

В этом выпуске:

ТОРЖЕСТВО

Национальному исследовательскому центру “Курчатовский институт” - 70 лет!

12 апреля 2013 г. Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт” отметил свой юбилей. Ровно 70 лет назад 12 апреля 1943 года Государственный комитет обороны постановил образовать с целью научного руководства работами по созданию советского атомного оружия “Лабораторию № 2 Академии наук СССР” - исследовательский коллектив, выросший во всемирно известный Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, ныне НИЦ “Курчатовский институт”. Институт славен именами многих замечательных деятелей российской науки, под научным руководством которых был создан ядерный щит нашей страны, построены первая в мире промышленная атомная электростанция, первая в СССР атомная подводная лодка, первый в мире атомный ледокол...

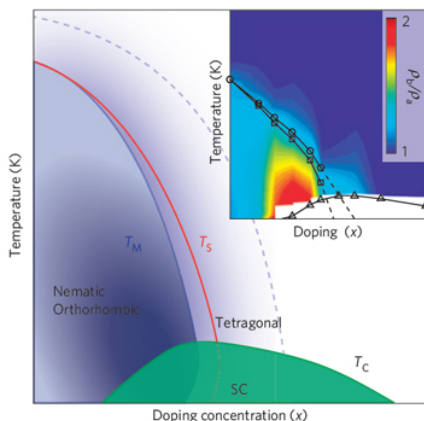
И сегодня “курчатовцы” не сдают своих позиций. Обладая уникальным оборудованием и возможностями, Центр проводит фундаментальные и прикладные научные исследования и разработки в области нанотехнологий и наноматериалов, водородной энергетики, атомной и термоядерной энергетики, создания технологий и техники военного назначения, разработки новых высокотехнологичных методов диагностики и лечения, а также производства радиофармпрепаратов.

От всей души поздравляем замечательный коллектив “КУРЧАТОВЦЕВ” со славной годовщиной! Творческих успехов и новых открытий!

СВЕРХПРОВОДНИКИ

О причине транспортной нематичности безмедных ВТСП

Сверхпроводимость безмедных ВТСП на основе железа возникает из антиферромагнитной “родительской” фазы при допировании (например, при замещении Fe → Fe_{1-x}Co_x). С ростом концентрации примесных атомов x формируется так называемая нематическая фаза, которая характеризуется нарушением вращательной симметрии как кристаллической, так и электронной структуры (см. рис.).



Схематическое изображение фазовой диаграммы пниктидов A(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂ с A = Ca, Sr, Ba. Здесь T_M, T_S, T_C – температуры магнитного, структурного и сверхпроводящего переходов, соответственно. Штриховая линия обозначает границу области нематических флуктуаций. Вставка иллюстрирует зависимость анизотропии сопротивления в плоскости a-b от температуры и концентрации допирующих примесей.

И далее ...

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Наномасштабная динамика спинов

ГРАФЕН

- 2 Графен для медицины – новые горизонты
4 Свойства нанокompозита на основе эпоксидной смолы с присадкой графена

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

- 5 Наночастицы на подносе
Дислокации в наночастицах

МАГНИТЫ

- 6 Необычные доменные стенки в геликоидальных магнетиках

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 7 Перколяционный переход в полимерах с малой добавкой УНТ

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Научная сессия ОФН РАН, “Метаматериалы”, 24 апреля 2013 г.

International Conference Modern Development of Magnetic Resonance-2013, 24-28 September 2013, Kazan, Russia

7th Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC 2013), 23-25 October 2013, Cappadocia, Turkey

В частности, электросопротивление становится анизотропным, $\rho_b > \rho_a$ (“транспортная нематичность”).

В работе [1] (Швейцария, США, Тайвань, Нидерланды, Великобритания) путем непосредственной визуализации локальной электронной структуры $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ с помощью сканирующей туннельной микроскопии установлено, что допирование приводит к образованию большого количества идентичных, но хаотически распределенных по образцу примесных состояний. Рассеяние квазичастиц на этих состояниях резко анизотропно, с максимумом вдоль оси b , что и является причиной транспортной нематичности пниктидов.

