

В этом выпуске:

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Сверхпроводимость с сильной связью в $FeSe_xTe_{1-x}$

Если энергия спаривающего электрон-бозонного взаимодействия (мерой которого служит сверхпроводящая щель Δ) намного меньше кинетической энергии электронов (характеризующейся энергией Ферми ε_F), то сверхпроводимость такой системы описывается в рамках приближения слабой связи теории БКШ. В другом предельном случае, $\Delta \gg \varepsilon_F$, имеет место бозе-эйнштейновская конденсация (БЭК) локальных электронных пар. Теория предсказывает плавный переход от режима БКШ к режиму БЭК при $\Delta \sim \varepsilon_F$. Исследования электронной структуры халькогенида железа $FeSe_xTe_{1-x}$, выполненные израильскими физиками в работе [1] методом ARPES, свидетельствуют о том, что этот безмедный ВТСП с $T_c = 12.5$ К находится как раз в переходной области. Для него отношение $\Delta/\varepsilon_F \approx 0.5$ гораздо больше, чем во всех известных сверхпроводниках, включая купратные ВТСП. В [1] обнаружена аномальная дисперсия когерентных пиков, очень похожая на наблюдавшуюся в экспериментах с холодным ферми-газом.

*Л. Опенов**1. Y.Lubashevsky et al., Nature Phys. 8, 309 (2012).*

Магнитные возбуждения в сверхпроводящих пниктидах

В безмедных ВТСП на основе железа металлическое антиферромагнитное состояние соседствует со сверхпроводящим. Существуют разные точки зрения на природу магнетизма пниктидов. Одни считают, что он связан с коллективизированными слабокоррелированными электронами, подобно волне спиновой плотности в хrome. Другие полагают, что в его основе лежат сильные межэлектронные взаимодействия. Третьи же и вовсе убеждены, что антиферромагнетизм безмедных ВТСП, как и купратных, вполне можно описать в терминах локализованных электронов. Важную информацию о характерных особенностях магнитного состояния дают исследования пниктидов с разным уровнем допирования. Оказалось [1, 2], что средний магнитный момент $\langle m^2 \rangle$ атомов Fe в антиферромагнитном (но сверхпроводящем) пниктиде $BaFe_2As_2$ практически не изменяется при электронном допировании (замещении $Fe_2 \rightarrow Fe_{1.9}Ni_{0.1}$), оставаясь равным $\langle m^2 \rangle \approx 3.2 \mu_B^2$, хотя дальний магнитный порядок при этом разрушается (а T_c возрастает). Нейтронная спектроскопия показала, что основной вклад в $\langle m^2 \rangle$ дают высокоэнергетические спиновые возбуждения, которые очень слабо зависят и от допирования, и от температуры. Интересно, что близкую величину имеет и $\langle m^2 \rangle$ атомов меди в диэлектрическом купрате La_2CuO_4 . Тщательно проанализировав имеющиеся экспериментальные данные, авторы работы [2] пришли к выводу, что ни модель полностью коллективизированных электронов, ни модель полностью локализованных электронов не в состоянии объяснить

И далее ...

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Электростатическое
перепутывание спиновых
кубитов

Спиноны и орбитоны

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Новости
о фуллеренах в космосе

- 4 Транзистор из нанотрубки

- 5 Четырехугольники и
стабильность фуллеренов

Холодный полевой эмиттер
на основе полимера
с добавкой УНТ

МАГНИТЫ

- 6 “Химический маятник” в
магнитном поле

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- 7 Следы на поверхности или
улыбка чеширского кота

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 XXII Совещание по использо-
ванию рассеяния нейтронов в ис-
следованиях конденсированного
состояния (РНИКС-2012),
15 - 20 октября 2012 г.,
г. Гатчина, Россия

XIII Всероссийская научная
школа-семинар по проблемам
физики конденсированного
состояния вещества (СПФКС-13),
7 - 14 ноября 2012 г.,
г. Екатеринбург, Россия

наблюдаемые спектры магнитных возбуждений в пниктидах. Можно говорить о частичной локализации, что указывает на сильные электронные корреляции. По мнению авторов [2], микроскопическая природа этих корреляций в пниктидах и купратах различна, хотя в обоих классах ВТСП они весьма существенны для магнетизма и сверхпроводимости.

Л. Опенов

1. L.W.Harriger et al., *Phys. Rev. B* **84**, 054544 (2011).

2. M.Liu et al., *Nature Phys.* **8**, 376 (2012).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Электростатическое перепутывание спиновых кубитов

Спиновые кубиты очень слабо взаимодействуют с внешним окружением. С одной стороны, это предохраняет их от быстрой потери когерентности, а с другой – существенно затрудняет связь кубитов между собой. Без такой связи нельзя приготовить запутанные состояния нескольких кубитов и в полной мере использовать потенциал квантовых вычислений. В работе [1] (США, Израиль) показано, что спиновые кубиты можно перепутать за счет не только спин-спиновой, но и электростатического взаимодействия. Для этой цели авторы [1] использовали так называемые синглет-триплетные кубиты, в которых логические 0 и 1 кодируются не в состоянии “спин вниз” и “спин вверх” одного электрона в изолированной квантовой точке, а в синглетное и триплетное состояния двух электронов в паре туннельно-связанных квантовых точек. В синглет-триплетном кубите распределение заряда между квантовыми точками определяется разностью энергий электрона ε в квантовых точках и зависит от спинового состояния (см. рис.).



