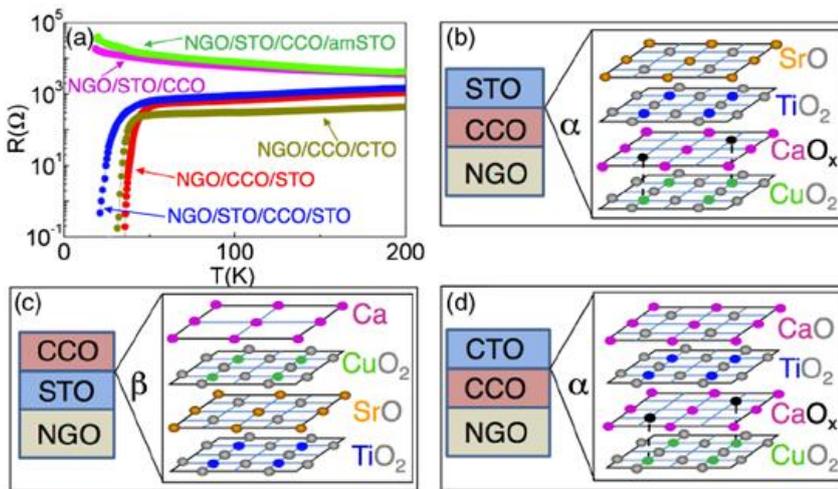


В этом выпуске:

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

### Высокотемпературная сверхпроводимость на границе раздела диэлектриков $\text{CaCuO}_2$ и $\text{SrTiO}_3$

Электронные свойства границ раздела сложных оксидов могут радикально отличаться от таковых в объеме образца. Например, граница между диэлектриками  $\text{LaAlO}_3$  и  $\text{SrTiO}_3$  является сверхпроводящей, хотя и с очень низкой критической температурой  $T_c \sim 0.1$  К. В работе [1] (Италия, США) обнаружена высокотемпературная сверхпроводимость двухслойных пленок  $\text{CaCuO}_2/\text{SrTiO}_3$  на подложках  $\text{NdGaO}_3$ . Она наблюдается лишь в том случае, когда плоскость  $\text{Ca}$  в слое  $\text{CaCuO}_2$  граничит с плоскостью  $\text{TiO}_2$  в слое  $\text{SrTiO}_3$  (см. рис.) и поэтому оказывается допированной кислородом ( $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO}_x$ ), который через связи  $\text{Cu-O}$  поставляет дырочные носители заряда в плоскости  $\text{CuO}_2$ .



а – Температурные зависимости сопротивления двухслойных и трехслойных пленок из слоев  $\text{CaCuO}_2$  (CCO),  $\text{SrTiO}_3$  (STO) и  $\text{CaTiO}_3$  (CTO) на подложках  $\text{NdGaO}_3$  (NGO). Здесь amSTO – аморфный слой  $\text{SrTiO}_3$ . б-д – Схематическое изображение структуры различных границ раздела.

Данные сканирующей просвечивающей электронной микроскопии и спектроскопии характеристических потерь энергии электронами указывают на то, что в (сверх)проводимости участвует элементарная ячейка  $\text{CaCuO}_2$ , непосредственно примыкающая к границе раздела. Максимальная  $T_c$  составляет около 40 К.

Л.Опенев

1. D. Di Castro et al., *Phys. Rev. Lett.* **115**, 147001 (2015).

И далее ...

2 Ультратонкие сверхпроводящие пленки  $\text{Mo}_2\text{C}$

## ГРАФЕН

Графен из компоста

## НАНОМАТЕРИАЛЫ

3 Композитные нанопокртия могут снизить риск образования тромбов в искусственных сосудах и стентах

## КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

5 Двухкубитная квантовая логика в кремнии

## МУЛЬТИФЕРРОИКИ

Скирмионы и магнитоэлектричество

## КОНФЕРЕНЦИИ

6 Семинар по физике конденсированного состояния, 11 ноября 2015 г.

