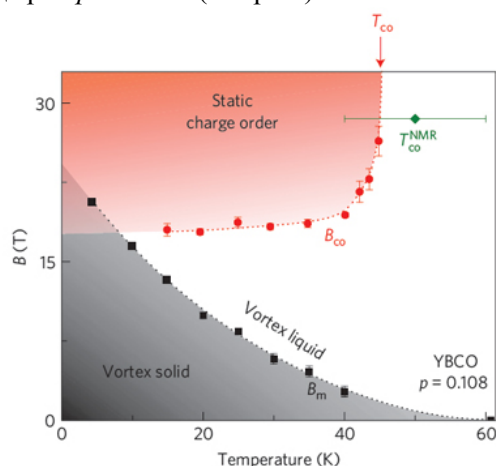


СВЕРХПРОВОДНИКИ

Статический зарядовый порядок в недодопированных купратах

Причиной высокотемпературной сверхпроводимости может быть взаимодействие электронов с флуктуациями какого-то параметра порядка, конкурирующего со сверхпроводящим. Одним из таких конкурентов считается статический зарядовый порядок. В работе [1] (Франция, Канада) на основании измерения скорости звука определена область существования зарядово-упорядоченного состояния в недодопированном купрате $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.55}$ с концентрацией дырок $p = 0.108$ (см. рис.).



Фазовая диаграмма, иллюстрирующая область существования статического зарядового порядка в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.55}$.

Показано, что модуляция заряда в слоях CuO_2 является двухосной, а не одноосной, как при страйповом порядке.

1. D. Le Boeuf et al., *Nature Phys.* **9**, 79 (2013).

Переход от абрикосовских к джозефсоновским вихрям в безмедных ВТСП

В безмедных ВТСП, как и во всяких сверхпроводниках второго рода, приложенное магнитное поле вызывает появление абрикосовских вихрей. Однако эти сверхпроводники имеют слоистую структуру с достаточно сильной анизотропией, поэтому можно ожидать, что в смешанном состоянии они ведут себя весьма нетривиально. В работе [1] (Швейцария, США) было обнаружено, что при параллельном слоям FeAs магнитном поле охлаждение пниктида $\text{SmFeAs}(\text{O},\text{F})$ с $T_c = 50$ К до температуры $T^* = (41 \div 42)$ К приводит к смене абрикосовских вихрей на джозефсоновские, что сопровождается резким падением критического тока. Величина T^* представляет собой температуру, при которой длина сверхпроводящей когерентности перпендикулярно слоям равна половине межслоевого расстояния. При повороте поля на $0.1^\circ \div 0.15^\circ$ эффект исчезает. Полученные в [1] результаты следует принимать во внимание при практическом использовании пниктидов в высокоточных устройствах.

Л. Оленов

1. P.J.W. Moll et al., *Nature Mater.* **12**, 134 (2013).

И далее ...

ГРАФЕН

- 2 На краю графеновых лент
Органические светодиоды с анодом на основе графена

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 3 Универсальность рассеяния в материалах с линейной температурной зависимостью сопротивления

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

- 4 Антенны бабочки шелкопряда вдохновили учёных на создание наноструктурного сенсора взрывчатых веществ

ФОТОНИКА

- 5 Материалы с нулевым показателем преломления

СПИНТРОНИКА

- 6 Сверхпроводниковая спинтроника?

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- 7 Электронная структура и резонансные рентгеновские эмиссионные спектры углеродных оболочек наночастиц железа

КОНФЕРЕНЦИИ

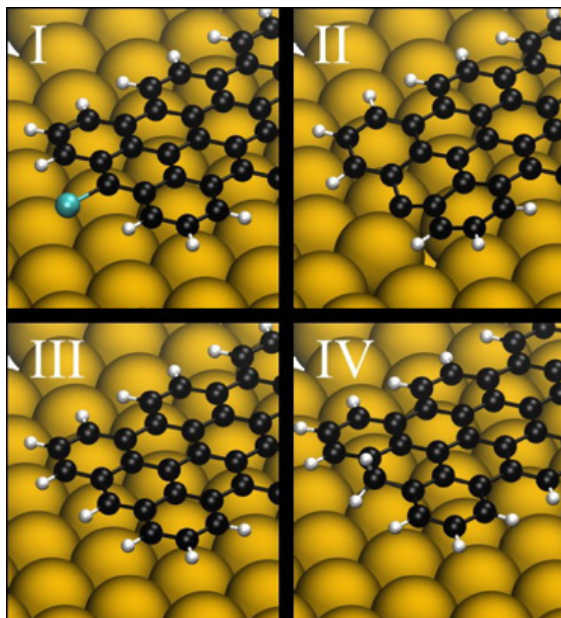
- 8 NATO Workshop: Nanotechnology in the Security Systems (NSS-2013)

International conference: Electron Correlation in Nanostructures (ECN-2013)

