

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Дираковские фермионы в графитовых слоях

Квантовая электродинамика (продукт квантовой механики и теории относительности) позволила объяснить и предсказать множество явлений в самых различных областях, таких, например, как физика элементарных частиц, астрофизика, космология, квантовая химия. Хотя в твердотельных системах релятивистские эффекты, как правило, очень малы и для описания таких систем оказывается достаточно нерелятивистского уравнения Шредингера, тем не менее, идеи, лежащие в основе квантовой электродинамики, оказали существенное влияние на развитие теории конденсированного состояния. В работе [1] российских (ИПТМ РАН, Черноголовка), английских и голландских физиков экспериментально установлено, что носители заряда в изолированном графитовом монослое (так называемом *графене*) ведут себя подобно релятивистским частицам с нулевой массой покоя и описываются уравнениями Дирака с эффективной "скоростью света" $c^* \sim 10^6$ м/с, которая на два порядка меньше истинной скорости света.

Хотя сам графит исследуется уже многие десятилетия, долгое время считалось, что один, отдельно взятый графитовый монослой не может оставаться плоским и обязательно должен покоробиться или свернуться в цилиндр (углеродную нанотрубку). Методика получения графена была разработана лишь в 2005 году [2]. Она является достаточно простой и заключается в последовательном микромеханическом отделении слоев от монокристалла графита до тех пор, пока в нем не останется всего один слой. Полученные таким образом монослои графена химически устойчивы в нормальных условиях и характеризуются очень высокой подвижностью носителей заряда. Именно такие графеновые пленки и были использованы в работе [1].

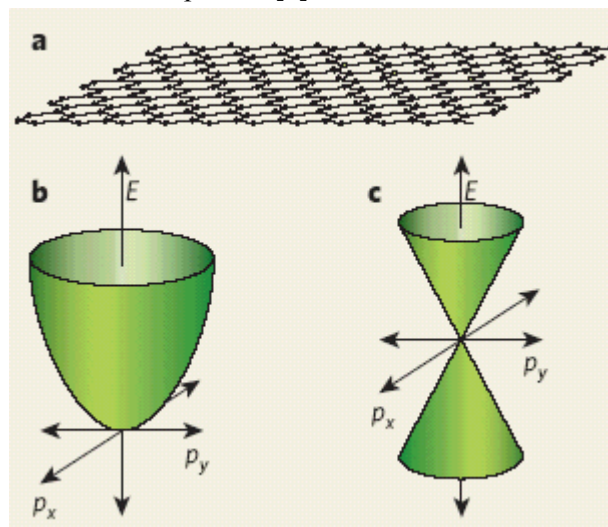


Рис.1 (из статьи Nature 2005, 438, 168). а) Графен (графитовый монослой); б) квадратичный закон дисперсии электронов в полупроводнике; в) закон дисперсии электронов в графите.

Атомы углерода в графене образуют структуру, похожую на пчелиные соты

(рис. 1а). Каждый атом связан с тремя соседними посредством очень прочных ковалентных связей. В формировании этих связей участвуют три из четырех валентных электронов атома. Четвертые же электроны могут свободно двигаться вдоль графена, обеспечи-

И далее ...

2 Сорбция водорода – теоретики полны оптимизма

4 Углеродные нанотрубки для топливных элементов

СПИНТРОНИКА

5 На пути к спиновой логике

СВЕРХПРОВОДНИКИ

5 Симметрия сверхпроводящего состояния в $Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$

6 Отсутствие эффекта Джозефсона в тонкопленочном сверхпроводнике

НОВОСТИ ФИЗИКИ В БАНКЕ ПРЕПРИНТОВ

7 Сверхпроводимость в кремниевых наноструктурах?

Признаки высокотемпературной сверхпроводимости в $Sr-Ru-O$

Туннельные спектры и магнитные вихри в алмазе, легированном бором

S-волновая компонента параметра порядка в $YBa_2Cu_3O_7$

Примеси и симметрия параметра сверхпроводящего порядка $Na_xCoO_2 \cdot H_2O$

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

7 Бюджет на науку в США в 2006 году

8 Европа хочет догнать Америку

КОНФЕРЕНЦИИ

8 26-30 June, 2006. Donostia-San Sebastian, Spain. JEMS'06

вая ему прекрасную электрическую проводимость. В отличие от двумерных полупроводниковых структур, где закон дисперсии электронов вблизи дна зоны является квадратичным, $\varepsilon(p) = p^2/2m^*$ (m^* – эффективная масса) – рис. 1b, в графене закон дисперсии – линейный, $\varepsilon(p) = c^* \cdot p$ ($c^* \approx 10^6$ м/с) – рис. 1с, как и для релятивистских безмассовых частиц, движущуюся со скоростью света. Отсюда следует, что с формальной точки зрения электроны в графене подчиняются двумерному аналогу уравнений Дирака. Это приводит к ряду интересных особенностей. Во-первых, в графене имеет место не целочисленный, а полуцелочисленный квантовый эффект Холла: ступеньки холловской проводимости сдвинуты на половину “кванта проводимости” (в тонких графитовых пленках, даже состоящих всего из двух графитовых слоев, такого не наблюдается) – рис. 2.