XXXVI Международная зимняя школа физиков-теоретиков “Коуровка”, 21 - 27 февраля 2016 г., Верхняя Сысерть, Россия

XX Международный Симпозиум “Нанофизика и наноэлектроника”, 14 - 18 марта 2016 г., Нижний Новгород, Россия

XV International Conference on Intergranular and Interphase Boundaries in Materials (iib-2016), 23 - 27 May, 2016, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia

## Ультратонкие сверхпроводящие пленки $\text{Mo}_2\text{C}$

В семье квазидвумерных материалов очередное прибавление: карбид молибдена. Используя метод химического осаждения паров, китайские физики изготовили хоть и не монослой, но чрезвычайно тонкие кристаллы  $\text{Mo}_2\text{C}$  толщиной несколько нанометров (рис. 1) и поперечными размерами более 0.1 мм [1].



Рис. 1. Схематическое изображение монослоя  $\text{Mo}_2\text{C}$  (вверху) и кристалла  $\text{Mo}_2\text{C}$  толщиной 3 нм (внизу).

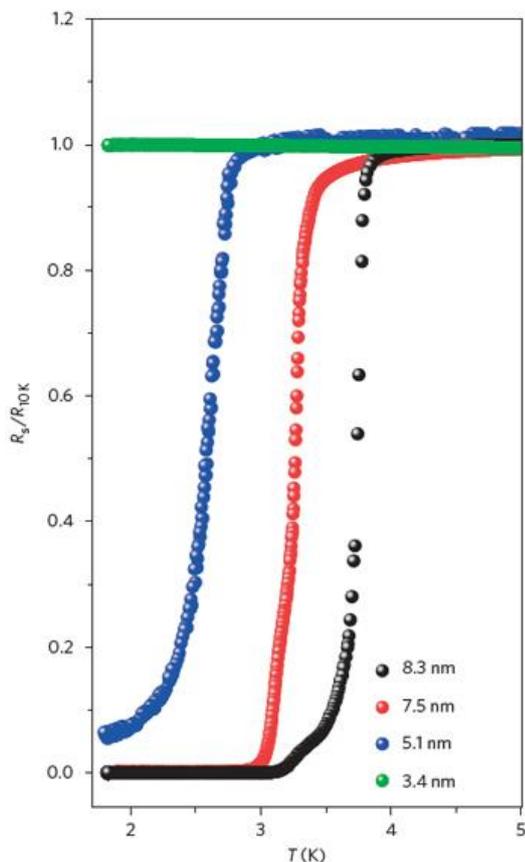


Рис. 2. Температурные зависимости электросопротивления пленок  $\text{Mo}_2\text{C}$  различной толщины.

Следствием ионно-ковалентной связи атомов Mo и C является сочетание твердости, прочности и термической устойчивости с металлической проводимостью.

Более того, в этих ультратонких пленках наблюдается сверхпроводимость, которая, впрочем, исчезает при уменьшении толщины до 3.4 нм (рис. 2). Комбинация таких пленок с другими 2D структурами может привести к созданию новых гибридных структур с необычными свойствами. Авторы отмечают, что развитая ими методика пригодна и для синтеза ультратонких слоев карбидов других переходных металлов (WC, TaC).

Л.Опенков

1. C.Xu et al., *Nature Mater.* **14**, 1135 (2015).

## ГРАФЕН

### Графен из компоста

Сегодня для получения графена широко используются такие методы, как механическое расщепление (отшелушивание), химическое осаждение из газовой фазы (CVD) и эпитаксия, кроме того, достаточно распространен химический синтез. Однако даже наличие отработанных комплексных методик далеко не всегда позволяет получить высококачественный графен приличных размеров, поэтому желаемой целью исследователей является поиск несложного и эффективного способа создания идеального графенового листа, обладающего при этом хорошей повторяемостью. Ученые из Поднебесной предложили свое решение – экологически чистый синтез графена из биомассы в рамках, так называемой, “зеленой химии”. Созерцание природы и поиск вдохновения в ней всегда было характерной особенностью восточного мировоззрения, а проблема перерождения – это один из ключевых вопросов любой философии. Вот и авторы работы [1] пришли к заключению, что неживые листья камфорного дерева могут дать жизнь графеновому листу. В основе предлагаемого ими метода лежит пиролиз: сначала в постоянном потоке азота листья нагревали до 1200 °C со скоростью 10 °C/мин, затем выдерживали 4 мин при этой температуре и, наконец, оставляли медленно остывать до “комнаты” (см. рис.). После высокотемпературного пиролиза образцы смешивали с D-тирозином и хлороформом и подвергали центрифугированию для отделения от смеси аморфного углерода. В конечном итоге авторы получили многослойный (согласно данным атомно-силовой микроскопии), состоящий из семи слоев графен, что подтвердилось рамановской спектроскопией и просвечивающей электронной микроскопией. Исследователи отмечают, что выделить многослойный графен удалось благодаря  $\pi$ - $\pi$  взаимодействию между графеновыми листами и D-тирозином (см. рис.). При необходимости, D-тирозин может быть легко выведен из образца, поскольку он растворим в большинстве сильных кислот и оснований. В конечном итоге представленные авторами результаты подтверждают возможность синтеза графена напрямую из биоресурсов без каких-либо специальных катализаторов или много-

