

В этом выпуске:

СВЕРХПРОВОДНИКИ**Магнетизм и сверхпроводимость в $(Sr,Ca)_2RuO_4$**

Рутенат стронция Sr_2RuO_4 с $T_c = 1.5$ К – единственный безмедный сверхпроводник, изоструктурный со слоистыми ВТСП-купратами $(La,Sr)_2CuO_4$ и $(La,Ba)_2CuO_4$. На сегодняшний день считается надежно установленным, что в Sr_2RuO_4 имеет место триплетное куперовское спаривание (спин пары $S=1$) с p -волновой симметрией параметра порядка Δ – в отличие от синглетного спаривания ($S=0$) с s -волновой и d -волновой симметрией Δ в БКШ-сверхпроводниках и купратах, соответственно. Полное замещение $Sr \rightarrow Ca$ приводит к переходу в состояние антиферромагнитного диэлектрика, но на фазовой диаграмме $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ это состояние отделено от сверхпроводящей фазы ($x = 2$) широкой областью парамагнитного металла ($0.5 < x < 2$), поэтому взаимосвязь сверхпроводимости Sr_2RuO_4 с магнетизмом далеко не очевидна. Однако недавние измерения скорости релаксации спина мюонов и магнитной восприимчивости [1] указывают на то, что вплоть до $x = 1.8$ в $Ca_{2-x}Sr_xRuO_4$ имеется статический магнитный порядок. Этот порядок довольно специфический: в нем отсутствует четко выраженная волна спиновой плотности, но есть признаки спинового стекла. Авторы [1] считают, что антиферромагнитные спиновые флуктуации могут быть как источником рассеяния носителей в нормальной фазе Sr_2RuO_4 , так и причиной их спаривания в сверхпроводящей фазе. Сравнивая Sr_2RuO_4 с другими “необычными” сверхпроводниками, они отмечают наличие как сходств, так и различий.

Л.Опенев

1. J.P. Carlo et al., *Nature Mater.* **11**, 323 (2012).**О механизме пиннинга в нанокompозитных купратных ВТСП**

Для практического использования ВТСП в сильных магнитных полях и при достаточно высоких температурах нужно научиться как можно сильнее ограничивать подвижность магнитных вихрей, чтобы избежать диссипации энергии. По этой причине большое внимание сейчас уделяется изучению механизма пиннинга вихрей в ВТСП и поиску путей увеличения силы пиннинга. Установлено, в частности, что эффективными центрами пиннинга, на которых “закрепляются” вихри, являются включения примесных фаз с размерами порядка длины сверхпроводящей когерентности. В работе [1] (Испания, США, Франция, Бельгия, Израиль) исследованы особенности пиннинга в нанокompозитных пленках $YBa_2Cu_3O_7$, полученных раствором методом и содержащих хаотически ориентированные несверхпроводящие “наноточки” $BaZrO_3$, Y_2O_3 , $BaCeO_3$, Ba_2YTaO_6 со средним радиусом (10-20) нм. В пленках с содержанием $BaZrO_3$ около 10 мол. % достигнута рекордная сила пиннинга – свыше 20 ГН/м³.

Авторы [1] предлагают новую модель пиннинга, согласно которой деформация ВТСП-матрицы в окрестности наноточек приводит к удлинению связей Cu-O, в результате чего происходит распарива-

И далее ...

ГРАФЕН

- 2 Точечные дефекты и парамагнетизм в графене

Графен на алмазной подложке

**НАНОСТРУКТУРЫ,
НАНОТЕХНОЛОГИИ,
НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

- 3 Электронная томография с разрешением 2.4 Å
- 4 Гетероэпитаксия: от 2D к 3D

МАГНИТЫ

- 4 Магнитный плащ-невидимка

**ФУЛЛЕРЕНЫ И
НАНОТРУБКИ**

- 5 Нарушая правила

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

- 5 Наночастицы TiO_2 опасны для морского фитопланктона

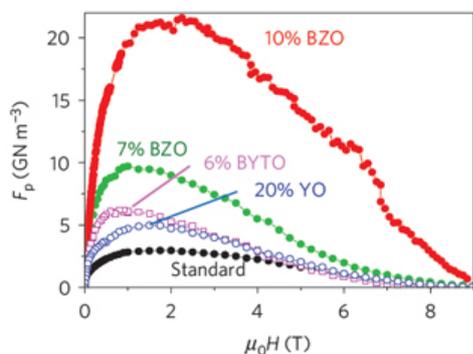
КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Научная сессия ОФН РАН “Спинтроника и наноматематизм”, 25 апреля 2012 г.

Международная научно-техническая конференция “Нанотехнологии функциональных материалов” (НФМ’12),
27-29 июня 2012 г.,
Санкт-Петербург, Россия

XXII Международная конференция “Новое в магнетизме и магнитных материалах” (НМММ- XXII),
17-21 сентября 2012 г.,
Астрахань, Россия

ние дырок на соседних узлах меди и формируются нормальные области – центры пиннинга. Эта модель позволяет понять, почему, несмотря на свою неоднородность и анизотропию, деформация на наномасштабе приводит в итоге к квазиизотропному пиннингу.



Сила пиннинга при $T = 77$ K в разных наноконкомпозитах.