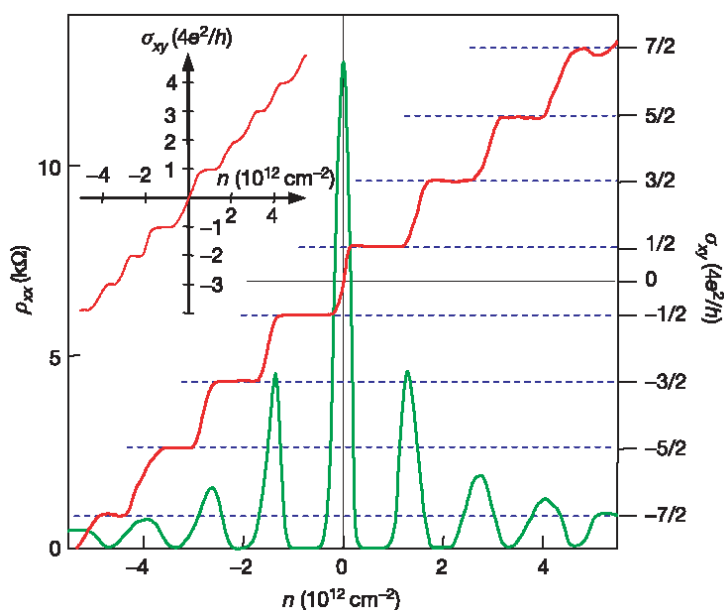


Рис. 2 (из статьи [1]). Квантовый эффект Холла в монослое графена и в двуслойном образце (вставка).

Во-вторых, проводимость графена в нулевом магнитном поле никогда не опускается ниже минимальной величины, очень близкой к $4e^2/h$, независимо от чистоты образца – рис. 3.

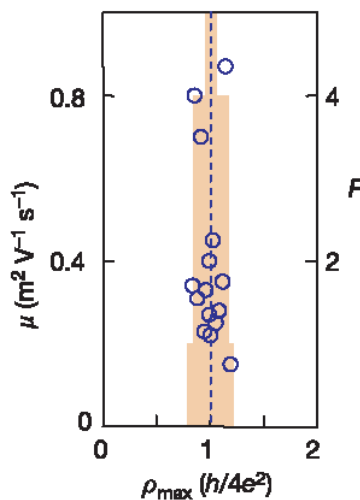


Рис.3 (из статьи [1]). Максимальная величина сопротивления в монослоях графена с различной подвижностью (P – число измеренных образцов).

Само по себе это не удивительно, но почему численный множитель равен именно четырем – непонятно.

В-третьих, при отхо-

де от минимума проводимость линейно увеличивается с ростом напряжения – рис.4, что вполне ожидаемо для массивных “ньютоновских”, но никак не для дираковских электронов. Искать ответы на все эти вопросы так или иначе придется, если мы хотим по максимуму использовать уникальные свойства графена в наноэлектронике. Теоретикам надо срочно точить свои карандаши (между прочим, с графитовыми стержнями...).

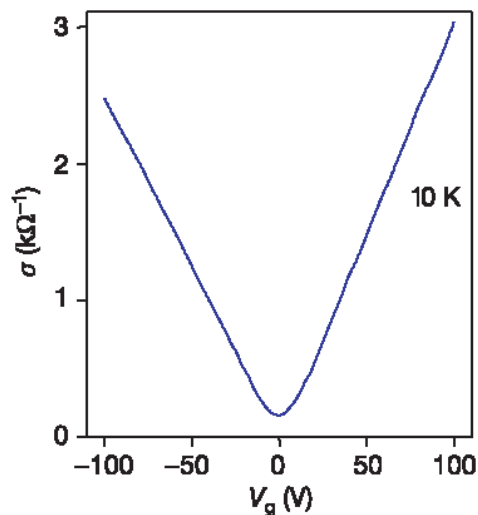


Рис.4 (из статьи [1]). Проводимость монослоя графена как функция напряжения.

1. K.S.Novoselov et al. *Nature* 2005, **438**, 197
2. K.S.Novoselov et al. *Science* 2004, **306**, 666

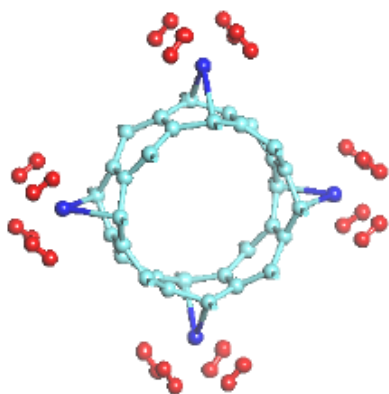
Сорбция водорода – теоретики полны оптимизма

Практически вдобавку статье [1] о новых металлоорганических сорбентах водорода – фуллеренах, с которыми связаны атомы переходных металлов, появились две (также теоретические) статьи других, не менее известных авторов о высокой сорбции водорода углеродными нанотрубками и фуллеренами C_{60} , декорированными легкими переходными металлами [2,3]. Напомним, что в первой статье речь идет о металлоорганических молекулах на базе C_{60} , а именно $C_{60}[ScH_2]_{12}$ и $C_{48}B_{12}[ScH]_{12}$. Эти системы способны обратимо адсорбировать дополнительный водород, образуя $C_{60}[ScH_2(H_2)_4]_{12}$ и $C_{48}B_{12}[ScH(H_2)_5]_{12}$; при этом теоретически может быть достигнута емкость 7.0 и 8.77 масс. %, соответственно.

