

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Топологические поверхностные состояния со сверхпроводящей щелью

Топологические диэлектрики представляют собой особый тип материалов: внутренность у них диэлектрическая, а поверхность — проводящая. В работе [1] (Китай, США) обнаружено, что при напылении тонкой пленки топологического диэлектрика Bi_2Se_3 на высокотемпературный сверхпроводник $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (рис. 1) в ней индуцируется сверхпроводимость, и в поверхностных состояниях возникает сверхпроводящая щель $\Delta \approx 15$ мэВ.

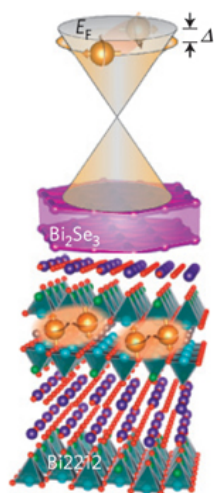


Рис. 1. Схематическое изображение гетероструктуры $\text{Bi}_2\text{Se}_3/\text{Bi}2212$. Эффект близости приводит к появлению сверхпроводящей щели Δ в поверхностных состояниях Bi_2Se_3 .

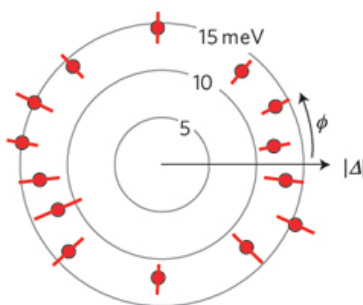


Рис. 2. Угловая зависимость индуцированной щели.

Интересно, что эта щель почти изотропна (рис. 2), хотя в $\text{Bi}2212$ она имеет d -волновую симметрию. Авторы полагают, что в гетероструктурах такого типа удастся наблюдать нулевые моды Майораны, которые не только представляют собой фундаментальный интерес, но и могут найти применение в квантовой информатике.

I. E. Wang et al., Nature Phys. 9, 621 (2013).

Супертвердый сверхпроводящий тетраборид железа

Недавно было теоретически предсказано [1], что в системе Fe-B может существовать ранее неизвестное соединение FeB_4 с орторомбической структурой. Расчеты указывали на сильное электрон-фононное взаимодействие, поэтому FeB_4 рассматривался как кандидат в “обычные” сверхпроводники с фононным механизмом спаривания. В работе [2] (Германия, Эстония, Италия, Франция, Бельгия, США) монокристаллы FeB_4 синтезированы при высоких тем-

И далее ...

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Квантовые траектории сверхпроводникового кубита

ГРАФЕН

Ультратонкие мембраны из оксида графена

- 3 Ковер из графеновых нанолент

Изготовление волокон из графеновых полосок

НАНОМАТЕРИАЛЫ

- 4 Наноккомпозит из УНТ и паучьего шелка

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 6 Пропавшие металлофуллерены

МУЛЬТИФЕРРОИКИ

- 7 Мультиферроики становятся “мультикалориками”

ТОРЖЕСТВО

Физико-техническому институту им. А.Ф. Иоффе — 95!

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Nanoscience and Nanotechnology International Conference
12th - 14th of February 2014,
Porto, Portugal

4th International Conference on Superconductivity and Magnetism, 27th April - 2nd May 2014,
Antalya, Turkey

пературах (1523-3023 K) и давлениях (8-18 ГПа). Они действительно оказались сверхпроводящими, хотя и с довольно низкой критической температурой $T_c = 2.9$ K (рис. 1). Объемный характер сверхпроводимости подтвержден измерениями теплоемкости (рис. 2).

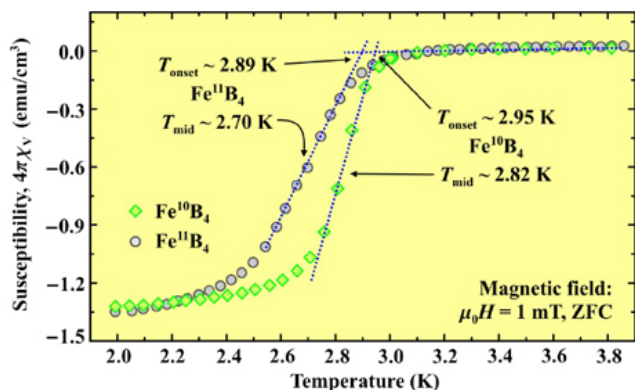


Рис. 1. Температурные зависимости магнитной восприимчивости монокристаллов FeB_4 с изотопами ^{10}B и ^{11}B .