ступенчатых химических реакций. Тем не менее, необходимы технологические улучшения этого подхода, направленные, во-первых, на уменьшение

числа слоев в получаемом графене и, во-вторых, на создание крупномасштабного его производства.

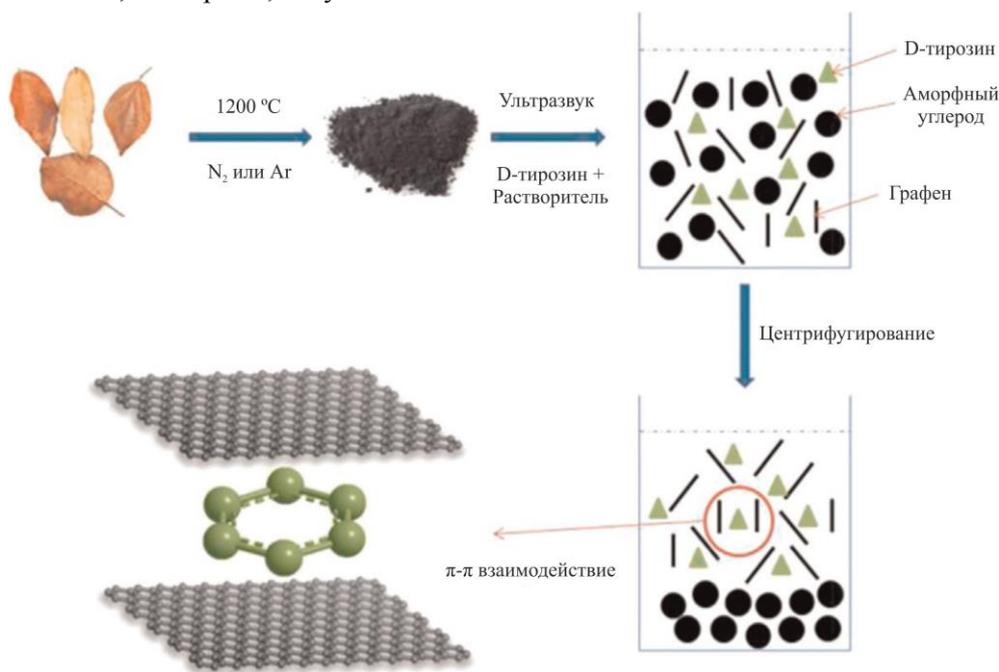


Схема получения графена из листьев камфорного дерева

М. Маслов

*1. S.S.Shams et al., Mater. Lett. 161, 476 (2015).*

## НАНОМАТЕРИАЛЫ

### **Композитные нанопокрyтия могут снизить риск образования тромбов в искусственных сосудах и стенгах**

Российские ученые из Санкт-Петербургского национального исследовательского университета ИТМО и Петрозаводского ГУ разработали уникальное нанопокрyтие искусственных сосудов и стентоv, которое сможет помочь существенно снизить риск образования тромбов [1].

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти во всем мире. Большую опасность для человека представляет сужение сосудов (стеноз), которое может привести к ишемической болезни сердца, нарушению мозгового кровообращения. Раньше основным методом лечения была операция коронарного шунтирования, но с конца прошлого века для восстановления проходимости сосуда стали широко использовать более простую процедуру стентирования. Стент – специальный цилиндрический каркас из металла или пластика, который помещается в просвет сосуда (или другого полого органа) и расширяет его. В настоящее время существует уже около 400 типов стентоv, самораскрывающихся или раскрываемых баллоном. Они различаются по материалу, конструкции, системе доставки. Разработка стентоv с лекарственным покрyтием позволила снизить количество случаев по-

вторного сужения сосудов, которое возникает, например, из-за чрезмерного разрастания мышечной ткани. При аневризме аорты и других патологических расширениях сосудов используют стент-графты (сочетание сосудистого протеза со стентом). К сожалению, и после имплантации стент-графта, и после стентирования возможно образование тромбов. Применение современных стентоv с покрyтиями, из которых постепенно выделяются разрушающие тромб лекарства, лишь отдалает опасные последствия. Авторы [1] предложили альтернативный подход – препарат не выделяется, а постоянно находится внутри пористого покрyтия трансплантата и работает неограниченное время.