Результаты работы [2], выполненной совместно сотрудниками Nat. Inst. Standards and Technology (США) и Bilkent Univ. (Турция), развивают фундаментальные представления о диссоциативной и молекулярной хемосорбции водорода наноструктурами и предлагают новые пути решения проблемы хранения водорода. В самом деле, вычисления из первых принципов показали, что один атом титана, находящийся на одностенной углеродной нанотрубке (ОСНТ), может связывать до 4 молекул водорода. Адсорбция первой молекулы водорода является диссоциативной, без энергетического барьера,

затем следуют три молекулярные адсорбции (несколько попыток добавить пятую молекулу водорода оказались неудачными). Чтобы повысить сорбционную емкость по водороду, очевидно, сначала надо присоединить побольше атомов титана к нанотрубке. Авторы провели расчеты для двух простых случаев, когда Ti находится в 1/4 и 1/2 всех гексагонов (8,0) ОСНТ. Эти конфигурации показаны на рис.1 и соответствуют примерно 5 и 8 вес. % водорода! А ведь эксперименты говорят о том, что равномерно (без сегрегации) покрыть углеродные нанотрубки атомами титана возможно [4,5]. Полученные результаты [2] объясняются в рамках модели Dewar-Chatt-Duncanson, например, [6]: взаимодействие металла и водорода вызвано передачей части заряда с высшей занятой орбитали лиганда на свободные состояния металла и соответствующей обратной передачей с заполненных d -орбиталей на самые нижние незанятые орбитали лиганда. Таким образом, ясно, что для образования комплекса металл – водород нужно наличие как заполненной, так и пустой d -орбитали.

a C_8TiH_8 (5.3 wt%)



b C_4TiH_8 (7.7 wt%)

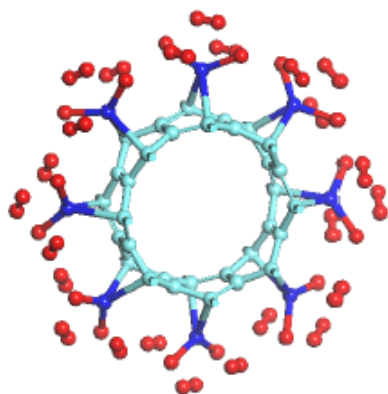


Рис.1 Два варианта высокоплотного покрытия водородом $Ti(8,0)$ ОСНТ.

В следующей работе [3] эти же авторы показали, что аналогичные явления происходят и для молекул C_{60} , декорированных легкими переходными металлами. Хотя T.Yildirim et al. и принимают основные выводы работы [1], тем не менее, они не согласны с моделью, основанной на исключительной роли циклопентадиено-

вых колец (C_5H_5) в связывании переходных металлов. Рассмотрение [3] возможных адсорбционных центров для атома титана на молекуле C_{60} (рис.2) показало, что наиболее стабильная конфигурация соответствует адсорбции на H (гексагональном)-центре (рис. 2a). Энергия связи одного атома титана равна 2.1эВ. Следующая по стабильности – D конфигурация с энергией связи ~ 1.8 эВ (рис.2d), затем – P (~ 1.6 эВ), наименее стабильная – S (~ 1.2 эВ),

ПерсТ, 2005, том 12, выпуск 23

(рис. 2c), она в дальнейшем не рассматривалась. В пентагональных центрах P , по мнению авторов, нет ничего исключительного.

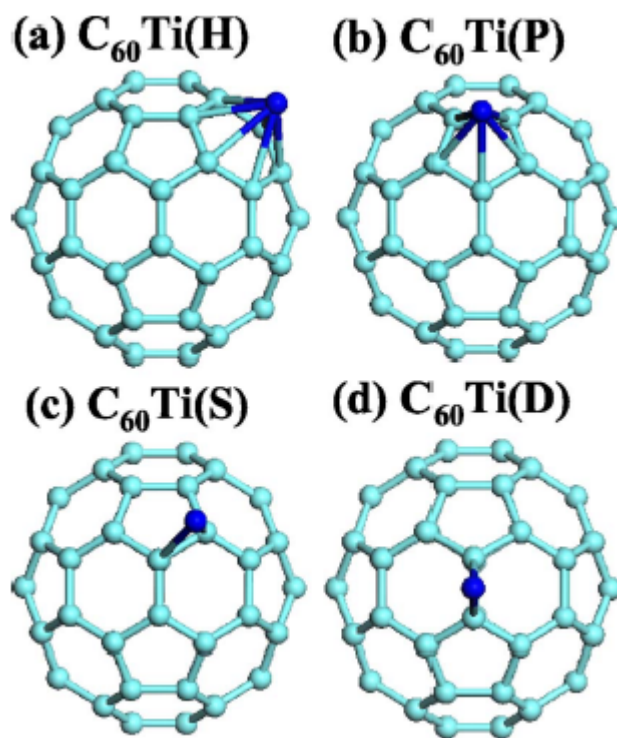
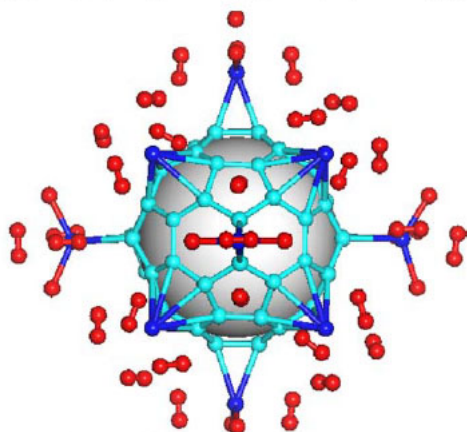


Рис.2. (из статьи [3]). Четыре возможных центра адсорбции для атома титана на молекуле C_{60}

Вычисления показали, что адсорбция первой молекулы водорода на $C_{60}Ti(D)$ является диссоциативной. Затем к группе TiH_2 без диссоциации присоединяются две молекулы водорода (по одной с каждой стороны), и, потом, четвертая молекула сверху. Для $C_{60}Ti(H)$ адсорбция первой молекулы, так же, как и последующих, проходит без диссоциации, и образуется финальная симметричная конфигурация. Для $C_{60}Ti(P)$ адсорбция первой молекулы водорода диссоциативная.

