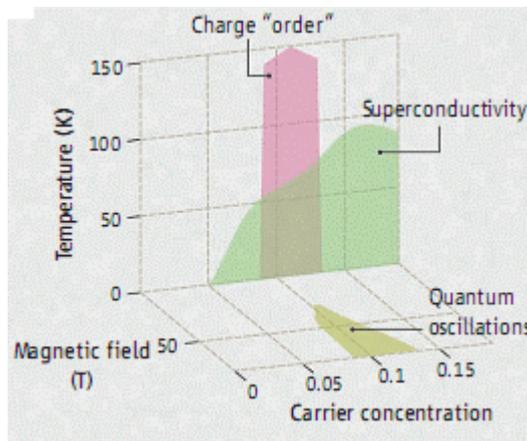


В этом выпуске:

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

### *Зарядовые флуктуации в купратных ВТСП*

Для построения теории высокотемпературной сверхпроводимости требуется детальное понимание природы нормального состояния ВТСП. Спиновые и зарядовые корреляции приводят к антиферромагнитному (в недопированных образцах) и страйповому упорядочению, которые конкурируют со сверхпроводящим порядком и могут иметь отношение к механизму спаривания. Еще один конкурент сверхпроводимости обнаружен в работе [1] (Италия, Германия, Франция, Канада): при исследовании резонансного рассеяния рентгеновского излучения на кристаллах  $(Y,Nd)Ba_2Cu_3O_{6+x}$  с концентрацией дырок  $p = 0.09 - 0.13$  зарегистрированы дальнедействующие несоизмеримые зарядовые флуктуации в слоях  $CuO_2$ . Волновой вектор этих флуктуаций близок к вектору Нестинга, соединяющему участки поверхности Ферми с максимальной  $d$ -волновой сверхпроводящей щелью. При охлаждении до  $T_c$  интенсивность и корреляционная длина флуктуационного сигнала резко возрастают, а при  $T < T_c$  вновь уменьшаются. Полученные результаты авторы [1] объясняют неустойчивостью поверхности Ферми, приводящей к формированию волны зарядовой плотности. Взаимосвязь сверхпроводящего и зарядового порядка (см. рис.) требует дальнейших исследований.



Области зарядового и сверхпроводящего порядка на фазовой диаграмме

*Л.Опенев*

*I. G.Ghiringhelli et al., Science 337, 821 (2012).*

## НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОЭЛЕКТРОНИКА

### *Наночастицы $V_2O_5$ защищают от морского биообрастания*

Подводные поверхности морских судов постепенно обрастают водорослями и микроорганизмами. Биообрастание приводит к усилению коррозии, увеличению гидродинамического сопротивления и, соответственно, к росту потребления топлива и вредных выбросов. Разрушаются и металлоконструкции, находящиеся в морской воде. Для борьбы с биообрастанием используют покрытия и крас-

И далее ...

- 3** Успешный синтез молекулярного зажима

### ГРАФЕН

- 4** Дефекты и прочность графена

Однослойные гетероструктуры из графена и нитрида бора

Сверхчувствительный газовый сенсор на основе графена

### МАГНИТЫ

- 5** Магнитный "хамелеон"

### ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 6** Холодный полевой эмиттер электронов с высокой плотностью тока на основе УНТ

### ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

- 7** Международная конференция "Новое в магнетизме и магнитных материалах" НМММ-22

### КОНФЕРЕНЦИИ

- 8** Научная сессия ОФН РАН, посвященная 100-летней годовщине открытия космических лучей, 24 октября 2012 г.

ки, содержащие комплексы металлов или биоциды (*вещества, убивающие живые организмы*). Конечно, важно, чтобы они не были опасны для окружающей среды – не содержали тяжёлых металлов, медленно выделялись в воду и быстро теряли в ней токсичность. Разрабатываются гидрофобные гладкие покрытия на основе полидиметилсилоксана, препятствующие обрастанию, и поэтому не требующие добавления биоцидов. Гладкость покрытия также способствует повышению скоростных характеристик судов и обеспечивает экономию топлива. В *ПерсТе* сообщалось о новом покрытии для защиты корпуса морских судов, в составе которого использованы углеродные нанотрубки Baytubes® [1]. Однако такие покрытия не годятся для стационарных конструкций или судов, движущихся с небольшой скоростью. Кроме того, свойства могут меняться со временем. Новый вариант эффективной и не опасной для окружающей среды защиты от биообрастания недавно нашли учёные из Германии [2]. Они предложили использовать наночастицы  $V_2O_5$ .

Почему были выбраны V-содержащие частицы? Не обошлось без подсказки природы. Оказывается, ванадий играет важную роль во многих биологических процессах. Особенный интерес вызвало обнаружение V в активном состоянии в семействе галопероксидаз. *Галопероксидазы* (галогенсодержащие пероксидазы) – класс ферментов, способствующих окислению галогенов  $X^-$  ( $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ) пероксидом водорода  $H_2O_2$ : ( $H_2O_2 + X^- + H^+ \rightarrow H_2O + HOX$ ). В 1984 г. впервые из бурой водоросли *Ascophyllum nodosum* (рис.1) была выделена и охарактеризована V-содержащая бромпероксидаза V-BrPO [4]. Позднее V-BrPO получили из всех основных классов морских водорослей, а также из наземных лишайников, а из микроскопических грибов выделили V-содержащую хлорпероксидазу V-ClPO. Для работы этих необычных ферментов необходимо наличие в активном центре ванадия.



