействие на индивидуальные ионы осуществлялось посредством сфокусированных лазерных пучков, а остальные ионы при этом "укрывались" от флуоресцентного излучения путем соответствующего изменения их внутренних состояний. В [3] адресуемый ион отделяли от остальных ионов, перемещая их в другую область магнитной ловушки без потери запутанности. Эффект квантовой телепортации может оказаться очень полезным для квантовых вычислений еще и потому, что он позволяет организовать взаимодействие между пространственно удаленными друг от друга кубитами, выполняя таким образом функцию эффективной "квантовой связи". Это, безусловно, пригодится при создании реального многокубитного квантового компьютера.

И далее ...

- 2 Квантовый компьютер из квантовой проволоки

МИКРОТЕХНОЛОГИИ

- 2 Поликристалл в транзисторе
2 Транзистор на одной грануле

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 3 Получены рутениевые нанотрубки
3 Расширение класса эндодральных нанотрубок (стручков)
4 Электрохимический подход к проблеме заполнения углеродных нанотрубок водородом

СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 5 Высокоэнергетические спиновые возбуждения в ВТСП
6 Новый вариант чувствительного магнитного датчика

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

- 7 Актуальная НАНО'2004

ФИНАНСЫ И РЫНОК

- 8 *ITER*. Споры не утихают.

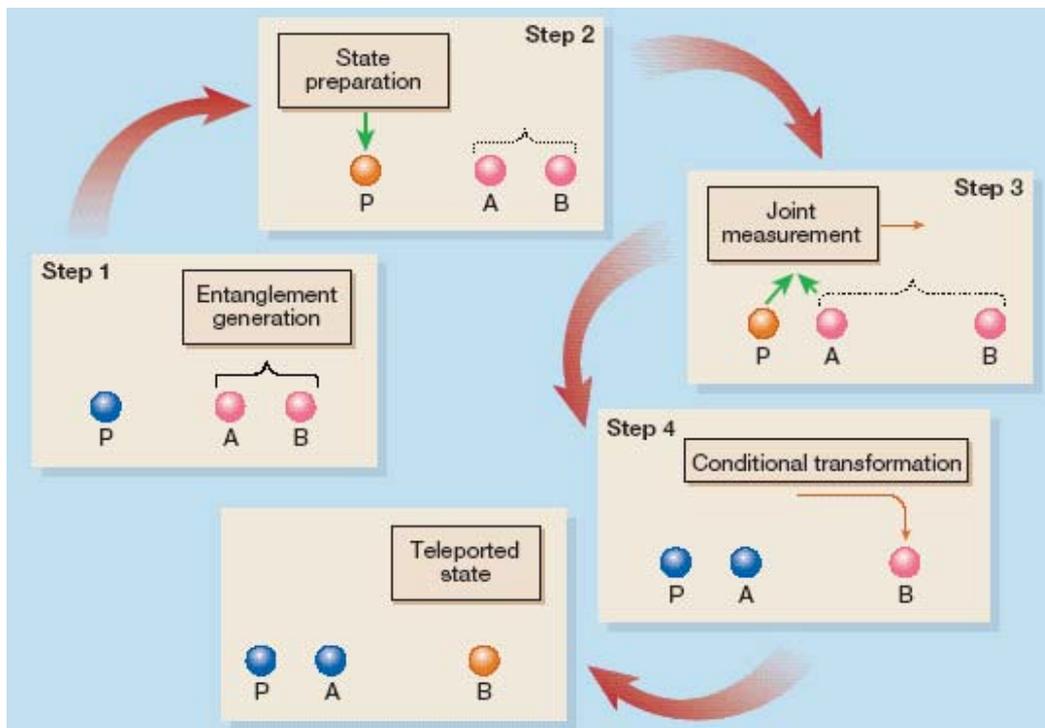


Рис. Схема телепортации состояния иона P на ион B ([4]).

1. C.H. Bennett et al., *Phys. Rev. Lett.* **70**, 1895 (1993).
2. M. Riebe et al., *Nature* **429**, 734 (2004).
3. M.D. Barrett et al., *Nature* **429**, 737 (2004).
4. H.J. Kimble and S.J. van Enk, *Nature* **429**, 712 (2004).

Квантовый компьютер из квантовой проволоки

Пару лет назад ученые из University of Cambridge (Англия) предложили использовать распространение электронных волн по квантовым нитям для проведения квантовых вычислений. Для организации кубита применяли управляемое туннелирование волн из одного канала в другой. А вот для организации двухкубитных операций предлагали использовать кулоновское взаимодействие электронов, находящихся в соседних каналах.

