

В этом выпуске:

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Наноантиферромагнетизм

Так как в ферромагнетиках магнитные моменты всех атомов направлены в одну сторону ($\uparrow\uparrow\uparrow\dots\uparrow\uparrow\uparrow$), то результирующий магнитный момент отличен от нуля. В устройствах памяти наноразмерные ферромагнитные области выполняют функцию “магнитных битов”: логическим нулю и единице отвечают различные направления намагниченности этих областей ($\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$ и $\downarrow\downarrow\downarrow\downarrow$), а перемагничивание осуществляется магнитным полем или спин-поляризованным током. Существенный недостаток такой памяти заключается в том, что ее можно случайно “стереть”, если поблизости окажется какой-нибудь магнит, пусть и не очень сильный (вспомним: “не храните пластиковые карты рядом с металлическими предметами”!). В антиферромагнетиках магнитные моменты соседних атомов ориентированы противоположно друг другу, так что полный магнитный момент равен нулю. При наличии у антиферромагнитного материала оси легкого намагничивания все магнитные моменты параллельны этой оси (изинговский антиферромагнетик), поэтому основное состояние двукратно вырождено: $\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\dots\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$ и $\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\dots\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow$. Используя эти два состояния в качестве логических нуля и единицы, в принципе можно сконструировать “антиферромагнитную память”. Такая память, в отличие от ферромагнитной, должна быть нечувствительна к внешнему магнитному полю (из-за отсутствия намагниченности у базисных состояний). Но, прежде чем заводить разговор о возможности ее изготовления и реального практического использования, нужно решить ряд принципиальных вопросов: сохраняются ли неелевские состояния на наномасштабе? не будут ли два таких состояния находиться в суперпозиции? как, если не магнитным полем, осуществлять запись таких состояний, их считывание и переключение между ними?

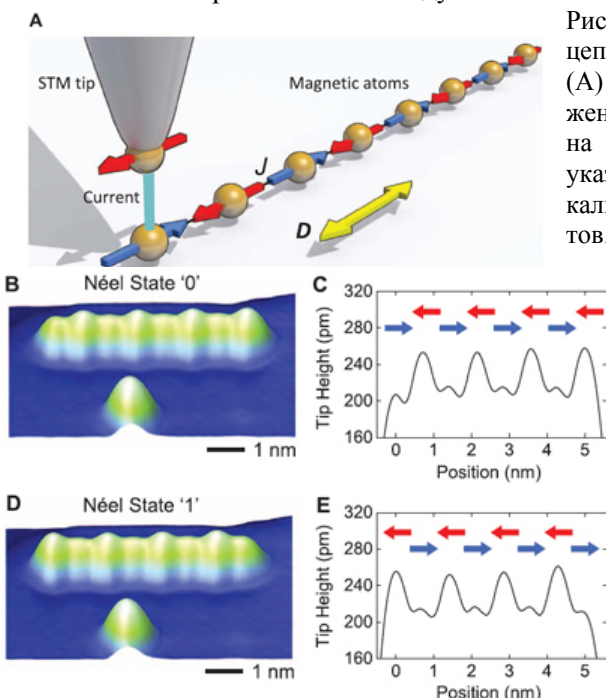


Рис. 1. Антиферромагнитная цепочка атомов Fe.

(А) Схематическое изображение иглы СТМ и атомов Fe на поверхности. Стрелки указывают направления локальных магнитных моментов. *D* – ось легкого намагничивания. Энергия обменного взаимодействия $J = 1.2$ мэВ. (В, С) и (D, E) – изображения двух неелевских состояний, полученные посредством СТМ со спин-поляризованной иглой. Напряжение на игле $U = 2$ мВ. $T = 0.5$ К.

И далее ...

- 2 Кремний: две квантовые точки – один кубит

ГРАФЕН

- 3 Что ограничивает проводимость эпитаксиального графена

Графен на службе у катализа

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОЭЛЕКТРОНИКА

- 4 Прозрачные самоочищающиеся покрытия на основе свечной сажи

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

- 6 Получение прозрачных проводящих пленок на основе однослойных углеродных нанотрубок

МУЛЬТИФЕРРОИКИ

- 7 Электрическая поляризация, рожденная вопреки

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Russian-Taiwanese Symposium “Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications”, June 4 – 6, 2012, Rostov-on-Don, Russia

6th Nanowire Growth Workshop, 4-6 June 2012, St. Petersburg, Russia

Joint ISFD-11th-RCBJSF Symposium, August 20 - 24, 2012, Ekaterinburg, Russia

В работе [1] (США, Германия, Швейцария) исследованы 1D и 2D антиферромагнитные наноструктуры из нескольких атомов Fe, приготовленные на поверхности $\text{Cu}_2\text{N}/\text{Cu}(100)$ с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Для определения направления атомных магнитных моментов использовался СТМ со спин-поляризованной иглой (туннельная проводимость максимальна при параллельной ориентации спинов иглы и атома и минимальна при антипараллельной). Установлено, что в цепочках из шести и восьми (рис. 1А) атомов реализуются четко определенные неелевские состояния (рис. 1В-Е), а не их квантовая суперпозиция.