Рис.1. Водоросль *Ascophyllum nodosum*

Морская вода содержит ванадий в окисленном состоянии, в основном V(V), в ней присутствуют  $Cl^-$  и  $Br^-$  и, в меньшей степени,  $H_2O_2$ . Под действием V-галопероксидаз образуются кислоты HOBr или HOCl, которые обладают антибактериальным действием и предотвращают рост биоплёнки на морских организмах. Так природа борется с биообрастанием.

Конечно, добавлять в защитные покрытия и краски природные V-галопероксидазы слишком дорого и сложно. В работе [2] предложен другой способ. Исследователи показали, что нанопроволочки  $V_2O_5$ , которые широко используются в качестве недорогого, но активного и стабильного катализатора, действуют аналогично природной галопероксидазе.

Авторы [2] синтезировали наночастицы  $V_2O_5$  длиной 300 нм и шириной 20 нм и приготовили их дисперсии в воде с добавлением  $Br^-$  и  $H_2O_2$  (pH=8.3), а также в морской воде. Исследования показали, что, как и при действии V-BrPO, образуются HOBr и синглетный молекулярный кислород  $^1O_2$ , обладающие антибактериальной активностью, но не токсичные для морской флоры и фауны (рис. 2).

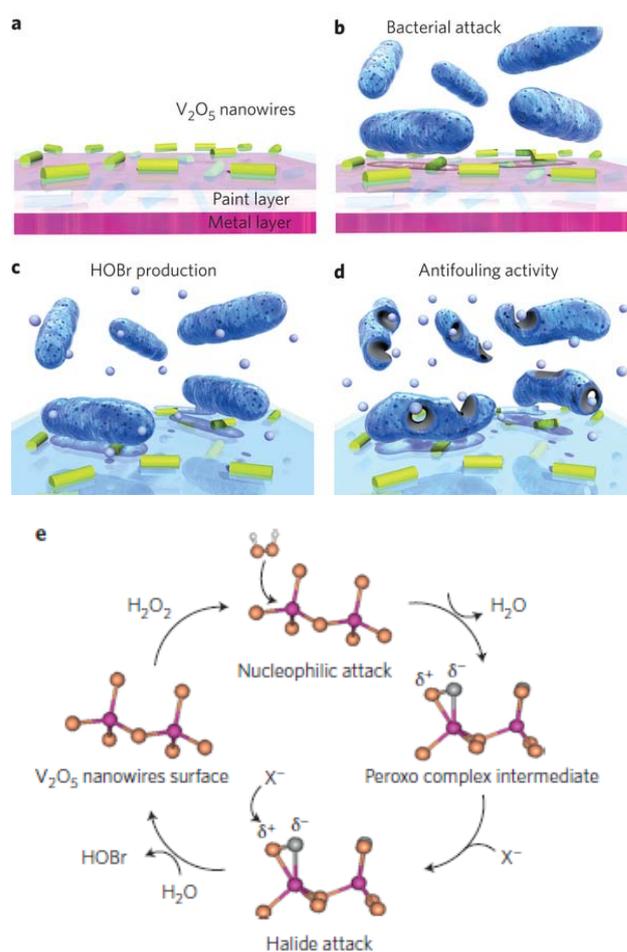


Рис. 2. Бактерицидные свойства нанопроволок  $V_2O_5$ : а – краску с добавками наночастиц (жёлто-зелёный цвет) нанесли на металлическую поверхность; б – атака бактерий; в – в присутствии  $Br^-$  и  $H_2O_2$  постоянно образуется кислота HOBr (мелкие голубые сферы); д – HOBr повреждает бактерии; е – предполагаемая схема бромирования.

Эксперименты показали, что рост бактерий в присутствии наночастиц  $V_2O_5$  (0.075 мг/мл),  $Br^-$  (1 мМ) и  $H_2O_2$  (10мкМ) снизился на 78% для грамотрицательных бактерий *E. coli* и на 96% - для грамположительных бактерий *S. aureus*. В контрольных экспериментах без наночастиц эффект составил 28 и 13%, а с наночастицами, но без  $Br^-$  и  $H_2O_2$  – 5 и 8%, соот-

ветственно. Морфология наночастиц после длительных испытаний по данным ТЕМ не изменилась.

Учёные проверили токсичность наночастиц  $V_2O_5$  в морской воде на личинках крошечной морской креветки *Artemia franciscana* как на модели морской флоры-фауны. Нанопроволочки  $V_2O_5$  оказались гораздо менее токсичными, чем разрешённые к применению Zn- и Cu-содержащие биоциды (в 14 и 1000 раз, соответственно).