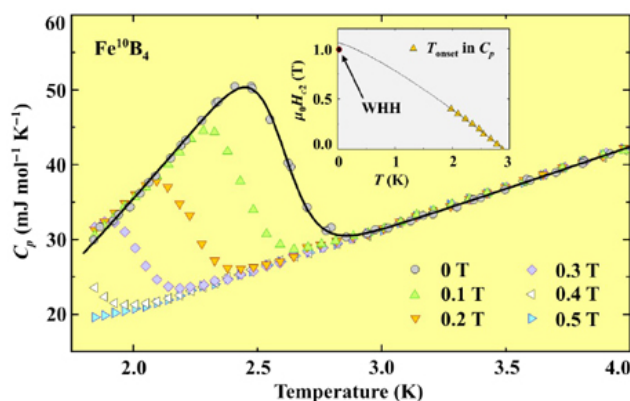


Рис. 2. Температурная зависимость удельной теплоемкости FeB_4 .

Верхнее критическое поле составило $H_{c2}(0) = 1.05$ Тл. Изотопическое замещение атомов бора приводит к изменению T_c , то есть сверхпроводимость, как и ожидалось, имеет фононную природу, что необычно для соединений железа. FeB_4 оказался очень прочным материалом: его твердость (62 ГПа) достаточна для конструирования новых сверхпроводниковых наноэлектромеханических систем.

Л.Опенев

1. A.N. Kolmogorov et al., *Phys. Rev. Lett.* **105**, 217003 (2010).
2. H. Gou et al., *Phys. Rev. Lett.* **111**, 157002 (2013).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Квантовые траектории сверхпроводникового кубита

Время, в течение которого квантовая система, находясь в суперпозиционном состоянии, сохраняет свою когерентность, определяется характером ее взаимодействия с окружением. Такое взаимодействие перепутывает состояние системы с флуктуациями среды. Если эти флуктуации не измерять, то среду можно рассматривать как источник шума,

приводящего к преобразованию исходного “чистого” состояния системы в классическую статистическую смесь (то есть к декогерентизации). Если же над окружением проводить так называемые “слабые измерения”, то, согласно теории, система будет оставаться в “чистом” состоянии, а ее эволюция будет описываться “квантовой траекторией”, определяемой результатами измерений. В работе [1] экспериментально изучены квантовые траектории сверхпроводникового трансмонного кубита (т.е. кубита со сравнительно большой джозефсоновской энергией, шунтированного передающей линией [2]), помещенного в СВЧ-резонатор. Роль среды при этом играли флуктуации одной из электромагнитных мод резонатора. В процессе диффузии состояния кубита по поверхности сферы Блоха его характеристики определяли в режиме реального времени посредством квантовой томографии.

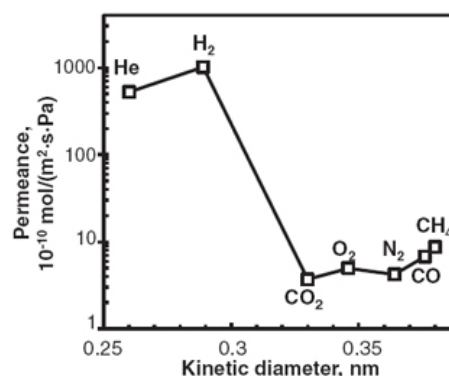
Авторы [1] приходят к заключению, что декогерентизацию квантового объекта можно существенно ослабить просто путем непрерывного мониторинга его окружения. Кроме того, квантовыми траекториями в принципе можно даже управлять, изменяя контрольные параметры системы в соответствии с результатами измерений.

1. K.W. Murch et al., *Nature* **502**, 211 (2013).
2. J. Koch et al., *Phys. Rev. A* **76**, 042319 (2007).

ГРАФЕН

Ультратонкие мембраны из оксида графена

Качество любой мембраны определяется ее пропускной способностью и избирательностью по отношению к различным веществам. Через тонкие мембраны молекулы проникают легче, чем через толстые, но при уменьшении толщины до ≈ 20 нм в мембране образуются дефекты, и ее характеристики ухудшаются. В работе исследователей из Univ. of South Carolina и Rochester Inst. of Technology (США) [1] сообщается о разработке технологии изготовления ультратонких (до 1.8 нм) и при этом бездефектных мембран из оксида графена. Средний радиус пор у таких мембран составляет около 0.3 нм, что позволяет эффективно “просеивать” молекулы водорода, отделяя их от молекул O_2 , C_4H_4 и пр. (см. рис.).



Проникновение атомов гелия и различных молекул через мембрану из оксида графена.