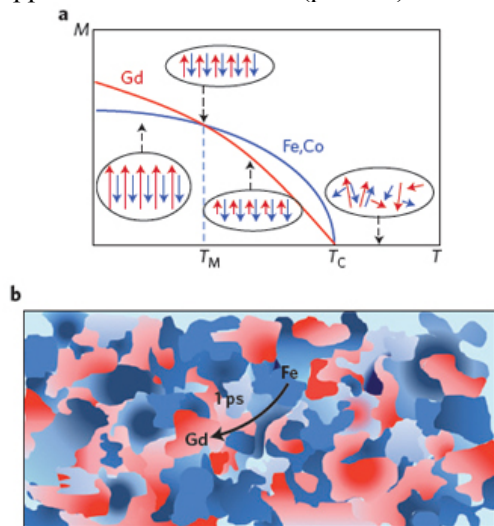
Л. Опенов

1. M.P.Allan et al., *Nature Phys.* **9**, 220 (2013).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Наномасштабная динамика спинов

Время, требующееся для изменения магнитного состояния материала, и размеры области, в которой это изменение происходит, – вот два ключевых показателя, определяющие характеристики магнитных устройств, будь то адресуемая память, системы изображения или спин-фотонные цепи. Посредством неоднородного магнитного поля или спин-поляризованного тока локальное перемагничивание можно осуществить за ~ 100 пс. В настоящее время обсуждается возможность существенного ускорения этого процесса путем использования ультракоротких лазерных импульсов. В работе [1] (США, Нидерланды, Германия, Япония, Швейцария) сообщается о результатах, полученных при исследовании стимулированной лазером спиновой динамики в ферримагнетике GdFeCo (рис. 1а).



Равновесные и неравновесные характеристики ферримагнитного сплава $\text{Gd}_{24}\text{Fe}_{66.5}\text{Co}_{9.5}$: а – температурные зависимости намагниченности подрешеток Gd (\uparrow) и Fe,Co (\downarrow) (T_M – температура компенсации, T_C – температура Кюри); б – пространственные флуктуации областей с различной концентрацией атомов Gd и Fe (стрелка показывает перенос спинового углового момента из области с избытком Fe в область с избытком Gd).

Обнаружено, что после воздействия фемтосекундного лазерного импульса перенос спинового углового момента с $3d$ спинов атомов Fe на $4f$ спины атомов Gd происходит за ~ 1 пс. Большую роль здесь играют наномасштабные неоднородности структуры (рис. 1б).

1. C.E.Graves et al., *Nature Mater.* **12**, 293 (2013).

ГРАФЕН

Графен для медицины – новые горизонты

Китайские ученые, авторы обзора об использовании графена в медицине [1], сравнивают этот замечательный наноматериал с быстро восходящей звездой. Действительно, в каждом выпуске ПерсТа мы читаем о новых применениях графена (G), оксида графена (GO) или восстановленного оксида графена (RGO). В последнее время и в области биомедицины были получены интересные результаты. Авторы обзора рассказывают о наиболее важных и перспективных направлениях.

Одно из них – **диагностика раковых заболеваний**.

Уникальные оптические, электрические и другие свойства G, GO, RGO дают возможность создавать новые типы оптических, электрохимических, FET биосенсоров для обнаружения биомаркеров (индикаторов раковых заболеваний на ранних стадиях). Например, использование графена, эффективного гасителя флуоресценции, позволило авторам [1] резко повысить чувствительность оптического биосенсора. Этот биосенсор, работающий по принципу гашения-восстановления флуоресценции, включает в себя графен и присоединенный к нему пептид* с флуоресцентной меткой. Графен гасит флуоресценцию, но когда пептид связывается с белком-мишенью (в данном случае это циклин A_2 , индикатор рака груди, печени, легкого и др.) и отрывается от графена, флуоресценция восстанавливается. Сенсоры такого типа были разработаны и на основе оксида графена. Графен способен значительно повысить эффективность электрохимических иммуносенсоров – на нем можно разместить огромное количество распознающих элементов. В некоторых работах предлагается дополнительно использовать функционализацию наночастицами (Au, QD и др.). Показано, что электрохимические устройства на базе графена способны не только детектировать биомаркеры, но и изучать процессы образования активных форм кислорода (H_2O_2) в живых клетках. Растет интерес к сенсорам на основе графеновых полевых транзисторов – электрические свойства графена очень чувствительны к локальному окружению.

Графен и наноматериалы на его основе также применяются для непосредственного детектирования раковых клеток. Одна из методик использует взаимодействие антител, иммобилизованных на G или GO, с клетками-мишенями (антигенами). Наносенсоры можно даже разместить на живой ткани. Яр-

ПерсТ, 2013, том 20, выпуск 7

кий пример – работа американских ученых [2]. Методом печати они нанесли графеновую матрицу с контактами и рамочной антенной на тонкую пленку водорастворимого шелка. Пленка позволяла переносить беспроводное устройство на зуб или кожу руки (рис. 1) (*правда, как видно на фотографии, для зуба сенсор пока великоват*). После этого проводили функционализацию графена (например, присоединяли пептиды, связывающие патогенные бактерии). Шелковую подложку растворяли в воде.

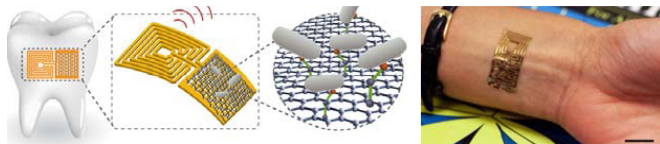


Рис. 1. Схема и фотография графенового беспроводного наносенсора [2]. Шкала на фотографии 1 см.