ГРАФЕН

На краю графеновых лент

Одним из известных способов открытия диэлектрической щели в графене считается изготовление из него нанолент конечной ширины. В настоящее время ряд эффективных методик “снизу-вверх” позволяет получать такие ленты [1] с необходимыми поперечными размерами, но, в то же время, существенно ограниченными по длине. Существуют ли способы увеличения длины образцов? В работе [2] авторы постарались ответить на этот вопрос с помощью компьютерного моделирования (теория функционала плотности) и сканирующей туннельной микроскопии. Синтез графеновых нанолент с границами кресельного типа проводился на серебряных и золотых подложках из полимеров на основе шестичленных углеродных колец и атомов брома. Поперечный размер полученных лент равнялся примерно утроенному размеру углеродного шестиугольника в графене (см. рис.), а ширина запрещенной зоны оказалась равной 2.3 эВ.



Графеновая нанолента на металлической подложке с краями различного химического состава

Авторы детально рассмотрели края образцов, поскольку в зависимости от условий синтеза они имеют различный химический состав (см. рис.). В первом случае атом брома не отсоединяется от молекулы прекурсора или присоединяется повторно после диссоциации, во втором случае после дебромирования свободная связь стабилизируется металлической подложкой. Третий и четвертый пути реакции предполагают пассивацию одним или двумя атомами водорода на одном узле. Эксперимент и теоретические расчеты позволили авторам продемонстрировать, что края нанолент в процессе изготовления оказываются пассивированными именно отдельными атомами водорода из-за спонтанного циклодегидрирования веществ-прекурсоров. Сам факт такой пассивации неизбежно приводит к пре-

кращению дальнейшего роста графеновой ленты, поэтому, по мнению исследователей, необходимо подавить дегидрирование оптимальным выбором подложек, реагентов и режимов синтеза, например, понижая температуру полимеризации. Благодаря этому появится возможность получать графеновые наноленты существенно большей длины.

М.Маслов

1. J.Cai et al., *Nature* **466**, 470 (2010).

2. L.Talirz et al., *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 2060 (2013).

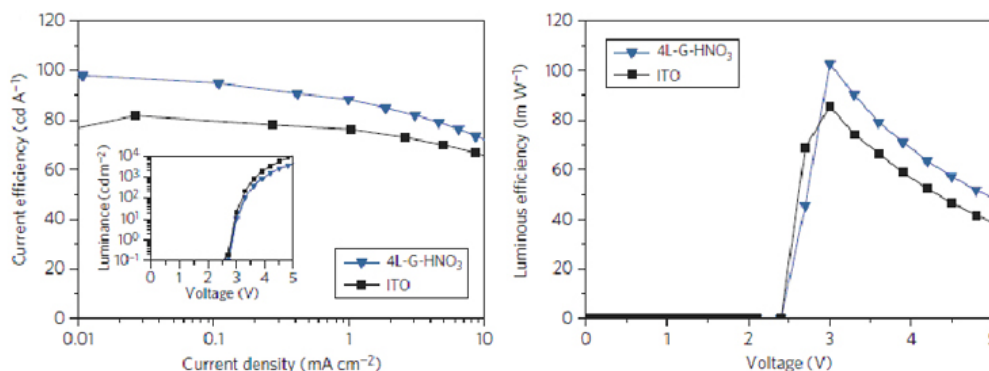
Органические светодиоды с анодом на основе графена

Развитие современной электроники требует разработки гибких прозрачных проводящих электродов, используемых в светодиодах, а также в мониторах ноутбуков, мобильных телефонов и гибридных устройств. В настоящее время такие электроды изготавливают из двойного оксида индия-олова (ITO), стоимость которого непрерывно возрастает в связи с исчерпанием запасов индия в земной коре. Альтернативным материалом, способным заменить ITO, является графен, сочетающий прозрачность и гибкость с хорошей электропроводностью. До сих пор, однако, светодиоды, содержащие в качестве электрода графен, не отличались высокой эффективностью и не могли конкурировать с соответствующими устройствами на основе ITO. Это связано с относительно низкой работой выхода электрона (4.4 эВ) и весьма высоким электросопротивлением (> 300 Ом/см), характеризующими графеновые пленки больших размеров. Недавно группе корейских ученых [1] удалось преодолеть указанные затруднения и изготовить гибкие органические светодиоды (OLED) с графеновым анодом, имеющим более высокие работу выхода и электрическую проводимость. Это позволило достичь чрезвычайно высокую эффективность преобразования электроэнергии в свет (37.2 лм/Вт для флуоресцентных OLED и 102.7 лм/Вт для люминесцентных OLED) против соответствующих показателей для OLED на основе ITO – 24.1 и 85.6 лм/Вт.