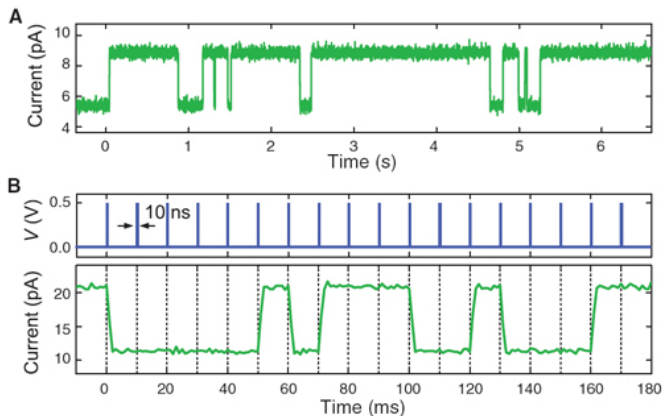


Рис. 2. Зависимость туннельного тока от времени. Игла СТМ расположена над крайним атомом 8-атомной цепочки. $T = 0.5$ К.

А - Постоянное напряжение на игле $U = 7$ мВ.
В - Импульсы напряжения длительностью 10 нс, амплитудой $U = 0.5$ В и скважностью 10 мс. В промежутках между импульсами $U = 2$ мВ (ниже порога переключения).

Для переключения между такими состояниями достаточно подвести иглу СТМ к любому атому цепочки и повысить напряжение U на ней до 7 мВ или более. При фиксированной величине U процесс переключения носит стохастический характер (рис. 2А). Альтернативой является использование коротких импульсов напряжения с большой амплитудой U (рис. 2В). Скорость переключения увеличивается с ростом U , достигая ~ 20 нс⁻¹ при $U = 0.5$ В (рис. 3).

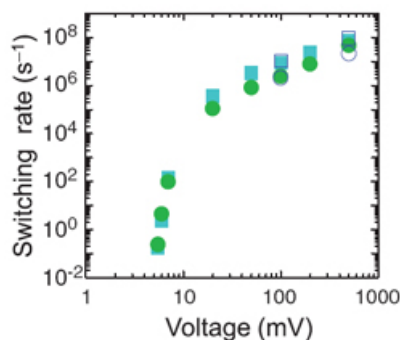


Рис. 3. Зависимость скорости переключения неелевских состояний в 8-атомной цепочке от напряжения U (постоянного при $U < 10$ мВ и импульсного при $U > 10$ мВ). Зеленые кружки соответствуют увеличению туннельного тока, а синие квадраты – его уменьшению. $T = 0.5$ К.

Термическая устойчивость неелевских состояний тем выше, чем больше число атомов n в наноструктуре (рис. 4).

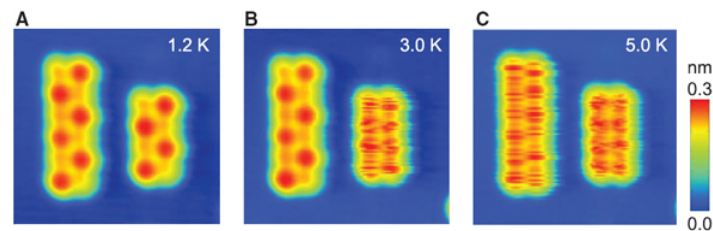


Рис. 4. Термическая устойчивость антиферромагнитных состояний в двумерных наноструктурах из 12 и 8 атомов Fe. Данные СТМ. Время выдержки 52 с.

При $T > 5$ К скорость переключения подчиняется закону Аррениуса с энергией активации $E_a = (7 \div 12)$ мэВ и частотным фактором $\sim 10^8$ с⁻¹ (величина E_a увеличивается с ростом n). В 6- и 8-атомных цепочках скорость переключения перестает зависеть от T при $T < 5$ К, то есть при низких температурах основную роль начинают играть эффекты квантового туннелирования. Для 2D конфигураций закон Аррениуса выполняется вплоть до ~ 1 К (в 12-атомной наноструктуре на рис. 4 время переключения при $T = 0.5$ К превышает 17 ч). Из восьми “антиферромагнитных битов” можно сконструировать один “антиферромагнитный байт”. Для этого авторы [1] предлагают такой вариант взаимного расположения атомов, который минимизирует паразитное обменное взаимодействие между соседними битами (рис. 5). Может статься, что именно наноантиферромагнетики составят основу запоминающих и спинтронных устройств следующего поколения.

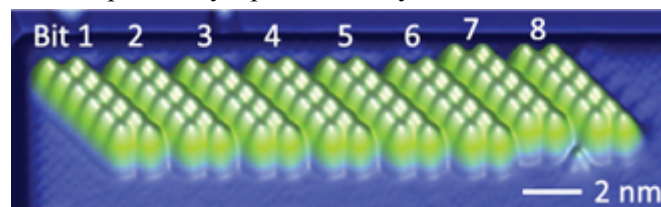


Рис. 5. Байт из восьми 12-атомных битов.