Еще одна область применения графена – **системы адресной доставки** диагностических и лекарственных средств. Авторы обзора приводят примеры успешного использования G, GO, гибридов GO с магнитными наночастицами в качестве носителей противораковых препаратов, нуклеотидов/пептидов, флуоресцентных агентов для получения изображения живых клеток. Эксперименты *in vivo*, *in vitro*, *ex vivo* показали, что применение соединенных химической связью GO и антител (с радиоактивной меткой) повышает эффективность позитронной эмиссионной томографии для клинической онкологии. Гибриды на основе GO и Fe_3O_4 использованы для получения как флуоресцентного, так и магнитно-резонансного изображений клеток.

Новым перспективным направлением является применение графена в **фототермической терапии**. Этот вид лечения использует генерацию тепла в результате поглощения света фоточувствительными агентами в больных клетках. Чтобы избежать повреждения здоровых клеток, поглощение должно быть в ближнем ИК-диапазоне (700-1100 нм). Графен проявляет заметный фототермический эффект благодаря сильному оптическому поглощению в этой области спектра. Экспериментально подтверждена противораковая активность нано-G и нано-GO. Впервые нанографен был успешно использован для фототермического уничтожения опухоли *in vivo* в работе [3].

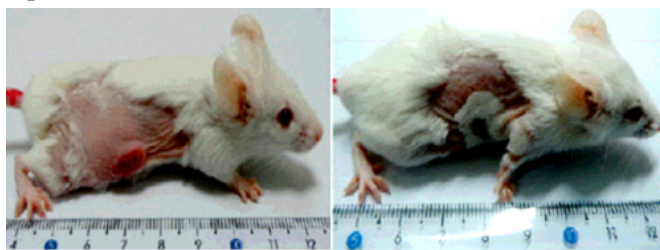


Рис. 2. Слева – мышь с опухолью. Справа – мышь после введения нанографена и облучения лазером.

Исследователи вводили в опухоли мышей внутривенные инъекции нанографена (покрытого полиэтиленгликолем), а затем облучали лазером с длиной волны

808 нм. Температура на поверхности опухоли резко повышалась, и опухоль “сгорала” (рис. 2). В контрольном эксперименте без графена рост температуры на поверхности составил всего 2°C.

Позднее в ряде работ было показано, что эффективность фототермического лечения зависит от размеров частиц G, GO и химии поверхности. Исследователи считают перспективными многофункциональные наноконпозиты G (GO, RGO) с парамагнитными частицами и противоопухолевыми препаратами. Используя такие наноконпозиты, можно сочетать хемо- и фототермическую терапию, обеспечить точную адресную доставку.

Графен предоставляет много возможностей. Он может быть ценным помощником и в лечении болезни Альцгеймера. По некоторым оценкам к 2050 г. число людей, страдающих этим тяжелым нейродегенеративным заболеванием, может вырасти до 100 млн человек. Признак патологии – крахмалоподобных (амилоидных) бляшек (которые в основном состоят из пептидов $A\beta$) и нейрофибриллярных клубков. Для лечения и предотвращения заболевания необходимо понять, как образуются агрегаты $A\beta$ и как можно их разрушить. Эффективность лекарств ограничена, поскольку они плохо преодолевают перегородку между кровью и мозгом, не попадают в цель и иногда еще и токсичны. В нескольких лабораториях изучили фототермическое воздействие с использованием графена и доказали перспективность этого подхода для лечения болезни Альцгеймера. В группе, к которой относятся авторы обзора, был синтезирован функционализированный оксид графена GO-ThS и введен в спинномозговую жидкость мыши [4] (*ThS используется в клинической практике для окрашивания $A\beta$*). Впервые было продемонстрировано эффективное разложение амилоидных фибрилл после лазерного облучения (рис. 3).

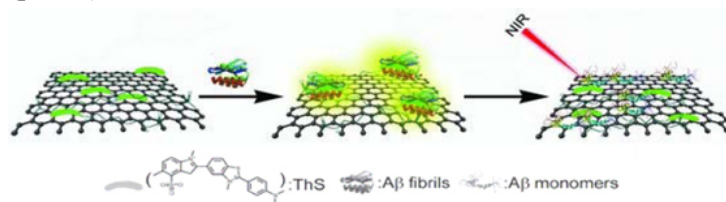


Рис. 3. Схема использования GO-ThS для лечения болезни Альцгеймера.