Затем исследователи добавили наночастицы в краску, применяемую для защиты корпусов лодок. На рис. 3 приведены результаты испытаний. Левая половина пластин из нержавеющей стали покрыта обычной краской, правая – с добавлением наночастиц  $V_2O_5$ . Пластины на 4 дня поместили в суспензию с бактериями *E. coli* и *S. aureus*. Концентрация  $Vg^-$  и  $H_2O_2$  одинакова во всех случаях. Флуоресцентная микроскопия показала значительное снижение плотности/адгезии бактерий при добавлении наночастиц (отсутствие окрашенных клеток бактерий в правых половинках пластин, рис. 3b,c).

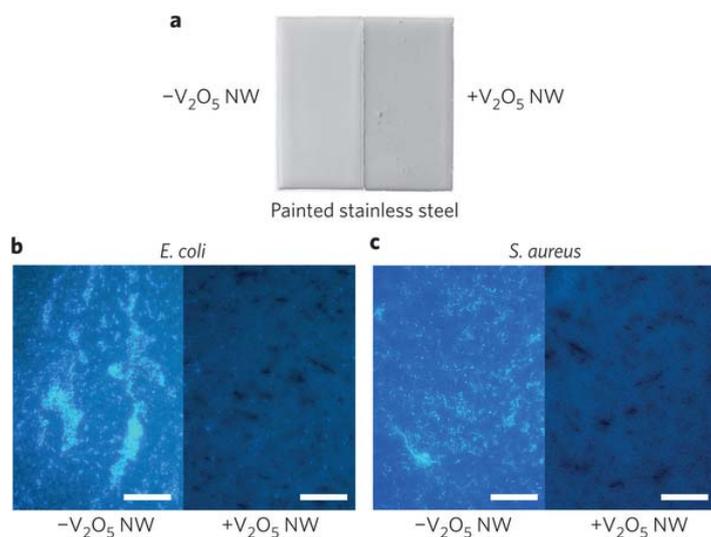


Рис. 3. а – Промышленная краска с наночастицами и без них нанесена на пластинки из нержавеющей стали (2х2см); b,c – изображения пластин после 4 дней инкубации в суспензии с  $Vg^-$ ,  $H_2O_2$  и бактериями *E. coli* или *S. aureus*, (флуоресцентная микроскопия).

Тёмные пятна на правых половинках – скопления наночастиц. Шкала – 100 мкм.

Лабораторные исследования в морской воде показали, что и через 9 недель покрытия не деградировали и сохранили антибактериальную активность. Концентрация ванадия в воде периодически измеряемая с помощью чувствительного ICP масс-спектрометра, не превышала естественную концентрацию ванадия в морской воде.

Исследователи прикрепили окрашенные стальные пластинки к корпусу лодки, стоящей в лагуне Атлантического океана, и сняли их через 60 дней (рис. 4). Пластинка без добавок наночастиц в краске сильно пострадала от бактерий и водорослей (рис.

4с), а на пластинке, покрытой краской с  $V_2O_5$ , не видно никакого биообрастания (рис. 4d).

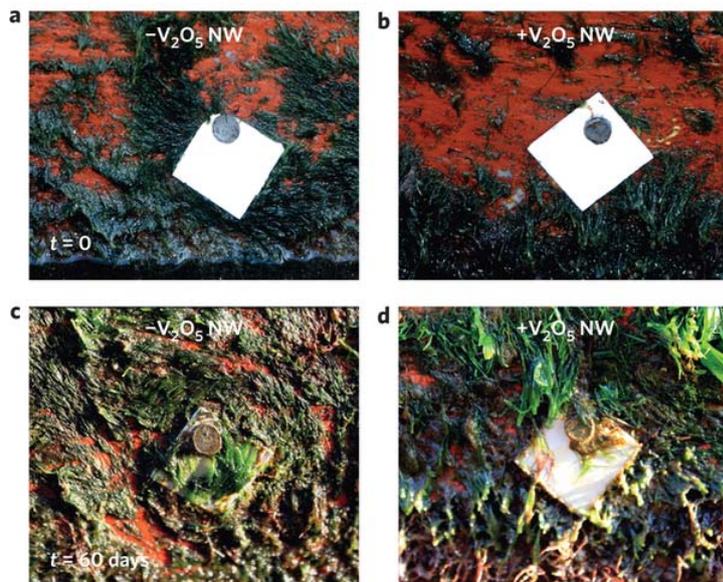


Рис.4. Влияние наночастиц на биообрастание *in situ*. Фотографии стальных пластинок, покрытых краской для лодок без и с  $V_2O_5$ : a,b – сразу после фиксации обе пластинки чистые; c,d – через 60 дней на пластинке без наночастиц видно сильное биообрастание, пластинка с наночастицами демонстрирует отсутствие биообрастания.

Возможно, подсказанный природой способ борьбы с морским биообрастанием приведёт к созданию новых эффективных защитных покрытий и красок, менее вредных для окружающей среды, чем химические биоциды.