Перст, 2013, том 20, выпуск 20

Так, например, селективность разделения смесей H_2/CO_2 и H_2/N_2 (3400 и 900, соответственно) на 1-2 порядка выше, чем у современных микропористых мембран.

1. H.Li et al., *Science* **342**, 95 (2013).

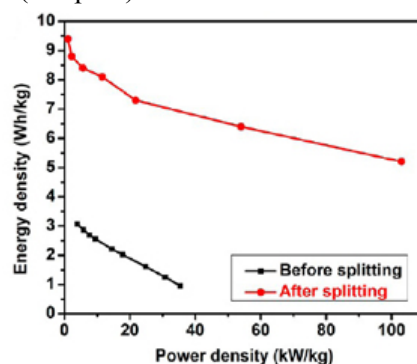
Ковер из графеновых нанолент

Одно из наиболее перспективных современных направлений повышения эффективности систем получения, накопления и преобразования энергии связано с разработкой суперконденсаторов (СК). В этих устройствах, накопление энергии происходит в результате осаждения ионов в тонком двойном слое между электродами и электролитом. Емкость такого СК, подобно обычному конденсатору, прямо пропорциональна поверхности электродов и обратно пропорциональна толщине слоя, разделяющего заряды. Однако в отличие от обычного конденсатора, в СК электроды имеют развитую пористую поверхность, площадь которой на несколько порядков превышает площадь пластин конденсатора аналогичной массы, а аналогом расстояния между пластинами является толщина двойного электрического слоя, размеры которой исчисляются микронами. Тем самым максимально достижимая емкость СК на много порядков превышает емкость обычных конденсаторных систем, что открывает возможность использования СК в качестве основы в системах хранения энергии, повышающих возможности автомобильных двигателей. Для практической реализации возможностей, заложенных в этих системах необходимо использование материалов, сочетающих хорошую электропроводность с химической инертностью и максимально высокой удельной поверхностью, которая доступна для ионов, содержащихся в электролите. Указанным требованиям удовлетворяют многие наноматериалы, наиболее известными представителями которых являются углеродные нанотрубки (УНТ) и графен. Основная проблема при создании материалов для электродов суперконденсатора связана с тенденцией наноструктурированных материалов на основе углерода к образованию агрегатов, внутри которых затруднено поступление электролита. Таким образом, недостаточно синтезировать большое количество УНТ или графена, необходимо еще позаботиться о формировании из этих элементов пористой структуры, все участки поверхности которой одинаково хорошо доступны для ионов электролита.

Один из возможных подходов к решению этой задачи предложила группа исследователей из США и Китая [1]. Авторы [1] приготовили подобие ковра, содержащего наряду с вертикально ориентированными УНТ также графеновые наноленты. В качестве исходного материала использовали выращенный методом химического осаждения паров ковер из вертикально ориентированных УНТ с числом слоев

около 10 и диаметром около 10 нм, который в течение 48 ч обрабатывали в парах калия при температуре 450°C . После этого образцы промывали этиловым эфиром и метиловым спиртом. Исследователи с помощью сканирующего электронного микроскопа наблюдали преобразование части УНТ в графеновые наноленты (ГНЛ) шириной около 20 нм, сохраняющих свою вертикальную ориентацию. Причем в ГНЛ превращаются главным образом внешние слои нанотрубок, в то время как 4-5 внутренних слоев сохраняют цилиндрическую форму.

Стандартные электрохимические сравнительные испытания электродов на основе массива вертикально ориентированных УНТ и УНТ с графеновыми полосками показали, что в результате обработки парами калия удельная поверхность электрода выросла от 191 до $308 \text{ м}^2/\text{г}$, что привело к существенному повышению эксплуатационных характеристик электрода (см. рис.).



Соотношение между удельной энергоемкостью и выделяемой электрической мощностью, измеренное для электродов на основе массива вертикально ориентированных УНТ (квадраты) и массива, содержащего графеновые нанополоски (кружки).

Как видно, увеличение энергоемкости электрода значительно превосходит рост его удельной поверхности, что указывает на повышение доступности поверхности электрода для ионов электролита в результате преобразования части УНТ в графеновые полоски.

А. Елецкий

1. C. Zhang et al., *ACS Nano* **7**, 5151 (2013).

Изготовление волокон из графеновых полосок

Углеродное нановолокно (УНВ) является основой полимерных конструкционных материалов, которые благодаря сочетанию малого удельного веса, высокой механической прочности, химической и термической стабильности, а также хорошей электро- и теплопроводности находят широкое применение в автомобилестроении, авиации, производстве спортивного инвентаря и многих других областях техники.

