

В этом выпуске:

ГРАФЕН

Магнетизм по краям графеновых нанолент

В литературе уже давно обсуждается возможность существования нового типа магнетизма *s-p* электронов в немагнитных углеродных материалах. Замечено, что в графите и графене простейшие структурные дефекты (например, вакансии) приводят к появлению локальных магнитных моментов из-за возникновения неспаренных электронных спинов вследствие разбаланса двух подрешеток. Может ли из этих хаотически расположенных локальных моментов сформироваться дальний магнитный порядок, остается неясным. Альтернативой такому “дефектному магнетизму” является магнетизм узких графеновых нанолент с зигзагообразной структурой краев, для которых теория предсказывает упорядочение магнитных моментов граничных атомов. Однако проверить это предсказание на эксперименте долгое время не удавалось из-за отсутствия надежных методов изготовления нанолент с заданным типом их краев (зигзагообразные участки чередуются с кресельными, причем в случайном порядке).

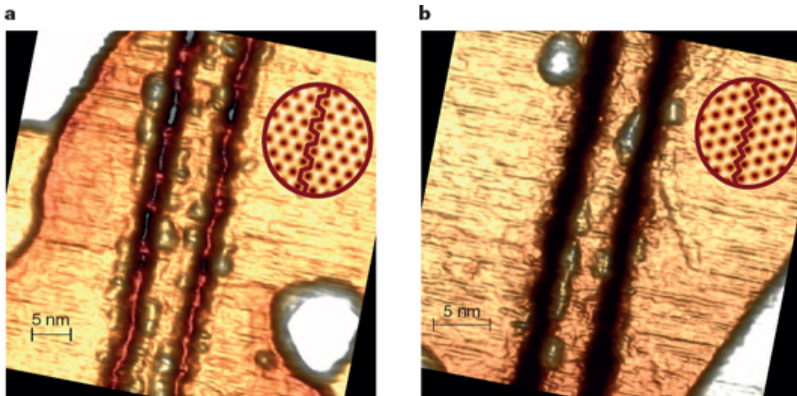


Рис. 1. СТМ-изображения графеновых нанолент с краями кресельного (а) и зигзагообразного (b) типа на подложке Au(111).

В работе [1] наноленты шириной $d = 3 \div 12$ нм с четко определенными кресельными и зигзагообразными краями (рис. 1) получены методом сканирующей туннельной литографии (туннелирующие электроны разрывают связи C–C под атомарно тонкой иглой СТМ). Анализ полученных результатов показал, что все наноленты с кресельными краями являются полупроводниками, причем ширина запрещенной зоны E_g монотонно уменьшается с ростом d . В нанолентах с зигзагообразными краями величина E_g при увеличении d от 3 до 7 нм также уменьшается, находясь в диапазоне $0.15 \div 0.35$ эВ, а при $d = 8$ нм скачком обращается в нуль (рис. 2). Расчеты в рамках модели Хаббарда количественно согласуются с экспериментальными зависимостями $E_g(d)$ и говорят о том, что причина перехода полупроводник–металл заключается в смене антиферромагнитной ориентации магнитных моментов противоположных краев наноленты на ферромагнитную (рис. 2). Краевой магнитный порядок сохраняется даже при комнатной температуре, что делает

И далее ...

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Топологические токи в сверхрешетках графен/нитрид бора

Фотоиндуцированное металлоподобное состояние в полупроводниковом диоксиде ванадия

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

- 2 Псевдоупругость нанокристалла серебра
3 Структура с первого взгляда
4 Наночастицы в напитках могут воздействовать на клетки кишечника

НАНОМАТЕРИАЛЫ

- 5 Силицен существует!

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 6 Цианиды металлов в фуллереновой клетке

ФОТОНИКА

- 6 Фотонные гиперкристаллы
ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

- 7 Лазер из черной дыры

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Семинар по магнетизму, 18 ноября 2014 г.

2nd International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials-Asia, 24-27 March 2015, Kayseri, Turkey

принципиально возможным изготовление из графеновых нанолент спинтронных устройств, функционирующих при нормальных условиях. Одним из интересных побочных результатов работы [1] стало определение энергии хаббардовского отталкивания электронов в графене из условия наилучшего согласия теории с экспериментом, $U = 3.24$ эВ.

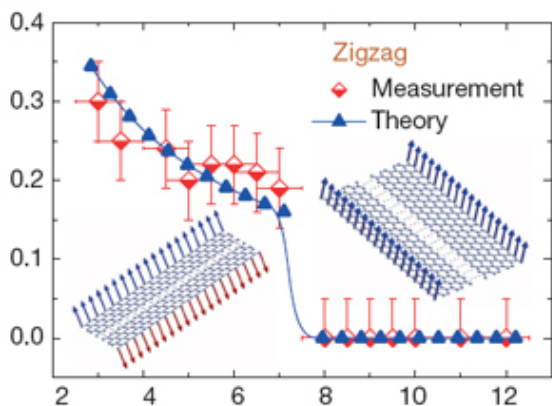


Рис. 2. Зависимость диэлектрической щели (в эВ) нанолент с зигзагообразными краями от их ширины (в нм). На вставках показаны ориентации электронных спинов в антиферромагнитных (полупроводниковых) и ферромагнитных (металлических) нанолентах.