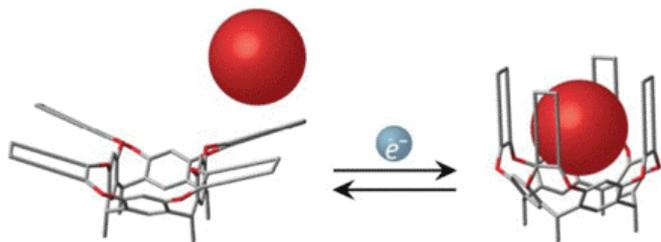
О.Алексеева

1. Перст 16, вып. 24, с. 6. (2009).
2. F.Natalio et al., *Nature Nanotech.* 7, 530 (2012).
3. H.Vilter, *Phytochemistry* 23, 1387 (1984).

### Успешный синтез молекулярного зажима

В век развития нанотехнологий воображение ученых будоражит возможность создания молекулярных машин, которые имитировали бы работу их макроскопических аналогов. Вереницей появляются на страницах статей наноразмерные моторы, пинцеты, храповики, роторы и турникеты. Однако, по мнению авторов работы [1], один из важнейших инструментов наномира был до сих пор незаслуженно обойден вниманием исследователей. Это, так называемое, молекулярное зажимное устройство (см. рис.), которое вполне может использоваться, например, в “нанороботостроении” или в системах адресной доставки лекарственных средств. Основным требованием к подобному устройству является возможность структуры находиться в двух состояниях: открытом или закрытом. Это позволяет механизму захватывать или освобождать молекулу-гостя в зависимости от заданных внешних условий.

Авторам работы [1] удалось успешно получить наноконтейнер (кавитанд) на основе дихинона и резорцин[4]арена, в котором механизм переключения состояний реализуется в рамках внутримолекулярных водородных связей.



Концепт молекулярного зажимного устройства

Именно благодаря им происходит стабилизация кавитанда в форме “чаши” (см. рис.), что позволяет удерживать молекулу-гостя зажатой (авторы определяли формирование водородных связей с помощью рентгеновской, инфракрасной и ЯМР спектроскопий). Необходимо отметить, что в процессе исследований внутри молекулярного зажима успела побывать широкая группа органических соединений, среди которых бензол, адамантан, циклооктан и их производные. В конечном итоге авторы рассчитывают, что предложенное ими устройство позволит более тесно интегрировать фундаментальную химию кавитандов в молекулярную инженерию.

*М.Маслов*

1. *I. Pochorovski et al., J. Am. Chem. Soc. 134, 14702 (2012).*

## ГРАФЕН

### Дефекты и прочность графена

По своей прочности однослойный монокристаллический графен сопоставим с медной пленкой толщиной 50 нм. Однако графеновые образцы, которые предполагается использовать в биологических мембранах и нанoeлектронных устройствах, являются поликристаллическими, то есть состоят из зерен с различной ориентацией кристаллографических осей. Вопрос о влиянии межзеренных границ (МЗГ) на механические свойства графена представляет как практический, так и фундаментальный интерес. Этому вопросу посвящена работа [1] (Китай, США), в которой представлены результаты численного моделирования графена с различными углами разориентации зерен  $\theta$ . Поскольку в графене МЗГ обычно образованы так называемыми “дефектами 5/7” (которые состоят из смежных пяти- и семиугольников, формирующихся из шестиугольников при повороте связи С-С на угол  $90^\circ$ ), то авторы [1] рассмотрели различные варианты расположения этих дефектов на МЗГ. Выяснилось, что прочность МЗГ определяется не столько концентрацией дефектов 5/7, сколько характером их распределения вдоль МЗГ: если дефекты расположены на одина-

ковом расстоянии друг от друга, то при увеличении  $\theta$  прочность возрастает, а в противном случае – уменьшается. Теперь остается только найти способ, как регулировать дефектность МЗГ на практике.

*1. Y. Wei et al., Nature Mater. 11, 759 (2012).*

### Однослойные гетероструктуры из графена и нитрида бора

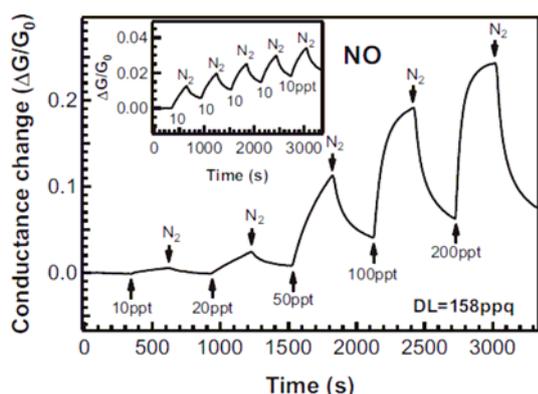
Метод химического осаждения из паровой фазы позволяет выращивать качественные монослои графена и гексагонального нитрида бора (*h*-BN) достаточно большой площади. Однако наибольший интерес представляют латеральные гетероструктуры графен(проводник)/*h*-BN(диэлектрик), которые можно использовать для создания атомарно тонких интегральных схем. Методика выращивания таких гетероструктур недавно предложена в работе [1]. Она позволяет изготавливать сложные нанoeлектронные устройства, состоящие из большого количества активных и пассивных элементов. В перспективе планируется добавить к графену и *h*-BN еще и двумерный полупроводник (например MoS<sub>2</sub>).