Слева – две пары квантовых точек в двумерном электронном газе вблизи границы раздела GaAs/AlGaAs. Справа – схематическое изображение распределения заряда в синглетном и триплетном состояниях.

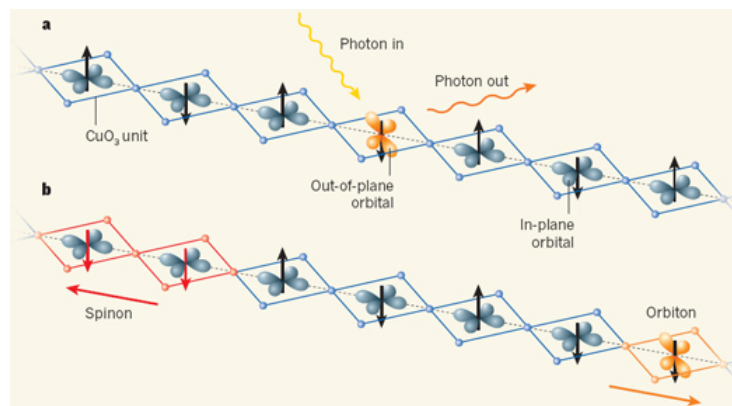
Как следствие, действующее на соседний кубит электрическое поле оказывается спин-зависимым. Это поле, в свою очередь, влияет на обменное взаимодействие J , которое также является функцией ε . В результате полный спин одного кубита ($S = 0$ или 1) зависит от спина другого кубита, что позволяет осуществлять двухкубитные операции и создавать запутанные состояния. Таким способом в работе [1] за время ~ 100 нс было приготовлено одно из белловских состояний. Факт наличия запутанности подтвержден путем определения полной

матрицы плотности методами квантовой томографии. Справедливости ради надо сказать, что точность (fidelity) приготовления запутанного состояния в [1] оказалась довольно низкой, всего лишь 0.72. Авторы [1] обсуждают возможные пути ее увеличения.

1. M.D.Shulman et al., *Science* **336**, 202 (2012).

Спиноны и орбитоны

Каждый электрон обладает спином и зарядом, которые синхронно перемещаются вместе с электроном при его движении, то есть не отделяемы друг от друга. Но в одномерной системе взаимодействующих электронов происходит удивительная вещь: спиновые и зарядовые степени свободы разделяются на невзаимодействующие квазичастицы – спиноны и холоны, которые распространяются сами по себе с разными скоростями. В работе [1] показано, что наряду со спин-зарядовым расслоением возможно также спин-орбитальное, когда спиновое возбуждение (спинон) отделяется от коллективного орбитального возбуждения (орбитона). Орбитон образуется при переходе электрона из основного орбитального состояния атома в возбужденное и движется подобно спиновой волне в магнитоупорядоченной среде. Отделенные от спинонов орбитоны авторы [1] зарегистрировали при исследовании неупругого резонансного рассеяния рентгеновских лучей на моттовском диэлектрике Sr_2CuO_3 с квазиодномерными цепочками CuO_3 (см. рис.).



Спинон и орбитон, образующиеся в цепочке CuO_3 при неупругом резонансном рассеянии гамма-кванта.

“Дробление” электронов на спиноны и холоны, а теперь еще и на орбитоны представляет не только фундаментальный, но и практический интерес: его можно попытаться использовать в спинтронных и квантовых вычислительных устройствах.

1. J.Schlappa et al., *Nature* **485**, 82 (2012).

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Новости о фуллеренах в космосе

Несмотря на то, что основная миссия космического телескопа *Spitzer*, запущенного NASA в 2003 г. завершена (в 2009 г. у него закончился запас хладагента), он успешно продолжает исследования Вселен-

ной. Более того, изучение спектров в инфракрасном диапазоне, полученных с помощью этой космической лаборатории в разные годы, приводит к новым открытиям.

Напомним, что с помощью космического телескопа *Spitzer* в 2010 г. впервые были обнаружены фуллерены C_{60} и C_{70} в нескольких планетарных и отражательных туманностях (см. *ПерсТ* [1,2]). В новой работе исследователей из Великобритании, США и Германии [3] представлены возможные свидетельства существования в космосе фуллеренов в твёрдой фазе. Авторы проанализировали ИК спектры двойной звёздной системы XX Oph, полученные телескопом в 2005г. и 2007г. Система XX Oph находится в созвездии Змееносца (лат. *Ophiuchus*) на расстоянии 6500 световых лет от Земли. Эту необычную систему классифицируют по-разному, но авторы [3] считают, что она состоит из горячего субкарлика, звезды типа В (температура 10000-30000К), и холодной красной звезды типа М (температура 2000-3500К). Оценки с использованием модели DUSTY показали, что субкарлик находится в центре пылевой оболочки с частицами аморфного углерода размером 0.01 мкм. Внутренняя граница оболочки находится на расстоянии $\sim 7.2 \cdot 10^{11}$ м от горячей звезды В, температура внутренней границы оболочки 800К. Систему XX Oph еще называют “железной звездой”, поскольку в оптическом спектре имеются эмиссионные линии ионизованного железа FeII (“железных звёзд” такого типа известно всего две, XX Oph и AS 325). Наверно, именно про XX Oph герои знаменитого романа И. Ефремова “Туманность Андромеды” говорили: “Железная звезда – ужас астролётчиков!”. (Участники звездной экспедиции направлялись как раз в созвездие Змееносца к населённой планете Зирда и оказались в опасной близости от Железной звезды).