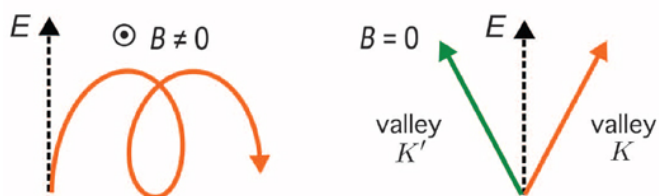
Л. Опенов

1. G.Z. Magda et al., *Nature* **514**, 608 (2014).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Топологические токи в сверхрешетках графен/нитрид бора

В топологических материалах даже при $H=0$ могут существовать токи холловского типа, перпендикулярные электрическому полю (см. рис.).



Нетопологический и топологический холловские токи

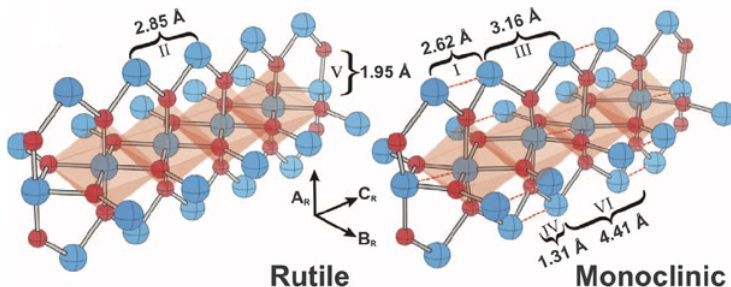
Теоретически было предсказано, что в сверхрешетках из графена топологические токи от двух долин протекают в противоположных направлениях и компенсируют друг друга. В работе [1] (Великобритания, США) этот эффект продемонстрирован на эксперименте. Он проявляется в возникновении нелокального напряжения (на расстоянии до нескольких микрон от номинальных токовых путей) в узком интервале энергий вблизи дираковских точек. Контроль топологических токов управляющим напряжением, как в транзисторе, делает возможным их использование в квантовых информационных системах.

Л. Опенов

1. R.V. Gorbachev et al., *Science* **346**, 448 (2014).

Фотоиндуцированное металлоподобное состояние в полупроводниковом диоксиде ванадия

При охлаждении диоксида ванадия до $T = 343$ К происходит структурный переход первого рода из металлической фазы рутила в моноклинную полупроводниковую фазу (см. рис.).



Кристаллическая структура металлической (слева) и полупроводниковой (справа) фаз VO_2

В работе [1] методами ИК-спектроскопии и дифракции сверхбыстрых электронов обнаружено, что воздействие на VO_2 импульсного лазерного излучения (800 нм, 35 фс) индуцирует переход в долгоживущее метастабильное состояние, сочетающее признаки полупроводниковой фазы (периодическое искажение решетки) и металлоподобной (с очень маленькой шириной запрещенной зоны). В этом состоянии имеет место 1D перераспределение электронов между d -орбиталями различной симметрии, что отличает его от равновесной изотропной 3D электронной системы при высоких температурах. Разработанную авторами методику можно использовать для исследования конкуренции зарядовых и решеточных степеней свободы в сильнокоррелированных материалах.