Исследования G (GO) как *субстрата культуры стволовых клеток* только начались, но уже появились обнадеживающие результаты. Для восстановления нарушений мозга и регенерации нейронов важно обеспечить дифференциацию нейрональных стволовых клеток человека именно в нейроны, а не в клетки глии**. Оказывается, поверхностные свойства графена способствуют этому (рис. 4). Кроме того, благодаря электрическим свойствам, графен можно использовать как электрод и стимулировать нейроны.

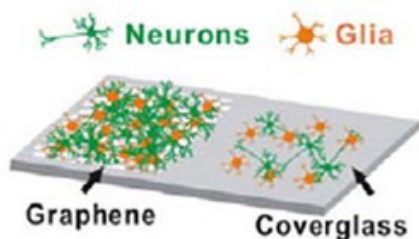


Рис. 4. Дифференциация нейрональных стволовых клеток на графене и покровном стекле.

Разработка графеновых биоматериалов и устройств пока на начальной стадии развития. Необходимо изучить влияние структуры, размеров, химии поверхности и научиться синтезировать графеновые материалы с необходимыми характеристиками. Важно разработать миниатюрные и многофункциональные устройства, безопасные для человека.

Результаты первых исследований токсичности и биологической активности графена показали, что в малых дозах его можно использовать без опаски (см. ПерсТ [6]). Во многих работах, представленных в обзоре [1], также говорится о биосовместимости и нетоксичности исследованных материалов на основе графена. Но остается много опасений и вопросов. Например, как графен (G, GO, RGO) взаимодействует с кровью? Это важно, ведь часто используются внутривенные инъекции. Несмотря на вдохновляющие результаты, перед внедрением графеновых наноматериалов в клиническую практику еще предстоит детально изучить их транспорт и распределение в организме, возможные хронические и острые эффекты.

* пептиды – природные или синтетические соединения, молекулы которых построены из остатков аминокислот

** глия (греч. клей) – совокупность вспомогательных клеток нервной ткани

О.Алексеева

1. L.Feng et al., *Adv. Mater.* **25**, 168 (2013).
2. M.S.Mannoor et al., *Nature Commun.* **3**, 763 (2012).
3. K.Yang et al., *Nano Lett.* **10**, 3318 (2010).
4. M.Li et al., *Adv. Mater.* **24**, 1722 (2012).
5. S.Y.Park et al., *Adv. Mater.* **23**, H263 (2011).
6. [ПерсТ 18, вып.5, с. 2 \(2011\).](#)

Свойства нанокомпозита на основе эпоксидной смолы с присадкой графена

Введение нанокристаллических структур в качестве присадки к полимерным материалам придает образующимся композитам новые свойства. Даже небольшого количества такой присадки (на уровне процента) может оказаться достаточным для качественного изменения свойств композита. Так, в результате введения менее 1% углеродных нанотрубок (УНТ) в полимерный материал проводимость композита возрастает более чем на 10 порядков ве-

личины. При этом наблюдается также рост коэффициента теплопроводности (на 2–3 порядка) и модуля упругости (на десятки процентов). Столь значительное изменение характеристик композитного материала в результате введения нанокристаллических структур обусловлено чрезвычайно высокими значениями электрических, механических и теплофизических параметров этих материалов. Такими же особенностями, наряду с УНТ, обладают и слои графена, представляющие собой двумерную гексагональную решетку, образованную атомами углерода. Поэтому графен, так же как и УНТ, используется в экспериментах по модификации электрических, механических и теплофизических свойств полимерных материалов.

Один из таких экспериментов выполнен недавно группой исследователей [1] (Тайвань, Швейцария, Англия). В качестве материала присадки использовали графеновые хлопья, полученные в результате обработки частиц нанокристаллического графита концентрированной азотной и серной кислотой. Полученный после обработки порошок промывали дистиллированной водой, а затем просушивали в течение 3 ч при 100°C. Последующий резкий нагрев порошка до 1000°C приводил к 50-100-кратному увеличению объема материала и снижению его плотности до уровня $\sim (3-5) \times 10^{-3}$ г/см³. Этот материал состоял из графеновых пластин (ГП). С целью обеспечения хорошего сопряжения присадки с полимерной матрицей и удаления металлических частиц катализатора пластины в течение 24 ч обрабатывали в 9М растворе азотной кислоты, что приводило к функционализации графена радикалами карбоксила. В последующем карбоксильные группы замещали аминными радикалами. В качестве полимерной матрицы использовали эпоксидную смолу, а в качестве отвердителя – ароматический диамин.