Чтобы увеличить сорбционную емкость, можно, как и в случае с нанотрубками, присоединить дополнительные атомы титана к C_{60} . Авторы рассмотрели несколько вариантов. Один из наиболее интересных – когда шесть атомов титана занимают D позиции, а еще восемь – H позиции (рис. 3). Такая система $C_{60}[Ti(D)H_2-3H_2]_6[Ti(H)-4H_2]_8$, или в общем виде $C_{60}Ti_{14}H_{112}$, имеет сорбционную емкость 7.5 вес. % водорода (если считать, что можно извлечь весь водород) или 6.7 вес. %, если считать, что можно выделить только водород, адсорбированный в виде молекул. Система $C_{60}[Ti(D)H_2-3H_2]_6$, в которой 6 атомов Ti занимают D позиции, имеет, соответственно, сорбционную емкость 4.3 вес. % и 3.4 вес. % водорода. Учитывая величину энергии связи водород–переходный металл в диапазоне 0.3-0.4эВ и нулевую энергию активации присоединения H_2 , можно предположить, что десорбция водорода будет происходить вблизи комнатной температуры.



7.5 (6.7) wt% H₂

$E_B = 2.089 \text{ eV}/4\text{H}_2$ (2.021 eV)

Рис.3. (из статьи [3]). Увеличение сорбционной емкости при присоединении дополнительных атомов *Ti* к *C*₆₀ (6 атомов *Ti* занимают *D* позиции, а еще 8 – *H* позиции).

Авторы изучили и другие переходные металлы и обнаружили, что *Sc* и *Ti* предпочитают *H* центры, *V* и *Cr* – *D* центры молекулы *C*₆₀, а комплексы с *Mn*, *Fe* и *Co* нестабильны (отрицательные величины энергии связи). Водород может присоединяться к *Sc* и *V* аналогично тому, как это происходит для *Ti*. Заметим, что эксперименты указывали на возможность присоединения к *C*₆₀ легких переходных металлов [7].

Таким образом, результаты работ [2,3] предсказывают, что, декорируя наноструктурные системы легкими переходными металлами, можно создать высокеемкие адсорбенты водорода.

О.Алексеева

1. *Phys. Rev. Lett.* 2005, **94**, 155504 (см также ПерсТ - <http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/514/index.htm>)
2. *Phys. Rev. Lett.* 2005, **94**, 175501
3. *Phys. Rev. B* 2005, **72**, 153403
4. *Appl. Phys. Lett.* 2000, **77**, 3015
5. *Chem. Phys. Lett.* 2000, **331**, 35
6. *Modern Coordination Chemistry: The Legacy of Joseph Chatt* (Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2002)
7. *Phys. Rev. Lett.* 1996, **77**, 3529

Углеродные нанотрубки для топливных элементов

Наноматериалы на основе платины и рутения, известные как катализаторы различных химических процессов, в последнее время привлекают особое внимание в связи с активизацией разработок эффективных топливных элементов. Как уже сообщалось в ПерсТе, применение в качестве носителей катализатора углеродных нанотрубок и нановолокон, обладающих высокой удельной поверхностью, электропроводностью и прочностью, позволяет по-

высить активность электрокатализаторов и улучшить другие характеристики топливных элементов [1]. К сожалению, данные ряда работ говорят о том, что даже очень малые примеси *CO*, содержащиеся в водороде (полученном, например, из природного газа или метанола) способны серьезно отравить активные центры платинового катализатора. В настоящее время наиболее устойчивыми к воздействию *CO* признаны наноконпозиты *PtRu*. Об их стабильной работе говорят, например, данные [2]. Однако на практике соответствующие электрокатализаторы пока не применяют, однако ведутся интенсивные работы по повышению их активности.

Разработаны различные способы синтеза биметаллических катализаторов. Чаще всего используют методы химического восстановления, когда на поверхность носителя осаждают металлсодержащий прекурсор, который затем восстанавливают в металлические наночастицы. При использовании в качестве носителей углеродных нанотрубок и нановолокон в большинстве случаев требуется предварительная окислительная обработка (например, кислотами *H*₂*SO*₄, *HNO*₃) для того, чтобы сделать изначально гидрофобную поверхность более доступной для прекурсоров металлов. Такая обработка увеличивает удельную поверхность, на нанотрубках образуется большое число функциональных групп, и наночастицы металла распределяются более равномерно по поверхности носителя и в целом имеют меньшие размеры.

Интенсивные исследования и разработки электрокатализаторов топливных элементов с использованием углеродных нанотрубок и нановолокон проводятся в Китае. В недавней работе [3] авторы (Dalian Inst. Chemical Physics, CAS) сообщают о синтезе наноконпозитов *PtRu* на многостенных углеродных нанотрубках (МСНТ) с использованием двух химических восстановителей – водный формальдегид (метод *HCHO*) и этиленгликоль (метод *EG*). МСНТ предварительно были разделены на две части и обработаны 8М и 4М водными растворами перекиси водорода *H*₂*O*₂. Изучали влияние растворителей (воды и этиленгликоля) и поверхностного состава МСНТ на осаждение и дисперсность прекурсоров металла или металлических частиц.