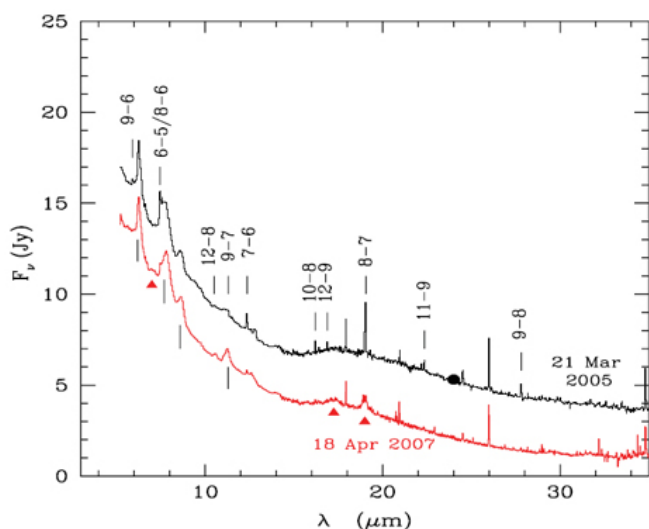


Рис. 1. Спектры XX Oph, снятые телескопом *Spitzer* в 2005 г. и в 2007 г. Возможные пики C_{60} (7.01, 17.25 и 18.99 мкм отмечены красными треугольниками). Янский (Ян, Jy) – единица измерения спектральной плотности потока излучения; $1 \text{ Ян} = 10^{-26} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{Гц})$.

Спектры, полученные с помощью телескопа *Spitzer*, показаны на рис. 1 [3]. На спектре 2007 г. учёные обнаружили три линии из четырёх, характерных для C_{60} (7.01; 17.25 и 18.99 мкм). Пик ~ 8.5 мкм отсутствует. Кроме того, пик с $\lambda = 17.25$ мкм несколько сдвинут по сравнению с пиком 17.53 мкм, который наблюдается для C_{60} в газовой фазе [4]. Однако в лабораторных экспериментах для фуллеренов в твёрдой фазе был зарегистрирован именно пик ~ 17.3 мкм [5]. Более того, авторы этой работы отмечали, что пик с $\lambda = 8.5$ мкм гораздо слабее остальных. Часть “космического” спектра после вычета фона показана на рис. 2. Отмечены длины волн, характерные для фуллеренов в твёрдой и газовой фазе.

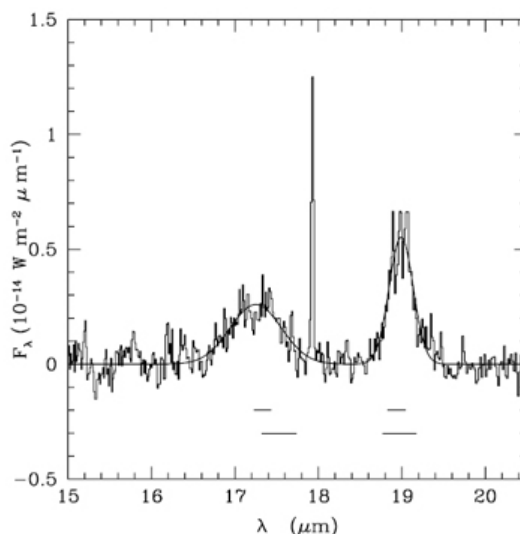


Рис. 2. Возможные пики “твёрдого” C_{60} в XX Oph. Верхние горизонтальные линии показывают длины волн, наблюдаемые в экспериментах с C_{60} в твёрдой фазе [5], нижние соответствуют C_{60} в газовой фазе [4].

Приняв, что внутренняя граница пылевой оболочки находится на расстоянии $\sim 7.2 \cdot 10^{11}$ м от звезды, и, посчитав потоки энергии, авторы оценили количество фуллеренов. Это $\sim 4.8 \cdot 10^{43}$ частиц, или $\sim 2.9 \cdot 10^{-11}$ масс Солнца, или ~ 0.001 массы Луны. Если выводы учёных верны, это первый случай обнаружения фуллеренов в космосе в твёрдой фазе – они объединены вместе “как апельсины в ящике” (рис. 3) [6].

