

Том 20, выпуск 24

30 декабря 2013 г.

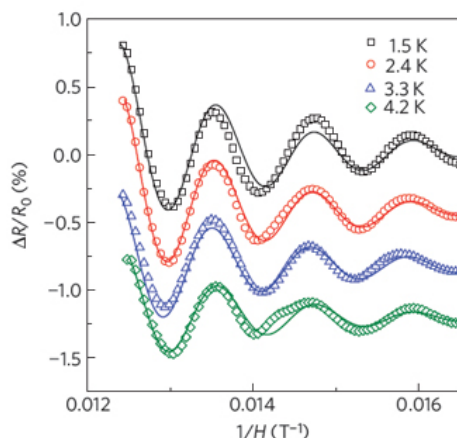
В этом выпуске:

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Универсальные квантовые осцилляции в недодопированных купратах

Несколько лет назад в недодопированных (но уже сверхпроводящих) купратных ВТСП $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.5}$ (Y123) и $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ (Y124) были обнаружены квантовые осцилляции магнитосопротивления [1, 2], свидетельствующие о наличии обычной замкнутой (а не состоящей из несвязанных сегментов) поверхности Ферми даже при низкой концентрации носителей заряда, то есть вблизи диэлектрической и псевдощелевой фаз. Удивление также вызывал отрицательный знак коэффициента Холла, что говорит об электронном (а не дырочном, как при оптимальном и избыточном допировании) типе этой поверхности (или ее “карманов”). Тут же появились теоретические модели, объясняющие полученные в [1, 2] результаты спецификой орторомбических купратов Y123 и Y124, а именно – наличием у них цепочек Cu-O и сразу двух проводящих слоев CuO_2 в элементарной ячейке.

Квантовые осцилляции поперечного магнитосопротивления в недодопированном купрате Hg1201 с концентрацией дырок $p = 0.09$ в расчете на атом меди.



В работе [3] (Франция, США, Хорватия, Китай) сообщается о наблюдении таких же осцилляций (см. рис.) в “модельном” тетрагональном купрате $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ (Hg1201) без цепочек Cu-O и с одним-единственным слоем CuO_2 . По периоду этих осцилляций определены размеры поверхности Ферми: она оказалась очень маленькой, занимающей всего около 3% зоны Бриллюэна, как и в иттриевых купратах (вопрос о количестве “карманов” у этой поверхности остался открытым, но авторы полагают, что он всего один). Коэффициент Холла в Hg1201 при низком допировании тоже отрицательный. Таким образом, небольшая электронная поверхность Ферми является, по-видимому, общим атрибутом всех недодопированных купратных ВТСП. Остается непонятным, откуда при допировании берутся электроны, если в исходное диэлектрическое состояние добавляют дырки. Может быть, у поверхности Ферми есть еще и “незамеченный” пока дырочный участок? Не вполне ясна и причина реконструкции поверхности Ферми (от маленькой электронной – к большой дырочной) при оптимальном допировании. А самое главное – имеет ли все это какое-нибудь отношение к механизму высокотемпературной сверхпроводимости? Далеко не факт,

И далее ...

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Неразрушающая регистрация оптических фотонов

Квантовый регистр в канале транзистора

ГРАФЕН

- 3 Графеновые генераторы колебаний с регулируемой частотой

Суперконденсатор с графеновыми электродами

НАНОМАТЕРИАЛЫ

- 4 Супрамолекулярные моторы

СПИНТРОНИКА

Органические полупроводники для спинтроники и квантовой информатики

ФОТОНИКА

Солнечные элементы предпочитают музыку поритмичнее

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- 5 Магнитные икосаэдрические квазикристаллы с локализованными моментами

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

- 6 Кончики пальцев чувствуют нанонеровности

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Joint 12th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity and 9th International Conference Functional Materials and Nanotechnologies “RCBJSF-2014-FM&NT”, September 29 – October 2, 2014, Riga, Latvia

поскольку критические температуры купратов с различным видом поверхности Ферми не сильно различаются.

Л.Опенков

1. N.Doiron-Leyraud et al., *Nature* **447**, 565 (2007).
2. E.A.Yelland et al., *Phys. Rev. Lett.* **100**, 047003 (2008).
3. N.Barisic et al., *Nature Phys.* **9**, 761 (2007).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Неразрушающая регистрация оптических фотонов

Работа детекторов оптического излучения основана на поглощении фотонов. При этом сами фотоны исчезают. В работе [1] физики из Max-Planck-Institut für Quantenoptik (Германия) предложили и продемонстрировали на практике методику неразрушающей регистрации одиночных фотонов. Если фотон отражается от резонатора, содержащего атом в суперпозиции двух специально подобранных состояний, то по характеру изменения коэффициентов суперпозиции (определяемому экспериментально) можно судить о наличии фотона, тогда как последний остается целым и невредимым. Используя вместо единичного фотона лазерный импульс, при помощи такого резонатора с атомом можно создавать новые квантовые состояния света, включая состояние типа шредингеровского кота. Дополнительные возможности возникают, если в резонаторе находятся несколько атомов. Все это представляет интерес для квантовой информатики и квантовых систем связи.