Полученные композиты испытывали в качестве анодных катализаторов (2.0мг *PtRu*/см²) мембрано-электродного блока с полимерной электролитической мембраной Nafion 112 (*H*⁺ DuPont). В качестве контрольного образца для сравнения использовали коммерческие *PtRu* катализаторы на обычном углеродном носителе (саже) Vulcan XC-72R (Johnson-Matthey Co.). В качестве катодного катализатора использовали коммерческий 50 вес.% *Pt/C*, 0.7мг *Pt*/см² (Johnson-Matthey Co.). На электроды подавали увлажненный водород, содержащий 50·10⁻⁶ *CO*, и кислород. Испытания проводили при температуре 353К и давлении 0.2МПа.

Оказалось, что катализаторы, приготовленные двумя указанными выше методами (*HCHO* и *EG*), заметно отличаются. Полярность растворителя сильно влияет на осаждение прекурсора. На носителях, полученных методом *HCHO*, по данным электронной микроскопии практически не оказалось металлических частиц. При использовании метода *EG* этиленгликоль, растворитель слабой полярности, способствовал достаточно равномерному распределению металлических частиц на поверхности МСНТ. Также выяснилось, что поверхностный состав носителя, зависящий от предварительного оксидирования, влияет на размер частиц металла – при обработке 4 М H_2O_2 были получены более мелкие и более однородные частицы (средний размер 2.3 нм, разброс 2-8 нм), чем при обработке 8 М H_2O_2 (средний размер 3.2 нм, разброс 1-14 нм).

В целом результаты испытаний продемонстрировали хорошую работу нанокмппозитов, полученных методом *EG*, в присутствии *CO*. Характеристики таких катализаторов при предварительной обработке в 4 М H_2O_2 оказались лучше, чем для используемых коммерческих *PtRu/C* (Johnson-Matthey Co.). Авторы продолжают работу по оптимизации условий синтеза.

О.Алексеева

1. *ПерсТ* 2005, 12, вып. 1-2, с.5
(http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/5_01_02/index.htm)
2. *Carbon* 2004, 42, 3257
3. *Carbon* 2005, 43, 3144

СПИНТРОНИКА

На пути к спиновой логике

Очевидная близость кончины закона Мура в микроэлектронике заставляет искать новые принципы функционирования вычислительной техники. Одним из революционных направлений здесь является спиновая электроника (спинтроника). В ее основе лежит идея использовать для вычислений не заряды электронов, а их спины (то есть собственные магнитные моменты). На этом пути уже достигнуты определенные успехи и, в частности, изготовлены двухтерминальные устройства, простейшим представителем которых является спиновый клапан. Эти устройства состоят из двух ферромагнитных электродов, разделенных слоем немагнитного вещества. Электрический ток зависит от взаимной ориентации векторов намагниченности электродов: если они параллельны – ток есть, а если антипараллельны – тока нет. Однако для цифровой логики и обработки сигналов требуются более сложные устройства, в которых возможен независимый контроль спинового тока за счет электрического напряжения, подаваемого на дополнительный третий терминал. Такие устройства давно обсуждаются теоретически, но изготовить их до сих пор не получалось.

Группа из Университета Базеля (Швейцария) сообщила о первой удачной попытке создания трехтер-

минального спин-электронного прибора [1]. Его работа основана на эффекте туннельного магнитосопротивления, то есть на переходе электронов из одного ферромагнитного электрода в другой не посредством обычных делокализованных состояний, а путем квантового туннелирования через немагнитный мостик. Роль мостика играла углеродная нанотрубка длиной ~ 500 нм, из-за малых размеров которой в токопередаче задействовано лишь небольшое число дискретных энергетических уровней, так что квантовомеханическая фаза туннелирующих электронов сохраняется на всей ее длине. Поэтому такой прибор можно назвать фазово-когерентным спиновым вентилем. Его полное сопротивление не есть простая арифметическая сумма сопротивлений магнитных электродов и немагнитного мостика (как в обычном некогерентном спиновом клапане), а определяется сопротивлениями двух отдельных каналов – для электронов со спином “вверх” и для электронов со спином “вниз”. Оно существенно зависит от положения токонесущих квантовых состояний относительно уровня Ферми электродов, поэтому его можно изменять по своему усмотрению с помощью третьего (управляющего) электрода – как в обычном полевом транзисторе на основе кремния. При этом удается контролируемым образом изменять не только величину туннельного магнитосопротивления, но и его знак. Это открывает дорогу к многофункциональным спин-электронным устройствам. Точность, с которой экспериментальные данные согласуются с результатами нехитрых расчетов, впечатляет. К недостаткам нового прибора можно отнести разве что низкую рабочую температуру $T \sim 1$ К. Чтобы ее повысить, нужно значительно увеличить расстояние между дискретными энергетическими уровнями в нанотрубке. А для этого требуется уменьшить ее длину до ~ 20 нм. Современной литографии это вполне по силам. И тогда спинтроника войдет в нашу жизнь при комнатной температуре.