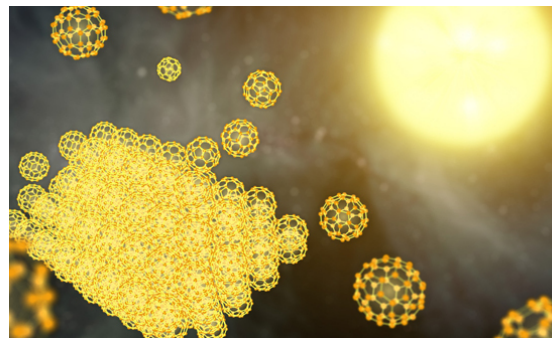


Рис. 3. Наглядное изображение фуллеренов в XX Oph. (NASA/JPL-Caltech).

Результаты исследований подтверждают – C_{60} образуются в космосе в самых разных астрофизических условиях. Авторы [3] считают, что в XX Орб фуллерены находятся близко к горячей звезде. Более того, по их мнению, наилучшим источником возбуждения для C_{60} вообще служат звёзды с температурой 15000-30000К. Фуллерены в околозвёздном пространстве есть повсюду, просто, чтобы их увидеть, нужны горячие звёзды!

О.Алексеева

1. [ПерсТ 17, вып. 18, с. 5 \(2010\).](#)
2. [ПерсТ 17, вып. 24, с. 6 \(2010\).](#)
3. A.Evans et al., *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **421**, L92 (2012).
4. C.I.Frum et al., *Chem. Phys. Lett.* **176**, 504 (1991).
5. W.Krätschmer et al., *Chem. Phys. Lett.* **170**, 167 (1990).
6. <http://www.nasa.gov/.../spitzer20120222.html>

Транзистор из нанотрубки

Всякий раз, когда мы включаем компьютер, чтобы полазить по Интернету, приготовить презентацию доклада или запустить какую-нибудь вычислительную программу, миллиарды крохотных переключателей – транзисторов – начинают дирижировать электронами, танцующими в процессоре под мелодию соответствующего программного обеспечения. Эти транзисторы изготовлены из кремния. Пропуская или не пропуская через себя электрический ток, они формируют булевы состояния (“нули” и “единицы”), на которых и основана работа современных компьютеров. Прогресс компьютерной техники во многом обязан постоянному уменьшению размеров транзисторов, от десятков микрон в прошлом веке до 20-30 нанометров в начале нынешнего. Дальнейшая миниатюризация сопряжена с проблемами как фундаментального, так и технического характера. По мере приближения к “естественному пределу” – размеру атома – темпы этой миниатюризации существенно замедлились: появление на рынке 9-нанометровых транзисторов ожидается не ранее 2022 г.

Одним из возможных преемников кремния как основного “транзисторного материала” считаются одностенные углеродные нанотрубки (single-walled carbon nanotubes, SWCNTs). Однако в предыдущих экспериментах с SWCNTs не удалось зафиксировать эффекта насыщения тока при достаточно низком напряжении на стоке транзистора: ток был просто пропорционален напряжению, как в обычном проводнике. Насыщение тока необходимо для практического использования транзисторов в цифровых (логических) схемах. Оставалось, однако, неясным – является ли отсутствие насыщения неизбежным следствием баллистического (без рассеяния) транспорта электронов через SWCNT, или же оно связано со спецификой конструкции первых

SWCNT-транзисторов. Оказалось, что дело все-таки в конструкции. Заменяв диэлектрический слой оксида кремния на очень тонкий (3 нм) слой оксида гафния и резко усилив тем самым электростатическую связь между затвором и каналом, авторы работы [1] изготовили транзистор с требуемой ВАХ из SWCNT длиной 9 нм. Характеристики открытого состояния в некотором смысле оказались даже лучше, чем у кремниевых транзисторов со сверхтонким нелегированным каналом. А именно: ток на единицу ширины канала, если шириной считать диаметр нанотрубки, оказался в полтора раза выше. В действительности, однако, шириной канала разумнее считать ширину контактов истока и стока (как на рисунке). Пока эта ширина не станет равной диаметру нанотрубки, указанное преимущество отсутствует.

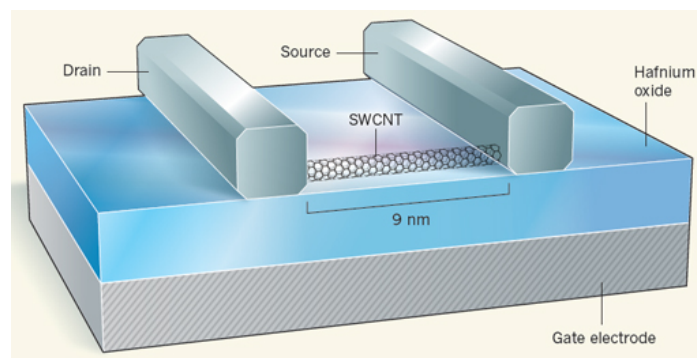


Рис. Транзистор из углеродной нанотрубки.