1. A.Reiserer et al., *Science* **342**, 1349 (2013).

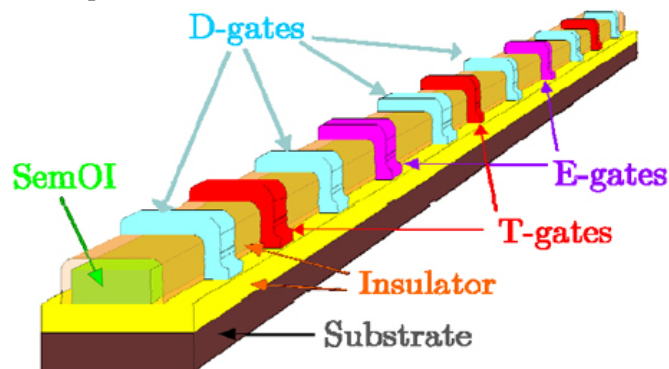
Квантовый регистр в канале транзистора

Среди разнообразных конструкций квантовых компьютеров наибольшее доверие вызывают те, которые опираются на технологические достижения современной нанoeлектроники. Сотрудники Физико-технологического института РАН (ФТИ РАН) изготавливают самые передовые кремниевые полевые транзисторы, в которых тонкий кремниевый нелегированный канал огибается затвором. Именно с такой конструкцией транзисторов Международная карта по полупроводникам (ITRS) связывает развитие кремниевой электроники вплоть до 2026 г, когда должен быть достигнут размер 6 нм.

Недавно в ФТИ РАН предложена новая конструкция квантового регистра, очень похожая на полевой транзистор, только с большим количеством отдельных затворов (см. рис.). Таким образом, представленный квантовый компьютер может стать естественным продолжением развития технологии больших интегральных схем.

Вообще, эта идея имеет давнюю предысторию. В 2000 г. [1] было предложено использовать в качестве зарядовых кубитов состояния электронов в двойных квантовых точках – это две туннельно свя-

занные точки. Два нижних энергетических состояния в них (симметричное и антисимметричное) могут иметь очень малый энергетический зазор, что значительно подавляет процессы релаксации на акустических фононах, вопреки интуитивным ожиданиям. У зарядовых кубитов есть несомненные достоинства и неизбежные недостатки. Ими легко управлять, прикладывая напряжение на затворы. Однако неустраняемое кулоновское взаимодействие между кубитами и влияние поляризации среды препятствует нормальной работе. Чтобы преодолеть эти затруднения, была предложена оригинальная конструкция квантового регистра на пространственных состояниях электронов, но без перемещения заряда [2]. В процессе работы компьютера на каждую квантовую точку приходится в среднем точно половина электрона. Доказана возможность проведения всех квантовых операций, необходимых для работы универсального квантового компьютера.



Конструкция квантового регистра в канале полевого транзистора: Т-затворы управляют туннельной связью между точками, Е-затворы управляют обменным взаимодействием электронов, D-затворы управляют энергией квантовых точек.

Достоинством этого компьютера является также возможность проведения измерения конечных состояний кубитов, которые теперь уже должны находиться в зарядовых состояниях. Для этого надо установить, присутствует или отсутствует электрон в определенной квантовой точке. Оказалось, что такое измерение можно осуществить путем пропускания тока по каналу и создания условий кулоновской блокады тока, если в измеряемой квантовой точке имеется один дополнительный электрон [3].

Конструкция имеет несколько вариантов развития, кроме описанного выше. Например, компьютер может работать и на спиновых состояниях электронов в квантовых точках. Тогда для измерения состояния кубитов можно использовать режим спиновой блокады тока. Более того, при помещении структуры в оптический резонатор возникает возможность управления состоянием кубитов с помощью фотонов [4].

Работа над рассмотренной конструкцией квантового транзистора будет иметь и практический выход для развития элементов классического компьютера.

Поскольку в этой структуре происходит управление туннелированием электронов, она является, по сути, туннельным транзистором, а в нем видится будущее кремниевых схем и после 2026 г.

1. L.Fedichkin et al., *Quantum Computers and Computing* **1**, 58 (2000), [arXiv:quant-ph/0006097](https://arxiv.org/abs/quant-ph/0006097).
2. V.Vyurkov et al., *Phys. Lett. A* **374**, 3285 (2010).
3. V.Vyurkov et al., *SISC'2013, Washington, USA, Book of Abstracts*.
4. L.Openov, *Phys. Rev. B* **60**, 8798 (1999).