Л.Опенев

1. A.Llordes et al., *Nature Mater.* **11**, 329 (2012).

ГРАФЕН

Точечные дефекты и парамагнетизм в графене

Теория предсказывает [1], что точечные дефекты в графене должны обладать магнитными моментами $\mu \sim \mu_B$, которые в принципе могут упорядочиваться ферро- или антиферромагнитным образом. Однако экспериментальные данные о магнетизме графена немногочисленны и противоречивы. В работе [2] (Великобритания, Финляндия) сообщается о наблюдении парамагнитного отклика при адсорбции на графен атомарного фтора и при облучении графена протонами или ионами C^{4+} . Зависимость намагниченности образцов CF_x от магнитного поля описывается функцией Бриллюэна для невзаимодействующих локальных магнитных моментов со спином $S = 1/2$ (рис. 1), а магнитная восприимчивость $\chi \sim 1/T$ вплоть до $T = 1.8$ K.

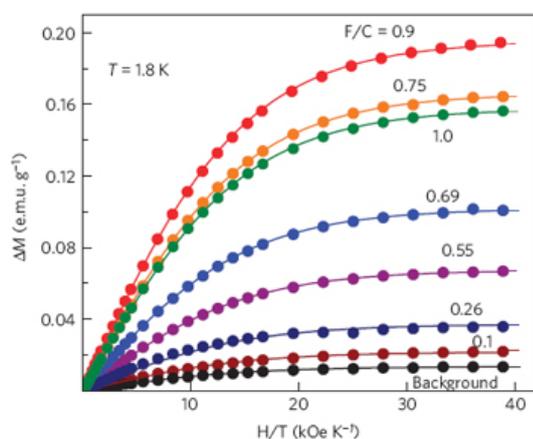


Рис. 1. Магнитный момент образцов CF_x с различными x в параллельном магнитном поле (за вычетом линейного диамагнитного фона). Точки – эксперимент. Сплошные кривые – функции Бриллюэна для спина $S = 1/2$.

Число парамагнитных центров оказывается примерно на три порядка меньше числа адатомов F. Авторы [2] предполагают, что адатомы собираются в кластеры с поперечными размерами около 8 нм, внутренние области которых не дают вклада в магнитный момент из-за двухподрешеточной структуры графена (то есть намагниченность обусловлена только теми из атомов F, у которых нет соседей в другой подрешетке). При облучении графена парамагнетизм возникает за счет дефектов другого типа – вакансий, также со спином $S = 1/2$ (рис. 2).

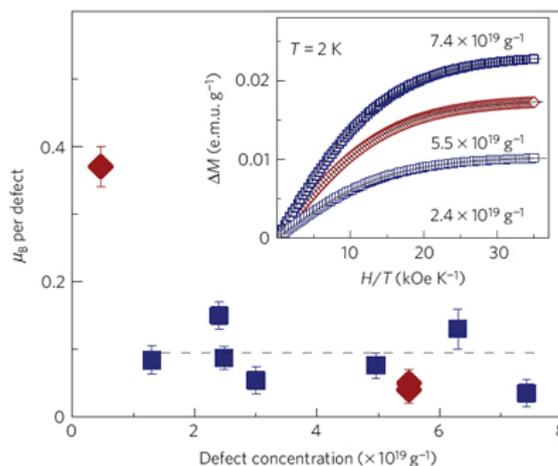


Рис. 2. Зависимость среднего магнитного момента одного радиационного дефекта (вакансии) от концентрации дефектов. Синие и красные символы – для облучения протонами и ионами C^{4+} , соответственно. На вставке – магнитный момент облученного графена как функция параллельного магнитного поля. Числа у кривых – концентрации дефектов.

При максимально достижимой концентрации вакансий (такой, что еще сохраняется структурная целостность графена) магнитный момент примерно в 10 раз меньше, чем у фторированного графена. Признаков магнитного упорядочения при $T > 2$ K в [2] не было обнаружено, что авторы объясняют недостаточной концентрацией парамагнитных центров ($\sim 0.1\%$) и, как следствие, большим расстоянием между ними (~ 10 нм).

1. O.V.Yazyev, *Rep. Prog. Phys.* **73**, 056501 (2010).

2. R.R.Nair et al., *Nature Phys.* **8**, 199 (2012).

Графен на алмазной подложке

Одним из основных показателей, определяющих возможность использования графена в качестве элемента нанoeлектронных устройств, является предельная плотность тока, который может быть пропущен через образец. Ее величина ограничена тепловыми эффектами, связанными с явлением джоулева нагрева образца при протекании электрического тока, и определяется величиной коэффициента теплопроводности подложки. В обычной схеме использования образцов графена в нанoeлектронных схемах в качестве подложки применяется оксид кремния, коэффициент теплопроводности которого весьма невелик (порядка 1 Вт/мК). По этой причине, хотя максимальная плотность тока, про-

пускаемого такими образцами ($\sim 10^8$ А/см²), на два порядка выше, чем у металлических проводников, она все же примерно на порядок уступает соответствующему показателю, достигнутому на углеродных нанотрубках с аналогичной структурой. Возможность увеличения предельно достижимых токов через графен связана с использованием подложек, имеющих более высокий коэффициент теплопроводности, чем у оксида кремния. Такая возможность продемонстрирована недавно сотрудниками Center for Nanoscale Materials, Argonne Natl. Lab. (США) [1], которые предложили в качестве подложки кристаллы синтетического алмаза, имеющего существенно более высокий коэффициент теплопроводности.