Авторам повезло в том, что нанотрубка оказалась именно полупроводникового типа, а не металлического, т.е. имела ненулевую ширину запрещенной зоны (примерно 0.2 эВ). Это позволило получить отношение тока открытого состояния к току закрытого состояния равное 10^4 , что открывает перспективы использования такого транзистора в логических (цифровых) схемах. Заметим, однако, что в кремниевых транзисторах из-за большой ширины запрещенной зоны кремния (1.1 эВ) это отношение может достигать и 10^8 .

Что касается возможности использования более низкого, чем в кремниевых микросхемах, рабочего напряжения (0.4 эВ), то часто забывают, чем вызвана необходимость использования высокого (1 В) напряжения. А она связана с неизбежным разбросом параметров транзисторов в огромной микросхеме. Их в ней миллионы, и ни один не должен выбиваться из игры. Поэтому и приходится применять высокие напряжения, чтобы все до единого транзисторы открывались и закрывались. А для отдельного кремниевого транзистора с отношением токов 10^4 рабочее напряжение вполне может быть всего 0.25 В.

До тех пор, пока SWCNT-транзисторы существуют в количестве нескольких экземпляров, обсуждать вопрос о воспроизводимости их характеристик преждевременно. Более того, одно дело – собрать

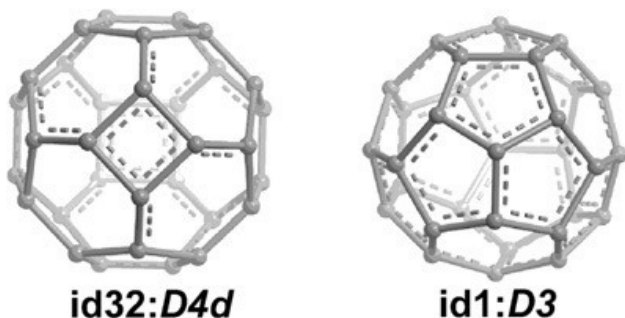
пару транзисторов в лаборатории “на коленках”, и совсем другое – наладить их серийное промышленное производство. Так что кремний еще долго может с вершины единолично оккупированного им пьедестала спокойно наблюдать за попытками углерода подняться хотя бы на ту же высоту. Что будет дальше? А кто ж его знает... Надо продолжать исследования.

По материалам заметки
 “Carbon nanotubes finally deliver”,
 F.Kreupl, *Nature* **484**, 321 (2012)

1. A.D.Franklin et al., *Nano Lett.* **12**, 758 (2012).

Четырехугольники и стабильность фуллеренов

В рамках теории функционала плотности авторы работы [1] изучили термодинамическую устойчивость различных изомеров фуллерена C_{32} и эндоэдральных комплексов на их основе (то есть молекул фуллеренов с атомами гелия, неона и аргона внутри них). Результаты расчетов оказались довольно любопытными: неклассический изомер с двумя четырехугольниками на поверхности id32:D4d оказался энергетически более выгодным, чем любой другой кластер из семейства C_{32} фуллеренов, в том числе и классический id1:D3, состоящий только из пяти- и шестиугольников (см. рисунок).



Изомеры фуллерена C_{46} , обладающие наиболее низкой энергией: неклассический изомер с двумя четырехугольниками на поверхности фуллереновой клетки (слева) и классический изомер, состоящий только из пяти- и шестиугольников (справа).

На шкале энергий они отстоят друг от друга примерно на 0.1 эВ. Поместив атомы инертных газов внутрь фуллереновой клетки, авторы обнаружили, что разница в энергиях между эндоэдральными комплексами на основе id32:D4d и id1:D3 становится еще больше, причем этот разрыв тем заметнее, чем тяжелее внедренный атом. Так, для соединения $Ne@C_{32}$ он составляет 0.15 эВ, для $Ne@C_{32}$ – 0.28 эВ, а для $Ar@C_{32}$ достигает 0.58 эВ. Кроме того, авторы рассчитали величины НОМО-LUMO щели для фуллерена id32:D4d и эндоэдральных комплексов на его основе, они находятся в диапазоне от 2.1 до 2.2 эВ. При этом НОМО-LUMO щель изомера id1:D3 и его эндоэдральных комплексов составляет около 1.6 эВ. По мнению исследователей, именно четырехугольники являются ключевыми фигурами

на поверхности фуллеренов: они разделяют пары пентагонов, тем самым непосредственно влияя на стабильность молекул. Отметим, что это предположение находит свое подтверждение и в независимых работах. Так, например, в статье [2] с помощью *ab initio* расчетов было продемонстрировано, что неклассический фуллерен C_{46} , содержащий четырехугольник, оказался энергетически более выгодным, чем классический фуллерен, обладающий самой низкой энергией. В итоге, авторы надеются, что проделанная ими работа поможет более подробно разобраться со структурой и свойствами неклассических фуллеренов и разработать эффективные методики синтеза как их самих, так и эндоэдральных комплексов на их основе.