Предложенный авторами [1] метод увеличения работы выхода графенового слоя (до величины 5.95 эВ) и примерно десятикратного снижения его сопротивления основан на покрытии поверхности графена пленкой из проводящего полимера и обработке образцов HNO_3 или AuCl_3 , являющимися p -донорами. При более высокой работе выхода облегчается инжекция дырок из графена в слой органического материала. В качестве материала проводящего полимерного слоя использовали многослойный композит, включающий в себя поли(3,4-этилендиокситиофен), легированный полистирол-сульфонатом (PEDOT:PSS), и сополимер тетрафторэтилен-перфтор-3,6-диокси-4-метил-7-октен-сульфоновой кислоты (PFI). Такое сочетание созда-

ет градиент работы выхода в направлении, перпендикулярном плоскости пленки, и облегчает эффек-

тивную инжекцию дырок в проводящий слой.



Сравнение рабочих характеристик светодиодов с анодом на основе графена, обработанного HNO₃, и ИТО. Слева: зависимость эффективности преобразования тока в излучение от плотности тока; на вставке: зависимость яркости свечения от приложенного напряжения. Справа: зависимость яркостной эффективности от приложенного напряжения.

Графеновые пленки, используемые в качестве гибких электродов, должны содержать графеновые листы достаточно большой площади. В данной работе [1] такие многослойные листы синтезированы методом химического осаждения паров (CVD), после чего с помощью липкой ленты перенесены на гибкую подложку из полиэтилентерефталата (PET). Полученные таким образом листы были подвергнуты травлению в кислородной плазме с использованием предварительно изготовленной маски. Полученные таким образом пленки, содержавшие 2, 3 или 4 слоя графена, подвергали р-легированию с помощью HNO₃ или AuCl₃, в результате которого их сопротивление существенно снизилось. Типичные результаты измерений рабочих характеристик светодиода показаны на рисунке. Превышение токовой и яркостной эффективности приборов с анодом на основе графена над соответствующими параметрами, полученными при использовании традиционного материала на основе ИТО, свидетельствует о хороших перспективах развития гибких OLED с анодами рассматриваемого типа.

А.В. Елецкий

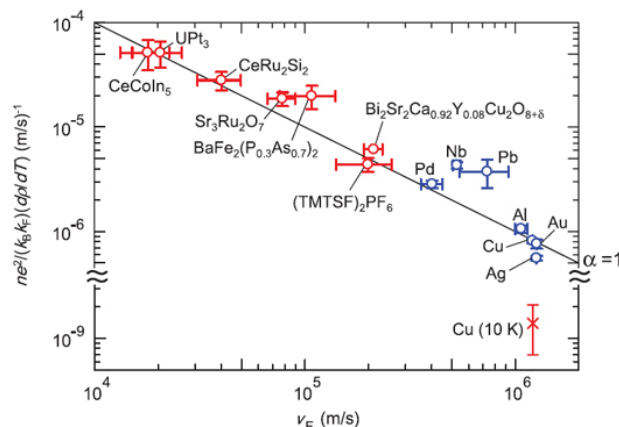
1. Т.-Н. Хан *et al.*, *Nature Photonics* **6**, 105 (2012).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Универсальность рассеяния в материалах с линейной температурной зависимостью сопротивления

Вскоре после открытия купратных ВТСП выяснилось, что при оптимальном допировании их сопротивление R в нормальном состоянии строго линейно по температуре. Позднее такая же линейная зависимость $R(T)$ наблюдалась в безмедных ВТСП, органических сверхпроводниках и во многих соединениях с тяжелыми фермионами, как сверхпроводящих, так и несверхпроводящих. Причина такой линейности до сих пор остается предметом дискуссий. В работе [1] шотландские физики, исследовавшие транспортные характеристики Sr₃Ru₂O₇ в

сильных магнитных полях, обнаружили, что функция $R(T)$ становится линейной по мере приближения к квантовой критической точке ($H_c = 7.9$ Тл). Причем пересчет экспериментальных значений удельного сопротивления ρ на время релаксации носителей τ (с использованием известной скорости Ферми v_F) дает $1/\tau = \alpha(k_B/\hbar)T$, где k_B – постоянная Больцмана, \hbar – постоянная Планка, а безразмерный коэффициент α с хорошей точностью равен просто единице. Самое удивительное, что анализ имеющихся в литературе данных для самых различных соединений с линейной зависимостью $R(T)$ показал: этот коэффициент всегда близок к единице (точнее $0.9 < \alpha < 2.2$) – несмотря на огромное различие в абсолютной величине ρ и скорости Ферми (см. рис.), не говоря уже о разных механизмах рассеяния (электрон-электронное, электрон-фононное) в этих материалах, их различной мерности (1D, 2D, 3D) и пр.



Коэффициент пропорциональности между обратным временем релаксации носителей $1/\tau$ и температурой в соединениях с линейной зависимостью $R(T)$. Прямая линия отвечает коэффициенту $\alpha = 1$ в соотношении $1/\tau = \alpha(k_B/\hbar)T$.

Такой вот эмпирический факт. Хотелось бы понять, какая физика за ним кроется.