Для экспериментов использовали подложки из поликристаллического (UNCD) и монокристаллического (SCD) алмаза. UNCD пленки с размером зерен 5-10 нм выращивали на кремниевой подложке методом химического осаждения паров в плазме СВЧ разряда (MPCVD). С целью снижения шероховатости (до ≈ 1 нм) пленки подвергали механохимической полировке. При этом толщина пленки уменьшалась с ~ 1 мкм to ~ 700 нм. SCD пленки выращивали эпитаксиальным методом на затравочной алмазной поверхности, после чего вырезали с помощью лазера. Образцы графена шириной ≥ 1 мкм и длиной 10-60 мкм были получены методом механического отслаивания из высокоориентированного пиролитического графита. Число слоев в графеновых лентах, определенное из спектров комбинационного рассеяния, составило $n \leq 5$.

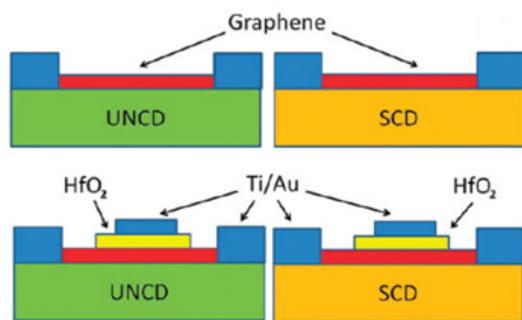


Рис. 1. Схема эксперимента по измерению электрических характеристик графеновых пленок в двухконтактной (вверху) и трехконтактной (внизу) конфигурациях.

Электрические характеристики полученных образцов исследовали в двухконтактной и трехконтактной конфигурациях (рис. 1). В качестве контактов использовали пленки титана, покрытые более толстой пленкой золота, а в качестве затвора использовали пленку HfO₂, нанесенную на графеновую подложку методом послойного атомарного осаждения. Напряжение пробоя пленок измеряли двухзондовым методом, в то время как для измерения подвижности носителей использовали трехконтактную конфигурацию. Для сравнения аналогичные измерения проводили с использованием подложек SiO₂/Si.

Измерения показали, что подвижность электронов в графеновой пленке на UNCD подложке составляет 1520 см²/В·с, в то время как подвижность дырок оказалась равной 2590 см²/В·с. Максимальная плотность тока для таких пленок составила $5 \cdot 10^8$ А/см². Эта величина примерно в 5 раз превышает величину максимальной плотности тока, которая наблюдалась при использовании SiO₂/Si подложки.

Еще более высокую плотность тока ($1.8 \cdot 10^9$ А/см²) наблюдали в случае использования SCD подложки. Эта величина примерно вдвое превышает рекордную плотность тока ($1 \cdot 10^9$ А/см²), который способна пропустить углеродная нанотрубка. Такой результат обусловлен эффективным теплоотводом, который обеспечивается алмазной подложкой.

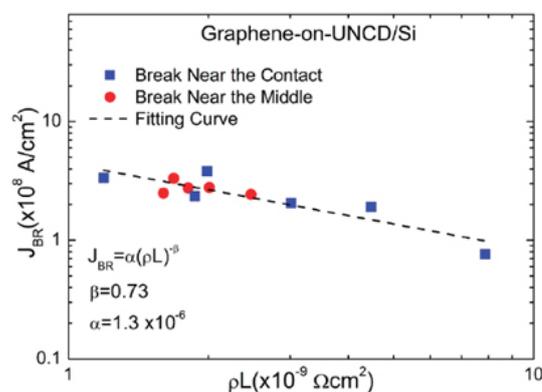


Рис. 2. Зависимость предельно достижимой величины плотности тока от сопротивления и длины образца.

Результаты измерений, выполненных на образцах графена различного размера, указывают на наличие зависимости предельно достижимой плотности тока от длины образца. Эти результаты показаны на рис. 2, где приведена зависимость максимальной плотности тока через образец графена, находящийся на UNCD подложке, от произведения электрического сопротивления ρ на длину L . Указанная зависимость близка к линейной и хорошо описывается выражением $J_{\max} = \alpha(\rho L)^\beta$, где $\alpha = 1.3 \cdot 10^{-6}$ и $\beta = 0.73$. В случае SCD подложки величина $\beta = 0.51$. Линейный характер данной зависимости указывает на преобладание омического механизма переноса заряда, при несущественном вкладе баллистического механизма.

А.Елецкий

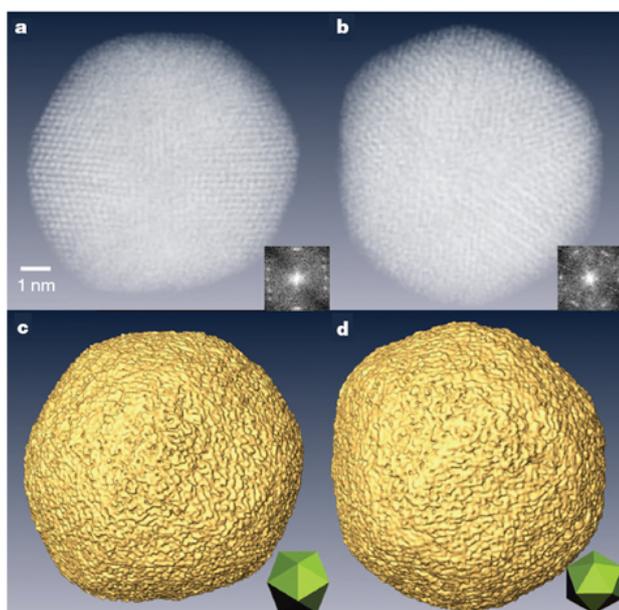
1. J. Yu et al., *Nano Lett.* **12**, 1603 (2012).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Электронная томография с разрешением 2.4 Å