М.Маслов

1. W.-W.Wang et al., *Chem. Phys. Lett.* **536**, 77 (2012).

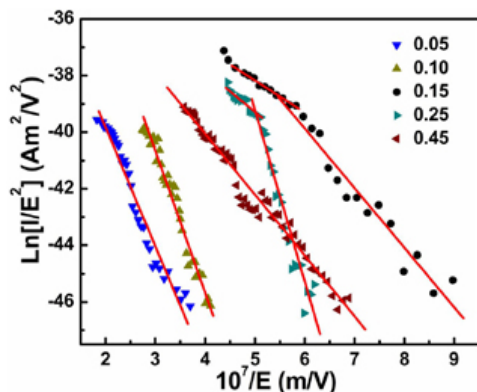
2. J.An et al., *Chem. Phys. Lett.* **511**, 351 (2011).

Холодный полевой эмиттер на основе полимера с добавкой УНТ

Как известно, введение углеродных нанотрубок (УНТ) в полимерную матрицу существенно изменяет свойства материала. Даже небольшого количества УНТ (менее 1%) достаточно, чтобы проводимость полимера увеличилась на многие порядки величины, так что в результате подобной модификации материал переходит из разряда диэлектриков в разряд проводников. Исследования, проведенные в Indian Inst.of Science, Bangalore (Индия) [1], показали, что добавление УНТ к полимерной матрице придает материалу также эмиссионные свойства. Холодный полевой эмиттер на основе полимера с присадкой УНТ представляет практический интерес, поскольку для этих приборов, в отличие от полевых эмиссионных катодов на основе массивов УНТ, менее существенны проблемы, связанные с деградацией эмиттера под действием ионной бомбардировки и с изменением ориентации УНТ под действием приложенного электрического поля.

В работе исследовали массив вертикально ориентированных многослойных УНТ длиной около 100 мкм и диаметром 50 нм, выращенный стандартным методом CVD при 980°C с использованием смеси паров толуола и ферроцена. В качестве полимерной матрицы использовали полистирол (ПС), который покрывал массив УНТ. Высота полимерной пленки составляла 50-100 мкм. Пленку нарезали на участки размером 1×6 мм², которые служили в качестве эмиттеров, после чего обрабатывали сверху абразивным материалом до тех пор пока концы УНТ не выступали на 5-10 мкм. Эмиссионные свойства полученных образцов эмиттера изучали в двухэлектродной конфигурации при остаточном давлении ~ 10⁻⁶ Торр и расстоянии между катодом и анодом 200 мкм. Напряжение на аноде изменяли в пределах от 0 до 1100 В, а весовую долю УНТ в образцах – в

пределах от 0.01 до 0.45. Измерения показывают, что при весовой доле УНТ равной 0.15 на 1 мкм^2 поверхности образца имеется в среднем 20 нанотрубок. Вольт-амперные характеристики образцов эмиттера с различным содержанием УНТ представлены на рисунке в координатах Фаулера-Нордгейма. Близкая к прямолинейной форма зависимости указывает на механизм эмиссии, связанный с туннелированием электронов.



Вольт-амперные характеристики образцов эмиттера с различным содержанием УНТ в координатах Фаулера-Нордгейма.

Обработка полученных зависимостей с помощью уравнения Фаулера-Нордгейма позволяет определить коэффициент усиления электрического поля, который оказался равным 1709, 2154, 6494, 4994 и 3552 для образцов с массовым содержанием 0.05, 0.10, 0.15, 0.25 и 0.45, соответственно. Немонотонный характер зависимости коэффициента усиления электрического поля от весовой доли УНТ обусловлен экранированием электрического поля нанотрубками, который проявляется при высоких плотностях массива и приводит к снижению эффективной величины электрического поля, действующего на нанотрубки. Максимальная плотность тока эмиссии (около $100 \text{ mA}/\text{cm}^2$) наблюдается при весовой доле УНТ равной 0.15. Результаты выполненных исследований показывают, что использование в качестве эмиттера композитного материала, представляющего собой полимерную матрицу, заполненную вертикально ориентированными УНТ, позволяет решить многие технические проблемы, стоящие на пути разработки холодных полевых эмиттеров на основе УНТ.

А.Елецкий

1. I. Sameera et al., *J. Appl. Phys.* **111**, 044307 (2012).

МАГНИТЫ

“Химический маятник” в магнитном поле

Автоколебания в реакции Белоусова-Жаботинского (БЖ), на первый взгляд, хорошо известны и давно относятся к популярным демонстрационным опытам. Однако и этот процесс преподносит новые сюрпризы, если протекает в магнитном поле. Несмотря на полувековую историю реакции БЖ, влияние магнитного поля на нее было обнаружено совсем недавно. Осцилляции магнитных свойств раствора были обнаружены в виде периодических колебаний амплитуды спектра ЭПР в растворе. Для получения спектра ЭПР раствор быстро замораживали на определенной стадии периодических колебаний его цвета, которые наблюдали при комнатной температуре [1]. На рис. 1 видно, что для синего замороженного раствора ферроина амплитуда спектра существенно выше, чем для красного (в основном содержащего ферриин). Это говорит о том, что магнитные восприимчивости ферроина и ферриина значительно различаются.