ГРАФЕН

Графеновые генераторы колебаний с регулируемой частотой

Устройства, генерирующие непрерывный периодический сигнал при пропускании постоянного тока, играют ключевую роль в современных системах связи. Такие генераторы обычно состоят из макроскопических механических резонаторов (например, кристаллов кварца) и занимают довольно много места, что не позволяет размещать их непосредственно на чипе. В работе исследователей из Columbia Univ. (США), Yonsei Univ. (Ю. Корея) [1] сообщается об изготовлении графеновых генераторов колебаний, роль которых играли атомарно тонкие каналы графеновых полевых транзисторов с микронными поперечными размерами. частота генерируемых колебаний достигает 110 МГц и может изменяться электростатически в пределах 14%. Для демонстрации возможностей графеновых генераторов авторы [1] изготовили на их основе радиопередатчик, работающую в FM-диапазоне.

Л.Опенов

1. C.Chen et al., *Nature Nanotech.* **8**, 923 (2013).

Суперконденсатор с графеновыми электродами

Рекордная величина удельной поверхности (свыше 1000 м²/г) и хорошие электрические характеристики делают графен идеальным материалом для электродов суперконденсатора (СК). Это устройство, используемое в качестве накопителя энергии в гибридных автомобильных двигателях и других энергетических установках, рассматривается как одно из эффективных средств снижения нагрузки на окружающую среду в условиях возрастающего потребления энергии. Основная трудность, возникающая при использовании графена в качестве электродов СК, связана с тенденцией графеновых листов к агрегации. Это приводит к уменьшению удельной поверхности электродов, доступной для заряженных частиц, и, соответственно, к снижению емкости СК. Интересный подход к решению проблемы предложен группой исследователей из Northwestern Univ. (США) и Korea Inst. of Geoscience and Mineral Resources (Ю. Корея) [1], которым удалось предотвратить агрегацию индиви-

дуальных листов графена, придав им форму бумажного комка.

На рис. 1 схематически показана структура образцов графена, использованных в эксперименте. Для получения плоских листов графена использовали стандартный метод Хаммерса, основанный на окислении графита с последующей эксфолиацией листов, их восстановлением гидразином и очисткой. Для получения смятых графеновых комков использовали разработанный ранее метод аэрозольного распыления. Исходные образцы графена, а также графеновые комки отжигали в течение 30 мин в атмосфере азота при температуре 600°C. Также отжигали композит, составленный из частиц плоского и смятого графена в отношении 25:90 (по массе).

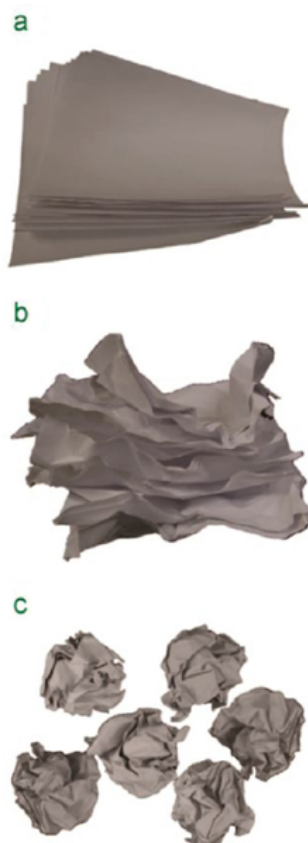


Рис. 1. Схематическое изображение образцов графена, использованных в эксперименте:

- а – исходные плоские листы;
 б – смятые листы;
 с – графеновые комки.

Описанные выше образцы графена подвергали электрохимическим испытаниям в качестве симметрично расположенных электродов. С этой целью образцы бумаги из плоского графена нарезали на кусочки нужной площади массой от 2 до 16 мг, а образцы смятого графена и композита такой же массы заливали водой и наносили в виде суспензии на поверхность. При электрохимических испытаниях проводили

стандартные процедуры измерения импеданса и постоянных токов зарядки/разрядки в конфигурации. В качестве электролита применяли раствор КОН (5М), а сепаратором служила фильтровальная бумага. Испытания показали, что емкость суперконденсатора на основе образцов графена трех модификаций сохраняется на неизменном уровне после нескольких тысяч циклов зарядка-разрядка. При этом длительность каждого цикла составляет 4 мин. Как следует из результатов измерений, выполненных при токе зарядки 0.1 А/г, удельная емкость суперконденсатора, изготовленного на основе плоских графеновых листов (рис. 1а), смятых графеновых листов (рис. 1б) и графеновых комков (рис. 1с), составила 122, 141 и 150 Ф/г, соответственно. С ростом тока зарядки, однако, величина удельной емкости падает, достигая в случае плоских графеновых листов и смятых графеновых листов величин

порядка 10 Ф/г при токе зарядки 2 А/г. Значительное снижение удельной емкости суперконденсатора наблюдается также в случае плоских и смятых графеновых листов при увеличении массы графенового электрода. Указанный эффект снижения удельной емкости суперконденсаторов в результате увеличения тока зарядки или повышения массы электрода практически не наблюдается при использовании в качестве электрода из смятых графеновых комочков. Такой результат указывает на повышенную степень доступности всей поверхности электрода для ионов, содержащихся в электролите, в случае использования электродов на основе графеновых комочков.