В своих предшествующих публикациях [2, 3] исследователи сообщили о разработке тромболитических (то есть способствующих растворению тромба) композитов. В биосовместимую матрицу из нанокристаллического оксида алюминия они внедрили белок ТРА, активатор циркулирующего в крови плазминогена [2]. Под действием активатора плазминоген превращается в белок плазмин, который разрушает волокнистый белок фибрин – основу тромба (рис. 1). Активатор не теряет своей активности даже после 30 дней испытаний в физиологическом растворе.

В новой работе [1] исследователи успешно использовали композит для создания тромболитического покрyтия. Данные электронной микроскопии и рентгеновской дифракции показали, что пленки, полученные золь-гель методом, состоят из плотноупакованных наностержней оксида алюминия (точ-

нее, бёмита) размером  $2 \times 5 \text{ nm}^2$  (рис. 2). Раствор фермента урокиназы, который в этой работе применяли в качестве активатора пламиногена, добавляли к золю. После конденсации молекулы активатора оказались захваченными в поры оксида алюминия. Для исследований использовали пленки, нанесенные как на стекло, так и на внутреннюю поверхность сосудистого графта. Тромб синтезировали путем добавления тромбина к раствору плазмы крови с известным содержанием пламиногена и фибриногена. (Тромбин – фермент, под действием которого из фибриногена плазмы крови образуется волокнистый белок фибрин, основа тромба). Эксперименты на стекле показали, что растворение тромба обеспечивают молекулы активатора, захваченные в мелкие поры. Процесс формирования пламина происходит при миграции пламиногена в пористый композит.

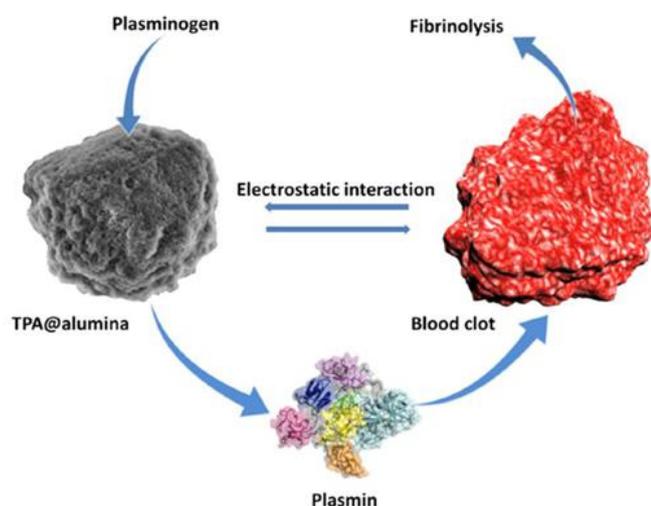
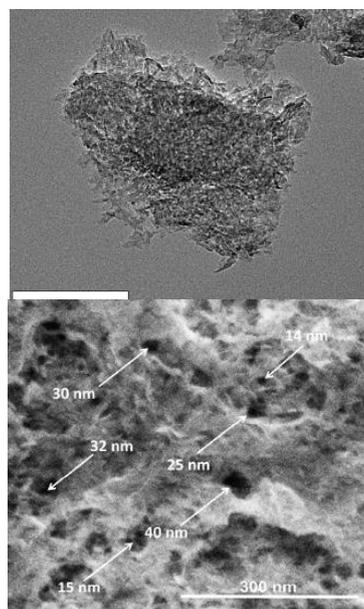


Рис. 1. Пламиноген, циркулирующий в крови, проникает в пористый композит и под действием внедренного в него активатора ТРА превращается в плазмин. Плазмин расщепляет фибрин – основу тромба. Начинается фибринолиз – процесс растворения тромба.