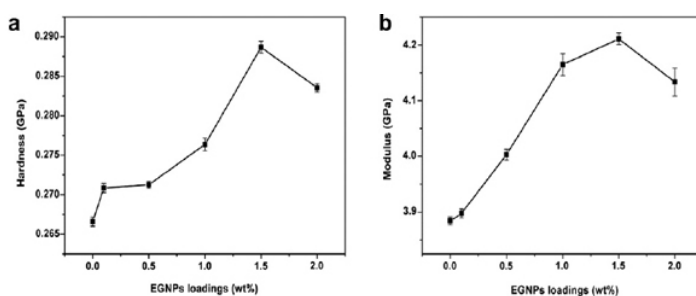


Рис. 1. Зависимости твердости (а) и модуля упругости (б) образцов композита от содержания ГП (масс. %)

Для удаления пузырьков и остатков растворителя образцы композита ГП/полимер различного состава с добавлением 20% (по массе) отвердителя подвергали механическому перемешиванию с последующей вакуумной обработкой при 40°C. Результаты измерений зависимости твердости и модуля упругости образцов от содержания присадки показаны на рис. 1.

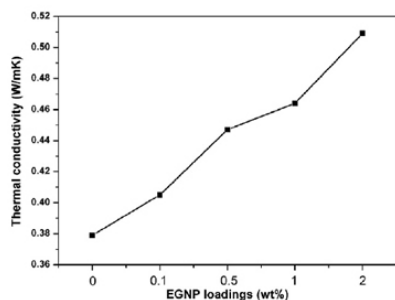


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности композита от содержания ГП (масс. %)

На рис. 2 приведена зависимость коэффициента теплопроводности композита от содержания присадки. Как видно, наблюдается нелинейное изменение параметров композита (10-30 %) при относительно небольшом содержании присадки (на уровне 1%). Немонотонный характер зависимости механических характеристик композита от содержания присадки обусловлен, по мнению авторов, агрегацией графеновых пластин, снижающей степень однородности материала и проявляющейся при повышенных содержаниях присадки.

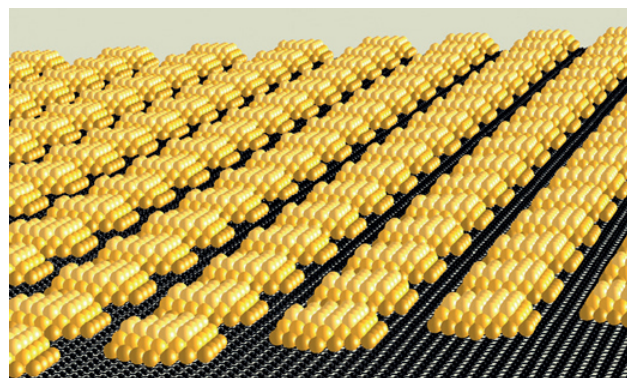
А.Елецкий

1. S.Chattejee et al., *Chem. Phys. Lett.* **531**, 6 (2012).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

Наночастицы на подносе

В современных технологиях большую роль играют катализаторы – вещества, которые резко ускоряют протекание химических реакций, но сами при этом не расходуются. Эффективность действия металлических катализаторов (например, платины) тем выше, чем меньше размер составляющих их частиц, то есть чем больше удельная площадь поверхности, на которой и происходит катализ. Пока мы еще далеки от полного понимания природы каталитических процессов. В немалой степени это связано с недостаточностью наших знаний о структуре поверхности наночастиц-катализаторов. Даже при использовании рентгеновского излучения от интенсивного синхротронного источника не удается “разглядеть” отдельно взятую наночастицу с атомарным разрешением. Вот если бы большое количество одинаковых наночастиц удалось расположить периодически, как атомы в твердом теле, то можно было бы использовать стандартные кристаллографические методики. Занимаясь этим вопросом, авторы работы [1] получили неожиданный подарок от самой Природы. Оказалось, что несоответствие решеток иридиевой подложки и нанесенного на нее графена приводит к формированию в последнем периодической системы “ямок”, в каждой из которых помещается наночастица Ir₈₂. Так в [1] и была определена структура этих наночастиц (см. рис.).



Периодическая структура из 82-атомных наночастиц иридия на графене.

Для практических приложений было бы куда более интересно проделать такой же трюк с наночастицами платины, вот только материал “подноса” для них пока подобрать не удастся. Конечной целью всей этой деятельности является выявление корреляции каталитических характеристик наночастиц с их структурой и электронными свойствами. Это позволит, в частности, более осмысленно и целенаправленно подбирать катализаторы для тех или иных реакций.

По материалам заметки

“Nanoparticle structures served up on a tray”, S.Billinge, *Nature* **495**, 453 (2013).

1. D.Franz et al., *Phys. Rev. Lett.* **110**, 065103 (2013).

Дислокации в наночастицах

Линейные дефекты кристаллической структуры – дислокации (рис. 1) – определяют многие характеристики твердотельных материалов и устройств на их основе – от прочности металлов и сплавов до эффективности светодиодов.