Теперь эта идея «переписана» на спины, поскольку время декогерентизации спиновых состояний гораздо больше. За это время электрон пролетает большие расстояния, а это значит, что сама структура может быть крупнее, а значит, и проще для изготовления. Для взаимодействия спиновых состояний (кубитов) используется обменное и спин-орбитальное взаимодействие.

Авторы считают, что изготовление подобного компьютера возможно не только на гетероструктурах $A_{III}B_V$ по технологии расщепленного затвора, но и даже на структурах «кремний-на-изоляторе» и нанотрубках. Таким образом, новое предложение авторов выглядит правдоподобным. Заинтересованным лицам стоит обратить на эту статью пристальное внимание.

Phys. Rev. B, 2004, **69**, 245422

В.Вьюрков

МИКРОТЕХНОЛОГИИ

Поликристалл в транзисторе

В современных кремниевых полевых транзисторах поликристаллический кремний используется только в качестве материала затвора, а вот канал транзистора изготавливают из кристаллического кремния. Нельзя ли и канал транзистора также изготовить из поликремния? Поликремний выращивают даже на стекле, а это как раз то, что нужно, например, для дисплеев. Такие транзисторы (причем, обоих типов, n - и p - для включения комплементарных пар в кольцевой генератор) недавно создали в Philips Res. Lab. (Англия). Длина канала транзистора составляет 0.5 мкм. Ранее изготавливали только микронные транзисторы, укорочение канала позволило добиться значительного повышения быстродействия, доведя время переключения до 0.1 нс, что вполне приемлемо для работы в жидкокристаллических дисплеях.

Применению поликремния в качестве канала в субмикронных транзисторах для *быстродействующих* микросхем препятствует низкая подвижность носителей. Так в кристаллическом кремнии подвижность электронов составляет $1000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, а в поликристаллическом – всего $100 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

В.Вьюрков

Appl. Phys. Lett. 2004, **84**, 293

Транзистор на одной грануле

Полевой транзистор на одной грануле кремния, в котором канал со всех сторон огибается затвором, сделали в Пекинском университете. Для этого была

Перст, 2004, том 11, выпуск 13

разработана специальная технология самосовмещения, которую, в принципе, можно использовать для изготовления больших интегральных схем.

Технология очень сложная, ключевым моментом является кристаллизация (при температуре 900°C в течение получаса) слоя аморфного кремния, который затем и служит каналом транзистора.

Характеристики транзистора оказались лишь чуть-чуть лучше, чем у транзистора на подложке «кремний-на-изоляторе». Учитывая, что технология изготовления транзистора на подложке «кремний на изоляторе» хорошо отлажена и намного проще, китайский транзистор вряд ли составит ему конкуренцию.

В.Вьюрков

Electrochem. & Solid-State Lett., 2004, 7, G59

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Получены рутениевые нанотрубки

Наноматериалы на основе платины и рутения - перспективные катализаторы различных химических процессов, и, в особенности, важны для создания эффективных топливных элементов. Для увеличения эффективности таких катализаторов в качестве их носителей используют углеродных наноструктур. Наностержни и наночастицы платины внутри углеродных нанотрубок были синтезированы еще в 1996 г. [1]. Позднее были получены различные материалы, которые существенно улучшили характеристики топливных элементов на основе метанола:

- нанокompозиты “*Ru*-многостенные углеродные нанотрубки” (активные катализаторы синтеза аммиака) [2],
- углеродные нанотрубки с наночастицами *Pt-Ru*, диспергированными внутри (возможные катализаторы для топливных элементов) [3],
- нанокompозиты *Pt/Ru* на графитовых нановолокнах [4],
- *Pt* в углеродных нанотрубках [5].

Недавно авторы [6] предложили другой вариант катализаторов на основе *Ru*, без применения углеродных носителей. Исследователям впервые удалось синтезировать собственно *Ru* нанотрубки template-методом с приложением внешнего давления. Раствор $Ru(NH_3)_6Cl_3$ продавливали через мембрану из оксида алюминия с порами 0.05 мкм, помещенную между фильтрами. Мембрану впоследствии растворяли. Полученные пучки нанотрубок имели длину ~ 60 мкм, внешний диаметр нанотрубки ~ 50 нм, а внутренний – 20-40 нм.

Используя разработанную методику и растворы $Ru(NH_3)_6Cl_3$ и K_2PtCl_6 , авторы синтезировали *Ru-Pt* композитные нанотрубки, а также *Ru-Pt* коаксиальные нанотрубки с *Ru-Pt* в центре и Nafion-оболочками (*Nafion-мембраны используют в топливных элементах с твердым полимерным электролитом*). В последнем случае синтезированные

Перст, 2004, том 11, выпуск 13

Ru-Pt композитные нанотрубки многократно окунали в 5%-ый раствор Nafion. После пяти циклов окунания и просушки на внешней и внутренней поверхностях нанотрубок формировались Nafion-слои толщиной 2-8 нм (рис.).