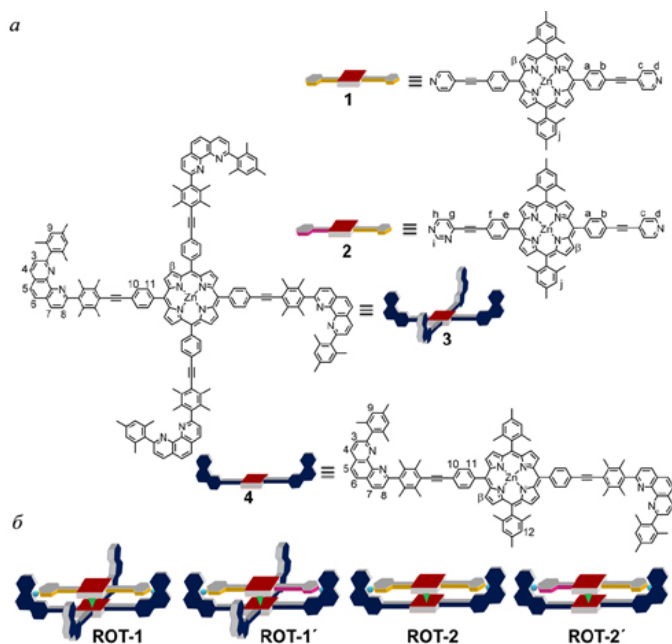
А. Елецкий

1. J.Luo et al., ACS Nano 7, 1464 (2013).

НАНОМАТЕРИАЛЫ

Супрамолекулярные моторы

Наномашиностроение продолжает активно развиваться. В работе [1] авторы сообщают о синтезе семейства наномоторов на основе макромолекул порфиринов. Им удалось получить эти механизмы методом самосборки из нескольких компонентов: цинковые высокомолекулярные комплексы играли роль ротора и статора, диазобициклооктан (DABCO) использовался в качестве вала (см. рис.).



Молекулярные компоненты наномоторов (а) и их схематическое изображение (б).

В результате готовые наномоторы оказались достаточно устойчивы. Частота вращения ротора при комнатной температуре достигала 97000 с^{-1} , при этом каких-либо разрушений образцов выявлено не было. Авторы отмечают, что при понижении температуры вращение замедлялось и практически полностью прекращалось при -75°C . Кроме того, добавление/удаление ионов металлов (например,

меди) в систему позволяло обратимо регулировать как частоту, так и режим вращения, т.е. угол – шаг поворота ротора.

Конечно, перспективы молекулярных моторов достаточно интересны, особенно в режиме двигательного аппарата, однако, к сожалению, до повсеместного их использования все еще далеко. Может быть, последние достижения в этой области позволят нам в будущем увидеть наномашину, построенные полностью из молекулярных компонентов.

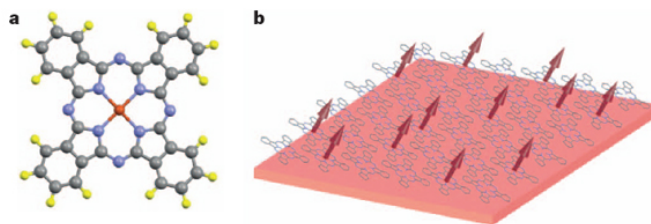
М. Маслов

1. S.K. Samanta, M. Schmittel, J. Am. Chem. Soc. 135, 18794 (2013).

СПИНТРОНИКА

Органические полупроводники для спинтроники и квантовой информатики

Электронные спины могут использоваться в качестве носителей как классических битов (“спин вверх” – 0, “спин вниз” – 1), так и квантовых (суперпозиции 0 и 1). В последние годы при поиске материалов для конструирования спиновых вычислительных устройств все большее внимание уделяется органическим полупроводникам. В работе [1] (Великобритания, Канада) представлены результаты измерений времени релаксации спина T_1 и времени сохранения фазы спинового кубита T_2 в тонкой пленке фталоцианина меди (см. рис.).



а – Молекула фталоцианина меди (красным, синим, серым и желтым цветом показаны атомы меди, азота, углерода и водорода, соответственно); б – схематическое изображение пленки с электронными спинами (стрелки).

При $T = 5 \text{ K}$ получены величины $T_1 = 59 \text{ мс}$ и $T_2 = 2.6 \text{ мкс}$, а при $T = 80 \text{ K}$ – $T_1 = 10 \text{ мкс}$ и $T_2 = 1 \text{ мкс}$. Это больше, чем в других известных молекулярных системах (за время T_2 с кубитом можно осуществить несколько сотен операций). Тонкопленочные образцы как нельзя лучше подходят для изготовления конкретных приборов, а времена T_1 и T_2 можно, по-видимому, существенно увеличить за счет совершенствования технологии.