Важно, что синтезированный композит имеет бимодальную пористую структуру – кроме пор диаметром 2-3 нм присутствуют также мезопоры с характерными размерами 14-40 нм (рис. 2).

Рис. 2. Вверху: ТЕМ изображение нанокристаллического золь-гель оксида алюминия. Внизу: бимодальное распределение пор в композите. Отчетливо видны мезопоры.

Это, с одной стороны, обеспечивает сохранность молекул активатора в мелких порах и стабильность активности, а с другой стороны позволяет пламиногену легко проникать в каналы носителя. Взаимодействие пламиногена с активатором приводит к образованию пламина, который растворяет сгусток крови.

Покрытие на внутренней поверхности полимерного графта диаметром 8 мм получили методом окунания в золь с активатором (концентрация урокиназы 2.5%; 5%; 7.5% и 10%). Золь на несколько мкм проникает внутрь и после высушивания и конденсации превращается в гель. Волокна полимерного графта служат упрочняющими элементами, покрытие надежно фиксируется. В зависимости от концентрации урокиназы для рассасывания и удаления тромба потребовалось от 10 до 80 мин. В графтах без покрытия тромб сохранился (рис. 3).

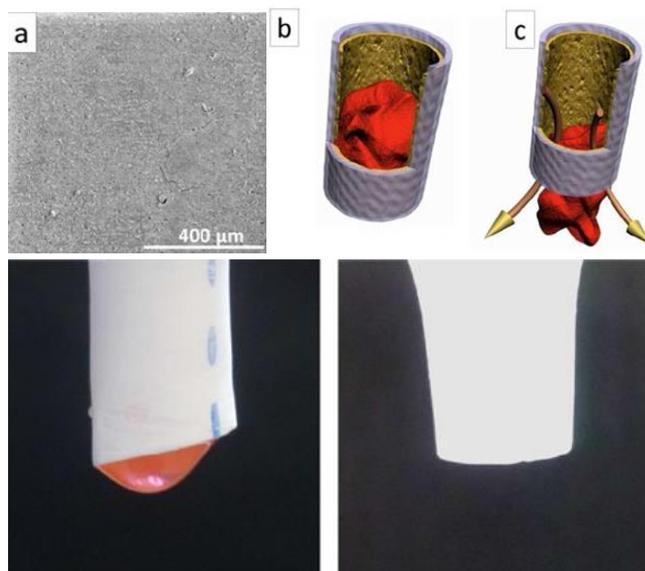


Рис. 3. (a) SEM изображение тромболитического золь-гель покрытия на стенке сосудистого графта. Схема (b,c) и фотографии процесса растворения и удаления искусственного тромба из графта с покрытием. В графте без покрытия (внизу) тромб полностью сохранился.

Покрытия можно наносить на любые поверхности. Авторы утверждают, что это единственные в мире тромболитические покрытия, срок службы которых практически не ограничен. Биосовместимые композиты с внедренными активаторами пламиногена смогут растворять тромбы еще на стадии формирования.

О. Алексеева

1. Y.Chapurina et al., *J. Med. Chem.* **58**, 6313 (2015).
2. V.Vinogradov et al., *Sol-Gel Sci. Technol.* **73**, 501 (2015).
3. V.Vinogradov et al., *J. Mater. Chem. B* **2**, 2868 (2014).

## КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

### Двухкубитная квантовая логика в кремнии

До настоящего времени двухкубитные операции в твердотельных системах удавалось осуществлять только со сверхпроводниковыми кубитами.

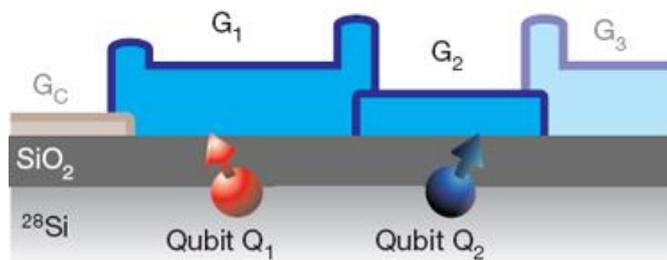


Схема двухкубитного логического устройства на основе квантовых точек в кремнии.

Между тем с точки зрения масштабируемости квантовых вычислительных устройств спиновые кубиты в полупроводниках гораздо перспективнее. При этом, однако, полупроводниковый материал нужно подбирать так, чтобы он содержал как можно меньше ядерных спинов, взаимодействие с которыми ведет к декогерентизации спинов электронных.