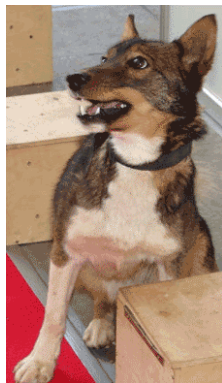
1. J.A.N. Bruin *et al.*, *Science* **339**, 804 (2013).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

Антенны бабочки шелкопряда вдохновили учёных на создание наноструктурного сенсора взрывчатых веществ



Оперативное обнаружение взрывчатых веществ (ВВ) по-прежнему остаётся очень серьезной проблемой. Универсального детектора, портативного, высокочувствительного и обеспечивающего быстрый анализ, пока не существует. Известно, что даже небольшие взрывные устройства мощностью 50-100 г тринитротолуола (ТНТ) способны уничтожить самолет при закладке в наиболее уязвимых местах, а при мощности 400-500 г ТНТ уничтожение практически неизбежно [1]. Современные аэропорты для предотвращения проноса ВВ в самолет оборудованы различной техникой – рентгеновскими установками, газоанализаторами; используются ядерно-физические методы. Но по-прежнему самый надежный детектор – собачий нос. Чувствительность по парам ТНТ при температуре воздуха 20-25°C для наиболее распространенных отечественных детекторов (МО-02, “Шельф” и др.) находится на уровне 10^{-13} г/см³ в пробе воздуха, для зарубежных – от 10^{-9} до 10^{-11} г/см³, а служебные собаки способны обнаружить пары ВВ при концентрации 10^{-16} г/см³ [1]. Это важно, поскольку летучесть ВВ при комнатной и более низких температурах очень мала. Правда, СМИ в 2012 г. сообщили о том, что российские ученые СО РАН по заказу ФСБ разработали уникальный лазерный детектор, чувствительность которого сопоставима с чувствительностью собачьего носа. Однако вес детектора около 500 кг... Мобильная версия разрабатывается. А пока в аэропорту Шереметьево успешно трудятся собаки, точнее “собаки Сулимова” (см. фото)*.



Собачий нос – не единственный пример природного эффективного детектора. Удивительным обонянием обладают бабочки тутового шелкопряда *Bombyx mori*. Подвижные усики-антенны состоят из “веточек”, покрытых множеством длинных (100 мкм) тонких (диаметр 2 мкм) сенсилл. Молекулы пахучего вещества (например, феромонов, которые используются насекомыми для подачи разных сигналов) диффундируют через поры внутрь сенсилл, где взаимодействуют с нейросенсорными клетками. Считается, что для возбуждения рецепторной клетки на антенне самца тутового шелкопряда достаточно всего одной молекулы феромона бомбикола**, выделяемого самкой.

Вдохновлённые таким примером природы, ученые из Франции и Германии сумели создать высокочувствительный селективный детектор взрывчатых веществ [2]. Для этого на Si-микрокантилевере они вырастили массив TiO_2 -нанотрубок (рис. 1).

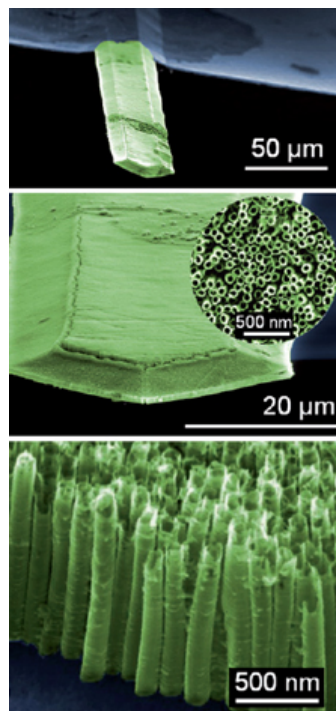


Рис. 1. Si-микрокантилевер, покрытый TiO_2 -нанотрубками.

Кантилеверы первоначально использовались в атомно-силовой микроскопии, но затем на их основе стали разрабатывать микромеханические сенсоры для обнаружения различных химических и биологических веществ. Проблемой остается невысокая чувствительность – мала площадь поверхности. Авторы [2], вырастив на Si-микрокантилевере размером $225 \times 28 \times 3$ мкм трехмерный слой нано-трубок

TiO_2 , увеличили поверхность в 80 раз! Методом ионного магнетронного распыления на него нанесли плотный крупнозернистый слой Ti толщиной 1 мкм. Нанотрубки вырастили путем последующего анодирования в электролите, содержащем фторид аммония. Размеры нанотрубок: длина – 1700 нм, внешний диаметр – 100 нм, толщина стенок – 20 нм. Плотность нанотрубок 8×10^9 см⁻². Всего получилось ~ 500 000 нанотрубок!

Для сравнения на рис.2 показана антенна с сенсиллами *Bombyx mori*. На веточке одной из антенн находится от 600 до 900 сенсилл.