1. V.R. Morrison et al., *Science* **346**, 445 (2014).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

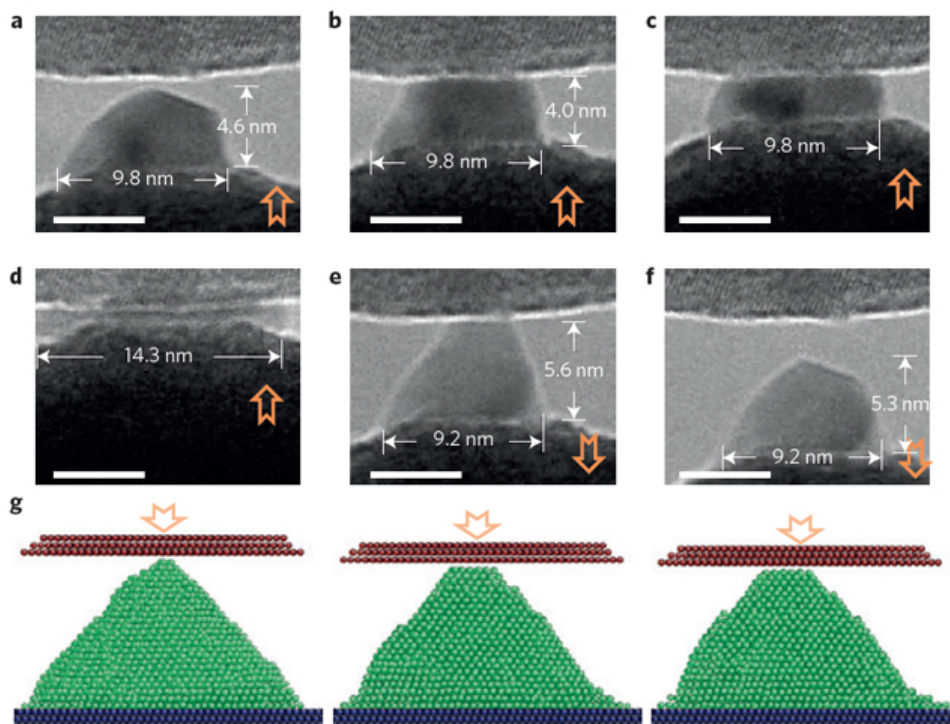
Псевдоупругость нанокристалла серебра

В нанотехнологиях существенную роль играют металлические наночастицы с большой удельной площадью поверхности, используемые в качестве электродов, межсоединений, антенн и катализаторов. Для практических приложений важно уметь изменять форму наночастиц контролируемым образом (кроме того, нужно, чтобы эта форма оставалась неизменной в течение всего срока эксплуатации наноустройства). Однако упругая деформация кристаллов субмикронных размеров затруднена, поскольку процессы зарождения и движения дислокаций в таких кристаллах сильно подавлены.

В работе [1] (Китай, США, Япония) для деформации нанокристалла Ag при комнатной температуре была использована вольфрамовая игла сканирующего туннельного микроскопа, прижимавшая его к подложке ZrO_2 . Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения показала, что при сжатии нанокристалла его толщина монотонно

уменьшается, а при удалении иглы – вновь увеличивается до исходного значения за несколько

секунд (см. рис.).



Псевдоупругая деформация нанокристалла Ag. После цикла сжатие(*a-d*)–растяжение(*e,f*) нанокристалл полностью восстанавливает свою форму. Оранжевые стрелки показывают направление движения иглы СТМ. Длина масштабной линейки 5 нм. *g* – Данные компьютерного моделирования процесса сжатия.

Форма нанокристалла после цикла нагрузка–разгрузка остается неизменной. Дислокаций на протяжении всего цикла обнаружено не было: деформация осуществлялась за счет поверхностной диффузии атомов серебра и роста атомных плоскостей на внешней поверхности. С феноменологической точки зрения нанокристалл вел себя подобно капле жидкости, хотя и оставался кристаллическим твердым телом. Псевдоупругий характер деформации нанокристалла подтверждают численные расчеты, выполненные методом молекулярной динамики.

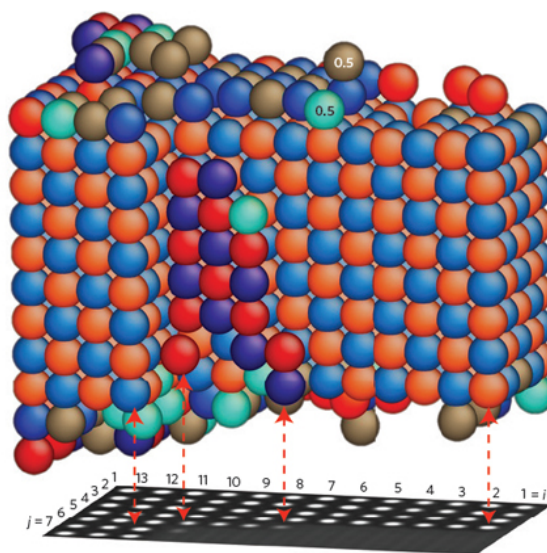
По материалам заметки
 “Performing like liquid droplets”,
 C.R.Henry, *Nature Mater.* **13**, 999 (2014).

1. J.Sun et al., Nature Mater. **13**, 1007 (2014).

Структура с первого взгляда

Современные методы исследования 3D структуры наночастиц с помощью просвечивающего электронного микроскопа (transmission electron microscope, TEM) основаны на анализе большого количества 2D проекций частицы на разные плоскости. Такой подход не только является чрезвычайно трудозатратным, но и в принципе не годится для биологических объектов, которые под воздействием электронного пучка быстро разрушаются. В работе [1] описана методика определения 3D структуры “одним взглядом”, причем с атомарным разрешением. Она позволяет найти расположение атомов не

только внутри частицы, но и на поверхности (что важно для приложений в нанокатализе), а также обнаружить примесные атомы, если таковые имеются.



Расположение атомов магния (красные шарики) и кислорода (синие шарики) в кристалле MgO.

Авторы иллюстрируют ее на примере тонкого кристалла оксида магния (см. рис.), демонстрируя тем самым, что TEM хорошо “видит” не только тяжелые атомы, но и легкие, такие как кислород, который играет ключевую роль во многих технологически значимых материалах.