P.S. Интересно, что ничего похожего с атомами Mn сделать не удалось. Это связано с гораздо более слабой (примерно в 50 раз меньшей, чем у Fe) магнитной анизотропией Mn на поверхности $\text{Cu}_2\text{N}/\text{Cu}(100)$.

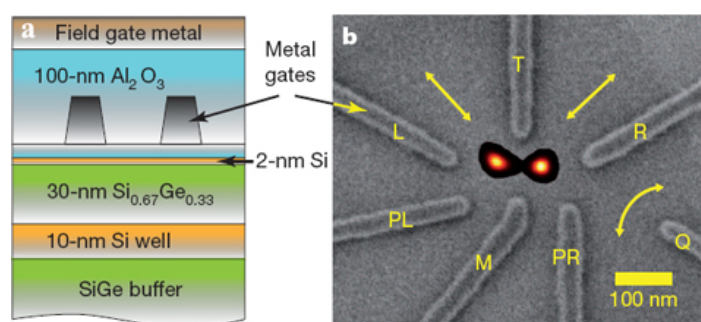
Л. Опенов

I. S. Loth et al., Science 335, 196 (2012).

Кремний: две квантовые точки – один кубит

Интерес к электронным спиновым кубитам на основе квантовых точек в кремнии обусловлен, во-первых, перспективой использования инфраструктуры и технологий микроэлектронной промышленности для изготовления квантовых информационных устройств и, во-вторых, слабой декогерентизацией электронных спинов в кремнии вследствие отсутствия ядерных спинов у атомов ^{28}Si (а значит, и отсутствия сверхтонкого взаимодействия с ними).

Но если сообщениями об одно-, двух- и даже трех-кубитных операциях со спинами электронов в полупроводниковых квантовых точках уже никого не удивишь, то в кремнии оказывается не так-то просто сформировать туннельно-связанные квантовые точки с одним избыточным электроном в каждой из них. Это связано, прежде всего, с большой эффективной массой электронов в Si (в три раза больше, чем в GaAs), что приводит к сильной локализации волновых функций в квантовых точках и влечет за собой необходимость соответствующего уменьшения расстояния между ними. При этом анализ электронной структуры кремниевых квантовых точек сильно осложняется шестикратным вырождением зоны проводимости в объемном Si (которое полностью или частично снимается за счет механического напряжения и/или под влиянием границ раздела).



Квантовые точки в гетероструктуре Si/Ge:

a - поперечное сечение;

b - изображение устройства, полученное с помощью сканирующей электронной микроскопии (прямые и изогнутые стрелки – пути протекания тока при транспортных измерениях и через квантовый точечный контакт, соответственно).

В работе [1] сотрудников Hughes Research Labs (США) впервые осуществлено управление одновременно двумя электронными спинами в паре соседних квантовых точек, образованных в гетероструктуре Si/Ge за счет подачи напряжения на расположенные поблизости металлические электроды (см. рис.). Каждая точка содержала один электрон, конфигурация (1,1). Во внешнем магнитном поле триплетное состояние (1,1) T_0 с нулевой проекцией магнитного момента и синглетное состояние (1,1) S могут рассматриваться как два базисных состояния одного кубита (в отличие от базиса \uparrow, \downarrow для единичного спина). Операции с такими кубитами, включая когерентную эволюцию суперпозиции (1,1) T_0 и (1,1) S , осуществлялись путем подачи импульсов напряжения на управляющие электроды. Декогерентизация обусловлена преимущественно взаимодействием электронных спинов с ядерными спинами изотопов ^{29}Si , концентрация которых в природном кремнии составляет 4.7%. Время декогерентизации равно 360 нс – на два порядка больше, чем в структуре из двух квантовых точек GaAs. В изотопически чистом кремнии это время будет, очевидно, еще больше. При этом, однако, надо понимать, что подход по принципу “две квантовые точки –

один кубит” приведет к существенному усложнению конструкции квантово-точечных устройств для двух- и тем более многокубитных операций.

Л.Опенев

1. *B.M.Maune et al., Nature 481, 344 (2012).*

ГРАФЕН

Что ограничивает проводимость эпитаксиального графена

Планы практического использования графена в наноэлектронике во многом основаны на очень высокой подвижности носителей, которая превышает $2 \cdot 10^5 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$. Но это относится только к “свободному” (не соприкасающемуся с подложкой) графену. В графене же на подложке проводимость гораздо ниже. Причины этого выявлены в работе [1] американских физиков из IBM T.J.Watson Res. Center. Измеряя локальный электрический потенциал в пленке графен/Si(001) при протекании по ней тока, они установили два основных механизма рассеяния электронов, приводящего к уменьшению их подвижности: 1) поверхностные “ступеньки” и 2) неоднородность пленок по толщине (контакты между одно- и двухслойными участками). Таким образом, для повышения качества графеновых пленок нужно одновременно двигаться в двух направлениях: стремиться к атомарной гладкости поверхности подложки и пытаться избавиться от флуктуаций пленок по толщине.