Традиционный подход к получению УНВ основан на термической обработке прекурсоров, в качестве которых обычно используют полиакрилонитрил

(PAN) либо смолу. Необходимость высокотемпературной (свыше 2000°C) термической обработки, повышающей стоимость производства УНВ и сопровождающейся образованием продуктов термолитиза, снижающих качество материала, заставляют искать новые технологии получения УНВ. Один из таких новых подходов, продемонстрированный недавно группой исследователей из США и Китая [1], основан на использовании в качестве прекурсоров нанополосок оксида графена (ОГ). Такие полоски длиной около 4 мкм и шириной свыше 100 нм авторы получали продольным разрезанием многослойных углеродных нанотрубок. Часть полосок подвергали термическому восстановлению, в результате ОГ превращался в восстановленный ОГ (ВОГ). Полоски заливали хлоросульфоновой кислотой, в результате чего образовывался коллоидный раствор с содержанием полосок 8% (по массе), который в дальнейшем использовали для получения УНВ стандартным методом скручивания при пропускании через фильеру. Минимальный диаметр фильеры составлял 125 мкм, длина фильеры – 2.54 см, а скорость прохождения раствора через фильеру – 0.0066 мл/мин. При таких параметрах скручивания за час получалось непрерывное волокно диаметром около 50 мкм и длиной несколько десятков метров.

Прочность на разрыв волокна, полученного из нанополосок ОГ, достигает 33.2 МПа, модуль Юнга равен 3.2 ГПа при максимальном относительном растяжении 1.64%. Волокна обладают хорошей гибкостью и могут быть связаны в узел с минимальным диаметром 1 мм. Удельная поверхность волокна составляет 58 м²/г (метод БЭТ). Более высокими показателями характеризуется волокно, полученное из полосок ВОГ: прочность на разрыв – 383 МПа; модуль Юнга – 39.9 ГПа и максимальное растяжение – 0.97%. Это обусловлено более высокой степенью упорядочения полосок ВОГ в волокне. Плотность волокна составляет 0.88 г/см³, примерно вдвое ниже, чем у коммерческого углеволокна (1.75 – 2.2 г/см³). Это может быть связано с образованием внутри волокон остаточных микрополостей. Удельная прочность волокна из ВОГ достигает 430 кНм/кг, что превышает соответствующие показатели для таких конструкционных материалов как титан, алюминий и сталь. Аналогично, удельный модуль Юнга полученных волокон также выше, чем у конструкционных материалов на основе металлов. Электрические измерения показали, что проводимость волокна на основе ВОГ составляет 285 См/см. По этому показателю полученное волокно превосходит лучшие коммерческие образцы УНВ.

А. Елецкий

1. C. Xiang et al., ACS Nano 7, 1628 (2013).

НАНОМАТЕРИАЛЫ

Наноккомпозит из УНТ и паучьего шелка

Ученые из США, Испании и Ирака создали необычный наноккомпозит из волокон шелка паука-кругопряда *Nephila clavipes* и многостенных углеродных нанотрубок МСНТ [1]. Новый материал гибкий, достаточно прочный и электропроводный; его свойства зависят от механической нагрузки (растяжения) и влажности.

О замечательных свойствах паутины, в том числе о высокой прочности и эластичности, уже рассказывалось в ПерсТе [2]. Напомним, что центральная часть “dragline” нити (которая служит для каркаса паутины и “страховочного троса” паука) образована фибриллами из белков спидроинов. (Спидроины по аминокислотному составу похожи на белки шёлка фиброины, поэтому нити паутины называют паучьим шёлком). Белки состоят из нанокристаллитов антипараллельных β-листов, распределённых в матрице из полипептидных цепочек и спиральных структур (рис. 1) [3]. Нанокристаллиты обеспечивают прочность нити, а молекулярные “нанопружинки” и петли – эластичность.



Рис. 1. Отдельная фибрилла волокна паутины при небольшом (слева) и сильном (справа) растяжении и внешний вид паука *Nephila clavipes*.

Нити паутины имеют еще одну важную особенность – зависимость свойств от влажности. Давно и хорошо известно явление сверхсжатия “dragline” нити при влажности выше 80% (сокращение длины до 50% и возникновение значительных напряжений). Как правило, такое сжатие необратимо; меняется молекулярный состав шелка. Волокно при этом размягчается. Однако недавно исследователи [4] показали, что имеется и другой, циклический, отклик, связанный с обратимым поступлением воды: сжатие при увлажнении – релаксация (растяжение) при высыхании (длина волокна при этом меняется всего на 1-2%). Такие циклы наблюдаются и до, и после сверхсжатия. Для создания нового наноккомпозита оказались важны оба типа откликов на влажность [1].