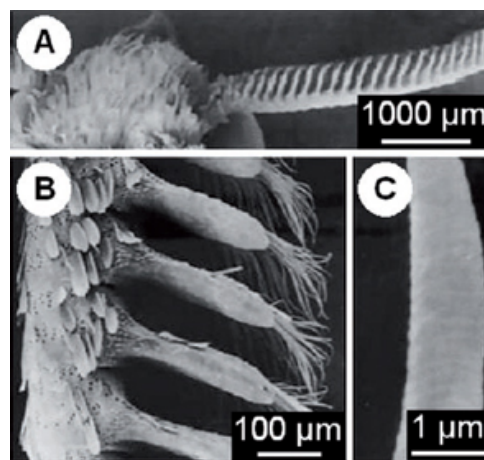


Рис. 2. Сенсорная система *Bombyx mori*.

Авторы измерили сдвиг резонансной частоты колебаний под действием паров ТНТ. Для немодифицированного Si-микрокантилевера сдвиг был нулевым; после нанесения слоя титана наблюдали не-

Перст, 2013, том 20, выпуск 4

большой сдвиг в 2.5 Гц; а для наноструктурного кантилевера (с нанотрубками TiO_2) резонансная частота уменьшилась на 250 Гц в течение 3 минут! Порог детектирования по оценкам [2] ниже 1 ppt! (Лучшие результаты, полученные до этого в других лабораториях – 10-30 ppt).

Далее ученые проверили, как реагирует новый сенсор на пары других соединений, которые могут присутствовать в аэропортах – алкоголя и гептана, компонента топлива. Концентрация этих паров в эксперименте была на 4 порядка выше, чем концентрация ТНТ. Для этанола сдвига частоты не наблюдали, для гептана сдвиг был незначительным (рис. 3). Таким образом, наноструктурный сенсор является высокоселективным.

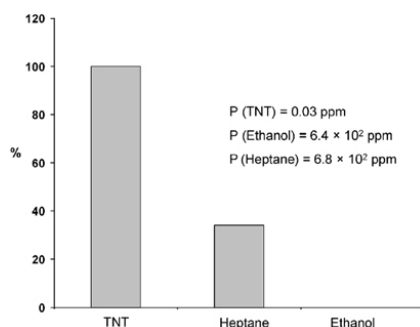


Рис. 3. Относительный отклик кантилевера, покрытого нанотрубками TiO_2 , на ТНТ, гептан, этанол.

Авторы [2], изучив пример природы, впервые разработали детектор на основе микрокантилевера, функционализированного с помощью открытой трехмерной структуры нанотрубок. Сейчас идет работа над созданием многофункционального “электронного носа”, состоящего из разных микрокантилеверов. Для этого ученые хотят функционализировать поверхность нанотрубок TiO_2 органическими группами и биомолекулами, которые избирательно реагируют на пары других ВВ в атмосфере.

* “Собака Сулимова” – гибрид оленегонной лайки и шакала (три четверти лайки, четверть шакала), выведенный биологом и селекционером Климом Сулимовым. Гибриды выносливы, сохраняют тончайшее обоняние при температурах от -70 до $+40^\circ\text{C}$! В “Аэрофлоте” сейчас числится 50 собак, из них 24 сертифицированы для выявления взрывчатых веществ.

** Бомбикол – первый феромон, обнаруженный учеными и выделенный из желез самки шелкопряда *Bombyx mori*.

О.Алексеева

1. М.В.Сильников, М.В.Чернышов, сайт МВД России [http://www.ormvd.ru/pubs/15189/\(2011\)](http://www.ormvd.ru/pubs/15189/(2011)).
2. D.Spitzer et al., Angew. Chem. **51**, 5334 (2012).

ФОТОНИКА

Материалы с нулевым показателем преломления

Современные технологии позволяют создавать искусственные среды с электромагнитными свойствами, не встречающимися в природе (метаматериалы), показатель преломления которых варьируется во всем диапазоне положительных и отрицательных величин. Наиболее известной их разновидностью являются *левые среды*, в которых показатель преломления отрицателен. В них очень необычно происходит преломление света: волновой вектор излучения, вошедшего в среду, лежит по ту же сторону от нормали, что и волновой вектор падающего света (рис. 1а). Однако не меньшего внимания заслуживает другой случай – среды с показателем преломления, меньшим единицы, или даже стремящимся к нулю [1,2].

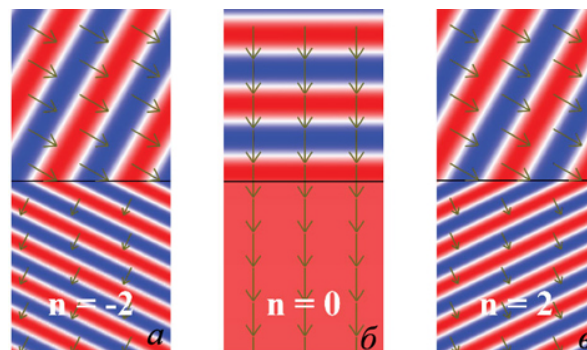


Рис. 1. Метаматериалы: а – левые среды с отрицательным показателем преломления; б – среда с нулевым показателем преломления; в – обыкновенная среда с положительным показателем преломления [2].