1. *Nature Phys.* 2005, 1, 99

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Симметрия сверхпроводящего состояния в $Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$

Слоистый сверхпроводник $Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$ представляет собой интригующую альтернативу купратным ВТСП: он содержит гексагональные слои CoO_2 – в отличие от квадратной решетки слоев CuO_2 . В литературе широко обсуждалась возможность “необычной” сверхпроводимости этого кобальтита натрия, а именно – триплетного спинового состояния двух электронов в куперовской паре. Поскольку в триплетном состоянии спиновая часть волновой функция симметрична, то координатная часть должна быть антисимметричной, то есть иметь, например, форму *p*- или *f*-симметрии. Однако многочисленные эксперименты дают для орбитальной

симметрии куперовской пары крайне противоречивые и неоднозначные результаты. Специалисты из Naval Res. Lab. (США) тщательно проанализировали 25 различных орбитальных состояний, допустимых для гексагональной решетки, на предмет того, согласуются ли они с твердо установленными экспериментальными фактами: 1) “двумерностью” сверхпроводящего параметра порядка, 2) наличием нулей сверхпроводящей щели на поверхности Ферми, 3) отсутствием спонтанно индуцированных магнитных моментов ниже T_c [1]. Это позволило исключить из рассмотрения 23 типа спаривания. Оказалось, что оба оставшихся состояния имеют f -симметрию (см. рисунок). Хотя результаты такого дедуктивного анализа представляются довольно неожиданными, не стоит забывать главный принцип работы Шерлока Холмса: если отброшено все невозможное, то остается истина, какой бы невероятной она ни казалась. Таким образом, $Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$ претендует на роль самого экзотического из известных сверхпроводников.

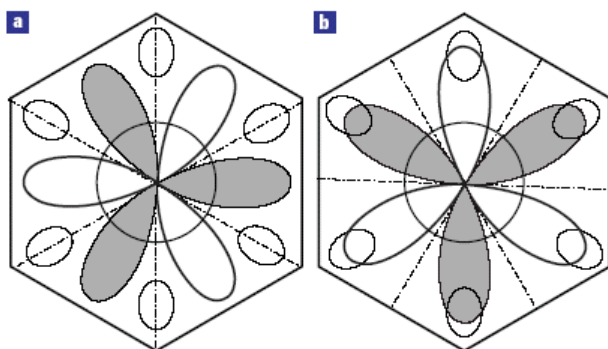


Рис. Предполагаемый вид поверхности Ферми и возможный тип f -волнового параметра порядка в $Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$: (a) $y(y^2 - 3x^2)$; (b) $x(x^2 - 3y^2)$.

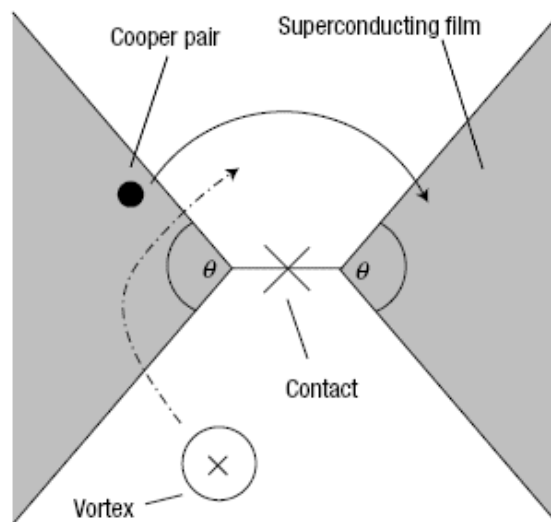
Л.Опенев

1. *Nature Phys.* 2005, 1, 91

Отсутствие эффекта Джозефсона в тонкопленочном сверхпроводнике

Эффект Джозефсона заключается в существовании бездиссипативного электрического тока (сверхтока) через так называемую слабую связь (например, диэлектрический барьер) между двумя сверхпроводниками. В основе этого эффекта лежит фундаментальный принцип спонтанного нарушения симметрии при фазовом переходе второго рода: в сверхпроводящем состоянии волновая функция куперовских пар (параметр порядка) имеет определенную фазу, что означает наличие в системе дальнего порядка, который выживает даже в присутствии тепловых флуктуаций (если только $T < T_c$). Джозефсовский ток пропорционален синусу разности фаз двух контактирующих сверхпроводников. Для изучения эффекта Джозефсона долгое время использовали исключительно объемные (т.е. трехмерные) сверхпроводники, в которых несущественны флуктуации фазы (речь не идет о пленочных туннельных

джозефсоновских переходах). В последние же годы экспериментаторы начали задействовать для этих целей тонкие пленки и очень узкие контакты с характерными размерами всего лишь несколько нанометров. Но в низкоразмерных сверхпроводниках фазовые корреляции уже не являются дальнедействующими: они убывают по степенному закону (“квазидальний порядок”). Для таких систем теория эффекта Джозефсона нуждается в уточнении.