Для определения структуры наночастиц можно использовать сканирующую просвечивающую электронную микроскопию (scanning transmission electron microscopy, STEM), которая позволяет выполнить томографию частицы с разрешением около 1 нм. Суть метода заключается в том, чтобы “посмотреть” на образец с разных сторон (то есть найти

проекции атомов на различные плоскости), а затем на основании этих данных построить трехмерное изображение объекта. Точность STEM ограничена рядом факторов, в том числе – погрешностью во взаимных ориентациях разных проекций. В работе [1] предложено несколько усовершенствований в методике проведения STEM и компьютерной обработке результатов. Итогом стало повышение разрешающей способности до 2.4 Å, причем без априорных предположений о структуре образца. На томографическом изображении наночастицы Au с размерами около 10 нм видны даже отдельные атомы (см. рис.), хотя и не все. Чтобы добиться еще более высокого разрешения, нужно использовать STEM с поправкой на аберрацию.



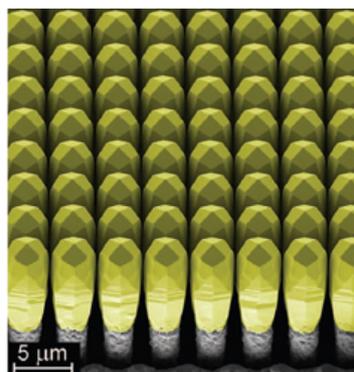
Реконструкция атомной структуры наночастицы золота (a, b) и её поверхности (c, d) при двух различных ориентациях наночастицы.

I. M.C.Scott et al., Nature 483, 444 (2012).

Гетероэпитаксия: от 2D к 3D

Сверхбыстрые транзисторы, полупроводниковые лазеры, детекторы излучения и многие другие квантовые устройства основаны на слоистых полупроводниковых структурах, которые получают путем эпитаксиального роста. Для ряда приложений (светодиоды, силовые транзисторы, солнечные батареи и пр.) требуются достаточно толстые слои или даже небольшие 3D монокристаллы, послойному росту которых препятствуют дислокации и трещины, возникающие из-за несоответствия параметров кристаллических решеток и коэффициентов термического расширения подложки и осаждаемого материала. В работе [1] швейцарских и итальянских специалистов предложен новый способ изготовления массивов монокристаллов Ge и SiGe на кремниевой подложке (см. рис.). Для этой цели в подложке путем ионного травления предварительно формировали периодически расположенные “столбики”, на которых затем (в процессе химического

осаждения из паровой фазы) и выростали кристаллы. По данным рентгеновской дифракции и электронной микроскопии такие кристаллы практически свободны от дефектов, что является следствием уменьшения скорости роста в латеральном направлении за счет снижения температуры до 415-585°C и “экранировки” потока осаждаемых на боковые грани атомов ближайшими соседями по массиву. Авторы [1] надеются, что развитую ими методику гетероэпитаксиального роста кристаллов можно будет использовать не только для полупроводников IV группы, но и для других комбинаций материалов.



Массив кристаллов Ge на подложке Si(001). Данные сканирующей электронной микроскопии.

I. C.N.Falub et al., Science 335, 1330 (2012).

МАГНИТЫ

Магнитный плащ-невидимка

Об оптическом плаще-невидимке, позволяющем отводить лучи, скрывая расположенный под ним объект, рассказывалось ранее в ПерсТе [1]. Однако от лабораторного двумерного прототипа на основе кремния до оболочки, действительно позволяющей сделать невидимым трехмерный объект в воздушной среде, еще очень большой путь, так что читатели могут спать спокойно. А вот создать магнитный плащ-невидимку, экранирующий магнитное поле объекта, расположенного внутри него, и не возмущающий внешнее магнитное поле, оказалось значительно легче.

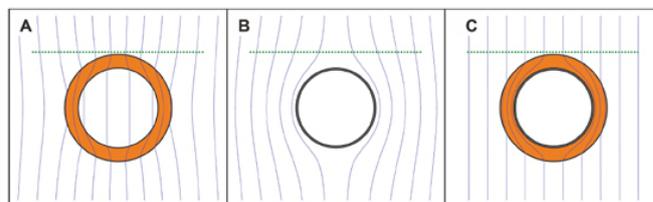


Рис. 1. Концепция магнитной невидимости [2]: а - ферромагнитное вещество втягивает внутрь себя силовые линии; б - сверхпроводящее вещество выталкивает силовые линии; с - совместное действие двух оболочек.

Для этого группа исследователей из Словакии и Испании использовала ферромагнитный и сверхпроводящий материалы [2]. Первый, как известно, искажает конфигурацию магнитного поля таким образом, что плотность силовых линий внутри ферромагнитной оболочки увеличивается (рис. 1а). Напротив, сверхпроводящий материал выталкивает магнитное поле из себя (рис. 1б). Путем подбора

радиусов сверхпроводящего и ферромагнитного цилиндров можно эти два воздействия уравновесить, подобно тому, как собирающая и рассеивающая линза одной силы имитируют плоскопараллельную пластинку, не отклоняющую лучи. В результате совместное действие сверхпроводящего и ферромагнитного слоев позволяет экранировать содержимое цилиндра, не нарушая при этом конфигурации внешнего поля (рис. 1с).