Справедливости ради надо отметить, что среда с нулевым показателем преломления не такая уж экзотика: в любом металле для излучения с частотой, близкой к плазменной, фазовая скорость формально стремится к бесконечности (групповая при этом стремится к нулю, так что никакого конфликта с теорией относительности не возникает). Однако в этом случае величина плазменной частоты зависит только от свойств металла (определяется его материальной дисперсией), что не позволяет варьировать ее произвольным образом. Большую гибкость дает использование другого типа дисперсии – структурной, свойственной волноводам, в которых зависимость скорости распространения от частоты меняется в зависимости от геометрических параметров волновода.

С этой целью группой исследователей из Нидерландов и США была создана и изучена [1] металлодиэлектрическая структура, которая представляет собой волновод из оксида кремния, окруженный оболочкой из серебра (рис. 2а), полученный методом электронно-лучевой литографии. Вблизи частоты отсечки волновода волновое число k для излучения, распространяющегося в волноводе, стремится

ся к нулю, что соответствует бесконечной фазовой скорости $v_{\phi} = \omega/k$ (рис. 2г).

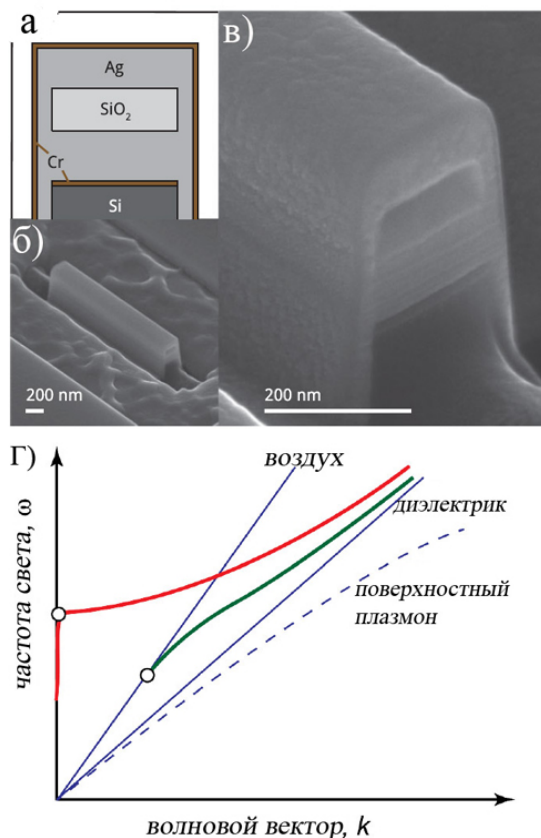


Рис. 2. Оптический волновод, в котором реализуется нулевой показатель преломления; а – схематическое изображение структуры на срезе волновода; б, в – изображения в сканирующем электронном микроскопе [1]; г – дисперсионные кривые для исследуемой структуры (красная кривая), для диэлектрического волновода, окруженного средой с $n = 1$ (зеленая кривая). Штриховой линией приведена дисперсионная зависимость поверхностного плазмон-поляритона. Точки дисперсионных зависимостей, обозначенные кружками, соответствуют частотам отсечки волноводов [2].

Возбуждение излучения в волноводе производили с помощью сфокусированного пучка электронов, а визуализацию распространяющихся в волноводе мод осуществляли с использованием явления катодolumинесценции. В результате удается наблюдать картину стоячих волн в структуре (рис. 3а). В волноводе с толщиной 190 нм при приближении длины волны излучения к 800 нм пучности и узлы растягивались в пространстве, и в результате весь волновод заполняло равномерное свечение, т.е. во всех его частях электромагнитные колебания происходили в фазе, что соответствовало фазовой скорости стремящейся к бесконечности и показателю преломления равному нулю.

Структура с нулевым показателем преломления представляет интерес не только для фундаментальной науки: тот факт, что фаза электромагнитных колебаний одинакова во всем волноводе и не зависит от положения источника излучения, позволит создавать эффективные усилители светового излу-

чения, а также волноводные ответвители в интегральной оптике.