Л.Опенев

1. C.L.Jia et al., Nature Mater. **13**, 1044 (2014).

Наночастицы в напитках могут воздействовать на клетки кишечника

Нанотехнологии все шире применяют в пищевой промышленности (см. ПерсТ [1,2]). Уже выпускают нанопакетку для хранения продуктов; нанокapsулы с питательными веществами или нанодобавками для изменения цвета, аромата, удаления неприятных запахов, защиты от микробов. Наночастицы содержатся в распространенных пищевых добавках. Например, E171 (диоксид титана) широко используют “для отбеливания” рыбного филе, кальмаров, кондитерской глазури, муки, хрена. Отдаленные последствия для здоровья пока неизвестны. Особую озабоченность вызывают биостойкие наночастицы, которые попадают непосредственно в желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) с едой или питьём. Ученые из США проверили, как влияют на клетки кишечника модные “добавки к рациону” – питьевые коллоидные растворы металлов [3]. В России, как и в других странах, их широко рекламируют для приема внутрь. Коллоидное серебро, например, рекомендуют как добавку к рациону при инфекционных заболеваниях, воспалениях ЖКТ и др., медь – для сохранения упругости кожи, предотвращения седины, улучшения метаболизма железа, платину – для улучшения памяти и т.д. Такие питьевые растворы, содержащие один элемент, являются хорошими объектами для исследования воздействия наночастиц.

Для экспериментов исследователи выбрали 8 образцов напитков (Ag, Au, Cu, Ir, Pd, Pt, Si, Zn) фирмы Purest Colloids, Inc. С помощью методов динамического рассеяния света, электронной микроскопии, рентгеновской энергодисперсионной микроскопии, масс-спектрометрии авторы [3] определили концентрацию, размер и морфологию наночастиц (рис. 1, таблица).

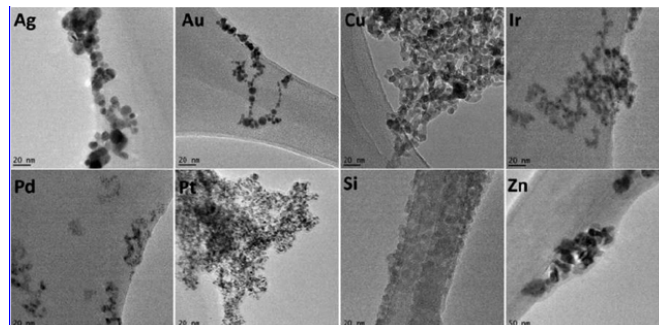


Рис. 1. ТЕМ изображения наночастиц в исследованных напитках фирмы Purest Colloids, Inc.

Характеристики наночастиц в питьевых растворах

Элемент (данные фирмы)	Ag	Au	Cu	Ir	Pd	Pt	Si	Zn
Основной и второй по концентрации элемент (данные [3])	Ag	Au	Cu	Ir(Ag)	Pd(Ag)	Pt(Ag)	Si	Zn
Концентрация основного элемента, мг/л [3]	21.3	6.11	14.4	20.0	4.39	17.2	102	5.18
Диаметр (ТЕМ) нм [3]	10.9	5.35	10.2	11.6	4.18	4.55	8.73	17.1
Диаметр, нм (данные фирмы)	<0.65	~3.2.	-	20	-	15-20	~6	20
Морфология (ТЕМ) [3]	сферы	сферы	сплавленные сфероиды	аморф.	аморф.	нерегул.	сферы	нерегул.

Исследователи проверили *in vitro*, как напитки или, точнее, имеющиеся в них наночастицы, влияют на клетки кишечника человека. Как известно, на поверхности этих клеток имеется так называемая щеточная каемка (слой микроворсинок). Щеточная каемка увеличивает поверхность клеток; она несет ряд ферментов, участвующих в пищеварении и всасывании. Микроворсинки представляют собой цилиндры диаметром 100 нм с закругленной вершиной, расположенные перпендикулярно поверхности. В кишечном эпителии на 1 мм² приходится 2×10⁸ микроворсинок. На рис. 2 приведены SEM

изображения ворсинок контрольного образца клеток (А) и образцов, на которые воздействовали напитки (В-И). Видно, что морфология ворсинок изменилась, а их число уменьшилось. Это может снизить усвоение пищи или вызвать диарею.

На рис. 3 представлена количественная оценка воздействия напитков на клетки кишечника.

Авторы работы [3] впервые показали, что наночастицы в популярных питьевых растворах могут ухудшить работу кишечника. Результаты особенно важны для оценки воздействия наноматериалов,

непосредственно попадающих в пищеварительную систему человека с пищей или напитками.