*1. M.P.Levendorf et al., Nature 488, 627 (2012).*

### Сверхчувствительный газовый сенсор на основе графена

Высокая чувствительность электронных характеристик углеродных наноматериалов к сорту и количеству молекул, сорбированных на их поверхности, указывает на возможность разработки на основе этих материалов эффективных газовых сенсоров, способных детектировать малейшие примеси вредных или опасных газов в атмосфере. Недавно сотрудники Honda Research Institute (США) [1], провели исследования используя в качестве сенсора углеродную нанотрубку (УНТ). При этом значительное увеличение чувствительности сенсора по отношению к примесным молекулам газа (до концентраций  $10^{-12}$ ) было достигнуто в результате непрерывного УФ облучения поверхности УНТ, которое предотвращало загрязнение поверхности сенсора. Эта же исследовательская группа провела эксперименты с сенсором, в котором в качестве чувствительного элемента служил графен [2]. В данном случае УФ облучение поверхности графена привело к рекордной чувствительности сенсора по отношению к молекулам NO ( $\approx 0.16 \cdot 10^{-12}$ ), которая примерно втрое выше величины, достигнутой в случае УНТ [1].

Образцы графена были синтезированы стандартным методом химического осаждения паров (CVD). В основе работы сенсора [2] лежит измерение сопротивления графена в зависимости от концентрации молекул примесного газа. Измерения проводили в потоке инертного газа, в качестве которого использовали аргон либо азот.



Типичные результаты измерений показаны на рисунке. Здесь приведена зависимость относительного изменения проводимости образца от времени, полученная при различных концентрациях примеси NO ( $ppt = 10^{-12}$ ;  $ppq = 10^{-15}$ ). На вставке иллюстрируется воспроизводимость показаний сенсора, по-

лученных при концентрации NO 10  $ppt$ . Обработка представленных данных приводит к рекордной величине предела детектирования  $DL = 158 ppq$ . Результаты, полученные для других примесных газов, имеют аналогичный характер, однако величина предела детектирования зависит от сорта газа и во всех случаях в несколько раз выше, чем в случае NO. Эти результаты приведены в таблице, где они сравниваются с соответствующими показателями для УНТ. В таблице, наряду с величинами DL, восстановленными на основании измерений, приводятся также величины минимальной концентрации примеси  $C_{min}$ , измеренные в эксперименте. Хотя порог обнаружения газов на 1–3 порядка выше, чем в случае NO, этот параметр остается на порядки ниже, чем показатели, достигнутые ранее. Такое продвижение связано с обнаруженным в данной работе эффектом УФ облучения поверхности сенсора, которое препятствует накоплению молекул примеси.

Примесь	NO	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
$C_{min}, ppt$	10	40	200	200	200	200	200	200
DL, $ppt$	0.158	2.06	33.2	103	38.8	67.4	136	103
DL, $ppt$ для УНТ	0.59	1.51	27.8	-	-	-	-	-

А.Елецкий

1. G.Chen et al., *Sci. Rep.* **2**, 343 (2012).
2. G.Chen et al., *Appl. Phys. Lett.* **101**, 053119 (2012).

## МАГНИТЫ

### Магнитный “хамелеон”

Изменение цвета конденсированной среды в магнитном поле называется магнитохромизмом. К настоящему времени накоплено множество впечатляющих примеров воздействия магнитного поля на цвет различных твердых тел и композитов.

Наиболее развиты исследования в области магнитохромного эффекта в композитах органических и полимерных материалов. Читатель сможет посмотреть фильм (<http://www.popsci.com/scitech/article/2009-06/magneto-chromatic-material-changes-color-command>), в котором видно, как изменяется цвет композитной среды, состоящей из полимерных шариков, под действием магнитного поля. В [1] описано изменение цвета кристаллов гуанина в магнитном поле. В [2] (см. рис.1) в магнитном поле до 15 Тл изменяется цвет раствора Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Физический процесс, определяющий изменение цвета во всех вышеупомянутых случаях, сводится к тому, что магнитное поле оказывает ориентирующее действие на микро- (и нано-) частицы материала, находящиеся в жидкости.

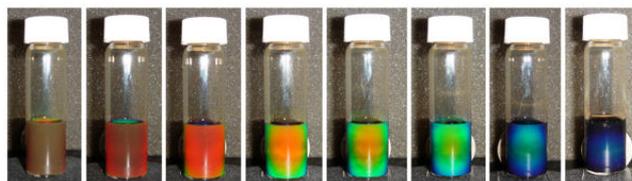


Рис.1. Изменение цвета раствора Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> в магнитном поле от 0 до 15 Тл.