Схема синтеза представлена на рис. 2. Исследователи смешали сухой порошок функционализированных группами NH₂ нанотрубок (субмикронная длина, диаметр 10 нм) с пучком волокон паучьего шелка (длина 2 см), увлажнили каплями воды, сжали между тефлоновыми пластинками и высушили на воздухе. SEM и TEM изображения отдельного волокна (пучок легко разделяется на волокна) приведены на рис. 3. Видно, что на волокне образовалось однородное покрытие из нанотрубок, его толщина ~

80-100 нм. Высокую адгезию обеспечили сверхсжатие и размягчение волокон при добавлении воды.

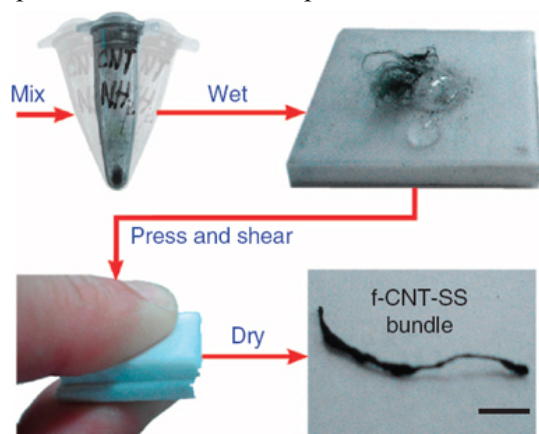


Рис. 2. Схема получения нанокompозита из паучьего шелка (SS-spider silk) и NH_2 -функционализированных нанотрубок (f-CNT). Шкала 2 мм.

Авторы отмечают интересные детали: при использовании нефункционализированных нанотрубок получить покрытие не удастся; при замене воды на растворители (спирт, толуол, ацетон и др.), а также паучьего шелка на другие волокна (нейлоновые, хлопковые, акриловые) в лучшем случае сформируется частичное покрытие.

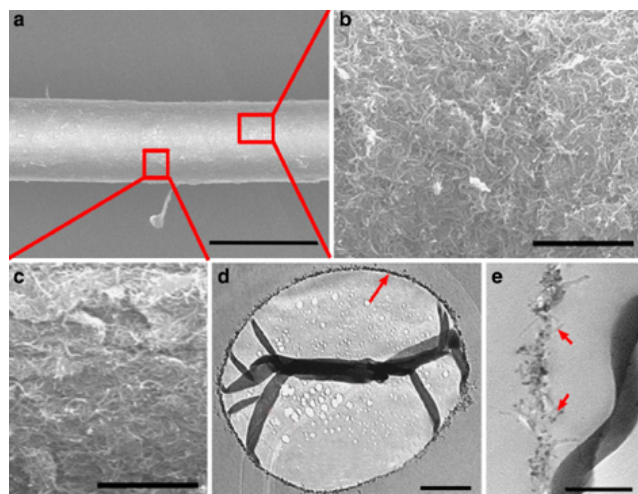


Рис. 3. a – SEM изображение отдельного волокна диаметром 6.5 мкм. Шкала 10 мкм. b, c – Увеличенные изображения, шкала 1 мкм. d – TEM изображение сечения волокна, красной стрелкой показано покрытие из нанотрубок (волокно сложилось при получении среза). Шкала 1 мкм. e – TEM изображение показывает проникновение отдельных нанотрубок (красные стрелки) в структуру шелка. Шкала 250 нм.

Свойства нового композита изучали с помощью ИК спектроскопии с преобразованием Фурье, рамановской спектроскопии, электронной микроскопии, измерений электросопротивления, способности к растяжению и др. Данные показали изменение в структуре волокон, связанное с взаимодействием COOH групп шелка и NH_2 групп нанотрубок. Внутренняя структура белка шелка (включая β -нанокристаллиты и спирали) осталась неизмен-

ной. Измерения в разных областях волокна подтвердили однородность покрытия.

Предел прочности нанокompозита оказался ниже, чем у исходного волокна (почти такой же, как у сверхсжатого шелка), однако способность к растяжению гораздо выше (рис. 4). Вязкость нанокompозита (определенная как площадь под кривой напряжение–растяжение) составляет $\sim 300\%$ вязкости исходного волокна.

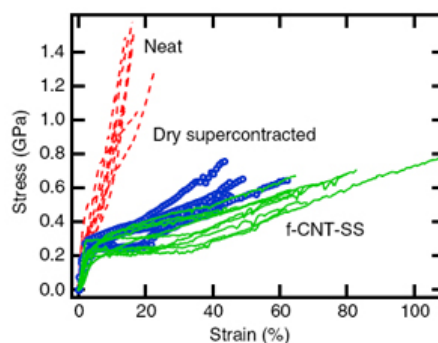


Рис. 4. Растяжимость отдельных волокон: красные линии – необработанное волокно, синие – сухое сверхсжатое, зеленые – с покрытием из МСНТ.