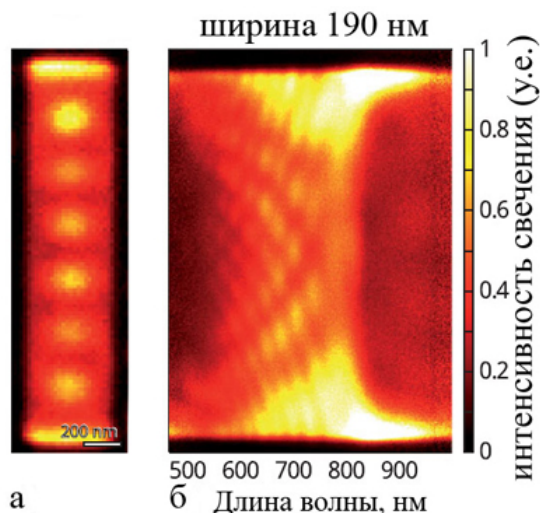


Рис. 3. а – Визуализация стоячих волн в структуре; б – развертка по спектру модовой структуры, показанной на рис. 3а: вблизи длины волны 800 нм наблюдается однородное свечение по всей длине волновода, что соответствует длине волны, стремящейся к бесконечности и нулевому показателю преломления

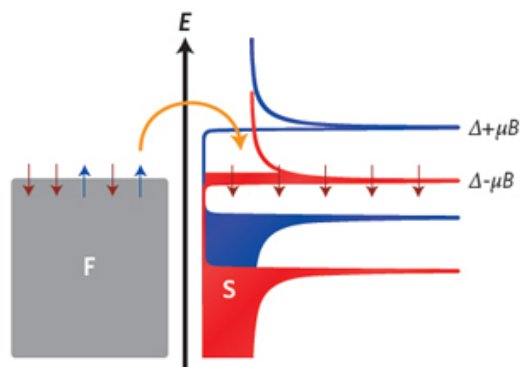
А.Пятаков

1. E.J.R.Vesseur et al., *Phys. Rev. Lett.* **110**, 013902 (2013).

2. W.Cai, *Physics* **6**, 1 (2013).

СПИНТРОНИКА

Сверхпроводниковая спинтроника?



Инжекция спинов в сверхпроводник.

Δ – сверхпроводящая щель, μB – зеемановская энергия.

Одним из основных препятствий на пути практической реализации идей спинтроники является очень быстрая (пикосекунды) деполяризация спинов, инжектированных из ферромагнетика в нормальный металл. В работе [1] показано, что замена нормального металла на сверхпроводник приводит к увеличению времени спиновой релаксации до 25 нс. Помещая мезоскопический сверхпроводящий образец в магнитное поле и подбирая энергию инжектируемых электронов так, чтобы она была близка к краю щели нижней из двух образовавшихся спиновых подзон (см. рис.), удастся создать в сверхпроводнике спин-поляризованный ток. При таких энергиях

спин-орбитальное взаимодействие существенно ослаблено, поэтому и поляризация сохраняется гораздо дольше. Интересно, что поскольку квазичастицы у края щели представляют собой суперпозиции электронов и дырок с равными весами, то ток получается чисто спиновый, заряд не переносится. Платить за всю эту красоту приходится криогенными температурами.

Л.Опенков

1. C.H.L.Quay et al., *Nature Phys.* **9**, 84 (2013).

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Электронная структура и резонансные рентгеновские эмиссионные спектры углеродных оболочек наночастиц железа

Металлические наночастицы часто покрывают углеродом для предотвращения их окисления и агломерации при термической обработке. С помощью рентгеновской абсорбционной (XAS) и фотоэлектронной (XPS) спектроскопии ранее было установлено, что в нанокompозитах Fe@C, Ni@C ядро находится в металлическом состоянии [1]. Электронные свойства углеродной оболочки могут быть промоделированы несколькими слоями графена с дефектами Стоуна-Уэлса (Stone-Wales, SW-дефекты). Применительно к нанокompозитам Me@C рентгеновская эмиссионная флуоресцентная спектроскопия (XES) является объемно-чувствительным методом и имеет преимущество перед поверхностно-чувствительным методом XPS. В недавней работе [2] авторы применили методы XES и резонансного неупругого рентгеновского рассеяния (RIXS) для исследования электронной структуры углеродных оболочек. При возбуждении внутреннего электрона в зону проводимости возникает рентгеновская эмиссия, отвечающая переходам из валентной зоны электронов с тем же самым волновым вектором \mathbf{k} . Спектры RIXS отображают дисперсию электронов валентной зоны и зоны проводимости.

Измерения спектров XAS, XES, RIXS были выполнены на линии I511-3 накопителя MAX-labII (Лунд, Швеция), при этом измерения XAS проводили в режиме выхода флуоресценции. Одновременно были проведены первопринципные расчеты электронной структуры наночастиц Fe@C с помощью пакета QUANTUM-ESPRESSO в приближении GGA-PBE+vdW. Три слоя графена взяты как минимальная модель углеродного покрытия. Для сравнения также рассчитывали слой графена на поверхности (111) железа и слой графена с SW-дефектами.