При этом меняется среднее расстояние между частицами. Но поскольку это расстояние (300-800 нм) лежит в диапазоне длин волн видимого света, то именно оно и определяет рассеяние света раствором. Приложение магнитного поля приводит к изменению условий рассеяния света в таких растворах, практически не затрагивая физические свойства и структуру самих частиц. Исследователи этих явлений надеются на то, что с помощью магнитного поля можно будет управлять цветом пикселей в электронных дисплеях, заменив современные дорогие плазменные технологии на более дешевые магнитные. Однако, в действительности, надежд на это мало, поскольку переориентация частиц обычно требует магнитных полей до 15 Тл, которые создаются в сверхпроводящих магнитах. А уж их цена превосходит цены всех остальных технологий на много порядков.

“Магнито-хамелеонный” эффект существует и в неорганических твердых телах. Однако причины

изменения цвета кристаллов оказываются иными, а величина эффекта даже в магнитных полях 15 Тл значительно скромнее и не позволяет показать яркую картинку, подобную рис. 1. Взаимосвязь между зарядом, структурой и магнетизмом кристаллов находится в центре внимания при изучении оксидов переходных металлов [3]. Цветовые свойства кристаллов являются индикатором кристаллических полей и вызваны переходами между и внутри центров переходных металлов. Часто вклад в окраску дают коллективные возбуждения экситонов и магнанных боковых полос. Эти возбуждения зависят от обменного взаимодействия и поэтому очень чувствительны к изменениям магнитного порядка.

Оптическая спектроскопия позволяет выявить локальные нарушения симметрии и установить причины изменения цвета кристаллов. В кристаллах  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (выращенных авторами [3] довольно чистыми и крупными) наблюдается магнитохромизм (атомная и магнитная структуры показаны на рис. 2).

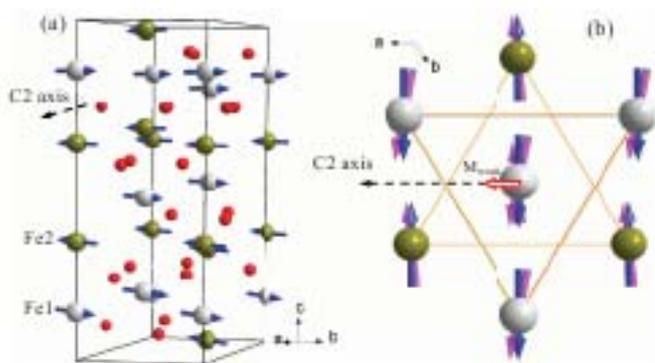


Рис. 2. а - Схематическое изображение фазы, возникающей в сильном магнитном поле 35 Тл и магнитной структуры  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; б - изображение магнитного упорядочения со стороны оси [111], позволяющее видеть только центры железа. Голубые стрелки схематически показывают неколлинеарное состояние. Небольшое отклонение от коллинеарности составляет  $10^{-4}$  градуса и обусловлено взаимодействием Дзялошинского-Мория. Это отклонение индуцирует слабый магнитный момент вдоль направления оси  $C_2$  (красная стрелка).

Оптические свойства этих кристаллов определяются  $d$ - $d$  возбуждениями атомов в видимой части спектра, что и обуславливает цвет “редиски” в  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Отметим, что и цвет ржавчины определяется отчасти цветом  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , поскольку этот оксид является ее главной компонентой. Из рис. 3 видно, что в магнитном поле оптическое поглощение кристалла изменяется, что соответствует его покраснению. Эти изменения цвета наблюдаются потому, что спиновые когерентные переходы увеличивают зарядово-спиновое взаимодействие значительно сильнее, чем можно было бы ожидать для обычного спин-орбитального взаимодействия.

Наконец, отметим, что в неорганических кристаллах может существовать еще один механизм влияния магнитного поля на их цвет.

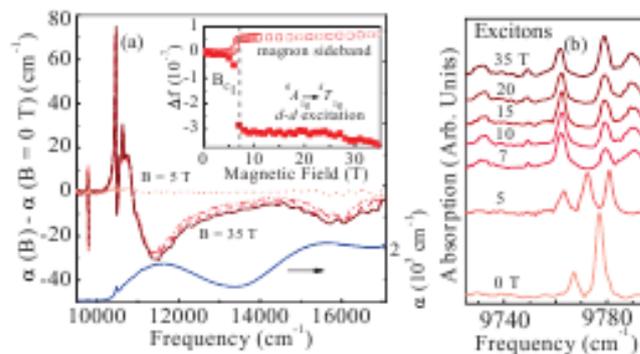


Рис. 3. Зависимость оптического поглощения кристаллов  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от магнитного поля.

В [4] были исследованы оптические свойства кристаллов  $\text{NaCl}:\text{Eu}$ , в которых примесь  $\text{Eu}^{2+}$  определяет их цвет, поскольку фотолюминесценция этих ионов возбуждается в ультрафиолетовой области, близкой к видимому диапазону. Длина волны этой фотолюминесценции сильно зависит от расщепления уровней в кристаллическом поле, которое, в свою очередь, чувствительно к тому, является ли ион  $\text{Eu}^{2+}$  отдельным, или он включен в пары  $\text{Eu}^{2+}-\text{Eu}^{2+}$ , тройки и более сложные комплексы. Как показано в [4], количество этих комплексов разного сорта управляется магнитным полем, поскольку оно способно переключать спиновое состояние в них и приводить к распаду крупных комплексов на отдельные ионы  $\text{Eu}^{2+}$ , что и вызывает изменение цвета. К такому же результату приводит нагрев и пластическая деформация кристаллов  $\text{NaCl}:\text{Eu}$  (т.е. имеется еще и термо- и механохромизм).