Нанокompозитные волокна оказались электропроводными; удельная проводимость отдельного волокна примерно такая же, как у buckypaper из аналогичных NH_2 -МСНТ. Как показано на рис. 5, волокнам (предварительно увлажнив) можно придать любую форму. Они остаются электропроводными, и таким образом, годятся для изготовления электродов различного типа – например, ими можно обмотать медную проволоку.



Рис. 5. Фотографии волокон разной формы и пучка, обмотанного вокруг медной проволоки.

Электросопротивление нанокompозитных волокон зависит от температуры, растяжения и влажности (рис. 6). Авторы наблюдали циклические изменения сопротивления в соответствии с колебаниями растяжения и влажности.

Сочетание уникальных свойств нанотрубок и паучьего шелка позволяет использовать нанокompозитные волокна в различных устройствах, например в чувствительных к растяжению резистивных сенсорах для мониторинга сердечного ритма (рис. 7) и актуаторах. Принцип действия показанного на рис. 8 актуатора – сжатие/растяжение волокна при дегидратации/регидратации. Удаление влаги из волокна происходит в результате локального нагрева

покрытия при пропускании тока. Постепенно во влажной среде происходит регидратация волокна, длина восстанавливается почти до начальной.

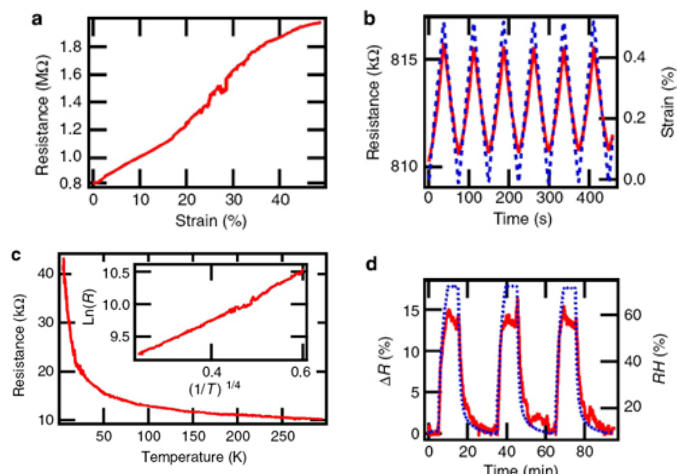


Рис. 6. а – Изменение сопротивления отдельного волокна при растяжении до 50%; б – циклические изменения сопротивления волокна (красные линии) при изменении растяжения (синие линии); с – зависимость сопротивления отдельного волокна от температуры; d – циклические изменения сопротивления $2 \times 2 \text{ мм}^2$ мата из волокон с $R = 100 \text{ Ом}$ (красные линии) при изменении влажности RH до 70% (синие линии).

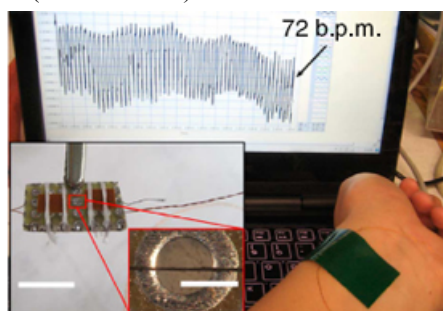


Рис. 7. Демонстрация отклика электросопротивления на сердечный ритм (в приборе использован пучок волокон с $R = 11 \text{ кОм}$). Шкала 1 см (слева) и 1 мм (справа)

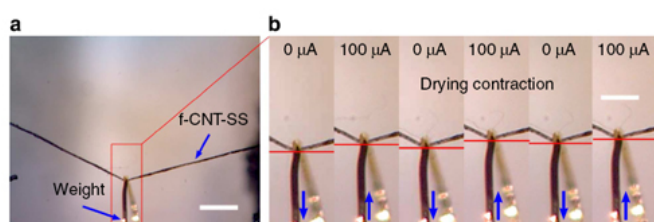


Рис. 8 а – Фотография 35 мг груза на волокне. Шкала 250 мкм. б – Под действием тока 100 мкА волокно сокращается на 1% (1.8 мм), и груз за время $< 1 \text{ с}$ поднимается на 25 мкм (температура среды 23°C , влажность 55%). Между циклами перерыв 1 ч. Шкала 150 мкм.