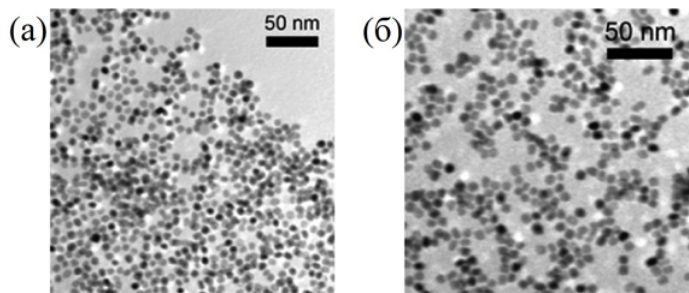
1. *S.H.Ji et al., Nature Mater. 11, 114 (2012).*

Графен на службе у катализа

Группа исследователей из Brown Univ. (США) предложила достаточно простой способ синтеза железо-платиновых наночастиц на поверхности графена (G/FePt) для дальнейшего их использования в качестве катализатора [1]. Сама методика заключается в следующем: авторы смешивали диспергированные в гексане FePt наночастицы с растворенным в диметилформамиде (ДМФА) графеном и воздействовали на данную смесь ультразвуком, после чего добавляли этанол и центрифугировали полученную суспензию для выделения продукта G/FePt, который затем очищали от поверхностно-активных веществ обработкой в уксусной кислоте. Диагностику синтезированных образцов проводили при помощи просвечивающей электронной микроскопии (см. рис.) и рентгеновской дифракции.

Исследователи показали, что полученные таким образом G/FePt наночастицы обладают высокой каталитической активностью (которая может быть еще улучшена при помощи отжига G/FePt в аргоно-водородной смеси) и прекрасной стабильностью в случае реакции восстановления кислорода в растворе HClO_4 по сравнению с обычными катализаторами на основе наноструктурированной платины. Таким образом, графен является многообещающим

материалом для решений задач прикладного катализа. Будем вслед за авторами надеяться, что предложенная ими методика может быть в дальнейшем распространена и на другие наночастицы благородных металлов.



Изображения, полученные с помощью просвечивающей электронной микроскопии: а - G/FePt наночастицы после очистки в уксусной кислоте, б - G/FePt наночастицы после отжига в смеси Ag/H₂ при 100°C в течение 1 ч.

М.Маслов

I. S.Guo, S.Sun., J. Am. Chem. Soc. 134, 2492 (2012).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Прозрачные самоочищающиеся покрытия на основе свечной сажи



Ученые во многих странах активно работают над созданием самоочищающихся покрытий. Изучение существующих в природе примеров (“эффект лотоса” и др.), показало, какую важную

роль играет наноструктура поверхности (см. ПерсТ [1]). Исследователи из Max Planck Institute for Polymer Research и Technical Univ. Darmstadt (Германия) недавно разработали простой метод получения прозрачных покрытий, эффективно отталкивающих и воду, и органические жидкости [2-3]. Для этого они использовали обычную свечу – точнее, углеродные наноструктуры, которые образуются в её пламени...

Учёным помогли желание руководителя работы Doris Volmer всегда иметь чистые очки [3], и, конечно, научная любознательность.

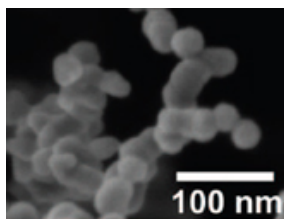
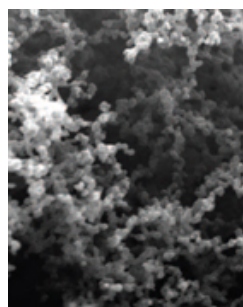


Рис. 1. SEM изображение сажи. Справа с большим увеличением показана цепочка из почти сферических углеродных наночастиц.

Всем известно, что стекло в пламени свечи покрывается сажей и чернеет. Исследователи рассмотрели это чёрное покрытие в электронный микроскоп и обнаружили, что оно состоит из наночастиц углерода диаметром 30-40 нм, образующих неплотную фракталоподобную структуру (рис. 1).

С такой наноструктурированной поверхности легко скатываются капли воды, но постепенно они уносят с собой всю сажу. Вдохновлённые многообещающей морфологией покрытия, немецкие ученые решили его “закрепить”. С помощью CVD метода они нанесли на него слой SiO₂ (использовали тетраэтоксисилан (C₂H₅O)₄Si и катализатор NH₃). В результате все наночастицы углерода оказались покрыты оболочками из оксида кремния (рис. 2). Толщина стенок SiO₂-наносфер зависела от длительности процесса (например, ~ 20 нм через 24 ч).

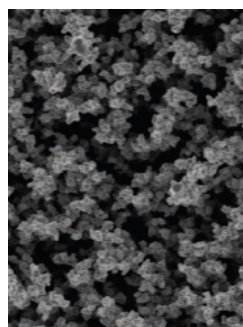


Рис. 2. SEM изображение сажи после нанесения слоя SiO₂.

Следующий шаг – отжиг на воздухе при 600°C в течение 2 ч. Он привёл к выгоранию углеродного ядра и уменьшению толщины стенок SiO₂. При этом покрытие практически полностью сохранило свою прежнюю структуру (рис. 3). Более того, оно стало прозрачным – место наночастиц углерода заняли полые наносферы SiO₂ (рис. 4).