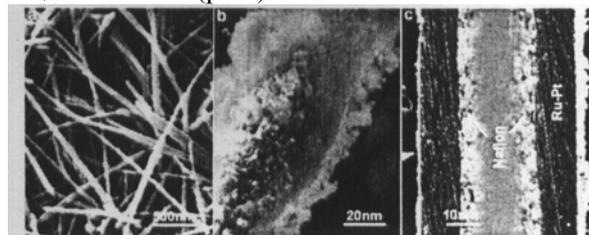


Рис. СЭМ изображение *Ru-Pt/Nafion* композитных нанотрубок

а) низкое увеличение в) высокое увеличение
с) поперечное сечение нанотрубки

Полученные композитные нанотрубки показали высокую каталитическую активность в электрохимическом окислении метанола при 25°C, что важно для улучшения работы так называемых «прямых метанольных топливных элементов».

О.Алексеева

1. *Chem. Commun.*, 1997, 701
2. *Appl. Surf. Sci.* 2001, **180**, 328
3. *J. Mater. Chem.* 2000, **10**, 1757
4. *J. Phys. Chem. B*, 2001, **105**, 8097
5. *Carbon*, 2002, **40**, 787
6. *J. Am. Chem. Soc.*, 2004, **126**, 3060

Расширение класса эндоэдральных нанотрубок (стручков)

При заполнении углеродной нанотрубки молекулами фуллерена образуется новая эндоэдральная структура (т.н. «гороховый стручок»), привлекающая большое внимание исследователей в связи с исследованием характера формирования фуллеренового кристалла внутри замкнутой полости. Отличие параметров такого кристалла от параметров фуллерита – молекулярного кристалла фуллерена – позволяет судить о влиянии графитового окружения на взаимодействие молекул фуллерена между собой. В последние годы опубликовано много работ, в которых сообщается о реализации одномерного кристалла фуллерита внутри однослойной нанотрубки. Недавно эти работы получили новое интересное развитие после публикации результатов эксперимента, выполненного в одной из лабораторий Оксфордского университета (Англия). Авторам публикации удалось заполнить фуллеренами не однослойную, а двухслойную нанотрубку, что существенно расширяет класс эндоэдральных нанотрубок.

Двухслойные нанотрубки в макроскопических количествах синтезируют методом химического осаждения из пара (CVD). Расстояние между внешним и внутренним слоями в такой структуре всегда постоянно (0.335 нм), независимо от ее внешнего диаметра. Тем самым возникает возможность наблюдать за формированием структуры фуллерита в двухслойных нанотрубках различного диаметра.

Образцы нанотрубок с внутренним диаметром между 1.0 и 2.6 нм в течение 2 часов выдерживали в 5М растворе азотной кислоты для раскрытия концов, промывали дистиллированной водой, просушивали 40 мин. при 700К, а затем заполняли фуллереном C_{60} (48 ч, вакуум, 500-800К). В зависимости от температуры заполнения, выход эндодральных структур варьировался от 20 до 50%. Наблюдения в просвечивающем электронном микроскопе высокого разрешения показывают, что характер заполнения определяется внутренним диаметром нанотрубки. Так, при диаметре <1.5 нм молекулы C_{60} образуют практически однородную линейную цепочку. В отличие от однослойных нанотрубок, заполнение которых фуллеренами C_{60} оказывается возможным только в случае, когда диаметр нанотрубки превышает 1.25 нм, пороговый диаметр для двухслойных нанотрубок составляет ~ 1.1 нм. Это можно объяснить влиянием внешнего слоя двухслойной нанотрубки, наличие которого приводит к увеличению вандерваальсовского притяжения молекулы фуллерена к внутренней стенке нанотрубки. Для нанотрубок с внутренним диаметром >1.45 нм наблюдается упаковка молекул C_{60} типа «зигзаг». При этом положение центров молекул смещено относительно оси нанотрубки, так что они образуют внутри нанотрубки спиральную структуру, шаг которой зависит от внутреннего диаметра нанотрубки. Показана существенная зависимость степени заполнения нанотрубок и степени упорядоченности фуллереновых структур в эндодральных системах от температуры заполнения. Так, при температурах заполнения ~500К наблюдаются частично заполненные нанотрубки с весьма невысокой степенью упорядоченности. Практически 100%-ное заполнение, причем с максимально высокой степенью упорядоченности фуллеритовых кристаллов, имеет место при температуре ~ 800К.