В работе [1] (Австралия, Япония) сообщается об успешной реализации двухкубитных операций со спиновыми кубитами в кремнии, максимально очищенном от изотопов  $^{29}\text{Si}$ . Для этих целей использовались электронные импульсы, контролирующее обменное взаимодействие между кубитами.

1. M.Veldhorst et al., *Nature* **526**, 410 (2015).

## МУЛЬТИФЕРРОИКИ

### Скирмионы и магнитоэлектричество

Решетки магнитных скирмионов – одно из недавно обнаруженных состояний в гелимагнетиках, и с ними связывают надежды на создание сверхплотной магнитной памяти [1]. Особый интерес в связи с этим вызывает возможность управления скирмионной решеткой с помощью электрического поля. В недавней работе [2] (Германия, Швейцария) исследован магнитоэлектрический эффект в материале  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$ , в котором наблюдается большое разнообразие магнитных фаз: коллинеарная, коническая, геликоидальная и, наконец, решетка скирмионов (рис. 1).

Авторы [2] провели комплексные измерения магнитных, пьезоэлектрических, сегнетоэлектрических и диэлектрических характеристик  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  в зависимости от температуры и магнитного поля, уделяя особое внимание скирмионной фазе. Как оказалось, электрическая поляризация в  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  обязана своим происхождением исключительно магнитному упорядочению, причем практически во всех фазах эта электрическая поляризация намертво связана с определенным направлением, ее не удастся пе-

реключить электрическим полем. Исключение составляет как раз скирмионная фаза, в которой электрическая поляризация хотя бы отчасти слушается электрического поля, что, вероятно, связано со сложным антисегнетоэлектрическим характером упорядочения в скирмионной решетке: скирмионы представляют вихреподобные структуры (солитоны), и магнитоиндуцированная поляризация в них неоднородна. Заметим, что в работе [4] рассчитано подобное распределение электрической поляризации, образованной вследствие флексомагнитоэлектрического эффекта и предсказана возможность стабилизации скирмиона электрическим полем.

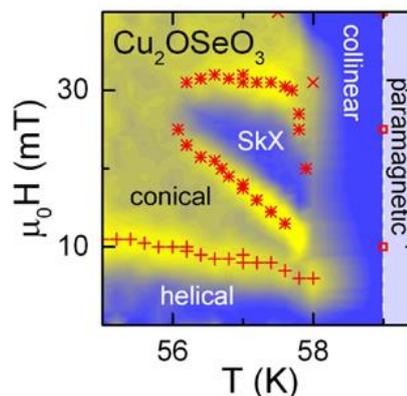


Рис. 1. Фазовая диаграмма  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$ : SkX – решетка скирмионов [2].

А. Пятаков

1. A.Fert et al., *Nature Nanotech.* **8**, 152 (2013).
2. E.Ruff et al., *Sci. Rep.* **5**, 15025 (2015).
3. [Перст 17, вып. 13/14 \(2010\)](#);  
[Перст 19, вып. 9 \(2012\)](#);  
[Перст 19, вып. 21 \(2012\)](#).
4. А.С.Сергеев, *Электростатические свойства магнитных структур. Диссертация на соискание степени кандидата физ.-мат.наук. М., МГУ им. М.В. Ломоносова (2014).*

## КОНФЕРЕНЦИИ

### **Семинар по физике конденсированного состояния, 11 ноября 2015 г.**

(17.00, многофункциональный зал библиотеки физического факультета МГУ, 5 этаж)

**Сергей Анатольевич Тарасенко** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург) - “Двумерные и трехмерные топологические изоляторы на основе структур HgTe/CdHgTe”

На поверхности кристалла или гетерогранице могут возникать локализованные состояния, обусловленные нарушением периодического потенциала. Особый класс диэлектрических трехмерных (и двумерных) кристаллов, имеющих устойчивые к возмущениям проводящие поверхностные (краевые) состояния получили название топологических изоляторов. В докладе дан краткий обзор современного состояния физики топологических изоляторов, представлены результаты наших исследований электронной структуры и фотогальванических эффектов в двумерных и трехмерных топологических изоляторах на основе гетероструктур HgTe/CdHgTe. Обсуждаются эффекты, обусловленные отсутствием центра пространственной инверсии в гетероструктурах, в том числе связанные со смешиванием легких и тяжелых дырок на интерфейсах.