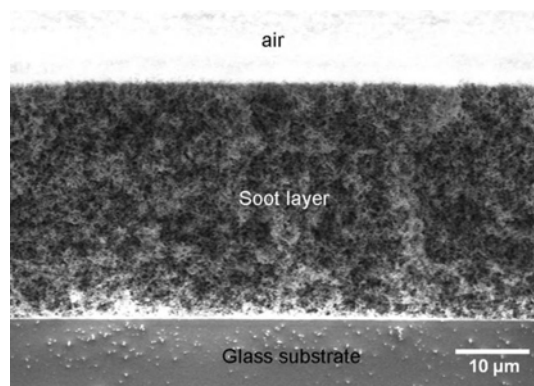


Рис. 3. Сечение покрытия после нанесения SiO₂ и отжига [4].

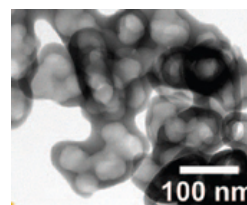


Рис. 4. TEM изображение кластера наносфер после отжига

Однако при этом покрытие потеряло гидрофобность, поэтому исследователи провели так называемую силанизацию. Методом CVD они нанесли гидрофобную плёнку из фторсодержащего органосилана - кремнийорганического соединения. (Напомним, что недавно китайские учёные на основе таких соединений создали наноструктурированную плёнку, сочетающую сверхгидро/олеофобность на воздухе и сверхолеофильность в воде, и поэтому способную многократно собирать в воде капли масел [1]).

Благодаря структуре из наносфер и плёнке из фторсодержащего органосилана полученные покрытия приобрели уникальные гидро(олео)фобные свойства. На рис. 5 показаны капли воды и гексадекана на поверхности.

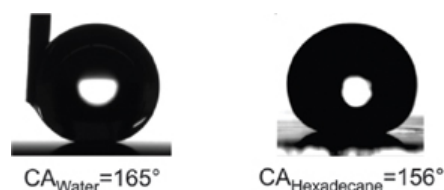


Рис. 5. Сверхгидро(олео)фобность покрытия. Капля воды 2 мкл (слева) и капля гексадекана 5 мкл (справа) имеют краевые углы смачивания 165 и 156°, соответственно.

Таблица. Краевые углы смачивания и углы скатывания капель для разных жидкостей [2].

Жидкость	Поверхностное натяжение, мН/м	Угол скатывания, град	$\theta_{см}$ структура наносфер, град	$\theta_{см}$ плоская поверхность, град
Вода	72.1	1±1	165±1	108±1
Дийодметан	50.9	2±1	161±1	91±1
Этиленгликоль	47.3	2±1	160±1	89±1
Арахисовое масло	34.5	4±1	158±1	70±1
Оливковое масло	32.0	4±1	157±1	69±1
Гексадекан	27.5	5±1	156±1	64±1
Тетрадекан	26.5	5±1	154±1	54±1

Величины углов скатывания капель и краевых углов смачивания $\theta'_{см}$ для 7 разных жидкостей приведены в таблице. Для сравнения приведены величины θ на плоской поверхности стекла с пленкой фторсодержащего органосилана.

Как видно из таблицы, даже для тетрадекана (поверхностное натяжение 26.5 мН/м) угол скатывания капель составляет всего 5°.

Капля гексадекана радиусом 1 мм, падающая со скоростью 1м/сек, не проникает в слой (рис. 6). Она как резиновый мячик отскакивает дважды, а потом остается на поверхности (краевой угол смачивания 156°).

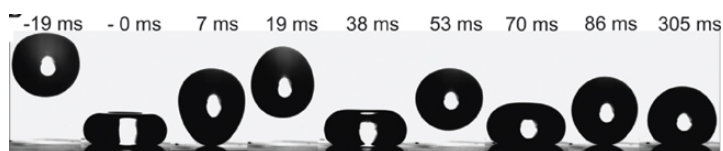


Рис. 6. Падение капли гексадекана на суперолеофобную поверхность [2].

Новое покрытие прозрачно в УФ- и видимом диапазонах (рис.7), это расширяет возможные области применения. Самоочищающиеся супергидро и олеофобные покрытия нужны для защиты стёкол обычных и специальных очков, ветровых стёкол, фасадов высотных зданий от дождя и грязи; сенсорных экранов от отпечатков пальцев; медицинского оборудования от следов крови, жидкостей и др.

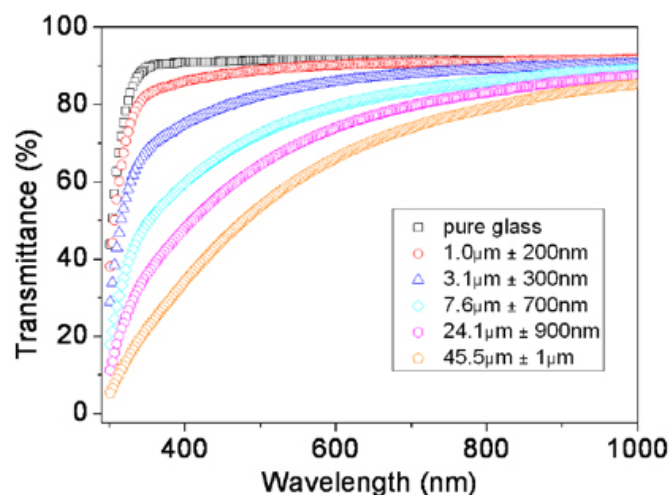


Рис. 7. Спектр пропускания в УФ- и видимом диапазонах для покрытий разной толщины; □ – спектр стекла без покрытия.