А.Елецкий

1. *Phys. Rev. Lett.* 2004, **92**, 245507

Электрохимический метод заполнения углеродных нанотрубок водородом

Проблема экологически чистого автомобильного двигателя на водороде решается созданием безопасных твердотельных устройств его хранения. Среди множества предложенных материалов - углеродные наноструктуры, обладающие высокой сорбционной способностью по отношению к водороду. Наиболее распространенные способы их заполнения молекулярным водородом используют высокие и сверхвысокие давления газа, которые обеспечивают проникновение молекул водорода в мельчайшие поры и полости углеродных структур, размер которых соизмерим с поперечником молекулы водорода. Альтернативный путь - электрохимический процесс, в котором проникновение моле-

кул в поры обеспечивается за счет воздействия электрического поля на заряженную частицу. Такой подход осуществлен недавно группой исследователей из Миланского политехнического института (Италия). Авторы продемонстрировали обратимое заполнение многослойных углеродных нанотрубок атомарным водородом в процессе электролиза воды. Многослойные нанотрубки (внешний диаметр - от 10 до 20 нм, внутренний 5-7 нм, расстояние между стенками 0.34 нм) получены методом химического осаждения из пара при температуре 650°C в результате разложения ацетилена в присутствии молекулярного водорода и катализатора на основе $Fe-Al_2O_3$.

Электрохимическая ячейка имела трехэлектродную конфигурацию: контрэлектрод - платиновая сетка, опорный электрод - насыщающий электрод из каломели, рабочий электрод - мелкодисперсный порошок нанотрубок, впрыснутый в золотой диск. Входящие в состав порошка остаточные частицы каталитического железа используются для удержания образца в ячейке постоянным магнитом. Гальваностатические измерения электрохимической емкости образцов, содержащих многослойные нанотрубки, проводили как в щелочном 6М KOH , так и в кислотном 0.3 М H_2SO_4 электролитах при токах зарядки и разрядки 20 мА/г. Процесс зарядки прекращали, когда потенциал рабочего электрода не достигал постоянного значения, а на электроде явно наблюдалось выделение газообразного водорода. Количество поглощенного водорода оценивали по количеству электричества, прошедшего через электрод в процессе зарядки.

Гальваностатические измерения в электролите раствора KOH показали, что насыщение тока зарядки наблюдается при потенциале на рабочем электроде 1.3В. При этом зарядовая емкость образца достигла значения 10 мА·час/г, а степень заполнения образца водородом составила 0.036 масс. %. Эти результаты находятся в неплохом соответствии с результатами более ранних экспериментов.

Существенно более высокую степень поглощения водорода достигали при дополнительной очистке образцов нанотрубок ультразвуковой обработкой в течение часа в водном растворе HNO_3 (63 масс. %) и последующем механическом перемешивании в течение 6 часов при температуре 70°C. В этом случае зарядовая емкость образца в первом цикле зарядки оказалась равной 36 мА·час/г, что соответствует сорбционной емкости по отношению к водороду 0.1 масс. %. При этом отмечается высокая воспроизводимость формы зарядно-разрядных кривых, полученных в многократно повторяющихся экспериментах.

Хотя указанная величина сорбционной емкости образцов представляется более чем скромной, можно констатировать значительное положительное влия-

ние кислотной обработки образцов на повышение их сорбционной емкости.

А.Елецкий

1. *Electrochemical and Solid State Letters* 7(5)
A115 (2004)

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Высокоэнергетические спиновые возбуждения в ВТСП

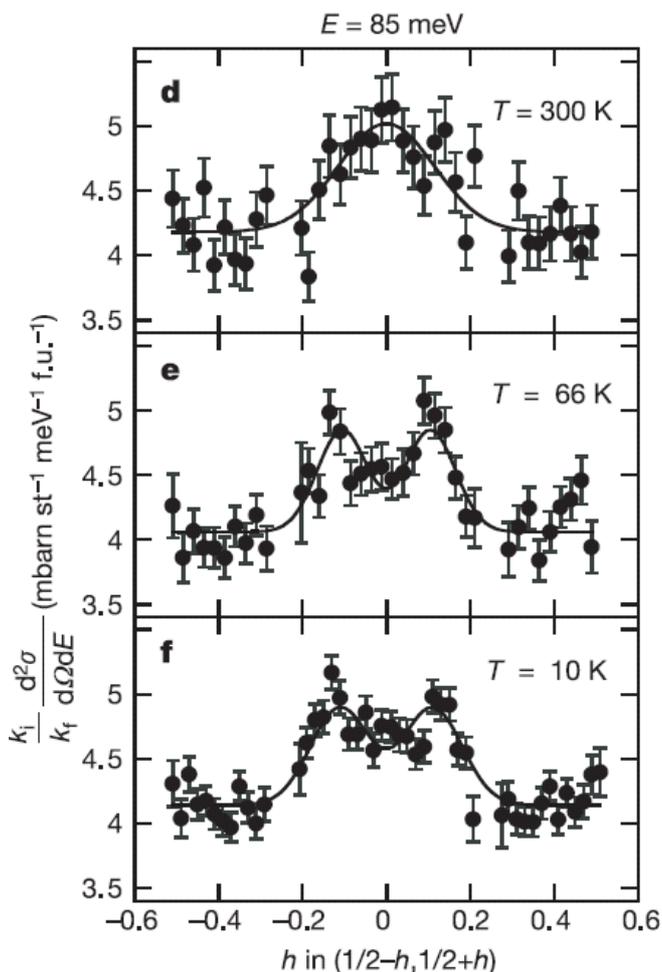


Рис.1 Спектры магнитных возбуждений $YBa_2Cu_3O_{6.6}$ при $E = 85$ мэВ и различной температуре.