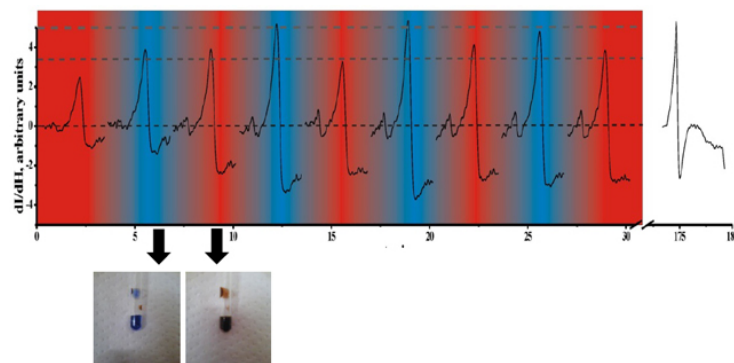


Рис. 1. Осцилляции ЭПР-сигнала в замороженном растворе “ферриин-ферроин”.

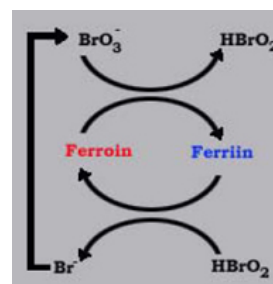


Рис. 2. Схема реакции Белоусова-Жаботинского.

Существует множество модификаций реакции БЖ, из которых для опытов в магнитном поле была выбрана автоколебательная реакция ферриин \leftrightarrow ферроин (рис. 2). Многими авторами независимо друг от друга были получены доказательства того, что магнитное поле влияет на этот автоволновой процесс. В качестве физического механизма влияния МП в литературе обсуждались изменение скорости спин-зависимой химической реакции, параметрический ионный резонанс, влияние силы Лоренца на конвекцию и др. Окончательно выбор механизма,

похоже, был сделан в [2]. Обычно реакцию БЖ наблюдают на поверхности раствора в виде впечатляюще красивых расходящихся волн. Однако в [2] были проведены изящные измерения в более простой ситуации, когда фронт автокаталитической реакции распространялся в капилляре в одном измерении. Это упрощение позволило количественно ответить на вопрос об изменении скорости фронта реакции в магнитном поле. Кроме того, в [2] было использовано неоднородное магнитное поле, а скорость распространения фронта реакции изучали как функцию градиента магнитного поля dB/dz . Было установлено, что увеличение скорости реакции прямо пропорционально градиенту магнитного поля, а его знак зависит от направления магнитного поля (рис.3).

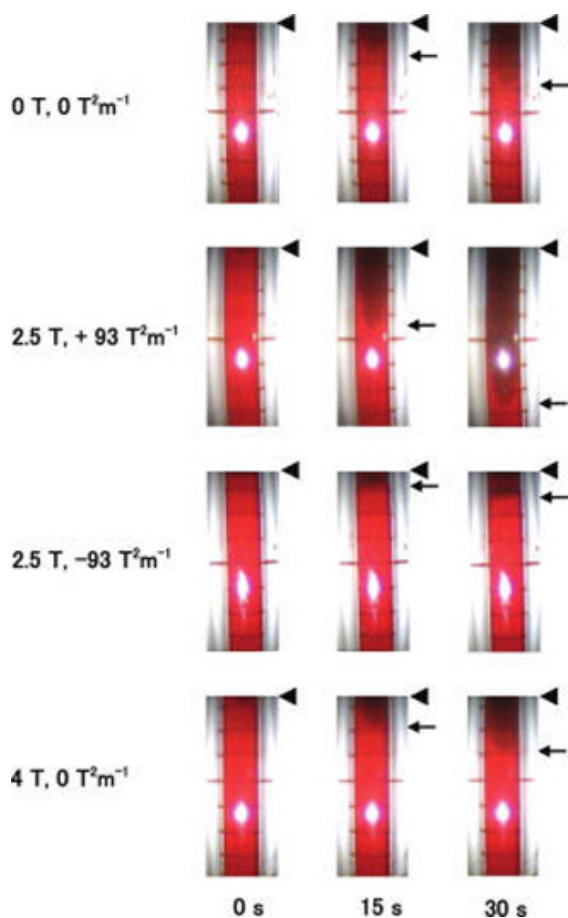


Рис. 3. Изображения фронта распространения волны реакции в вертикальном магнитном поле (треугольники – исходные позиции фронта ($t=0$ сек); стрелки – положение фронта волны в момент времени t сек).

Если градиент магнитного поля равен нулю, или поле направлено перпендикулярно направлению распространения фронта БЖ, то магнитное поле не оказывает влияния на реакцию. Эти данные позволяют отбросить спин-зависимые реакции из рассмотрения и утверждать, что на скорость реакции БЖ влияет разница магнитных восприимчивостей ферроина χ_b и ферриина χ_r на границе раздела этих растворов, поскольку ферриин – диамагнитный, а ферроин – парамагнитный раствор. В присутствии градиента магнитного поля возникает сила:

$$F_{mag} = (1/\mu_0)m(\chi_b - \chi_r)B(dB/dz),$$

где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума, m – масса раствора. Сила F_{mag} “подталкивает” фронт автокаталитической реакции в направлении градиента или тормозит его. Таким образом, “химический маятник” можно тормозить или раскачивать силовым путем с помощью магнитного поля, что дает ключ к управлению многими процессами, в том числе биологическими.