В этой короткой заметке перечислено лишь несколько механизмов магнитохромизма. Безусловно, коллекция этих явлений различной физической природы значительно шире и пополняется довольно быстро.

О.Коплак

1. M. Iwasaka et al., *J. Appl. Phys.* **111**, 07B316 (2012).
2. Jianping Ge et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **46**, 7428 (2007); <http://optics.org/article/30625>
3. P. Chen et al., *Phys. Rev. B* **85**, 174413 (2012).
4. П.Б.Моргунов и др., *ЖЭТФ* **124**, 840 (2003).

## ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

### Холодный полевой эмиттер электронов с высокой плотностью тока на основе УНТ

Благодаря высокому аспектному отношению в сочетании с хорошими электрическими и механическими свойствами, а также повышенной термической и химической стабильностью углеродные нанотрубки (УНТ) рассматриваются как перспективный холодный полевой эмиттер электронов. Такой эмиттер обеспечивает достаточно высокую плотность тока эмиссии при относительно низком приложенном напряжении (на уровне 1 кВ). Несмотря на активные исследования, проводимые во многих

лабораториях мира с целью создания надежно работающих холодных полевых катодов на основе УНТ, подобные устройства пока не получили широкого практического распространения, что связано с трудностями выращивания однородного массива вертикально ориентированных УНТ с фиксированным расстоянием между ними. Существенного повышения плотности тока эмиссии и стабильности рабочих параметров эмиттера на основе УНТ удалось добиться группе исследователей из Univ. of Miami (США) [1].

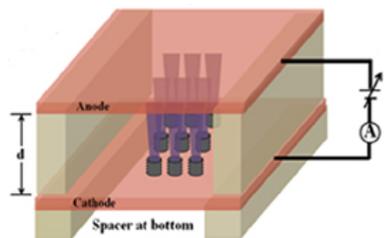


Схема эмиттера представлена на рисунке, где межэлектродное расстояние  $d = 1$  мм. В этой схеме, в отличие от традиционного под-

хода, используется трехмерная конфигурация эмиттера, согласно которой УНТ выращивают внутри микроканалов, выполненных в медной подложке. Такая конфигурация обеспечивает большее количество элементарных эмиттеров без снижения локальной напряженности электрического поля в результате электростатического экранирования, присущего двумерным конфигурациям. Наряду с этим, нанотрубки, укрытые в микроканалах, менее подвержены ионной бомбардировке, снижающей срок службы эмиттера.

Микроканалы диаметром  $12 \pm 10$  мкм проделывали в медной пластинке толщиной 250 мкм методом электродуговой обработки. Затем образцы покрывали тонкой пленкой титана, которая служила барьерным слоем, и пленкой никелевого катализатора. УНТ выращивали методом химического осаждения (CVD). Наблюдения, выполненные с помощью сканирующего электронного микроскопа, показывают, что выращенные многослойные УНТ имеют длину примерно 20 мкм и диаметр в диапазоне 60-90 нм. Эмиссионные характеристики эмиттера измеряли при давлении остаточного газа  $10^{-7}$  Торр. Вольт-амперные характеристики эмиттера, измеренные в режиме постоянного тока, хорошо соответствуют классическому соотношению Фаулера-Нордгейма. Плотность тока эмиссии  $10$  мкА/см<sup>2</sup> достигается при напряженности электрического поля (средней по промежутку) 1.1-1.2 В/мкм. Для получения плотности тока  $10$  мА/см<sup>2</sup> необходимо приложить поле напряженностью между 1.69 и 2.04 В/мкм. Измерения показывают, что плотность тока эмиссии пропорциональна числу микроканалов, проделанных в подложке. Максимальная величина плотности тока эмиссии была получена в импульсном режиме и составила  $270$  мА/см<sup>2</sup> (в случае эмиттера, содержащего 16 микроканалов). Это один из наиболее высоких показателей, приведенных в литературе.

Наряду с аномально высокой плотностью тока, рассматриваемый эмиттер демонстрирует высокую стабильность рабочих параметров. Испытания показывают, что ток эмиссии остается практически неизменным в течение 10 ч. Стабильность эмиттера на подложке из алюминия, имеющего такую конфигурацию, сохраняется в течение 600 ч. Исследования показывают, что в течение указанного времени эмиттер не получает никаких повреждений, связанных с ионной бомбардировкой.

*А.Елецкий*

*I. Lahiri et al., Appl. Phys. Lett. 101, 063110 (2012).*

## ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

### Международная конференция “Новое в магнетизме и магнитных материалах” (НМММ-22)

С 17 по 21 сентября подсекция “Физика магнитных пленок и малых частиц” секции “Магнетизм” Научного совета РАН по физике конденсированных сред совместно с Астраханским государственным университетом (АГУ) провела конференцию “Новое в магнетизме и магнитных материалах”. Работа конференции проходила в пансионате “Дружба” под Астраханью. В ней приняли участие ученые со всей России: от Санкт-Петербурга до Владивостока, и от Сыктывкара до Махачкалы. Традиционно многочисленными были делегации из Москвы и Екатеринбурга. Примечательно, что около половины участников составляли молодые ученые до 35 лет.