1. M. Warner et al., Nature 503, 504 (2013).

ФОТОНИКА

Солнечные элементы предпочитают музыку поритмичнее

В печати часто попадают сообщения об “эффекте Моцарта” – благотворном влиянии классической музыки на живые организмы: уходит бессонница и головная боль, растут удои у коров, лучше плодо-

носят деревья, и даже тесто на дрожжах подходит быстрее. Также общим стало утверждение о том, что современная музыка, изобилующая диссонансами и навязчивыми ритмами, годится разве что только в качестве “звукового яда”. Британские ученые (Imperial College London, Queen Mary Univ.) вопреки обыкновению, пришли к неожиданному выводу: эффективность элементов солнечных батарей возрастает при проигрывании поп-музыки [1].

Здесь стоит сразу оговориться, что речь идет о специальном типе гибридных фотогальванических элементов: столбчатых наноструктурах из оксида цинка в полимерной матрице, причем первоначальной задачей исследователей было изучение зависимости КПД фотогальванического элемента от аспектного отношения наностолбиков. Эффектив-

ность преобразования световой энергии в электрическую возрастала с увеличением относительной высоты столбиков, что обычно приписывали увеличению площади соприкосновения двух компонентов гибридных элементов. Однако исследователи обратили внимание, что при этом, вопреки предсказаниям, возрастает и время жизни свободных носителей зарядов. Поскольку способ обработки поверхностей наноструктур с различными аспектными отношениями был одинаков, то единственное отличие между ними заключалось в механических свойствах наностолбиков. Так исследователи пришли к мысли, что на эффективность фотовольтаического преобразования влияют колебания наностолбиков на звуковых частотах.

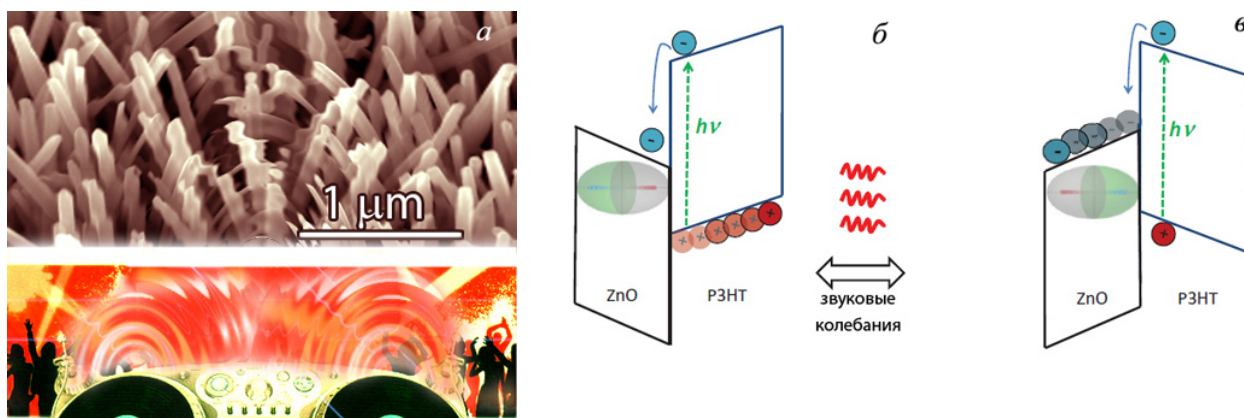


Рис. 1. *а* – Солнечные элементы с наностолбиками ZnO предпочитают поп-музыку. *б, в* – Зонные диаграммы вблизи контакта оксида цинка ZnO и полимера P3HT. Механизм разделения электронно-дырочных пар под действием звуковых колебаний. Он действует как при сжатии (*б*), так и при растяжении (*в*) [1]

Механизм усиления фотогальванического эффекта становится понятным, если вспомнить, о том, что оксид цинка является пьезоэлектриком. Чем тоньше столбики, тем ниже частота их собственных колебаний, а значит, они могут значительно изгибаться под действием акустических волн слышимого диапазона. Механическая деформация приводит к возникновению в ZnO электрического поля, которое разделяет фотоиндуцированные электронно-дырочные пары, препятствует рекомбинации свободных носителей и, тем самым, повышает эффективность фотовольтаического преобразования. Благодаря активному использованию в поп- и рок-музыке синтезаторов ее спектр лежит ближе к диапазону собственных колебаний наностолбиков, этим и обусловлены “музыкальные предпочтения” солнечных элементов. Более практичным представляется использовать данные элементы там, где есть постоянная вибрация: в системах кондиционирования и на транспорте.