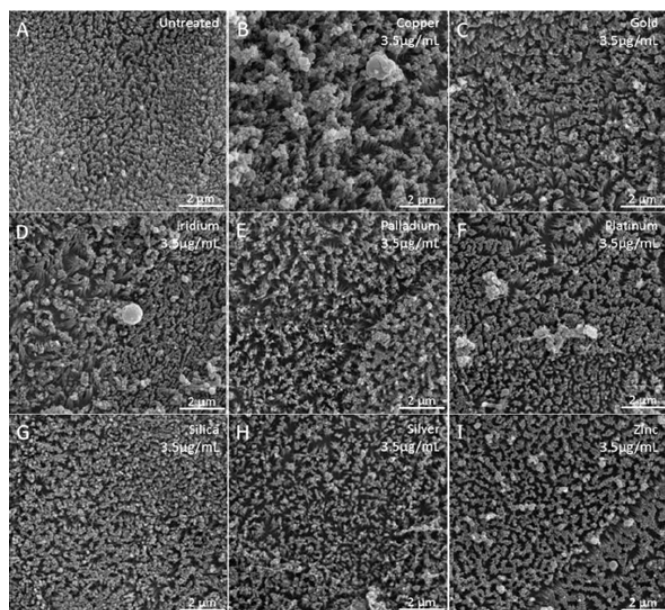


Рис. 2. SEM изображения микроворсинок до (A) и после воздействия 1 мкг/см^2 напитков, содержащих наночастицы (3.5 мкг/мл) (B – Cu, C – Au, D – Ir, E – Pd, F – Pt, G – SiO_2 , H – Ag, I – Zn).

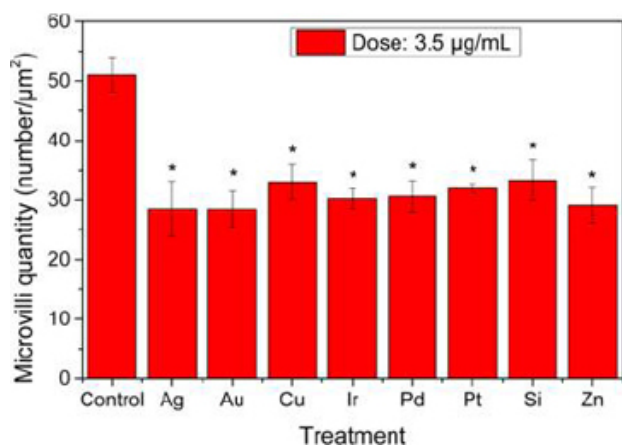


Рис. 3. Снижение числа микроворсинок клеток кишечника человека под воздействием наночастиц в напитках в сравнении с контрольным образцом

О. Алексеева

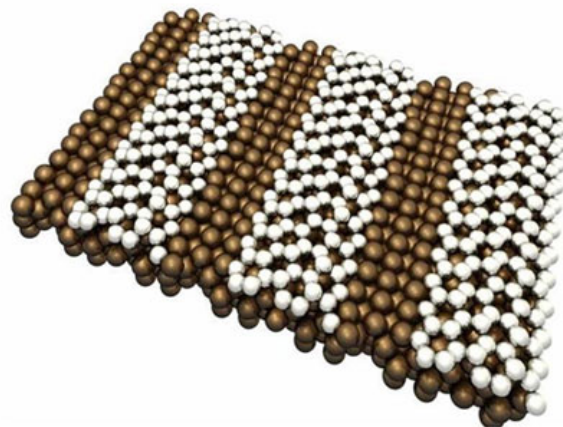
1. [Перст 19, вып. 4, с. 4 \(2012\).](#)
2. [Перст 19, вып. 5, с. 5 \(2012\).](#)
3. R.B.Reed et al., *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2, 1616 (2014).

НАНОМАТЕРИАЛЫ

Силицен существует!

Достигнутые в последние годы успехи в синтезе, исследовании и использовании графена стимулируют специалистов к изучению структур, аналогичных графену, на основе других элементов, в частности кремния. Он является родственником углерода, поскольку находится в том же, четвертом столбце таблицы Менделеева и, подобно углероду, имеет четыре валентных электрона. По аналогии с графеном кремниевая двумерная структура носит

название силицен [1]. Долгое время в литературе преобладала точка зрения, согласно которой существование силицена невозможно, поскольку из-за сильного взаимодействия трудно отделить индивидуальный слой. Однако многолетние усилия исследователей, не потерявших оптимистической надежды на существование силицена, начинают приводить к позитивным результатам. Так, недавно группе ученых из Technische Univ. Berlin (Германия) Inst. d'Electronique, Microelectronique Nanotechnologies, Aix-Marseille Univ. (Франция), Inst. Struttura Materia (Италия) [2] удалось не только выделить образцы многослойного силицена, но и провести исследование их электрических характеристик.



Структура силицена

Образцы силицена получали в результате эпитаксиального роста на поверхности монокристалла Ag(111). Предварительно поверхность подложки обрабатывали ионами Ag^+ с энергией 1.5 kV при давлении остаточного газа 5×10^{-5} Торр, после чего отжигали при температуре 530°C в течение 30 мин. Силицен получали в результате напыления атомов Si на подготовленную поверхность Ag(111), температуру которой поддерживали на уровне $210\text{--}220^\circ\text{C}$. Контроль за ростом силицена осуществляли методом дифракции медленных электронов. На изображениях, полученных с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), хорошо различима структура силицена (3×3), которая проявляет себя также на изображениях, полученных методом дифракции медленных электронов. Результаты СТМ наблюдений указывают на формирование нескольких слоев силицена, каждый из которых образует террасу. Расстояние между слоями составляет 0.3 нм, что примерно на 30% меньше соответствующего показателя для многослойного графена. На СТМ-изображениях образцов удается различить отдельные фрагменты силицена с поперечным размером до 180 нм.