Первый шаг в этом направлении сделали авторы работы [1], которые проанализировали характеристики контакта между двумя тонкопленочными сверхпроводниками. Они рассмотрели контакт, имеющий форму галстука-бабочки (см. рисунок) и показали, что при конечной температуре туннельное сопротивление R этого контакта отлично от нуля, хотя и убывает при $T \rightarrow 0$ по экспоненциальному закону $R \sim \exp(-E_a/k_B T)$. Таким образом, эффект Джозефсона в двумерных системах имеет место только при $T = 0$. Энергия активации E_a зависит от температуры и определяется величиной сверхтекучей жесткости $K_s = \eta^2 n_s / m$, где n_s – концентрация куперовских пар, m – масса одной пары. На практике для измерения K_s в тонких пленках используют индукционный метод. Варьируя параллельное поверхности пленки магнитное поле, можно изменять K_s и таким образом экспериментально проверить теоретическую формулу для $R(T)$. При этом энергию джозефсоновского взаимодействия J и частоту обрезания ω_c следует рассматривать как подгоночные параметры. Поскольку при субкельвиновых температурах величина R очень мала, то для ее более точного определения можно попытаться измерять скорость затухания сверхтока в кольцевой геометрии. Теперь остается ждать, что нам скажут эксперименты с двумерными джозефсоновскими контактами.

1. *Nature Phys.* 2005, 1, 117

НОВОСТИ ФИЗИКИ В БАНКЕ ПРЕПРИНТОВ

Сверхпроводимость в кремниевых наноструктурах?

Пока ученый мир спорил о природе сверхпроводящего состояния в легированном бором алмазе, группа из питерского Физтеха (совместно с сотрудниками Политехнического университета Санкт-Петербурга и Технического университета Берлина) использовала бор для легирования кремниевых наноструктур и получила удивительные результаты. По утверждению авторов, наноструктуры, образованные чередующимися узкими кремниевыми квантовыми ямами p -типа и сильно легированными бором δ -барьерами, являются высокотемпературными сверхпроводниками второго рода с $T_c = 145\text{K}$ и $H_{c2}(0) = 0.22\text{Тл}$. Об этом свидетельствуют результаты измерения электросопротивления, термоэдс и магнитной восприимчивости. Экспериментальные значения длины когерентности $\xi = 39\text{нм}$, сверхпроводящей щели $2\Delta = 3.52 k_B T_c$.

N.T.Bagraev *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0510726>

Contact: Nikolai T. Bagraev
impurity.dipole@mail.ioffe.ru

Признаки высокотемпературной сверхпроводимости в Sr-Ru-O

Обнаружено, что после нанесения на кристалл Sr_2RuO_4 (триплетный сверхпроводник с $T_c \sim 1\text{K}$) слоя серебра и облучения лазером в нем появляются признаки высокотемпературной сверхпроводимости с $T_c > 200\text{K}$. Хотя сверхпроводящий переход очень широкий, но он регистрируется как по обращению в нуль сопротивления, так и по выталкиванию магнитного поля. При этом T_c , как и полагается, уменьшается при увеличении измерительного тока. Пока не ясно, что это: очередной артефакт или новое открытие? Но обращает на себя внимание тот факт, что в приповерхностном слое кристалла имеются примеси Ag и повышено содержание кислорода.

A.M.Gulian *et al.*,
<http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0509313>

Contact: Armen M. Gulian armen.gulian@nrl.navy.mil

Туннельные спектры и магнитные вихри в алмазе, легированном бором

Монокристаллические образцы алмаза, легированного бором, исследованы методом сканирующей туннельной спектроскопии при $T < 100\text{мК}$. На туннельной плотности состояний отчетливо видна особенность, связанная с наличием сверхпроводящей щели Δ . Температурная зависимость Δ хорошо описывается в рамках теории БКШ со слабой связью. $2\Delta(0)/k_B T_c \approx 3.48$. Получены изображения магнитных вихрей в слабом поле. Внутри коров вихрей имеются локализованные состояния, что удивительно для такого “грязного” сверхпроводника.

B.Sacepe *et al.*,

<http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0510541>

Contact: Benjamin Sacepe sacepe@cea.fr

S-волновая компонента параметра порядка в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

Анизотропия критического тока контактов между недвойникованными монокристаллами ВТСП $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ и ниобием измерена в плоскости a - b при изменении угла между направлением тока и осью b . Анализ полученных результатов позволил количественно определить вклад действительной s -волновой компоненты в d -волновой параметр порядка. Она оказалась равной 17%. При этом 15 % приходится на долю изотропной s -волны и 2% – на долю анизотропной s -волны. Примеси мнимой s -волны и d_{xy} -волны пренебрежимо малы. Полученные результаты согласуются с анизотропией сверхпроводящей щели $\Delta_b/\Delta_a \approx 1.5$.

H.J.H.Smilde *et al.*, <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0510694>

Contact: Alexander Golubov a.golubov@tn.utwente.nl

Примеси и симметрия параметра сверхпроводящего порядка $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Исследовано влияние легирования марганцем на его критическую температуру T_c в недавно открытом сверхпроводнике $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Спектроскопия поглощения рентгеновского излучения показала, что атомы Mn замещают атомы Co и имеют валентность, близкую к +4. Хотя рассеяние электронов на примесях Mn соответствует унитарному пределу, сильного уменьшения T_c не происходит. Этот факт противоречит широко обсуждаемой гипотезе о том, что параметр сверхпроводящего порядка в этом сверхпроводнике меняет знак на поверхности Ферми. Высказано предположение, что “необычное” спаривание сосуществует с обычной s -волной.