А. Пятаков

1. S. Shoaee et al., *Adv. Mater.*, published online 6 Nov. 2013

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Магнитные икосаэдрические квазикристаллы с локализованными моментами

Квазикристаллы, как известно уже около 30 лет, образуются в металлических сплавах и обладают неперiodическим дальним позиционным порядком и вращательной симметрией с осями, запрещенными симметрией в обычных кристаллах (например, оси пятого или десятого порядка). До сих пор были известны только металлические магнитные квазикристаллы с коллективизированными электронами-носителями магнетизма. В работе [1] группа исследователей из Iowa State Univ. (США) сообщила об открытии, по крайней мере, семи новых редкоземельных икосаэдрических бинарных квазикристаллов $i\text{-R-Cd}$, ($R=\text{Gd-Tm}$ и Y), шесть из которых содержат локализованные магнитные моменты (ЛММ). Образцы получали с помощью методики роста монокристаллов из раствора. Была тщательно исследована область фазовой диаграммы бинарных растворов R-Cd , обогащенная Cd . В области перитектики были найдены $i\text{-R-Cd}$ фазы. Элементный состав образцов определяли двумя независимыми

методами: рентгеновским энергодисперсионным анализом и по температурной зависимости намагниченности при высоких температурах по закону Кюри-Вейсса. Первый метод дал средний состав $i\text{-RCd}_{7.55 \pm 0.3}$, а второй показал более обогащенные кадмием составы: $i\text{-RCd}_{7.75 \pm 0.25}$. Оба состава значительно отличаются от прототипа $i\text{-YbCd}_{5.7}$ и близкого по структуре кубического кристалла (аппроксиманта) RCd_6 . Стехиометрия обнаруженных квазикристаллов ближе к недавно открытым немагнитным икосаэдрическим сплавам $\text{Sc}_{12}\text{Zn}_{88}$ ($\text{ScZn}_{7.33}$ в обозначениях авторов [1]).

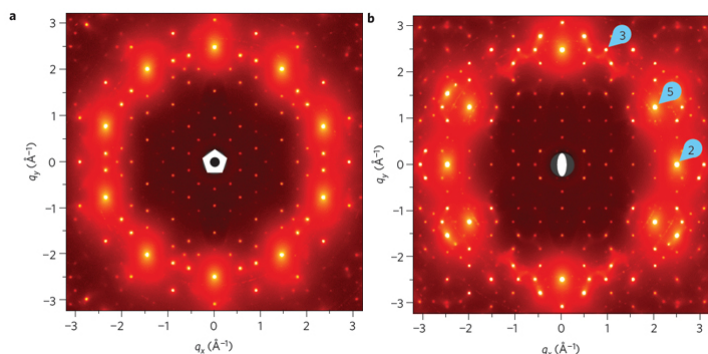


Рис.1. Результаты дифракции синхротронного излучения от одного зерна $i\text{-Gd-Cd}$ при падающем луче вдоль оси пятого (а) и второго (б) порядка. Маркеры 2, 5 и 3 на рис.1б показывают на рефлексы вдоль осей соответствующего порядка.

Кристаллическую структуру исследовали как стандартной рентгеновской порошковой дифракцией, так и высокоэнергетической рентгеновской однозерновой дифракцией на станции 6-ID-D на синхротроне APS в Argonne Natl. Lab. (США) (рис. 1). Эти квазикристаллы содержат те же базовые структурные элементы, а именно ромбические триконтоэдральные кластеры типа Цая, которые известны для немагнитных икосаэдрических фаз $i\text{-YbCd}_{5.7}$ и периодического аппроксиманта RCd_6 , несмотря на различия в составе.

Температурные зависимости намагниченности в поле и без поля были измерены с помощью СКВИД-магнитометра. Из высокотемпературных измерений для всех составов найдены отрицательные величины парамагнитной константы Кюри, показывающие доминирующий антиферромагнитный обмен. Низкотемпературные магнитные свойства показаны на рис. 2.

В случае с Gd видно обычное поведение спинового стекла с заметным различием FC, ZFC ниже пика при температуре замерзания $T_f = 4.6\text{K}$, которая на порядок ниже парамагнитной точки Кюри, что типично для сильно фрустрированных систем. Поведение систем с Tb и Dy более сложное. Расщепление кривых FC, ZFC начинается раньше пика. Подобное поведение ранее было отмечено для Tb-Mg-Cd сплава и связывалось с проявлением эффектов кристаллического поля. Для Gd в S-состоянии эти эффекты не важны. Открытие магнитных квазикри-

сталлов с ЛММ предлагает композиционно простейшие системы для исследования магнитных взаимодействий и эффектов фрустраций в аперидических структурах.