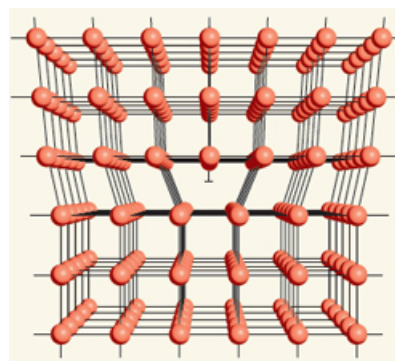


Рис. 1. Краевая дислокация в кубическом кристалле.

Обычно говорят о дислокациях в объемных кристаллах, но, как установлено в работе [1], они присутствуют и в наночастицах. Для изучения 3D структуры наночастиц Pt диаметром ~ 10 нм авторы [1] использовали метод электронной томографии, основанный на Фурье-анализе большого количества 2D изображений (рис. 2), полученных посредством просвечивающей электронной микроскопии при различных ориентациях образца относительно электронного пучка.

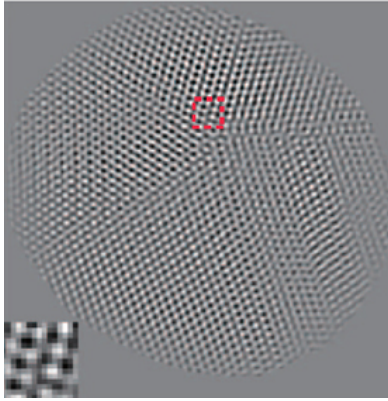


Рис. 2. Атомное строение одного из 2D “срезов” наночастицы Pt.

Так они обнаружили наличие в наночастицах краевых и винтовых дислокаций, 3D структура которых была ими реконструирована с атомным разрешением. В дальнейшем методику 3D электронной Фурье-томографии планируется применить и к другим нанобъектам, в том числе биологическим.

I. C.C.Chen et al., Nature 496, 74 (2013).

МАГНИТЫ

Необычные доменные стенки в геликоидальных магнетиках

Доменную стенку сравнительно легко представить в коллинеарном магнетике, где противоположно направленные намагниченности доменов должны быть соединены областью, в которой магнитный момент постепенно поворачивается от одного направления к другому. В природе существуют и более сложные магнетики, в которых магнитный порядок не только неколлинеарный, но и геликоидальный (рис. 1). Как же выглядят домены в таких материалах (FeSi:Co, MnSi и др.), где в отсутствие доменов имеется непростой магнитный порядок? На этот вопрос попытались ответить авторы [1], которые установили, что в геликоидальных магнетиках структура доменных стенок сильно отличается от привычных блоховской и неелевской моделей.

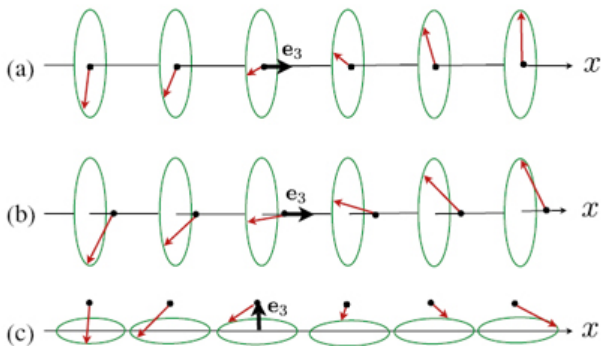


Рис. 1. Различные типы геликоидального упорядочения спинов.

Например, хотя без магнитной анизотропии эти доменные стенки не существуют, от ее величины их конфигурация (ширина и энергия) практически не зависит. Кроме того, доменные стенки всегда раз-

делены на два антипода (антихиральные двойники), между которыми наблюдается регулярная закрученность (вихревая структура) намагниченности (рис. 2) [2].

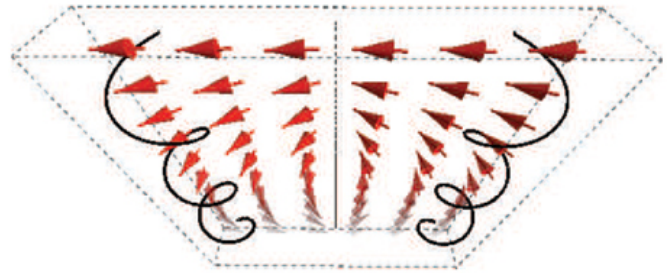


Рис. 2. Антихиральные двойники, составляющие доменную стенку в геликоидальном магнетике.

Расчеты, учитывающие магнитную анизотропию, антисимметричное и симметричное обменное взаимодействие, показали, что в centrosymmetric кристаллах доменные стенки могут быть представлены, как на рис. 3, а в кристаллах, где отсутствует центр инверсии, как на рис. 4.