На рис. 1 измеренные спектры XES и XAS сравниваются с плотностью $2p$ -состояний углерода, рассчитанной в трех описанных выше моделях. Выявлены три наиболее важные характеристики электронной структуры капсулированных наночастиц, по степени важности: 1) вклад металла в плотность

состояний углеродного слоя; 2) наличие дефектов Стоуна-Уэлса; 3) многослойность покрытия. На рис. 2 представлены спектры RIXS, измеренные при различных энергиях возбуждения. Экспериментальные величины энергий возбуждения хорошо согласуются с зонными энергиями (верхняя часть рис. 2), за исключением экспериментальной точки **a**, отвечающей энергии -5эВ . Эту точку авторы связывают с наличием SW-дефектов.

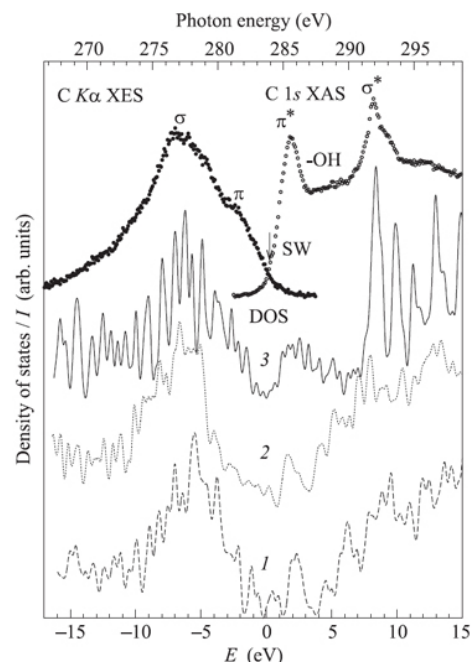


Рис. 1. Рентгеновский эмиссионный (XES) и абсорбционный (XAS) спектры наночастиц Fe@C в сопоставлении с плотностями электронных состояний, рассчитанными для слоя графена на поверхности (111) железа (1); слоя графена с SW-дефектами (2); трех слоев графена (3).

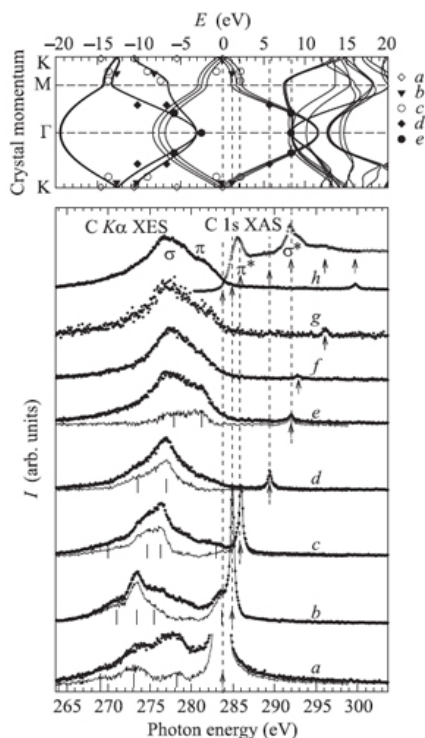


Рис. 2. Вверху: рассчитанная зонная структура для трех слоев графена с нанесенными на нее экспериментальными точками, соответствующими энергиям возбуждений **a**, **b**, **c**, **d**, **e**.

Внизу: спектры XAS, RIXS (**g**), и вклады когерентной составляющей RIXS (**f**). Стрелками показаны энергии возбуждений.

Таким образом, наличие SW-дефектов проявилось как в C 1s XAS, так и более явно в спектре RIXS при энергии возбуждения, меньшей края C 1s поглощения графена.

С.Овчинников

1. V.R.Galakhov et al., *J. Phys. Chem. C* **114**, 22413 (2010).

2. В.Р.Галахов и др., *Письма в ЖЭТФ* **96**, 794 (2012).

КОНФЕРЕНЦИИ

NATO Workshop: Nanotechnology in the Security Systems (NSS-2013), 29 September - 3 October 2013, Yalta, Crimea, Ukraine

Topics will include nanotechnology, security systems, nanomaterials, sensors, biosensors, nanotoxicology.

Deadline for registration: **1 April 2013**

Contact Prof. Sergei Kruchinin,
Bogolyubov Institute for Theoretical Physics,
Metrologichna str. 14-b, 03680, Kiev, Ukraine

Fax: 380 44 526 59 98

Phone: 380 44 521 34 66

E-mail: nss@i.com.ua

Web: <http://www.natonano.com>

International conference: Electron Correlation in Nanostructures (ECN-2013), 3-6 October 2013, Yalta, Crimea, Ukraine

Topics will include electron correlation, nanostructures, nanomaterials, graphene, superconductivity, spintronics.

Deadline for registration: **5 April 2013**

Contact Prof. Sergei Kruchinin,
Bogolyubov Institute for Theoretical Physics,
Metrologichna str. 14-b, 03680, Kiev, Ukraine

Fax: 380 44 526 59 98

Phone: 380 44 521 34 66

E-mail: skruchin@i.com.ua

Web : <http://www.natonano.com>

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, М.Маслов,
С.Овчинников, Л.Опенев, А.Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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