

ISSN: 2782-5515



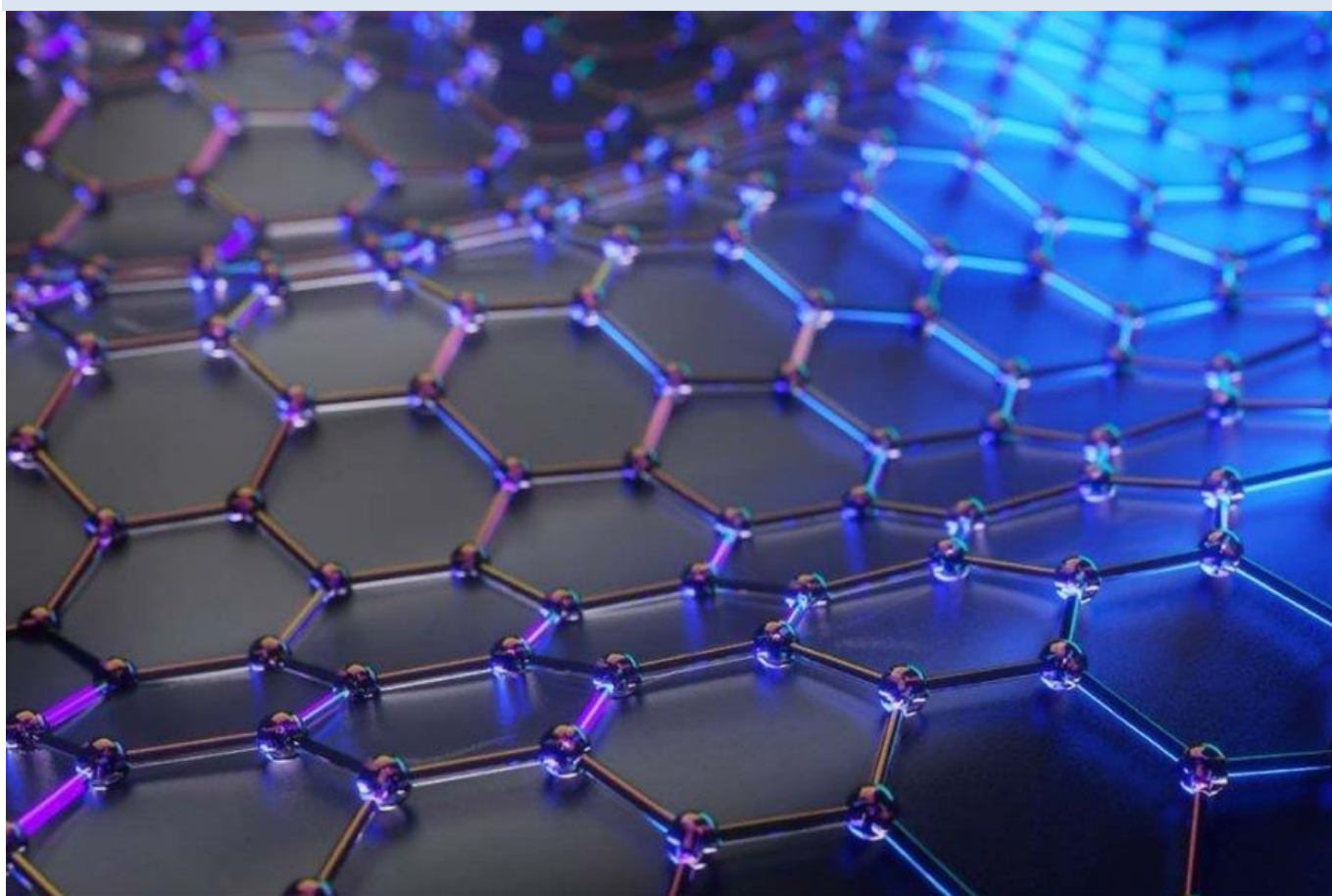
Перст

Информационный бюллетень

перспективные технологии
наноструктуры сверхпроводники фуллерены

Том 30, выпуск 10

октябрь 2023 г.



Графен (graphene)

Черноголовка

В этом выпуске:

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ

Наноструктурная поверхность защищает от грибковых инфекций

Учёные из Univ. of Melbourne (Австралия) и из других австралийских исследовательских учреждений [1] предложили новый способ борьбы с дрожжеподобными грибами *Candida*. Эти грибки являются возбудителями опасных инфекций в больницах и к тому же часто приводят к неудачным применениям титановых имплантатов из-за образования на них биопленки. Авторы работы [1] сумели создать на поверхности титана наноструктуры, которые разрушают клетки разных *Candida albicans* и даже грибка *Candida auris*, устойчивого ко многим препаратам и потому особенно опасного. Исследователи обработали поверхность методом реактивно-ионного травления в индуктивно-связанной плазме (ICP-RIE). SEM изображения полученной структуры (вид сверху и под наклоном) приведены на рис. 1.