А. Пятаков

1. [ПерсТ 16, вып. 24, с. 4 \(2009\).](#)
2. *F. Gomory et al., Science* **335**, 1466 (2012).

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Нарушая правила

Для изомеров высших фуллеренов характерно уменьшение их стабильности с ростом числа смежных пентагонов (пятиугольников) на поверхности фуллереновой клетки. Другими словами, по мере увеличения в изомере количества связей между соседними углеродными пятичленными кольцами (связей V_{55}) энергия системы растет. Хорошо известно, что наиболее стабильными являются фуллерены, подчиняющиеся классическому правилу изолированных пентагонов (isolated pentagon rule – IPR): у них полностью отсутствуют связи V_{55} . Что касается ряда оставшихся не-IPR изомеров, то среди них энергетически более выгодными оказываются те, у которых число связей V_{55} меньше, в соответствии с так называемым правилом наименьшего числа смежных пентагонов (pentagon adjacent penalty rule – PAPP). Однако в последнее время в литературе появляется все больше сообщений о различных отклонениях от выше названных “законов”. На этот раз в центре внимания оказался хорошо известный бакибол C_{60} . В работе [1] авторы теоретически исследовали все возможные изомеры фуллерена C_{60} , содержащие четырнадцать и пятнадцать связей V_{55} . Квантовохимические расчеты по оптимизации геометрии кластеров и вычислению энергетических характеристик выполнены исследователями методами DFT (функционал B3LYP) с помощью программного пакета Gaussian 09. Оказалось, что один из изомеров C_{60} (C_{60} -288) с пятнадцатью связями V_{55} лежит по энергии ниже наиболее энергетически выгодного изомера из семейства кластеров с четырнадцатью связями V_{55} (C_{60} -37). Разница составляет около 4 ккал/моль (~0.2 эВ). Таким образом, на C_{60} -288 PAPP не распространяется.

Авторы объясняют это несоответствие, ссылаясь на правило максимального разделения пентагонов (рис. 1): оно гласит, что наибольшей стабильностью обладают те изомеры, у которых группы смежных пентагонов максимально разнесены друг от друга по поверхности фуллереновой клетки [2]. Для синтеза и стабилизации структуры C_{60} -288 исследователи предлагают реакцию гидрирования, а именно пассивацию восемнадцати атомов углерода атома-

ми водорода в местах соединения пентагонов, или инкапсулирование кластеров Sc_3N внутрь фуллереновой клетки для создания эндоэдральных комплексов (рис. 2).

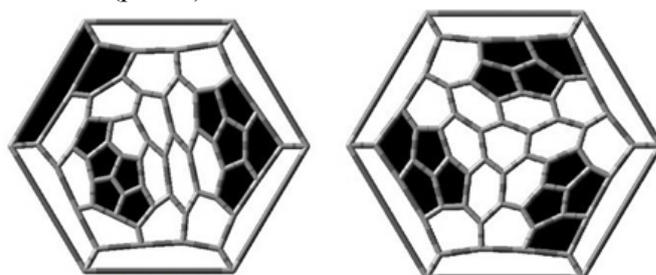


Рис. 1. Диаграммы Шлегеля для изомеров с четырнадцатью C_{60} -37 (слева) и пятнадцатью C_{60} -288 (справа) связями V_{55} , группы пятиугольников выделены цветом.

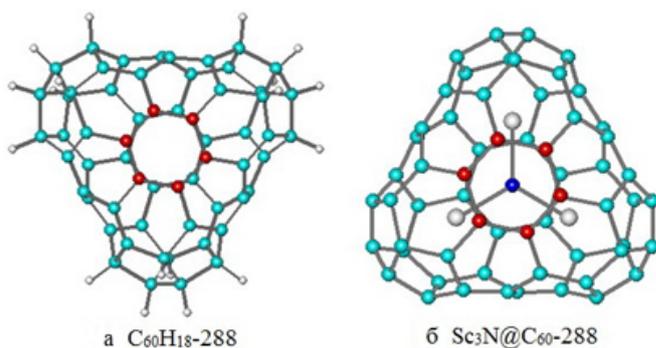


Рис. 2. Структуры кластеров $C_{60}H_{18}$ -288 (а) и $Sc_3N@C_{60}$ -288 (б), атомы углерода в шестичленном кольце выделены красным цветом.

Будем надеяться, вслед за авторами, что этот уникальный по своим геометрическим и энергетическим характеристикам изомер C_{60} удастся получить хотя бы в виде производных соединений.

М. Маслов

1. *L.-H. Gan et al., Chem. Phys. Lett.* **532**, 68 (2012).
2. *A. Rodríguez-Forteza et al., Nature Chem.* **2**, 955 (2010).

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

Наночастицы TiO_2 опасны для морского фитопланктона



Фитопланктон (от греч. φυτόν (*фитон*) – растение и πλαγκτός (*планктос*) – странствующий) – мелкие водоросли, которые дрейфуют в верхних слоях воды, где достаточно солнечного света, и участвуют в фотосинтезе. Растительность Земли усваивает в процессе фотосинтеза CO_2 и каждый день образует более 300 млн. тонн органического вещества (так называемой валовой первичной продукции, выраженной в углеводе). Примерно половину этого количества производит морской фитопланктон [1]. Очевидно, что состояние фитопланктона влияет на биогеохимические циклы, в том числе на углеродный цикл; на климатические процессы. Фитопланктон – основа практически всех пищевых цепочек и

экосистем в океане, снижение его биомассы означает снижение популяций рыб и морских ракообразных. Воздействие синтезированных наноматериалов на морские экосистемы может привести к серьёзным экологическим проблемам.