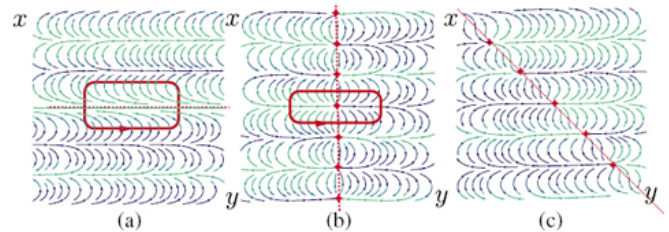


Рис. 3. Доменные стенки в centrosymmetric геликоидальном магнетике: а – поперечное сечение стенки Хуберта; б – вихрь, параллельный геликоидальной оси, в системе, где намагниченность вращается в плоскости рисунка; с – вихревая стенка, закрепленная под углом к геликоидальной оси (стрелки обозначают ориентацию намагниченности).

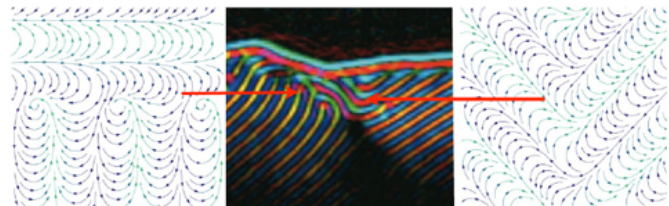


Рис. 4. Доменные стенки в неcentrosymmetric геликоидальном магнетике. Теоретически рассчитанные доменные стенки слева без вихрей, справа – с вихрями.

В обоих типах кристаллов (с центром и без центра инверсии) доменные стенки состоят из регулярного набора вихревых линий и представляют собой преимущественно двумерные системы. Доменным стенкам присуща периодичность вдоль стенки. На наш взгляд она связана с периодичностью кристалла и потому может быть названа вторичным рельефом Пайерлса. В работе [2] был поставлен вопрос также и о динамике доменных стенок в геликоидальных магнетиках. Обнаружилось, что помимо традиционного влияния дефектов структуры, на подвижность доменных стенок (их открепление от дефектов) влияет вторичный рельеф Пайерлса. Причем его действие очень необычно: оно заклю-

чается в более легком откреплении от дефектов. Получается, что два фактора (дефекты структуры и рельеф Пайерлса), каждый из которых оказывает тормозящее действие на доменные стенки, вместе ослабляют друг друга. Отметим, что доменные стенки обладают и многими другими привлекательными свойствами в мультиферроиках и ферромагнетиках с геликоидальной упорядоченностью спинов. Например, их движением можно управлять с помощью электрического поля, поскольку они обладают определенной электрической поляризацией. Это вроде бы открывает новые горизонты создания эффективных структур с переключаемой намагниченностью. Однако, насколько известно из литературы, в экспериментах электрическим полем почему-то не удается переключать намагниченность в молекулярных металлоорганических геликоидальных магнетиках. Не удается также найти сообщений об этом и для металлических сплавов.

О.Коплак

1. F.Li et al., *Phys. Rev. Lett.* **108**, 107203 (2012).
2. B. Roostaei, [arXiv:1303.4780](https://arxiv.org/abs/1303.4780)

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Перколяционный переход в полимерах с малой добавкой УНТ

Как известно, добавление углеродных нанотрубок (УНТ) в полимерный материал существенно изменяет его электрические характеристики. Даже небольшой присадки УНТ (на уровне 0.1%) достаточно, чтобы проводимость материала возросла более чем на 10 порядков величины, переводя тем самым материал из разряда диэлектриков в разряд проводников. Столь резкое изменение электрических свойств материала объясняется в рамках механизма перколяционной проводимости, согласно которому при превышении некоторой пороговой концентрации нанотрубки вступают в электрический контакт друг с другом, образуя в материале проводящие каналы. Согласно теории, проводимость композита σ в окрестности порога протекания описывается выражением

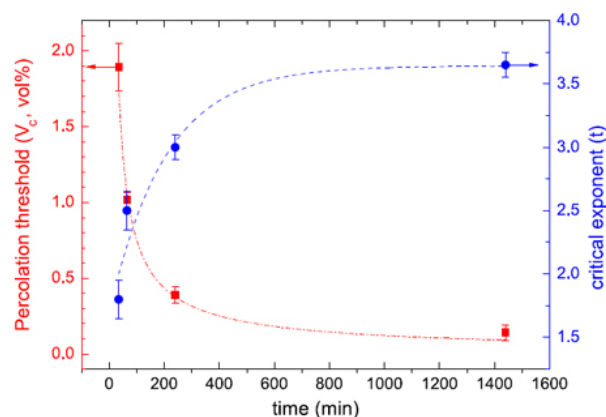
$$\sigma = \sigma_0(V - V_c)^t, \quad (1)$$

где V – объемное содержание присадки, V_c – критическая (пороговая) величина этого параметра, соответствующая возникновению перколяционной цепи, t – показатель экспоненты, величина которого обычно близка к 2. При этом пороговая величина концентрации УНТ V_c обратно пропорциональна их аспектному отношению (отношение длины к диаметру), что оправдывает применение длинных УНТ в целях создания проводящих композитных материалов на полимерной основе.