Электрические характеристики полученной силиценовой пленки измеряли четырехзондовым методом. В качестве зондов использовали иглы СТМ, расположенные на вершинах квадрата со стороной от 1 до 4 мкм. При расстоянии между зондами 2

мкм измеренное сопротивление пленки находилось в диапазоне между 608 и 823 Ом. При сильной механической нагрузке на пленку ее сопротивление оказывалось близким к нулю, что указывает на прохождение тока через Ag подложку. Из данного наблюдения можно сделать вывод, что в отсутствие механической нагрузки силициновые слои не находятся в электрическом контакте с серебряной подложкой. Сопротивление силициновой пленки (расстояние между контактами 1 мкм) оказалось равным 6.5 кОм/□. Эта величина на порядок превышает соответствующий параметр для однородного многослойного образца графена. По мере увеличения расстояния между контактами наблюдалось снижение электрического сопротивления пленки (от 720 Ом при 1 мкм до 220 Ом при 4 мкм), которое, тем не менее, всегда значительно превышало сопротивление серебряной подложки.

А.Елецкий

1. *Перст* **19**, вып. 9, с. 1 (2012).

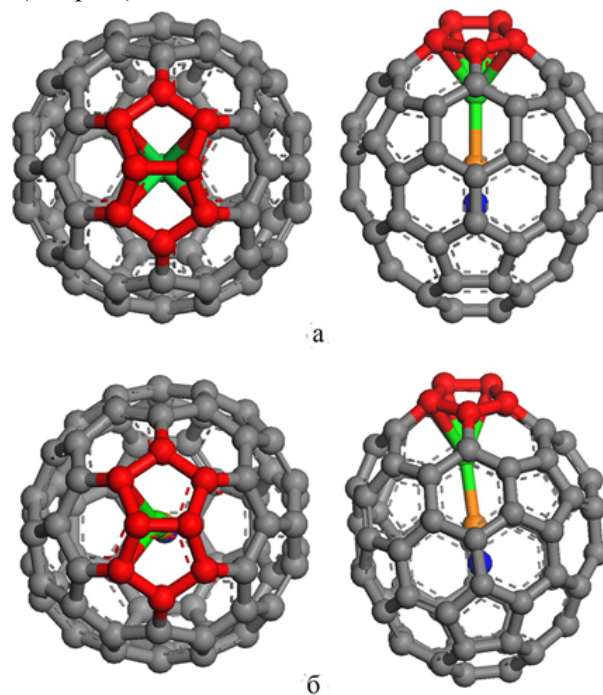
2. P. Vogt et al., *Appl. Phys. Lett.* **104**, 021602 (2014).

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Цианиды металлов в фуллереновой клетке

Эндоэдральные соединения, особенно на основе фуллеренов, приобретают все большую популярность. Их уникальная структура, энергетические и электронные свойства находятся в фокусе внимания исследователей. При этом все чаще озвучиваются идеи использовать эти материалы в качестве основы для систем доставки лекарственных средств или запаса газа. В одной из последних работ китайские исследователи с помощью программы Gaussian03 в рамках теории функционала плотности предсказывают существование металлофуллеренов ScCN@C₇₆ и YCN@C₇₆ и рассчитывают их геометрию, термодинамическую устойчивость, электронные характеристики, ИК- и ЯМР-спектры [1]. Конечно, работа не является революционной, однако авторам все же удалось получить несколько интересных результатов. Они рассмотрели эндоэдральные комплексы на основе наиболее устойчивых изомеров фуллерена C₇₆ и цианидов металлов: ScCN и YCN. Известно, что фуллерен C₇₆ является одним из наиболее распространенных высших фуллеренов после C₆₀ и C₇₀. Всего существует 19 151 структурных изомеров этого фуллерена, два из которых удовлетворяют правилу изолированных пятиугольников. Согласно этому правилу наиболее устойчивыми должны быть именно те фуллерены, в которых ни одна пара образованных атомами углерода пятиугольников не имеет смежных ребер. Однако в случае эндоэдральных комплексов ScCN@C₇₆ и YCN@C₇₆ это правило нарушается (и это уже далеко не первый такой случай), и наиболее выгодными конфигурациями становятся металлофуллерены со смежными пятиугольниками на по-

верхности фуллереновой клетки. Этими конфигурациями оказались фуллерены с симметрией C_{2v} и C₁ (см. рис.).