В последние годы наблюдается чрезвычайно быстрый рост производства нано-TiO₂ (для фотокатализаторов, солнечных батарей и др.). Наночастицы TiO₂ также содержатся в пищевых добавках и косметических средствах (особенно солнцезащитных кремах), которые выпускаются в огромных количествах [2]. Очевидно, что заметное количество нано-TiO₂ может попасть в сточные воды и в итоге в моря и океаны. Исследователи из США недавно продемонстрировали фототоксичность наночастиц диоксида титана по отношению к морскому фитопланктону [3].

Фотоактивный TiO₂ под действием УФ света генерирует активные формы кислорода АФК (рис. 1), которые могут привести к окислительному стрессу и вызвать повреждения клеток. С одной стороны, это хорошо, т.к. позволяет использовать наночастицы TiO₂ в противомикробных покрытиях, для обеззараживания сточных вод и даже для борьбы с раковыми клетками [4, 5]. Но, с другой стороны, такая фотоактивность может нанести вред живой природе.

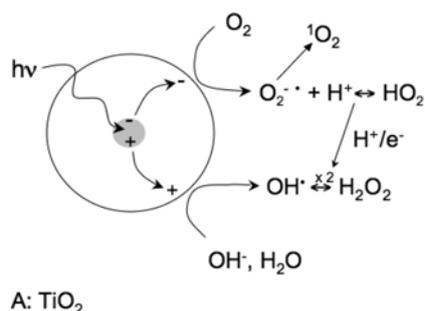


Рис. 1. Возможная схема образования АФК [4]. УФ облучение TiO₂ приводит к образованию пары “электрон-дырка”. Свободные заряды могут мигрировать по поверхности и взаимодействовать с поверхностными OH⁻ группами, молекулами кислорода и воды.

В предшествующих исследованиях некоторых водных организмов *in vivo* фототоксичность нано-TiO₂ не была обнаружена. Однако результаты были получены либо после **предварительного** облучения УФ (т.к. источник был слишком мощным и губительным для живых организмов), либо с использованием искусственного “дневного” света с низким уровнем УФ. В новой работе американские учёные показали, что корректную оценку фототоксичности можно получить, только применяя во время экспериментов аналог УФ излучения Солнца [3]. Авторы использовали флуоресцентное освещение и УФ лампу UVA-340, которая наиболее полно воспроизводит солнечный свет в диапазоне длин волн 295-365 нм (рис. 2). Интенсивность УФ излучения была такой же, как в прибрежных водах на глубине менее 1 м. В контрольных экспериментах до 98% УФ излучения блокировали фильтром.

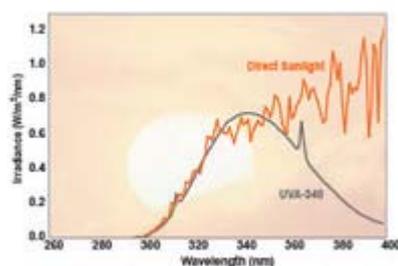


Рис. 2. Спектры лампы UVA-340 (показан чёрным цветом) и УФ излучения Солнца в летний полдень (оранжевый цвет).

Были исследованы четыре образца типичных представителей фитопланктона: зелёные водоросли *Dunaliella tertiolecta*; диатомовые водоросли *Skeletonema costatum* и *Thalassiosira pseudonana*; золотистые водоросли *Isochrysis galbana*. Микрофотографии приведены на рис. 3.

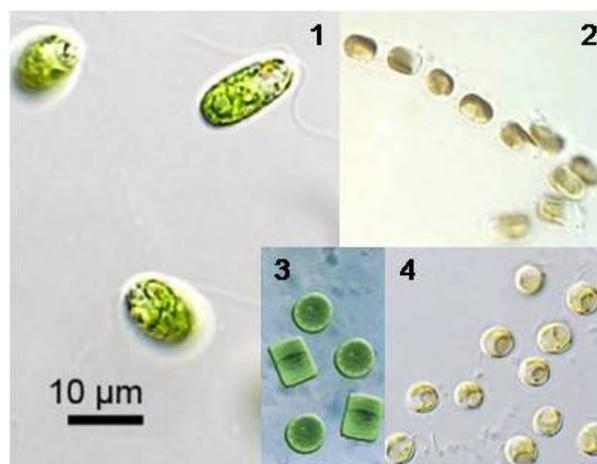


Рис. 3. *Dunaliella tertiolecta* (1), *Skeletonema costatum* (2), *Thalassiosira pseudonana* (3), *Isochrysis galbana* (4). Масштабная шкала одна для всех изображений.