В обычных низкотемпературных сверхпроводниках взаимное притяжение электронов обусловлено их взаимодействием с фононами. Изменение фононных спектров при понижении температуры ниже T_c является одним из указаний на причастность фононов к спариванию электронов. Механизм спаривания в ВТСП пока остается загадкой. Резкое изменение спектра магнитных возбуждений ВТСП при $T = T_c$ послужило основанием для гипотезы о том, что за высокотемпературную сверхпроводимость ответственны коллективные спиновые возбуждения, обусловленные флуктуациями неспаренных электронных спинов в незаполненных внешних оболочках ионов меди. В ВТСП $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ экспериментально наблюдаются так называемые "магнитные резонансы", энергия которых составляет $E_{res} = 41$ мэВ в $YBa_2Cu_3O_{6.93}$ и $E_{res} = 34$ мэВ в $YBa_2Cu_3O_{6.6}$.

Перст, 2004, том 11, выпуск 13

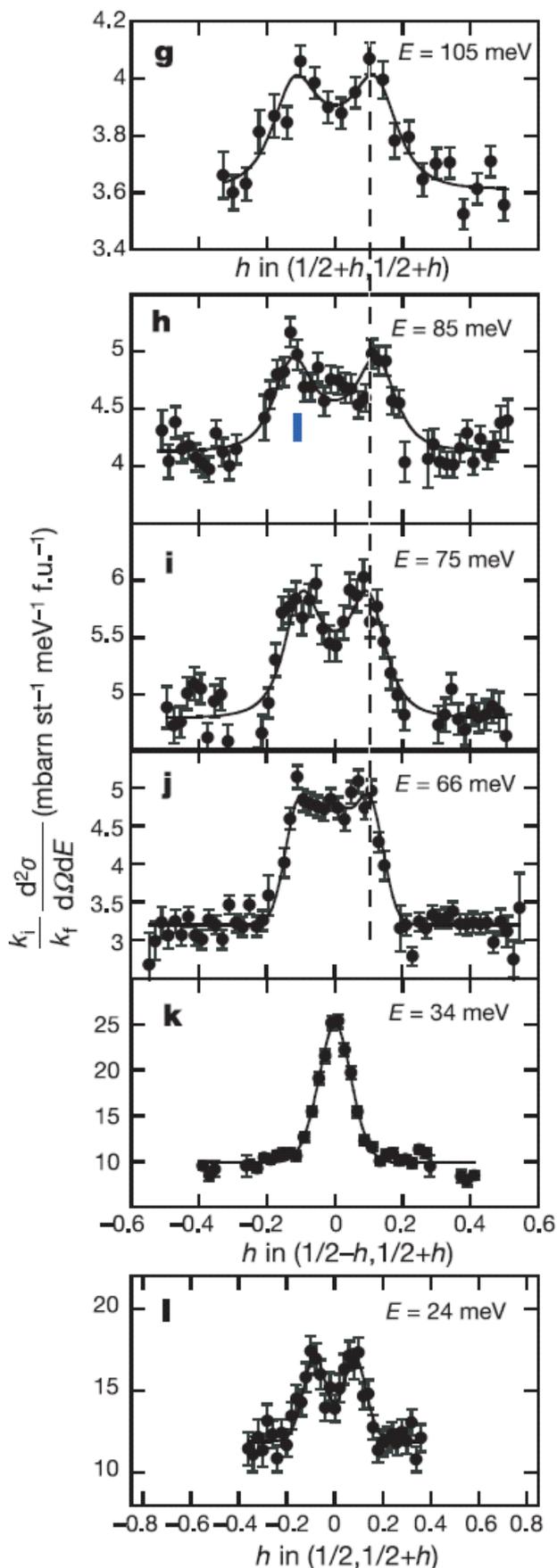


Рис.2 Спектры магнитных возбуждений $YBa_2Cu_3O_{6.6}$ при $T = 10$ К и различной энергии.