Вид сверху (слева) и сбоку (справа) металлофуллеренов ScCN@C_{2v}-C₇₆ (а) и ScCN@C₁-C₇₆ (б). Атомы Sc обозначены зеленым цветом, атомы С и N внутри фуллереновой клетки – оранжевым и синим цветами, соответственно. Соседние пентагоны выделены красным цветом. Металлофуллерены YCN@C₇₆ имеют аналогичную структуру.

Кроме того, авторы заметили, что инкапсулированные цианиды ScCN и YCN обладают линейной структурой, а не треугольной, как это наблюдалось в предыдущих работах в соединениях TbCN@C₈₂ и YCN@C₈₂. При этом длина связи С–N согласуется с результатами для традиционных цианидов металлов. Поэтому можно говорить о некотором влиянии каркаса фуллерена на геометрию соединения-гостя. Подводя итог, нельзя не отметить, что семейство эндофуллеренов стремительно расширяется, все новые и новые молекулярные системы удается внедрить в фуллереновую полость (пусть пока только теоретически). Быть может, в недалеком будущем выбор того, что возможно разместить внутри фуллерена будет ограничиваться не технологическими трудностями, а лишь действительной необходимостью и нашей фантазией.

М. Маслов

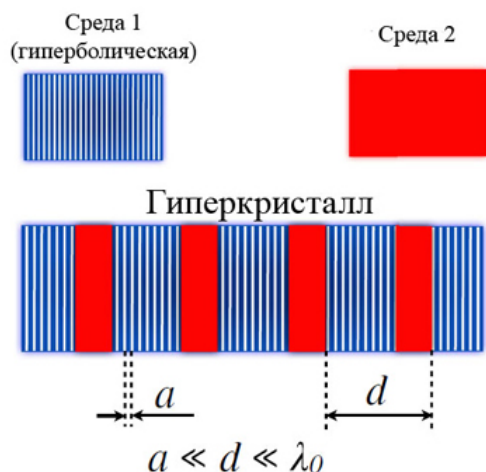
1. Q.-Y. Meng et al., *Comput. Theor. Chem.* **1050**, 83 (2014).

ФОТОНИКА

Фотонные гиперкристаллы

Так называется статья Евгения Нариманова в *Physical Review X* [1], в которой анализируется возможность создания и предполагаемые свойства новой разновидности фотонных кристаллов, в которых

периодическая модуляция показателя преломления вносится в среду с необычной гиперболической дисперсией. Если в среде диэлектрические проницаемости в двух ортогональных направлениях x и y имеют противоположный знак, то закон дисперсии принимает вид уравнения гиперболы в координатах волновых векторов k_x, k_y , а значит, в отличие от случая сред с обычным “круговым” законом дисперсии, волновые числа в такой среде могут принимать сколь угодно большие значения, пока длина волны не станет сравнимой с постоянной решетки и не перестанет работать приближение однородной среды.



Фотонный гиперкристалл из среды с гиперболической дисперсией (1) и обыкновенной среды (2). Период фотонного гиперкристалла d должен, с одной стороны быть много меньше длины волны λ в свободном пространстве, с другой стороны, намного превышать характерную толщину слоев a , составляющих метаматериал.

Как создать такую гиперболическую среду? Когда заходит речь об экзотических веществах с отрицательными диэлектрическими и магнитными проницаемостями, то вспоминают о метаматериалах – средах, в которых, так же как и в фотонных кристаллах, оптические свойства определяются не химическим составом, а структурой. Но в отличие от фотонного кристалла, где период модуляции показателя преломления сравним с длиной волны света, характерный размер структурных элементов метаматериала намного меньше длины волны используемого излучения, что позволяет рассматривать метаматериал в приближении однородной среды. В статье [1] предлагается совместить эти две, казалось бы, взаимоисключающие концепции фотонных кристаллов и метаматериалов. Действительно, если метаматериал является гиперболической средой, поддерживающей широкий спектр волн, в том числе и с высокими пространственными частотами, то в нем будет возможно брэгговское отражение даже при периоде модуляции показателя преломления, намного меньшем длины волны излучения в свободном пространстве. При этом среда с гиперболической дисперсией должна оставаться квазиоднородной, т.е. размер ее структурных элементов

должен быть, в свою очередь, намного меньше периода фотонного кристалла (см. рис.). Если учесть, что такие гиперболические среды существуют не только в виде метаматериалов (сверхрешетки из легированных полупроводников, металлов и диэлектриков), но и в “естественной” форме (кристаллы сапфира, висмута, графита и др.), для которой характерным размером является постоянная кристаллической решетки, то задача создания фотонного кристалла представляется вполне реализуемой.

Для чего можно использовать такую гибридную структуру? Например, для генерации “гиперплазмонов”, которые одновременно имели бы основные свойства плазмонов и мод в фотонном кристалле: пространственная локализация излучения, возможность субволновой фокусировки, высокая эффективность взаимодействия излучения с материалом, но при этом были бы лишены основного недостатка плазмонов – малой длины пробега вследствие сильного затухания.