Наиболее распространённая в природе группа водорослей – диатомовые (диатомеи). Они обитают в пресных и морских водах и даже во льдах арктических и антарктических морей (с льдины размером 10-15 м² снимали до 10-15 кг сырой биомассы диатомеи [6]). Это особая группа одноклеточных организмов, резко отличающаяся от остальных водорослей: клетка диатомовых снаружи окружена твердой (но пористой) кремнезёмной оболочкой, состоящей из двух половинок. Поверхность этого панциря покрыта тонким пектиновым слоем. Кремнистые оболочки диатомей осаждаются на дне морей и озёр, начиная с юрского периода, а, возможно, и гораздо дольше. Формы оболочек разнообразны и очень красивы... Вот такими их увидел Карик, герой замечательной (и по сей день не устаревшей) книги Яна Ларри “Необыкновенные приключения Карика и Вали”: “*Это были вырезанные из серебряной кости блюда, вазы, шлемы, шары, звезды, кубки, короны... Тонкие серебряные стрелы переплетались в узорчатые решётки. На решётках лежали щиты, украшенные звёздами, листьями, венками. Можно было подумать, что [они] сделаны руками искусного мастера. – Что? – Быстро повернулся к профессору Карик. – Вы сказали, – это*

растение? – Да, это одноклеточная водоросль. Диатомея! Вернее, оболочка растения...”

Панцири нескольких видов диатомей (всего их более 20 тысяч) показаны на рис. 4. Также приведено SEM изображение одной из них – *Skeletonema costatum*.

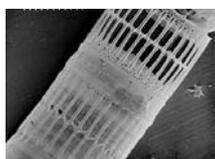
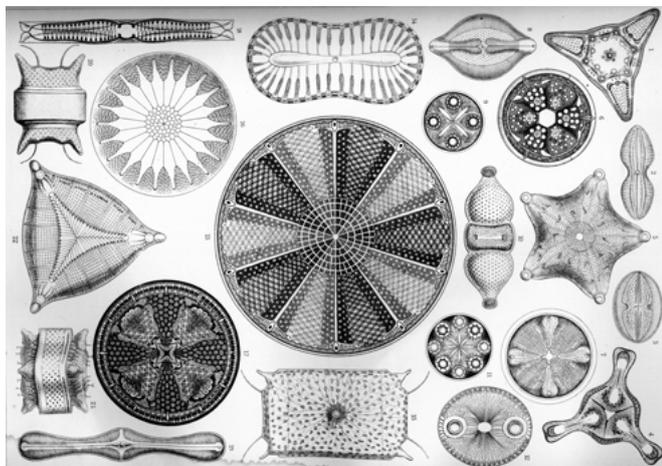


Рис. 4. Панцири диатомей, иллюстрация из книги Эрнста Геккеля “Kunstformen der Natur” (“Красота форм в природе”), 1904.

Слева:

Skeletonema costatum (<http://www.ndu.ac.jp>)

Наночастицы TiO_2 (15-30 нм) авторам работы [3] были предоставлены Evonik Degussa Corp. (США); они состояли из 81% анатаза и 19% рутила. В экспериментах использовали дисперсии наночастиц в природной морской воде (концентрация от 0 до 7 мг/л). Данные электронной микроскопии показали, что на поверхности клеток фитопланктона нано- TiO_2 образуют агрегаты 10-100 нм (рис. 5).

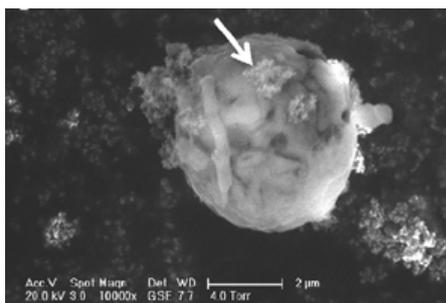


Рис. 5. Взаимодействие наночастиц TiO_2 и фитопланктона *Dunaliella tertiolecta*. Стрелка указывает на агрегаты наночастиц.

При воздействии УФ излучения исследователи обнаружили существенное подавление роста популяции всех образцов фитопланктона, кроме *Skeletonema costatum* (SEM изображение этого вида водоросли приведено на рис. 4). Авторы не обсуждают возможные причины этого исключения. Для *Isochrysis galbana* токсичность проявляется даже при самой низкой (1 мг/л) концентрации TiO_2 . При блокировании УФ излучения вредных эффектов нет (рис. 6).

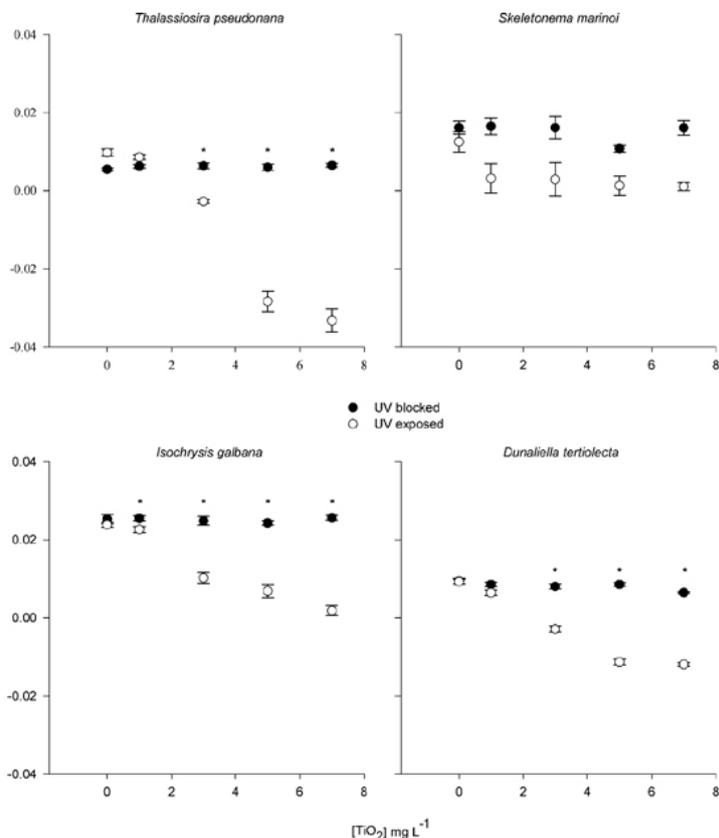


Рис. 6. Влияние концентрации нано- TiO_2 на скорость роста фитопланктона под действием УФ “солнечного” излучения. (● - УФ излучение отсечено фильтром, * - указание на заметные отличия от контрольных измерений).