Однако, хотя эти "резонансы" и имеют, по видимому, отношение к сверхпроводимости, не они служат ее основной причиной. Дело в том, что в других семействах слоистых медно-оксидных

ВТСП "резонансы" либо вообще отсутствуют, как в $La_{2-x}(Ba,Sr)_xCuO_4$, либо наблюдаются лишь в определенном диапазоне концентраций дырок, как в $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$

Чтобы внести, наконец, ясность в вопрос о взаимосвязи сверхпроводимости и магнетизма в ВТСП, английские (University of Bristol; Rutherford Appleton Laboratory) и американские (Oak Ridge National Laboratory; University of Tennessee; University of Missouri-Rolla) физики выполнили детальные исследования спектров неупругого рассеяния нейтронов в $YBa_2Cu_3O_{6.6}$ с $T_c = 62.7K$ и $E_{res} = 34mэВ$ [1]. Они обнаружили магнитные возбуждения с энергиями $E = (60 \div 105)mэВ$, значительно превышающими величину E_{res} . Эти возбуждения присутствуют как при $T = T_c$, так и при $T < T_c$; их спектр имеет "квадратную" форму, а спектральный вес значительно больше, чем у "резонансов". Но самое важное, что точно такие же возбуждения обнаружены и в $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ [2]. Отсюда напрашивается вывод, что они имеют общую для ВТСП природу. Анализ экспериментальных данных показал, что эти возбуждения не связаны с короткодействующими гейзенберговскими взаимодействиями, подобными тем, что имеют место в антиферромагнетике выше температуры Нееля. В качестве двух возможных причин их возникновения рассматриваются "полоски", появляющиеся из-за спин-зарядового расслоения, и электрон-дырочные возбуждения вблизи поверхности Ферми. Как бы то ни было, но если обмен именно этими возбуждениями приводит к спариванию носителей в ВТСП, то механизм высокотемпературной сверхпроводимости уж точно не фононный.

Л. Опенов

1. Nature 429, 531 (2004).
2. Nature 429, 534 (2004).

Новый вариант чувствительного магнитного датчика

Измерения магнитных полей в диапазоне фемтотесла (фТл, 10^{-15} Тл) важны для таких применений, как магнитометрия, квантовые вычисления, ЯМР в твердых телах, магнитоэнцефаллография. В совместной работе французских (SPEC/DRECAM, Сакле), финских (Elekta Neugomag, Хельсинки) и ирландских (Trinity College, Дублин) ученых предложен и реализован датчик фемтотесловых магнитных полей на основе сверхпроводящего преобразователя магнитного потока в поле и малощумящего магниторезистивного датчика на основе эффекта гигантского магнитосопротивления (ГМС)

Неинвазивное исследование активности мозга проводится магнитно-резонансным (MRI) и магнитно-энцефаллографическим (MEG) методами. В MRI фиксируется время релаксации ядер, а в MEG регистрируются магнитные поля (порядка нескольких фемтотесла в диапазоне частот 3-30Гц, связанных с

активностью нейронов). Для регистрации таких слабых полей используют магнитные датчики на основе сквидов. Чувствительность лучших сквидов из низкотемпературных сверхпроводников - $1 фТл/Гц^{1/2}$ (при диаметре петли $1.5cm^2$ и рабочей температуре $4.2K$), а из высокотемпературных - $30 фТл/Гц^{1/2}$ ($T=77K$). Для регистрации магнитных полей можно использовать и магниторезистивные (MR) датчики (например, на основе эффекта гигантского магнитосопротивления - ГМС), их чувствительность существенно ниже, чем у сквидов, но не зависит от размеров. Чувствительность сквида пропорциональна его площади. Сквид чувствует поток, а MR датчик - поле. Для размеров менее $10mкм^2$ MR датчик имеет преимущества.

В работе [1] предложена и реализована новая конструкция датчика, объединяющая сверхпроводящий преобразователь магнитного потока в поле и MR датчик. Преобразователь изготовлен из сверхпроводящей петли, содержащей сужение микронных размеров. Выше или ниже сужения устанавливаются MR датчик. MR датчик на основе ГМС представляет собой многослойную пленку из магнитотвердого (*IrMn*, *MnPt*) и магнитомягкого (*NiFe*) материалов, разделенных тонким немагнитным металлическим слоем. Вектор намагниченности мягкого слоя легко поворачивается под действием поля в плоскости пленки. Сопротивление всей пачки определяется углом между осями намагниченности слоев. Для датчика микронных размеров изменение сопротивления может достигать 5% на мТл. Сопротивление пачки размерами $5mкм$ составляет $270 Ом$. Такой гибридный датчик измеряет приложенное поле, усиленное в нескольких тысяч раз, в зависимости от геометрии и размеров прибора.