Современные материалы, используемые в электронике, содержат много токсичных компонентов, которые оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Используя простой метод, авторы [1] создали новый многофункциональный нанокомпозит на основе природного биоразлагаемого паучьего шелка.

О. Алексеева

1. E. Steven et al., *Nature Commun.* **4**, 2435 (2013).

2. *ПерсТ* **19**, вып.17, с.2 (2012).

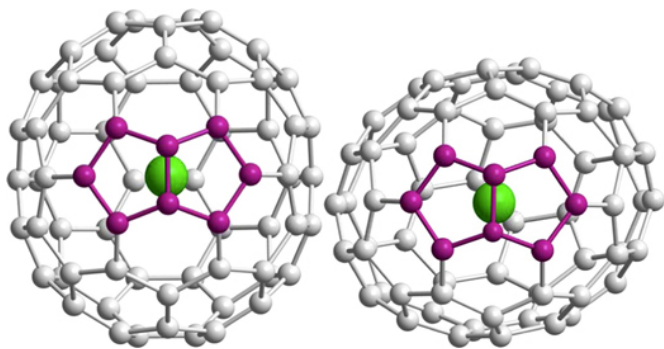
3. X. Huang et al., *Adv. Mater.* **24**, 1482 (2012).

4. I. Agnarsson et al., *J. Exp. Biol.* **212**, 1990 (2009).

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Пропавшие металлофуллерены

Семейство фуллеренов C_{72} в литературе часто называют “пропавшими фуллеренами” (“missing fullerenes”) из-за того, что, в отличие от своих ближайших соседей, высших фуллеренов (например, C_{60} или C_{96}) не существует отлаженной технологии их получения. Однако частичное допирование различными атомами или функциональными группами может, в принципе, исправить сложившуюся ситуацию и помочь провести успешный синтез. Так, например, ранее мы уже сообщали, что нескольким независимым исследовательским группам удалось выделить хлорфуллерен $C_{72}Cl_4$ [1]. При этом синтезированное производное являлось неклассическим и не подчинялось правилу изолированных пятиугольников (isolated pentagon rule – IPR), т.е. полученный изомер содержал на своей поверхности смежные пятиугольники. Для семейства фуллеренов C_{72} вообще характерно отклонение от IPR (это было предсказано теоретически), другими словами, не-IPR изомер оказывается более стабильным, чем фуллерен, подчиняющийся правилу изолированных пятиугольников. По аналогии с внешним допированием, стабилизирующим фуллереновую клетку, могут использоваться и методы внедрения атомов, т.е. создание эндодральных комплексов. Так, например, металлофуллерены $Yb@C_{72}$ уже успешно получены [2], но геометрия каркаса и положение атома металла внутри фуллерена до настоящего времени определены не были. Авторы работы [3] установили, что металлофуллерены $Yb@C_{72}$ также не подчиняются правилу изолированных пентагонов, что соответствует сложившемуся для C_{72} общему тренду. С помощью компьютерного моделирования в рамках теории функционала плотности исследователи проанализировали более четырех десятков изомеров $Yb@C_{72}$ и пришли к выводу, что два изомера, лежащие по энергии ниже остальных: $Yb@C_{2v}(11188)-C_{72}$ и $Yb@C_2(10612)-C_{72}$, содержат на своей поверхности соседствующие пятичленные углеродные кольца (см. рис.). Детальные расчеты позволили авторам получить их геометрические, энергетические и электронные характеристики. Кроме того, исследователи установили, что $Yb@C_{2v}(11188)-C_{72}$ и $Yb@C_2(10612)-C_{72}$ обладают высокой термодинамической устойчивостью в широком температурном диапазоне и, скорее всего, именно их наблюдали в эксперименте. В этом случае, осталось лишь найти способ удаления атома Yb из фуллереновой клетки и можно будет “подержать в руках” чистый не-IPR C_{72} .



Оптимизированные молекулярные структуры фуллеренов Yb@C_{2v}(11188)-C₇₂ (слева) и Yb@C₂(10612)-C₇₂ (справа).

М. Маслов

1. *ПерсТ* **17**, вып. 23, с. 8 (2010).
2. K. Bucher et al., *Phys. status solidi (b)* **243**, 3025 (2006).
3. T. Yang, X. Zhao, *Chem. Phys.* **423**, 173 (2013).