Конечно, у морских организмов, участвующих в фотосинтезе, существуют различные способы борьбы с АФК, которые постоянно образуются и в естественных условиях. Однако внедрение наноматериалов может существенно повысить этот естественный фон. Действительно, измерения, проведённые авторами [3] с помощью кумариновой пробы (использовали кумарин-3-карбоновую кислоту) показали, что при добавлении в морскую воду наночастиц TiO_2 под действием УФ образуется в 10-20 раз больше радикалов OH^* , чем в естественных условиях в прибрежных водах! С ростом концентрации наночастиц количество OH^* растёт. Для всех проверенных концентраций TiO_2 (1-7 мг/л) образование OH^* было также подтверждено ЭПР измерениями. В контрольных экспериментах без наночастиц радикалов обнаружено не было.

Уровень окислительного стресса в загрязнённых прибрежных водах уже сейчас повышен. Он будет продолжать расти именно около экономически важных районов побережья. Не исключено, что токсичное действие TiO_2 на организмы, не участвующие в фотосинтезе, может быть ещё сильнее из-за отсутствия у них соответствующих защитных реакций. Поскольку многие наноматериалы являются фотоактивными, возможную фототоксичность обязательно надо учитывать при оценке рисков.

О.Алексеева

1. L.R. Welp et al., Nature 477, 579 (2011).

2. [ПерсТ 19, вып. 5, с. 5 \(2012\).](#)
3. *R.J.Miller et al., PLoS ONE 7, e30321 (2012).*
4. *L.Brunet et al., Environ. Sci. Technol. 43, 4355 (2009.)*
5. *N.Musee et al., J. Environ. Monit. 13, 1164 (2011).*
6. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biology/1308/Водоросли

КОНФЕРЕНЦИИ

Научная сессия ОФН РАН “Спинтроника и наноматематизм”, 25 апреля 2012 г.

(15-00, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Ленинский просп., 53, конференц-зал)

Программа

1. **Звездин А.К., Звездин К.А.** (ИОФ РАН), **Попков А.Ф.** (МИЭТ) - Эффекты переноса спинового момента и их применения в спинтронике
2. **Фраерман А.А.** (ИФМ РАН) - Магнитные состояния и транспортные свойства ферромагнитных наноструктур
3. **Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Панин А.В.** (ИФПМ РАН) - Нелинейные волновые процессы в деформируемом твердом теле как многоуровневой иерархически организованной системе

Web: <http://www.gpad.ac.ru/>

Международная научно-техническая конференция “Нанотехнологии функциональных материалов” (НФМ’12), 27-29 июня 2012 г., Санкт-Петербург, Россия

Цель и тематика конференции:

Основной задачей конференции является представление и обсуждение новейших научных результатов фундаментальных исследований и практических достижений в области разработки новых функциональных металлических и керамических материалов с высоким уровнем эксплуатационных свойств и технологии их производства.

Тематические секции конференции:

1. Физико-химические особенности наноструктурного состояния.

2. Аморфные, нанокристаллические и наноструктурные металлические материалы.
3. Наноструктурные порошки, композиционные, керамические материалы и покрытия.
4. Методы исследования наноструктурных материалов; моделирование и информационная поддержка нанотехнологий.
5. Потенциальные риски и угрозы нанотехнологий.

Важнейшие даты:

Представление докладов в Оргкомитет - до **1 мая 2012 г.**

E-mail: nfm@spbstu.ru

Web: <http://www.spbstu.ru/conference/2012/nfm.asp>

XXII Международная конференция “Новое в магнетизме и магнитных материалах” (НМММ- XXII), 17-21 сентября 2012 г., Астрахань, Россия

На конференции будут работать следующие секции:

1. Новые магнитные материалы: синтез и физические свойства
2. Процессы намагничивания и перемагничивания
3. Микромагнетизм и доменная структура
4. Динамические процессы в магнетиках
5. Элементарные возбуждения и волновые процессы в магнетиках
6. Резонансные явления в магнетиках
7. Кинетические эффекты в магнетиках
8. Магнитные фазовые переходы и критические явления
9. Магнитные пленки и многослойные структуры
10. Малые магнитные частицы
11. Магнитные наноструктуры
12. Магнитооптика и фотомагнетизм
13. Магнитоэлектрические явления
14. Курсы по разделам “Магнетизм” и “Магнитные материалы” в высшей школе

Электронные версии докладов (1–3 стр.) необходимо представить в Оргкомитет **не позднее 20 мая 2012 г.** через систему регистрации на Web-сервере:

<http://nmmm.phys.msu.ru>

E-mail: nmmm@gmail.com

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