Покрытия действительно способны к самоочистке. Для проверки их посыпали песком (рис. 8А), а затем сполоснули водой и гексадеканом (рис. 8В). В обоих случаях капли жидкости скатились с поверхности и унесли с собой практически весь песок.

Конечно, такие покрытия должны обладать механической, а в ряде случаев и термической стойкостью. Испытания показали, что структура слоя и гидро(олео)фобные свойства сохраняются до 400°C. При более высоких температурах структура сетки

из наносфер остаётся прежней, но фторсилан разлагается (однако его можно нанести повторно методом CVD).

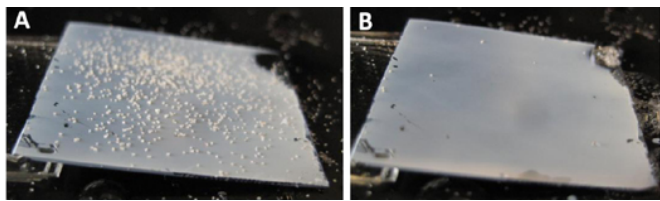


Рис. 8. Поверхность, засыпанная морским песком до (А) и после (В) того, как капли гексадекана, скатываясь, унесли с собой загрязнение.

Для проверки механической стойкости на покрытие несколько дней сыпали песок с высоты 10-40 см. Постепенно толщина слоя уменьшалась, но все свойства сохранялись, пока она не стала тоньше 1 мкм. Конечно, в реальных условиях произойти это может быстро, поэтому основная задача, которая стоит перед исследователями – повышение стойкости к износу.

О.Алексеева

1. *ПерсТ* 18, вып. 15/16, с.5 (2011).
2. X. Deng et al. *Science* 335 (6064), 67 (2012).
3. http://www.mpg.de/4681923/self-cleaning_glass

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Получение прозрачных проводящих пленок на основе однослойных углеродных нанотрубок

Во многих типах современных электронных приборов, таких как ноутбуки, компьютерные мониторы, мобильные телефоны, навигаторы и т.п., используются тонкие гибкие прозрачные проводящие пленки, наличие которых позволяет не только считывать информацию, но также управлять работой устройства. Наиболее распространенным материалом для подобных систем является стекло на основе оксида индия, легированного оловом, (ИТО), пленки которого обладают нужными электрическими и оптическими характеристиками. Однако бурное развитие технологий, связанных с разработкой и использованием современных электронных приборов приводит к исчерпанию природных запасов индия и, соответственно, к росту стоимости ИТО. Это стимулирует исследования, направленные на поиск и создание новых материалов для прозрачных проводящих пленок. Одним из перспективных материалов подобного типа являются углеродные нанотрубки (УНТ), которые обладают необходимыми проводимостью и прозрачностью в оптической области спектра. Однако на пути создания прозрачных проводящих пленок на основе УНТ возникают проблемы, связанные с необходимостью удаления примесей, ухудшающих оптические характеристики пленки, а также с требованием высокой степени однородности покрытия.

Как показано в работе [1], выполненной недавно в Univ. of Oklahoma (США), указанные трудности

могут быть преодолены в результате использования для синтеза пленок подходящих катализаторов и оптимизации условий процесса. В качестве подложки авторы использовали кварцевые пластины, имеющие прозрачность 99.5 % для излучения с длиной волны 550 нм, обработанные в течение 15 мин при комнатной температуре смесью перекиси водорода с серной кислотой (1:3), а затем промытые ацетоном и изопропиловым спиртом и просушенные в потоке азота. В качестве катализатора при синтезе УНТ использовали растворы ферритина в воде с концентрациями железа 5, 33 и 100 мМ. Каждый из растворов наносили на подложки, которые затем в течение двух часов просушивали в вакуумной печи при 90°C, после чего отжигали на воздухе при 900°C. Синтез УНТ проводили в течение 20–30 мин при температуре 925°C в потоке Ar/H₂ (3:1, 35 см³/мин) с добавлением паров этилового спирта 0.3 мл/ч и воды (0.0015 мл/ч).