Y.-J.Chen *et al.*,

<http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0511385>

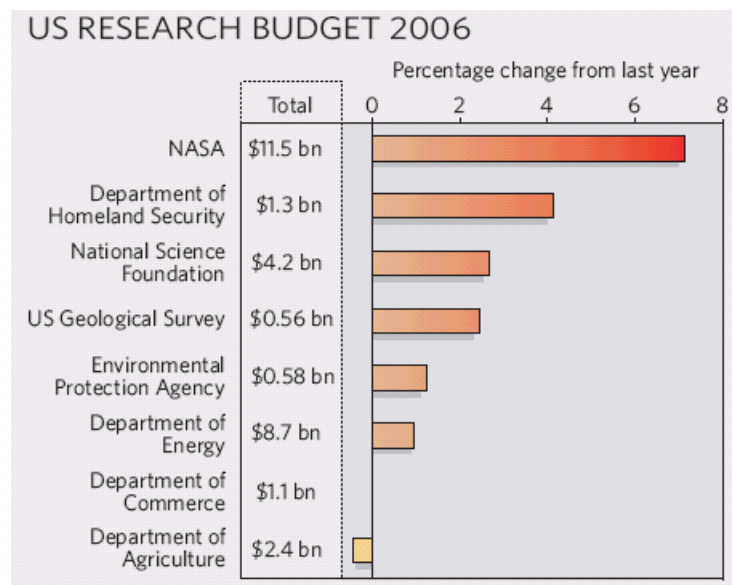
Contact: Jiunn-Yuan Lin ago@cc.nctu.edu.tw

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

Бюджет на науку в США в 2006 году

Итак, Конгресс США утвердил в ноябре бюджет ключевых федеральных агентств на 2006 г. Бюджет был сформирован на основе тех запросов, которые Президент озвучил в феврале этого года, но Конгресс имел право по своему усмотрению корректировать финансирование научных агентств как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Для Национального научного фонда (NSF) 2006 г. ожидается вполне благополучным. Если в 2005 г. его бюджет был срезан на 3%, то в 2006 г. он будет восстановлен до прежнего объема и составит 5.6 млрд. долл., из них 4.2 млрд. на исследования. Не будет обижено в 2006 г. и космическое агентство (NASA). Конгресс утвердил агентству 16.4 млрд. долл., то есть почти столько, сколько просил Пре-

зидент. *NASA* увеличивает финансирование научных исследований на 7.3%.



Управление научных исследований Министерства энергетики США увеличит финансирование R&D на 0.6% до уровня 3.4 млрд. долл. Однако основная часть этих денег поступит на счета подмандатных Конгрессу проектов, таких как суперкомпьютерный центр для Oak Ridge National Lab. В результате несколько важных научных областей будут финансироваться Министерством энергетики по остаточному принципу. Самый тяжелый удар придется выдержать коллайдеру на релятивистских тяжелых ионах (*RHIC*) в Брукхейвенской национальной лаборатории и ускорителю *CEBAF* в Национальном ускорительном комплексе им. Томаса Джефферсона. Уменьшение финансирования этих установок на 8.4% заставит лаборатории сократить их рабочее время на 40%, а в следующем году может встать вопрос о закрытии одного из этих комплексов.

Национальный институт стандартов и технологий (*NIST*) поставлен перед фактом, что его бюджет будет опять уменьшен и в 2006 г. и составит 445 млн. долл. Программа рискованных исследований *NIST* едва выжила в 2005 г., в частности, бюджет программы Advanced Technology Program был урезан на 43% до уровня 65 млн. долл.

Бюджеты агентств охраны окружающей среды и геологической разведки будут увеличены в 2006 г., но на столь малую величину, что она не компенси-

рует инфляцию. На рисунке показано финансирование научных исследований основных федеральных агентств на 2006 г. Однако все представленные цифры могут быть уменьшены как минимум на 2% в пользу военных расходов (на войну в Ираке) и расходов на чрезвычайные ситуации (ликвидация последствий урагана в южных штатах).

Л. Журавлева

1. *Nature* 2005, **468**, 264

Европа хочет догнать (и перегнать?) Америку

В ноябре с.г. Еврокомиссия представила программу помощи Европейским новостям науки для более жесткой конкуренции с новостями из США. В рамках инициативы будет разработана система, призванная улучшить работу прессы в Европейских исследовательских организациях и оказать европейским ученым поддержку в рождении новостных хитов. Размещенная в Брюсселе служба будет, возможно, представлена новой центральной пресс ассоциацией и инициативами, которые подтолкнут Европейских пресс-служащих к более активным контактам с исследователями. Создатели этой инициативы, среди которых фонд AlphaGalileo и Европейский Интернет пресс-центр по научным исследованиям и искусствам, надеются получить финансирование на предстоящие 4 года из очередной рамочной программы Евросоюза, открывающейся с 2007 года.

Nature 2005, **438**, 409

ПЕРВЫЕ СООБЩЕНИЯ

Транзистор на углеродных нанотрубках

Первое сообщение об изготовлении транзистора на углеродных нанотрубках (*CNT*) было опубликовано в 1998 году.

Sander J. Tans; Alwir R. M. Verschueren; Cees Dekker
Delft University of Technology, Netherlands
Room-temperature transistor based on a single carbon nanotubes

Nature 1998, **393**, 49

КОНФЕРЕНЦИИ

26-30 June, 2006. Donostia-San Sebastian, Spain. The Third Joint European Magnetic Symposia, JEMS'06"

<http://www.sc.ehu.es/JEMS06/>.

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой
ИФТТ РАН и РНЦ «Курчатовский институт» при поддержке
Программы Президиума РАН «Информатизация»

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

Научный консультант: К.Кугель e-mail: kugel@orc.ru

В подготовке выпуска принимали участие: Л.Журавлева, О.Алексеева, Ю.Метлин, Л.Опенков

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

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