При приложении внешнего низкочастотного поля перпендикулярно к сверхпроводящей петле преобразователя в ней возникает сверхток. Благодаря его высокой плотности в области сужения, в этой области генерируется большое магнитное поле, которое детектируется MR датчиком, чувствительным к полям в плоскости пленок. Для увеличения эффекта локального усиления магнитного поля необходимо использовать петлю с большим внешним диаметром, а сужение делать минимально возможным. Грубая оценка усиления определяется отношением радиуса петли к ширине сужения.

Потенциальную чувствительность датчика нового типа можно оценить следующим образом. При размере сужения до $1mкм$ и петле диаметром $3cm$ усиление магнитного поля составляет 7500 . При этом для ВТСП петли ток составит $5mA$ (при $T = 77K$). Сопротивление MR на основе ГМС датчика при сужении $1mкм$ составляет $1500 Ом$. Это дает чувствительность $1 фТл/Гц^{1/2}$. В варианте MR датчика на основе эффекта туннельного магнитосопротивления (ТМС), в котором тонкий металлический слой в многослойной магнитной структуре заменен слоем изолятора, можно достичь чувствительности

ПерсТ, 2004, том 11, выпуск 13

$0.2\text{фТл/Гц}^{1/2}$. Наконец, можно использовать ТМС датчик с полуметаллическими (например, мангани-ты) электродами, имеющих очень низкий шум. В этом случае для датчика теоретически достижима чувствительность $0.01\text{фТл/Гц}^{1/2}$.

В.Скомаровский

1. *Science*. 2004, 304, 1648

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

Актуальная НАНО'2004

Сезон белых ночей вызывает в Петербурге ни с чем не сравнимый всплеск научной активности. Ученые со всего мира и всех специализаций слетаются на этот воспетый многими полумрак, чтобы в общении с коллегами разглядеть то, что не удалось увидеть (или понять при разглядывании в упор) в отдельно взятые микроскопы или спектрографы – общие тенденции развития и ключевые достижения, за которыми обычно следуют поворотные моменты. Чтобы не выкладываться на привычном направлении, в то время как другие, более продвинутые коллеги плотной группой двигаются в совершенно другую сторону. Словом, чтобы и людей посмотреть, и себя показать в заманчивом полумраке белых ночей.

Проходящая уже в двенадцатый раз, традиционно под эгидой двух Нобелевских лауреатов конференция “Nanostructures: physics and technology”, собрала наиболее признанных и активных специалистов, совместно формирующих это очень мощное и по-прежнему живое и развивающееся направление. Последовавшая за вступительным словом основателя конференции академика *Ж.И.Алферова* пленарная лекция профессора *C.Chang-Hasnain* из *University of California, Berkeley* [1], была посвящена попытке использования эффекта “медленного света” в оптоэлектронных информационных системах. Напомним – активный интерес к эффекту “медленного” или “сверхбыстрого света” возник несколько лет назад на волне громких экспериментов по “остановке” света. ПерсТ неоднократно обращался к этой теме [2]. Однако до недавнего времени работы по этому эффекту являлись скорее изысканными демонстрациями и выполнялись на надежных “классических” объектах – парах металлов или изолированных центрах в кристаллах. Обсуждаемая работа с самого начала предполагала конкретную цель – использовать эффект замедления света для буферирования данных в маршрутизаторах оптических систем связи. Как оказалось, это очень существенный и непростой вопрос. Действительно, на фоне появляющихся сообщений об оптических процессорах, которые работают со скоростью света, выпадало из поля зрения то, что кое-где данным приходится ждать своей очереди, и без этого техника принципиально не может функционировать. Полупроводниковая оптоэлектроника

всю жизнь что-то ускоряла. А как заставить свет, несущий информацию, подождать?

Оказалось, что квантовые точки не зря сравнивали с искусственными атомами, и на них также можно организовать управляемое замедление распространения светового сигнала, хотя неустранимая неоднородность ансамбля квантовых точек вносит дополнительные трудности. Фактором, управляющим замедлением, также является свет, но уже другой, не информационный, а накачивающий пучок. По приведенным данным, на среде с многослойными квантовыми точками *GaAs/AlGaAs* изменение групповой скорости может достигать $2\text{--}3\cdot 10^4$, что может обеспечить задержку в 1 нс на слое 15 микрон.

Из других новых направлений следует назвать исследование т.н. “состояния с нулевым сопротивлением” [см., например, 3]. Среди других докладов по этой тематике на конференции представлен доклад В.Рыжия, нашего соотечественника, предсказавшего этот эффект четверть столетия назад. Это один из тех немногих счастливых случаев, когда ученый, теоретически предсказавший эффект, успевает дожидаться его открытия и общего интереса, чтобы самому рассказывать о нем остальным. Правда – на этот раз, уже в качестве сотрудника одного из японских университетов.