Вольт-амперные характеристики полученных пленок УНТ измеряли с помощью серебряных электродов. Спектры пропускания в видимом и УФ диапазонах измеряли с помощью спектрофотометра. Наряду с этим, были получены спектры комбинационного рассеяния (КР) пленок с использованием He-Ne лазера (632 нм) и их микроизображения с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM). Результаты исследований указывают на высокую проводимость пленок (свыше 10⁴ См/м) и аномально высокую прозрачность (свыше 98 % на длине волны 550 нм). На SEM изображениях пленок видно, что УНТ покрывают поверхность подложки с высокой степенью однородности, не образуя жгутов, присущих пленкам, полученным другими методами. Столь высокая однородность покрытия обусловлена, по-видимому, однородным распределением катализатора по поверхности подложки. Характер спектров КР указывает на преобладание в пленке однослойных УНТ с низким содержанием дефектов. При этом, согласно измерениям, по мере увеличения длительности термической обработки подложек в диапазоне от 10 до 60 мин проводимость пленок возрастает примерно на порядок, в то время как коэффициент пропускания пленок на длине волны 550 нм плавно снижается от 99.6 % до 99.3%.

Такое поведение объясняется тем, что по мере увеличения длительности термической обработки подложек возрастает плотность синтезируемых пленок, что, с одной стороны, приводит к росту их проводимости, а с другой стороны – к снижению прозрачности. При фиксированных продолжительности отжига подложки и процедуре синтеза УНТ наблюдаются зависимости проводимости и прозрачности пленок от концентрации железа в растворе ферритина. Для проводимости эта зависимость имеет немонотонный характер с минимумом в области концентраций 33 мМ, в то время как для прозрачности

наблюдается монотонно убывающая зависимость от концентрации железа.

А.Елецкий

1. *D. Shi, D.E. Resasco, Chem. Phys. Lett. 511, 356 (2011).*

МУЛЬТИФЕРРОИКИ

Электрическая поляризация, рожденная вопреки

На протяжении последнего десятилетия ведется активный поиск магнитных сегнетоэлектриков (мультиферроиков), в которых электрическая поляризация образуется вследствие магнитного упорядочения. В таких веществах должны в наибольшей степени проявляться магнитоэлектрические свойства и эффекты перекрестного воздействия электрических полей на магнитный параметр порядка и наоборот. Наиболее распространенный сценарий реализации магнитного сегнетоэлектричества – наведение электрической поляризации спиновой циклоидой (рис. 1а). Направление электрической поляризации при этом лежит в плоскости циклоиды и перпендикулярно направлению модуляции спина Q . Менее распространен случай, когда причиной поляризации является спиновая спираль (геликоид) (рис. 1б), однако как показали авторы [1], в этом случае поляризация может многократно превышать величины, наблюдаемые в веществах с циклоидальными спиновыми структурами.

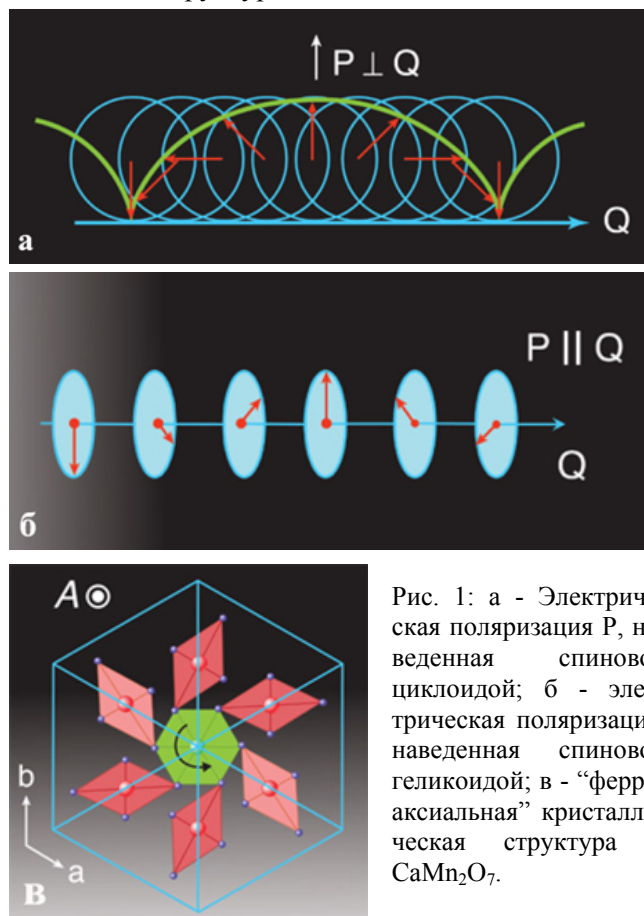


Рис. 1: а - Электрическая поляризация P , наведенная спиновой циклоидой; б - электрическая поляризация, наведенная спиновой геликоидой; в - “ферроаксиальная” кристаллическая структура в CaMn_2O_7 .

С первого взгляда наличие электрической поляризации, направленной вдоль оси геликоида заключает в себе симметричный парадокс. Действительно, геликоид, являясь разновидностью винта, при повороте на 180 градусов вокруг вертикальной оси переходит сам в себя, а вектор поляризации – в свою противоположность, т.е. эти две идеи (винт и полярный вектор), казалось бы, несовместимы. Наблюдение о том, что циклоиды порождают электрическую поляризацию, а геликоиды – нет, стало уже тривиальным утверждением [2].