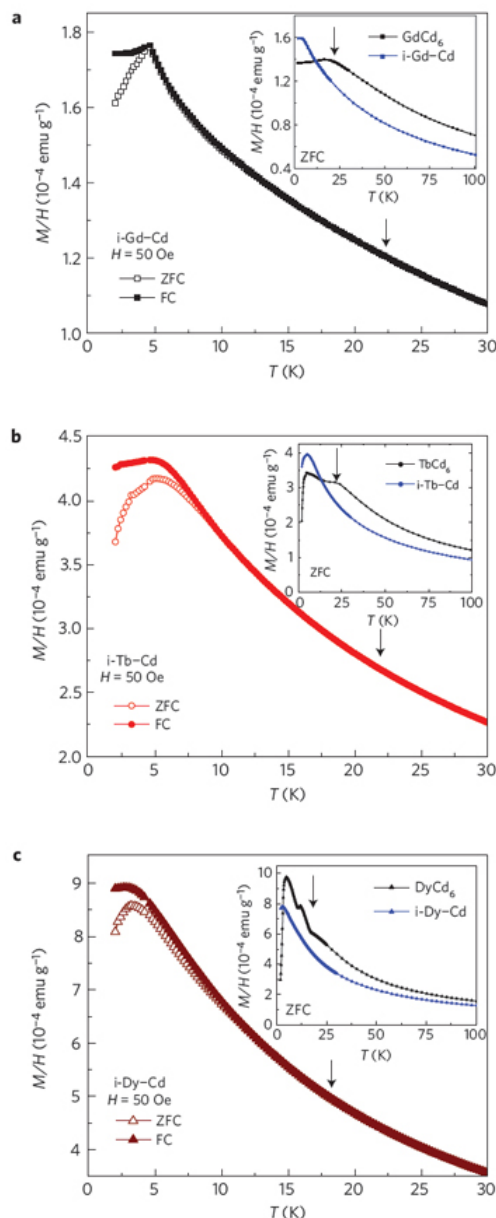


Рис. 2. Низкотемпературная часть магнитной восприимчивости квазикристаллов $i\text{-R-Cd}$ с охлаждением в магнитном поле (FC) и без поля (ZFC) для $R = \text{Gd}$ (а), Tb (б), Dy (с).

С. Овчинников

1. A.I.Goldman et. al., *Nature Mater.* **12**, 714 (2013).

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

Кончики пальцев чувствуют нанонеровности

Пять всем известных чувств – зрение, слух, вкус, обоняние и осязание – были впервые перечислены еще Аристотелем. Осязание, самая древняя форма ощущений, возникает при раздражении рецепторов кожи, наружных поверхностей слизистых оболочек и мышечно-суставного аппарата и складывается из тактильных, температурных, болевых и двигательных ощущений. Основная роль в осязании принад-

ПерсТ, 2013, том 20, выпуск 24

лежит тактильным ощущениям — прикосновению и давлению (иногда выделяют вибрацию, или ритмичное прикосновение). Самой высокой чувствительностью у людей обладают кончик языка и кончики пальцев рук. Нейробиологи и психологи добились больших успехов в изучении тактильности. Теперь хорошо известно, что эти ощущения обеспечивают рецепторы нескольких типов, которые находятся в разных слоях кожи или в тканях под ней. Есть рецепторы, реагирующие на прикосновение (они быстро передают в мозг информацию о касании и отключаются) или на движение объектов по поверхности кожи. Другие рецепторы ответственны за передачу стабильных сигналов, позволяющих ощущать непрерывный контакт объектов с кожей.

В последнее время изучением тактильных ощущений активно занялись физики, химики, материаловеды [1-4]. Это связано, в том числе, и с развитием робототехники. Физическое взаимодействие пальца с поверхностью очень сложное — оно включает деформацию пальца при надавливании и движении, зависит от топографии поверхности, от механических колебаний, возникающих при движении пальца, от сил трения между пальцем и поверхностью (рис. 1). Интересно, что линии на пальцах рук (предназначенные природой, конечно, не для идентификации человека) повышают тактильную чувствительность, так как изменяют силы трения, усиливая механические вибрации пальца, и позволяют распознавать детали поверхности [1,2].

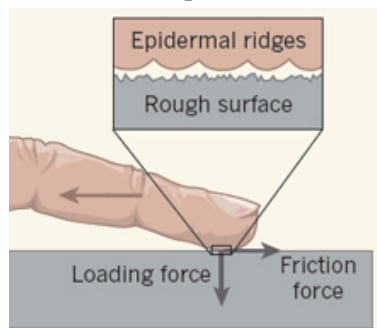


Рис. 1. Схема сил, действующих при движении пальца по неровной поверхности [2].

Однако пределы чувствительности определить очень сложно. Общепринято, что порог распознавания “шероховатости поверхности” в отсутствии движения составляет ~ 0.2 мм, при динамическом касании — микроны. Эти данные были получены при использовании наждачной бумаги разной зернистости.

Недавно исследователи из Швеции и США предложили новую методику определения тактильной чувствительности пальцев и доказали, что наш перст, этот природный инструмент, работает в нанометровом диапазоне [4]! Сначала под воздействием озона или плазмы на верхнем слое образцов из полидиметилсилоксана создавали волнистые поверхности, с которых затем изготавливали реплики из

более прочного полимера — итого 16 образцов с волнистой поверхностью (λ от 270 нм до 90 мкм, амплитуда от 7 нм до 4.5 мкм) (рис. 2). Важно, что образцы были из одного материала, поскольку теплопроводность, упругость и другие свойства могут влиять на тактильные ощущения. Испытания проводили добровольцы (20 молодых женщин), которым за это подарили билеты в кино. Им завязывали глаза и предлагали определить различие между двумя поверхностями, водя по ним указательным пальцем перпендикулярно гребешкам.