Открытие конференции состоялось в Астраханском государственном университете. С приветственным словом к участникам конференции обратились председатель Секции Л.А.Прозорова, зам. председателя Программного комитета А.К.Звездин, члены Орг. комитета А.С.Лилеев, Е.В.Лукашева, И.Н.Чугуева, проректоры АГУ М.Ф.Булатов и И.Ю.Петрова. Если Л.А.Прозорова говорила о предыстории и развитии магнетизма от древности до наших дней, то продолживший научную часть пленарного заседания А.К. Звездин кратко очертил “горячие” темы исследований: фемтомагнетизм, спиновая электроника, магنونика, материалы с новыми свойствами или новыми сочетаниями свойств, такие как топологические изоляторы, мультиферроики и композитные материалы. Тематика конференции в целом (за исключением разве что топологических изоляторов) соответствовала этим новым тенденциям, при этом сохраняя традиционную структуру секций. Так, доклад А.М. Калашниковой по фемтомагнетизму, собравший множество хвалебных откликов, открывал секцию “Магнитооптика и фотомагнетизм”. Доклады по спинтронике и магنونике естественным образом вошли в секции “Магнитные наноструктуры”, “Магнитные пленки” и “Элементарные возбуждения в магнетиках”. Большой интерес вызвали доклады, посвященные необычным свойствам магнит-

ных материалов и композитов (А.С.Лилеева, Ю.П.Сухорукова, Л.А.Памятных, А.В.Ситникова, Ю.К.Фетисова и др.). И в целом, как отметила при закрытии конференции Л.А. Прозорова, представленные доклады, в том числе и молодых участников, были на высоком научном уровне.



Рис. 1. Заседания секций: доклады а) А.С. Лилеева и б) Ю.П. Сухорукова (ведет секцию В.В. Павлов).

Особый интерес вызвал круглый стол, посвященный вопросам образования, проведенный Е.В.Лукашевой. На нем обсуждались проблемы преподавания физики магнетизма для студентов как физических, так и других естественных и гуманитарных специальностей, а также междисциплинарные исследовательские студенческие проекты. С докладами выступали В.В.Суриков, А.М.Лихтер.

Культурная программа включала в себя прогулку на теплоходе, экскурсию по Астрахани и поход на рыбный рынок, за что отдельная благодарность астраханским организаторам конференции.

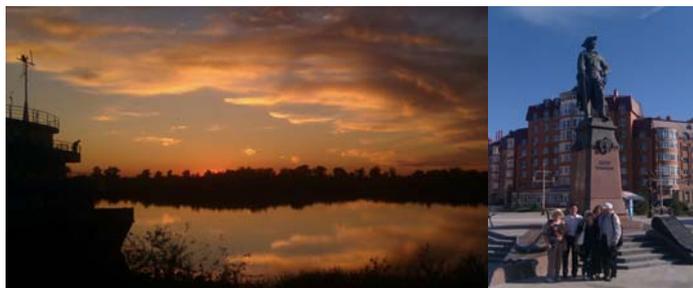


Рис. 2 Прогулки а) на теплоходе и б) по Астрахани. На кадре слева направо: Л.А. Прозорова, А.В. Чжан, И.Н. Чугуева, Е.В. Лукашева, А.К. Звездин.

*А. Пятаков*

## КОНФЕРЕНЦИИ

**Научная сессия ОФН РАН, посвященная 100-летней годовщине открытия космических лучей, 24 октября 2012 г.**

(14-00, конференц-зал Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Ленинский просп. 53, Главное здание, 3-й этаж)

1. чл.-корр. РАН **О.Г. Ряжская** (ИЯИ РАН)  
“Вклад российских ученых в 100-летнюю историю развития физики космических лучей”
2. академик **Г.Ф. Крымский**, чл.-корр. РАН  
**Е.Г. Бережко** (ИКФИА СО РАН, г. Якутск)  
“Происхождение космических лучей”
3. профессор **Ю.И. Стожков** (ФИАН)  
“Космические лучи в гелиосфере”
4. д.ф.-м.н. **М.И. Панасюк** (НИИЯФ МГУ)  
“Роль наземных и космических методов исследований в решении актуальных задач физики космических лучей”  
сайт: [www.gpad.ac.ru](http://www.gpad.ac.ru)

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой ИФТТ РАН и НИЦ “Курчатовский институт”

Главный редактор: И.Чугуева, e-mail: [irina@issp.ras.ru](mailto:irina@issp.ras.ru)

Научные редакторы: К.Кугель, Ю.Метлин

В подготовке выпуска принимали участие О.Алексеева, А.Елецкий, О.Коплак, М.Маслов, Л.Опенев, А.Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64<sup>а</sup>