Однако на всякое правило найдется исключение. Действительно, приведенное выше рассуждение велось в неявном предположении, что кристаллическая структура обладает высокой симметрией и всегда можно найти ось второго порядка, перпендикулярную направлению модуляции. Как правило, так и происходит, и геликоид остается “бесплодным” в сегнетоэлектрическом смысле. Но не в случае ромбоэдрических кристаллов CaMn_2O_7 , в которых выше точки магнитного упорядочения благодаря скосу кислородных октаэдров отсутствуют оси второго порядка в ab -плоскости (рис. 1в). Такой структуре, чем-то напоминающей пропеллер, можно приписать определенное направление вращения, т.е. характеризовать аксиальным вектором, направленным вдоль оси c . Поскольку аксиальный вектор инвариантен относительно инверсионной симметрии, то его одного, также как и в случае одного спиновой геликоида, недостаточно для образования поляризации. Однако ниже точки магнитного упорядочения появившаяся спиновая структура нарушает инверсионную симметрию (правый винт под действием инверсии переходит в левый) и эти две структуры – спиновая геликоидальная и кристаллическая ферроаксиальная – совместно порождают электрическую поляризацию.

Отдельный вопрос, почему эта электрическая поляризация так велика (тысячи микрокулон на квадратный метр, что в сотни раз превосходит обычные величины магнитоиндуцированной электрической поляризации). Как полагает автор [2], в отличие от случая спиновой циклоиды электрическая поляризация, связанная с геликоидом, возникает вследствие нерелятивистского механизма, который должен быть на два порядка сильнее релятивистского.

А. Пятаков

1. *R.D.Johnson et al., Phys. Rev. Lett. 108, 067201 (2012).*
2. *M.Mostovoy, Physics 5, 16 (2012).*

КОНФЕРЕНЦИИ

Russian-Taiwanese Symposium "Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications", June 4 – 6, 2012, Rostov-on-Don, Russia

Scientific Program

Materials: Ferro-Piezoelectrics, Semiconductors, High-Temperature Superconductors, Related Materials
Synthesis & Processing: Powder Processing, Processing Technologies, MEMS-Processing

Characterization: Microstructure Properties, Physical Properties, Mechanical Properties, Strength Properties
Research Methods: Finite-Element Modelling, Acoustic Emission and Related Methods, Optic Interferometry and Related Methods

Applications: MEMS, Hetero-structures, Multimedia Communication, Underwater Technology, Marine Engineering

Important Dates

Deadline for abstract submission is **April 1, 2012**

E-mail: ppr@math.rsu.ru

Web : <http://pnmn.math.rsu.ru/>

6th Nanowire Growth Workshop, 4-6 June 2012, St. Petersburg, Russia

Topics:

- * Growth of elemental (Si, Ge), compound (III-V, including nitrides, II-VI) and oxide (e.g., ZnO) semiconductor nanowires.
- * Growth methods: metal-assisted, self-catalyzed and catalyst free growth of nanowires by different epitaxy techniques
- * Growth of nanowires and nanoneedles on lattice mismatched substrates, e.g., III-V nanowires on silicon
- * Formation of heterostructures in nanowires
- * Nanowire morphology, crystal structure and defects
- * Doping and p-n junction formation
- * Modelling of nanowire growth, morphology and crystal structure
- * Novel approaches to nanowire assembly
- * Optical, electrical, magnetic and other physical properties explicitly related to the growth method or mechanism.

Important Dates

Deadline for registration and abstract submission is **1 March 2012**

Web: <http://nwg.spbau.ru/>

Joint ISFD-11th-RCBJSF Symposium held in August 20 - 24, 2012, Ekaterinburg, Russia

The 11th International Symposium on Ferroic Domains and Micro- to Nanoscopic Structures (ISFD)

Topics

- * Static domain structures, twinning, domain shape
- * Domain engineering, macroscopic properties of multidomain materials
- * Domain walls, interfacial phenomena, domain wall engineering
- * Domain wall dynamics, nucleation, switching, extrinsic material properties
- * Domain structures in multiferroics
- * Domain structures in thin films, size effects, ferroic nanoparticles
- * Polar nanoregions and nanodomains in relaxor ferroelectrics
- * Mesoscopic structures in liquid crystals
- * High resolution, diffraction and nanoscale examination of domain structures
- * Theory, computer simulations and modeling of domain structures and domain walls
- * Applications of domain phenomena
- * Domain structures in ferroics

11th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF)

Topics:

- * Ferroelectrics
- * Pyroelectrics, piezoelectrics and actuators
- * Relaxors
- * Multiferroics
- * Polymers, liquid crystals and other soft systems
- * Domains and domain boundaries
- * Imperfections: surfaces, interfaces and defects
- * Bulk materials: single crystals, ceramics and composites
- * Integrated ferroelectrics, thin films and superlattices
- * Nanostructures and nanoparticles
- * Phase transitions and critical phenomena
- * Theory and modeling
- * Characterization methods: scattering; dielectric; structural; magnetic resonance and NQR
- * High-resolution imaging techniques
- * Crystal growth

Important Dates

Deadline for abstract submission is **1 March 2012**

E-mail: isfd-11-rcbjsf@labfer.ru

Web: <http://labfer.usu.ru/isfd-11-rcbjsf/>

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