Основная трудность, стоящая на пути создания проводящих полимерных материалов с малой присадкой УНТ, связана с необходимостью обеспечения равномерного распределения нанотрубок по

объему материала. Эта трудность обусловлена известной тенденцией нанотрубок к образованию жгутов, в которых нанотрубки слипаются друг с другом благодаря взаимодействию Ван-дер-Ваальса. Нанотрубки, объединенные в жгуты, не участвуют в образовании перколяционных цепей, что увеличивает величину порога протекания. Однако результаты экспериментов показывают, что абсолютно равномерное распределение присадки по объему материала не является оптимальным с точки зрения минимизации порога протекания.

В работе [1] был исследован набор образцов композита размером $25 \times 25 \times 1$ мм на основе полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) с присадкой многослойных УНТ, имеющих среднее аспектное отношение 1000. Наряду с нанотрубками, образцы, полученные методом горячего прессования, содержали также 0.1% антиоксиданта на основе фенола. С целью предотвращения окисления образцы прогревали в атмосфере азота при температуре 200°C . Электрические характеристики образцов измеряли четырехконтактным методом.



Измерения, результаты которых приведены на рисунке, указывают на существенную зависимость положения перколяционного порога, а также величины показателя экспоненты t , от длительности термообработки. При этом наблюдается обратно пропорциональная зависимость показателя экспоненты t от положения перколяционного порога V_c . Из полученных в работе результатов следует, что для установления в нанокompозите перколяционной проводящей цепи, параметры которой описываются соотношением (1), требуется значительное время, в течение которого происходит распределение частиц наполнителя по объему полимерного материала. Этот вывод позволяет объяснить существенный разброс в величинах перколяционных параметров, полученных различными авторами.

А.Елецкий

1. A. Combessis et al., *Appl. Phys. Lett.* **102**, 011907 (2013).

КОНФЕРЕНЦИИ

*Научная сессия ОФН РАН,
“Метаматериалы”, 24 апреля 2013 г.*

(15-00, конференц-зал Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Ленинский просп. 53, Главное здание, 3-й этаж)

Программа

1. д.ф.-м.н. **Веселаго В.Г.** (ИНАСАН) - Некоторые особенности электродинамики метаматериалов с отрицательным преломлением
2. **Лобанов С.В.** (ИОФ РАН, МГУ им. М.В.Ломоносова), д.ф.-м.н. **Гиппиус Н.А.** (ИОФ РАН), д.ф.-м.н. **Тиходеев С.Г.** (ИОФ РАН, МГУ им. М.В.Ломоносова) - Киральные фотонные кристаллы и метаматериалы
3. д.ф.-м.н. **Климов В.В.** (ФИАН) - Оптические свойства метаматериалов и их применения для управления излучением элементарных квантовых систем

Web: www.gpad.ac.ru

*International Conference Modern Development
of Magnetic Resonance-2013,
24-28 September 2013, Kazan, Russia*

Topics:

1. Theory of magnetic resonance
2. Low-dimensional systems and nano-systems
3. Electron spin based methods for electronic and spatial structure determination in physics, chemistry and biology
4. Molecular magnets and liquid crystals
5. Spin-based information processing
6. Strongly correlated electron systems
7. Chemical and biological systems
8. Medical physics
9. Magnetic resonance imaging
10. Other applications of magnetic resonance
11. Modern methods of magnetic resonance
12. Magnetic resonance instrumentation
13. Related phenomena

Important Dates

Deadline for the registration and submission of abstracts – **June 15, 2013**

Web: www.kfti.knc.ru/magnetic_resonance2013

*7th Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC 2013),
23-25 October 2013, Cappadocia, Turkey*

Topics:

- Superconducting Bulk Materials and Characterization
- Superconducting Single Crystals
- Superconductivity in Power Applications
- Superconductivity for Accelerator and Tokamak
- Other Large Scale Applications of Superconductivity
- Cryogenic Engineering
- Cryocooler Technology
- Cryogenic Materials
- Electronics Applications of Superconductors
- Cryogenic Instrumentation
- Magnet Science and Technology
- Devices and Novel Concepts
- Coated Conductors and Thin Films
- New Materials Important for Applications
- Wires and Tapes
- Other Aspects of Superconductivity and Cryogenics

Important Dates

Abstract submission will be available from **April 15 2013** until **July 15 2013**.

Web: <http://www.acasc-tr.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, О.Коплак, Л.Опенюв,

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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