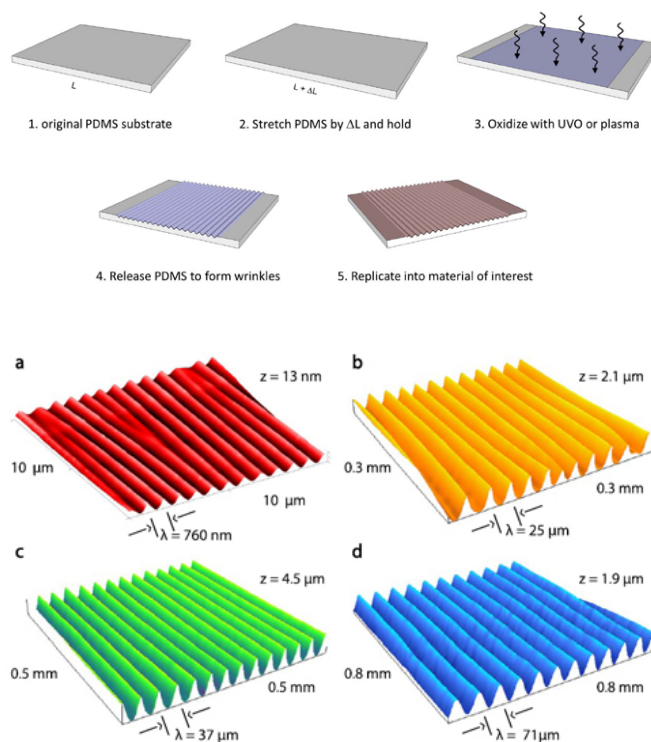


Рис. 2. Вверху — схема изготовления образцов с волнистой поверхностью. Внизу — 3D-изображения нескольких образцов с разной длиной волны (расстоянием между гребешками) и разной амплитудой (высотой гребешков).

Всего была использована 201 комбинация пар образцов (включая гладкие и повторы). Испытуемые должны были дать оценку в процентах от 0% (совершенно разные) до 100% (абсолютно одинаковые). Результаты, обработанные по модели INDSCAL [5], показали, что пальцы способны почувствовать разницу между гладкой поверхностью и поверхностью с гребешками амплитудой всего 13 нм ($\lambda = 760$ нм). Ключевую роль в распознавании топографии поверхности химически идентичных образцов играет трение. Результаты, полученные авторами [4], важны для повышения качества различных потребительских товаров — телефонов, планшетов, бумаги и др.

О. Алексеева

1. E.Wandersman et al., *Phys. Rev. Lett.* **107**, 164301 (2011).
2. M.C.Mate, R.W.Carpick, *Nature* **480**, 189 (2011).
3. M.J.Adams et al., *J. Roy. Soc. Interface* **10**, 20120467 (2013).

4. L.Skedung et al., Sci. Reports 3, 2617 (2013).
5. I.Borg, P.Groenen, "Modern multidimensional scaling: Theory and applications" (Springer, New York, 1997).

КОНФЕРЕНЦИИ

Joint 12th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity and 9th International Conference Functional Materials and Nanotechnologies "RCBJSF-2014-FM&NT", September 29 – October 2, 2014, Riga, Latvia

The program will feature plenary and invited presentations by a number of internationally recognized authors, contributed oral and poster presentations.

The conference topics are divided into 4 main parts:

- 1) Ferroelectricity: Ferroelectrics and multiferroics, pyroelectrics, piezoelectrics and actuators, integrated ferroelectrics, relaxors, phase transitions and critical phenomena.
- 2) Multifunctional materials: Theory, multiscale and multiphenomenal material modeling and simulation, advanced inorganic, organic and hybrid materials.
- 3) Nanotechnologies: Progressive methods, technologies and design for production, investigation of nano - particles, composites, structures, thin films and coatings.
- 4) Energy: Perspective materials and technologies for renewable and hydrogen energy, fuel cells, photovoltaics, LEDs, OLEDs.

Important Dates

Abstract submission deadline - **28 March, 2014**

Web site: <http://www.fmnt.lu.lv/news/t/23634/>

*Елка, подарки, шампан-
ское, свечи, –
Снова пришел этот
праздник волшебный;
Что пожелать в этот
праздничный вечер?
Счастья, здоровья и новых
свершений!
В жизни желаем вам
прочной опоры,
Мудрых решений, продуманных действий,
Верных друзей и надежных партнеров, –
Многого сможем добиться мы вместе!
Что же еще пожелать в праздник можно?
Пусть вас мечта вдаль зовет, окрыляет,
Пусть невозможное станет возможным!
Мы с Новым годом вас всех поздравляем!*



Редакция и авторы ПерсТа

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, В.Вьюрков, А.Елецкий, М.Маслов,
С.Овчинников, Л.Опенков, А.Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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