Пропуск на физический факультет слушателей семинара будет осуществляться по предъявлению паспорта.

Предварительная запись на семинар на сайте <http://nano.msu.ru/education/seminars> (до 15:00 дня семинара).

Для расширения возможностей участия в семинаре предполагается обеспечить прямую он-лайн трансляцию заседаний через сайт <http://nano.msu.ru/video.php> Видеозапись семинара впоследствии будет доступна на сайтах <http://cm.phys.msu.ru/?q=seminar> или <http://nano.msu.ru/research/seminars/condensed/seminars>

Дополнительная информация:

тел. +7(495)939-11-51

E-mail: [khokhlov@mig.phys.msu.ru](mailto:khokhlov@mig.phys.msu.ru)

### **XXXVI Международная зимняя школа физиков-теоретиков “Коуровка”, 21 - 27 февраля 2016 г., Верхняя Сысерть, Россия**

Зимняя школа физиков-теоретиков “Коуровка” регулярно проводится на Урале с 1961 г. Она была организована по инициативе и при непосредственном участии академика С.В. Вонсовского. В 2016 г. она будет проводиться в тридцать шестой раз.

Научная программа традиционна: квантовая теория сверхпроводимости и магнетизма; сильно коррелированные и неупорядоченные системы; фазовые переходы и низкоразмерные системы.

*Важные даты:*

Последний срок подачи заявок – **1 декабря 2015 г.**

Приём тезисов докладов – до **23 декабря 2015 г.**

E-mail: [kourovka@imp.uran.ru](mailto:kourovka@imp.uran.ru) (Кудряшова Ольга Валерьевна, учёный секретарь оргкомитета)

Сайт: <http://conf.uran.ru/Default.aspx?cid=kourovka>

### **XX Международный Симпозиум “Нанозлектроника и нанозлектроника”, 14 - 18 марта 2016 г., Нижний Новгород, Россия**

Тематика:

1. Сверхпроводящие наносистемы;
2. Магнитные наноструктуры;
3. Полупроводниковые наноструктуры: электронные, оптические свойства, методы формирования;
4. Зондовая микроскопия: измерения и технологии атомарного и нанометрового масштаба;
5. Многослойная и кристаллическая рентгеновская оптика.

Основной язык Симпозиума - русский, возможно представление докладов на английском языке. В связи с участием в Симпозиуме зарубежных ученых рекомендуется докладчикам приводить иллюстрации на английском языке.

*Важные даты*

Регистрация, представление тезисов докладов - **5 ноября 2015 г.**

E-mail: [symp@nanosymp.ru](mailto:symp@nanosymp.ru)

Сайт: [nanosymp.ru](http://nanosymp.ru)

### **XV International Conference on Intergranular and Interphase Boundaries in Materials (iib-2016), 23 - 27 May, 2016, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia**

The iib Conferences, which are held every three years, represent a unique international forum bringing together the specialists working in different areas of Interface Science. Researchers that otherwise are mainly focused on their scientific domain have a unique opportunity to exchange their views and ideas with colleagues investigating the different aspects of interfacial behaviour; iib conferences strongly promote an interdisciplinary approach in interface science.

A variety of hot topics will be covered such as:

- Characterization of interfaces: atomic and electronic structure
- Modeling of interfaces: analytical and phenomenological approaches, numerical simulations, ab-initio modelling
- Thermodynamics and kinetics of interfaces: phase transformations, segregation, transport phenomena, migration and gliding, growth - recrystallization
- Mechanical properties and interfaces

*Перст, 2015, том 22, выпуск 20*

- Interfaces in advanced and emerging materials: properties and applications
- Electronic, magnetic and photonic materials, energy materials, nanomaterials and low-dimensional systems, metals, ceramics, composites, polymer and organic materials, biomaterials

*Important dates:*

Registration before - **January 1, 2016**

Abstract submission before - **February 1, 2016**

The temporary web-page of iib-2016 you can find under <http://misis.ru/about-university/struktura-universiteta/instituty/inmin/organizacionnaja-struktura/kafedra-fizicheskoy-himii/iib-2016>

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, М. Маслов, Л. Опенов, А. Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

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