О. Коплак

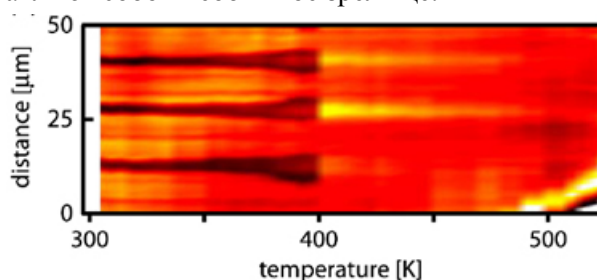
1. R.Nishikiori, et al., Сборник тезисов Всероссийской конференции с международным участием “Спектроскопия и томография электронного парамагнитного резонанса в химии и биологии”, 6-10 октября 2011, Москва, с. 36.

2. R.Nishikiori et al., J. Phys. Chem. A 115, 4592 (2011).

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Следы на поверхности или улыбка чеширского кота

Всем кто занимается физикой твердого тела хорошо известен тот факт, что свойства поверхности могут сильно отличаться от свойств того же вещества в объеме. Однако открывающиеся все новые свойства поверхностей не перестают удивлять. Так в недавней работе германских ученых [1] показано, что следы доменов, являющихся характерным признаком сегнетоэлектрического упорядочения в объеме материала, остаются на поверхности даже выше температуры Кюри, когда вещество переходит в параэлектрическое состояние. Данная ситуация напоминает улыбку чеширского кота: бывает сегнетоэлектрическое упорядочение без доменов, но домены без сегнетоэлектрического упорядочения представляют собой необычное зрелище.



Температурная зависимость контраста, соответствующего доменной структуре, при наблюдении поверхности титаната бария с помощью фотоэмиссионного электронного микроскопа [1]. Темный и светлый контрасты обозначают нормальную составляющую электрической поляризации направленную, соответственно, вглубь и наружу кристалла. В точке Кюри контраст доменов инвертируется и постепенно убывает с ростом температуры.

Для визуализации доменов использовали технику фотоэмиссионной электронной микроскопии, позволяющую визуализировать сегнетоэлектрическую поляризацию в тонком приповерхностном слое материала. Чтобы исключить влияние адсорбирован-

ных атомов, поверхность сегнетоэлектрика (в качестве которого был взят типичный представитель этого класса – титанат бария) специально очищали, а измерения проводили в сверхвысоком вакууме. На рисунке показана температурная зависимость контраста, соответствующего доменной структуре. Бросаются в глаза две необычные особенности: наличие изображения доменной структуры выше точки Кюри (400К) и смена контраста в этой точке. Причины наблюдаемого явления до конца не ясны. Как полагают авторы [1], оно может быть связано с тетрагональным искажением кубической решетки перовскита вблизи поверхности, которая может существовать даже в отсутствие электрической поляризации.

А. Пятаков

1. *A. Hofer et al, Phys. Rev. Lett. 108, 087602 (2012).*

КОНФЕРЕНЦИИ

XXII Совецание по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния (РНИКС-2012), 15 - 20 октября 2012 г., г. Гатчина, Россия



Тематика

1. Кристаллические структуры и элементарные возбуждения
2. Магнитные структуры и взаимодействия
3. Магнетизм и поляризованный нейтроны
4. Сильно коррелированные электронные системы
5. Некристаллические материалы, полимеры и жидкости
6. Биологические системы
7. Слоистые структуры, тонкие пленки и поверхности
8. Фундаментальные взаимодействия и свойства нейтрона
9. Источники нейтронов, приборы и методика нейтронного эксперимента

10. Наноструктурированные, углеродные и композитные материалы
11. Функциональные материалы, материаловедение и прикладные исследования (энергетика, окружающая среда, геофизика, культурное наследие)
12. Комплементарные нейтронные и синхротронные исследования вещества

Контрольные даты

окончание приема тезисов докладов - **09.06.2012**
 Секретарь Совецания - Губанова Надежда Николаевна, e-mail: rniks2012@gmail.com
 тел. (81371)-46185,
 факс (81371)-390-23.
 Сайт: <http://rno.pnpi.spb.ru/infoconf.php?2012>

XIII Всероссийская научная школа-семинар по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-13), 7 - 14 ноября 2012 г., г. Екатеринбург, Россия

Научная программа:

1. Магнитные явления
2. Фазовые переходы и критические явления
3. Проводимость и транспортные явления
4. Оптика и спектроскопия
5. Резонансные явления
6. Физика низких температур
7. Структурные и механические свойства твёрдых тел
8. Неразрушающий контроль
9. Теплофизические свойства веществ
10. Электрофизика
11. Наноматериалы
12. Биофизика

Важные даты

Последний срок подачи заявок и тезисов – **10 сентября 2012 г.**

E-mail : spfks@imp.uran.ru

Сайт: <http://smu.imp.uran.ru>

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой ИФТТ РАН и НИЦ “Курчатовский институт”

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

Научные редакторы К.Кугель, Ю.Метлин

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

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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