МУЛЬТИФЕРРОИКИ

Мультиферроики становятся “мультикалориками”

Понижение температуры при адиабатическом размагничивании использовалось уже на ранних этапах развития физики низких температур. Последнее время с появлением материалов с гигантским магнитокалорическим эффектом при комнатной температуре стали говорить о создании энергоэффективных и экологичных холодильных установок (рис. 1). Однако нахождение подходящего материала — это только часть задачи, поскольку остается еще необходимость генерации больших (порядка нескольких тесла) переменных магнитных полей. Если не рассматривать вариантов с водоохлаждаемыми соленоидами или сверхпроводящими магнитами, сводящими на нет практическую магнитокалорического способа охлаждения, то остается единственный способ — создание переменного магнитного поля путем механического перемещения постоянных магнитов со всеми вытекающими неприятностями: трением, износом движущихся деталей и шумом.

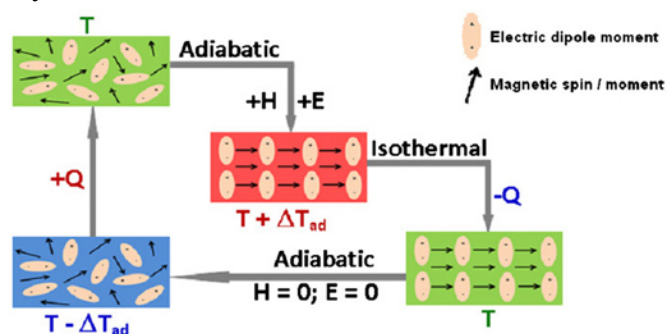


Рис. 1. Цикл холодильной установки с использованием мультикалорического эффекта [3]. Стрелками показаны магнитные моменты, эллипсами — электрические диполи.

Исследователи из Univ. of Nebraska-Lincoln (США) предлагают обойти возникающие трудности путем

использования искусственных магнитоэлектрических материалов и мультиферроиков. В этом случае управлять магнитными свойствами материала можно с помощью электрического напряжения, приложенного к пьезоэлектрику, жестко связанному с магнитным материалом [1].

Это не первый случай упоминания магнитокалорического эффекта в контексте мультиферроиков: ранее данный эффект использовали для объяснения аномального поведения магнитоэлектрической поляризации в BaMnF₄ (рост при приближении к температуре Нееля) [2], а год назад была даже предложена концепция *мультикалорического эффекта* [3] для адиабатического изменения температуры под действием внешних полей в средах с несколькими видами упорядочения, т.е. в мультиферроиках. Общим для всех этих работ является синергетический эффект, возникающий в системе: наличие нескольких видов взаимосвязанных упорядочений приводит к усилению магнитокалорического эффекта. И хотя для выбранной в [1] пары материалов (Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃–PbTiO₃/La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃) теоретические оценки изотермического изменения энтропии (порядка 1 Дж/(кг·К)) пока далеки от рекордных, сам подход, позволяющий обойтись без магнитного поля, весьма интересен.

А. Пятаков

1. Ch. Binek, V. Burobina, *Appl. Phys. Lett.* **102**, 031915 (2013).
2. А.К. Звездин и др., *ЖЭТФ* **136**, 265 (2009).
3. М.М. Vopson, *Solid State Commun.* **152**, 2067 (2012).

ТОРЖЕСТВО

Физико-техническому институту им. А.Ф. Иоффе – 95!

Мировую известность ученым Физтеха принесли работы в области физики твердого тела, полупроводников, квантовой электроники, астрофизики, физики плазмы, управляемому термоядерному синтезу, движению тел в атмосферах Земли и других планет. Институт по праву считается колыбелью отечественной физики, в нем начинали свою научную карьеру Н.Н. Семенов, Л.Д. Ландау, П.Л. Капица, работали А.П. Александров, Я.Б. Зельдович, И.В. Курчатов, И.Е. Тамм и многие другие.

Поздравляем коллектив “ФИЗТЕХОВЦЕВ” со славной годовщиной! Творческих успехов, новых свершений и открытий несмотря ни на что!

КОНФЕРЕНЦИИ

*Nanoscience and Nanotechnology International Conference (NanoPT 2014),
12th - 14th of February 2014, Porto, Portugal*

Topics

Nanomaterials

NanoChemistry

Nanobio/NanoMedicine

Graphene/Nanotubes

Optics/Photonics/Plasmonics

Modeling at the nanoscale

Scientific Policy/Tech transfer

Nanoinstrumentation

Energy

Important Dates

Abstract submission deadline: **15 November 2013**

Web site: www.nanopt.org

4th International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM2014),

27th April - 2nd May 2014, Antalya, Turkey

ICSM2014 will highlight recent advances in all major disciplines of Superconductivity, Magnetism and Cryogenics with a unique concept.

Important Dates

Abstract submission deadline: **25 November 2013**

Web site: <http://icsm2014.org/>

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.Опенков, А.Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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