Как всегда, на конференции была обильно представлена лазерная тематика – начиная от обзорного доклада на открытии до многочисленных докладов по различным аспектам их технологии, физики и применений. Доклад сотрудника *ФТИ им. Иоффе А.Ю. Егорова* был посвящен созданию лазера с длиной волны излучения 1.3мкм на гетероструктуре *InGaAsN/GaAs* для оптоволоконных систем связи. Что же, лазеры – одна из немногих областей, где нанотехнология достигла, как минимум, начальной стадии зрелости, и с помощью своих методов может создать желаемые устройства с использованием квантовых объектов. В этом плане несколько настораживает, что весьма популярная тематика *самоформирование* не попала в рубрики конференции. Возможно, это так потому, что интересные результаты по само- и просто формированию в наномасштабе – единичны. Это все еще искусство, а конференция, все-таки, научная.

Все более солидно, от конференции к конференции, выглядит спинтроника. С тех пор, как на горизонте появились миражи квантовых компьютеров, и стало понятно, что манипуляция спинами – один из возможных путей их реализации, спинтроника привлекает все большее число исследователей. Основная часть работ посвящена изучению кинетики спиновой релаксации в различных объектах. Часть работ посвящена поиску путей управления спинами; это традиционно реализуется либо через оптическое возбуждение поляризованным светом, либо через инжекцию поляризованных носителей – но в обоих случаях управление относится к неравновесным

носителям. Кардинально новых идей в этой области пока немного. Новый подход к управлению спином равновесных носителей предложен *Н. С. Аверкиевым* из ФТИ им. Иоффе. В работе рассматривается ситуация, когда управление спинами электронов можно осуществлять, просто меняя напряжение на затворе транзистороподобной структуры. Заманчиво. Посмотрим, оправдаются ли теоретические ожидания.

В целом, слушая доклады, глядя на солидный том трудов, на общающихся в коридорах исследователей разных стран и возрастов, осознаешь, что наука и особенно техника наноструктур еще далеки от насыщения. В этой области еще не скоро группа лидеров побежит в перпендикулярном направлении. Разве что каждый стремится срезать углы и найти быстрый путь к намеченной цели – но это в порядке вещей.

М.Компан

1. *Nanostructurs: physics and technology, Proceedings, S.-Petersburg, 2004.*
2. *ПерсТ, 2004, 11 (10); 2003, 10 (21)*
3. *ПерсТ, 2003, 10 (17); 2004, 11 (12)*

ФИНАНСЫ И РЫНОК

ITER. Споры не утихают.

Новая встреча партнеров (ЕС, Япония, Россия, США, Китай, Ю.Корея) для решения судьбы *ITER*'а состоялась 18 июня с.г. в Вене и свелась к жестокому спору о цене, которую должны предложить Япония и ЕС за размещение токамака на их территории. Европейские источники боятся, что Япония и США склонятся к тому, чтобы выйти из партнерства и вдвоем построить токамак в Роккасю (Япония).

После 20 лет подготовки к решающему эксперименту по запуску «Солнечной печи» здесь, на Земле, решение, где же именно, должны были принять в конце 2003 г. Но, во-первых, не могли прийти к единому мнению о месте строительства, а, во-вторых, возникла идея создания более широкой программы исследований по термоядерному синтезу, включив в нее помимо *ITER*'а и другие установки, чтобы ускорить продвижение к коммерческому реактору. Все это привело к непрекращающимся дебатам. Идея расширения исследований стала среди партнеров популярна. Но ни ЕС, ни Япония не согласны играть вторые роли и уступать право на строительство *ITER*. На встрече в Вене оба партнера увеличили свой вклад в строительство до 50% от его стоимости (по оценкам, 10 млрд. долл.) и предложили вложить по 540 млн. долл. в расширенную программу исследования термояда.

Делегация США выразила пожелание, чтобы выбранный партнер оплатил больше половины стоимости *ITER*'а, на что делегаты ЕС возразили, что в таком случае *ITER* перестает быть действительно объектом международного сотрудничества.

У европейской делегации сложилось мнение, что Япония может начать строительство *ITER*'а самостоятельно или с частью партнеров. Однако представитель Министерства образования Японии, курирующего термоядерные исследования, отверг возможность односторонних действий со стороны Японии. Это заявление не рассеяло сомнений. «Япония не заявит заранее о готовности идти в одиночку, но преподнесет это партнерам, как свершившийся сюрприз», - сказал Achilleas Mitsos, европейский глава соответствующих исследований.

1. *Science, 2004, 304, 1885*

Экспресс-бюллетень ПерсТ 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 нанoeлектроники”, “Физика твердотельных наноструктур”

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

В подготовке выпуска принимали участие:

О.Алексеева, В.Вьюрков, А.Елецкий, М.Компан, Ю.Метлин, Л.Опенев, В.Скомаровский

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64А