А. Пятаков

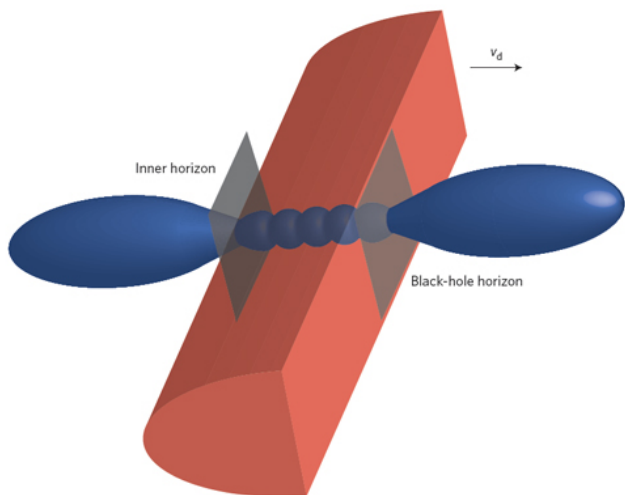
1. E.E.Narimanov, Phys. Rev. X 4, 041014 (2014).

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

Лазер из черной дыры

Когда была впервые высказана идея о существовании черных дыр (ЧД), считалось, что ЧД представляют собой бесструктурные объекты и что любая попавшая в ЧД материя полностью разрушается, бесследно исчезая в сингулярном центре ЧД. Позже стало понятно, что у ЧД есть энтропия и эффективная температура, а в 1974 г. С.Хокинг показал [1], что из общей теории относительности и квантовой теории поля вытекает способность ЧД испускать электромагнитное излучение. Однако экспериментальная регистрация этого излучения практически нереальна, поскольку оно чрезвычайно слабое (температура типичной ЧД намного ниже температуры фонового космического излучения).

В 1981 г. было замечено [2], что аналог излучения Хокинга может иметь место в жидкостях. Идея очень проста: жидкость протекает с постоянной скоростью через сужение или какое-либо другое препятствие, так что ее скорость через препятствие оказывается локально больше скорости звука в этой жидкости, и поэтому звуковые волны, возбужденные в направлении течения, не могут распространяться против течения, создавая для жидкости эффективный горизонт событий. Классические уравнения движения жидкости аналогичны уравнениям квантового поля в присутствии гравитации, и некоторые звуковые волны могут выходить за пределы горизонта, как при излучении Хокинга. В работе [3] звуковой аналог излучения Хокинга обнаружен в сверхтекучей жидкости (см. рис.).



Твердотельный лазер из “черной дыры”. Дефект (красный цвет), движущийся с постоянной скоростью v_d в ультрахолодном бозе-эйнштейновском конденсате (синий цвет), создает область сверхзвукового движения, ограниченную двумя горизонтами событий, которые эквивалентны внешнему и внутреннему горизонтам астрофизических черных дыр. Стоячие волны между горизонтами экспоненциально усиливаются, как электромагнитные волны в лазере.

Более того, показано, что имеет место спонтанное усиление этого излучения (стоячих звуковых волн) между двумя горизонтами, подобно усилению световых волн в лазерном резонаторе. В результате усиливается также и испускаемое “черной дырой” излучение. На повестке дня – измерение его спектра. Теперь информацию о свойствах экзотических космических объектов, удаленных от нас на многие тысячи световых лет, можно получать, не выходя из лаборатории.

По материалам заметки
“A black-hole laser”, G.Modugno,
Nature Phys. **10**, 793 (2014).

1. *S.W.Hawking, Nature* **248**, 30 (1974).
2. *U.Unruh, Phys. Rev. Lett.* **46**, 1351 (1981).
3. *J.Steinhauser, Nature Phys.* **10**, 864 (2014).

КОНФЕРЕНЦИИ

**Семинар по магнетизму,
 18 ноября 2014 г.**

(17-00, конференц-зал ИФП им. П.Л. Капицы РАН, ул. Косыгина, 2).

Программа

Алексей Мельников (Отделение физической химии Института им. Фрица Хабера Научного общества им. Макса Планка, Берлин, Германия) – “Сверхбыстрая нелокальная спиновая динамика, индуцированная транспортом фотовозбужденных спинполяризованных горячих носителей в металлических многослойных структурах”.

**2nd International Conference on Surfaces,
 Coatings and Nanostructured Materials – Asia
 (2nd NANOSMAT–Asia) 24-27 March 2015,
 Kayseri, Turkey**

Topics

Symposium 1: Technologies for Synthesis & Fabrication of Nanomaterials

Symposium 2: Structure and Properties of Nanomaterials

Symposium 3: Applications of Nanomaterials

Symposium 4: Environmental, Biological, Medical, and Societal Aspects of Nanoscience and Nanotechnology

Symposium 5: Optical Nanomaterials / Optical Properties of Nanomaterials

Abstract submission deadline: **28 November 2014**

E-mail: info@nanosmat-asia.com

Web: <http://www.nanosmat-asia.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, Л.Опенев, А.Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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