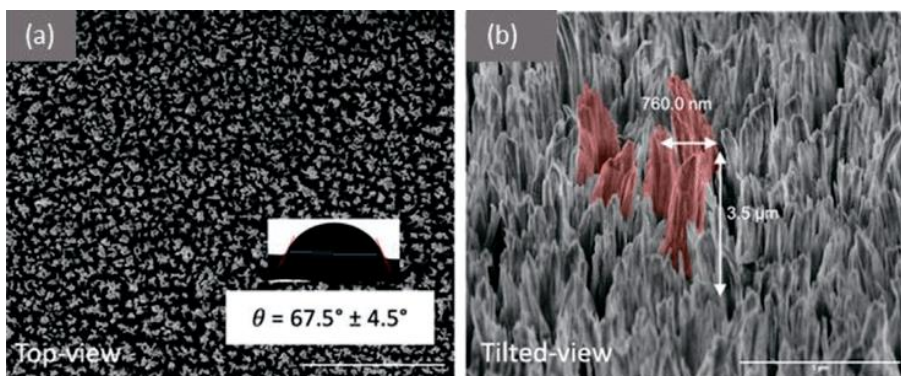


Рис. 1. Структура обработанной поверхности титана: а) - вид сверху, шкала 20 мкм, б) - вид под наклоном 55° (шкала 5 мкм). Краевой угол смачивания (врезка на рис.1а) демонстрирует умеренную гидрофобность.

Неудивительно, что была предложена такая структура. Учёные из Австралии (в том числе авторы [1]), а позднее и из других стран, обнаружили, что на поверхности крыльев цикады *Psaltoda claripennis* погибают грамотрицательные бактерии, а на крыльях стрекозы *Diplacodes bipunctata* – не только грамотрицательные, но и грамположительные бактерии, и даже стойкие споры бактерий. Эффект главным образом обусловлен наличием на поверхности острых наностолбиков, на которых происходит повреждение клеточных мембран (см. Перст [2]). Изучение природных структур на крыльях насекомых помогло создать биомиметические антибактериальные наноструктурные покрытия на основе графено-

И далее ...

НАНОМАТЕРИАЛЫ

4 Новый кто? Графен!

5 “Солнечный” графин

ФОТОНИКА

7 Фокусировка по-новому: оптический суперрезонанс в диэлектрической сфере

СПИНТРОНИКА

7 Гидродинамический режим в магнетике

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

8 О работе Десятой Всероссийской конференции с международным участием “Топливные элементы и энергоустановки на их основе” и Седьмой школы молодых ученых “Современные аспекты высокоэффективных топливных и электролизных элементов”

ТОРЖЕСТВО

10 Нобелевская премия 2023

вых чешуек, углеродных нанотрубок, нанопроволок и наностолбиков TiO₂ (подробнее см. ПерсТ [3]). Тем не менее, надежную защиту от грибов получить не удалось. Авторы работы [1] впервые создали наноструктурную поверхность, на столбиках которой происходит

поражение клеток *C. albicans* и *C. Auris*. Из-за механического повреждения сразу погибает примерно 50% клеток, но и оставшиеся не могут размножаться. Даже через 7 дней биопленка не образуется (рис. 2).

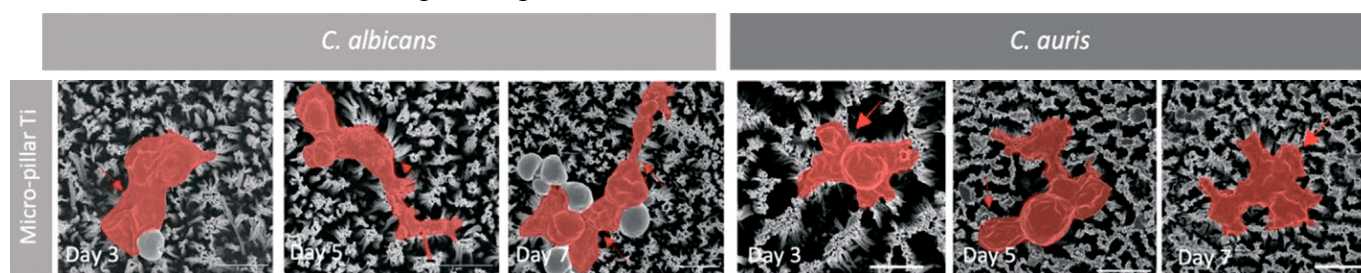


Рис. 2. Клетки *C. albicans* (слева) и *C. Auris* (справа) деформируются после контакта со столбиками (показано красным цветом на 3, 5 и 7 день). Шкала 5 мкм.

Исследователи детально изучили изменения клетки в результате присоединения к наностолбикам (рис. 3).

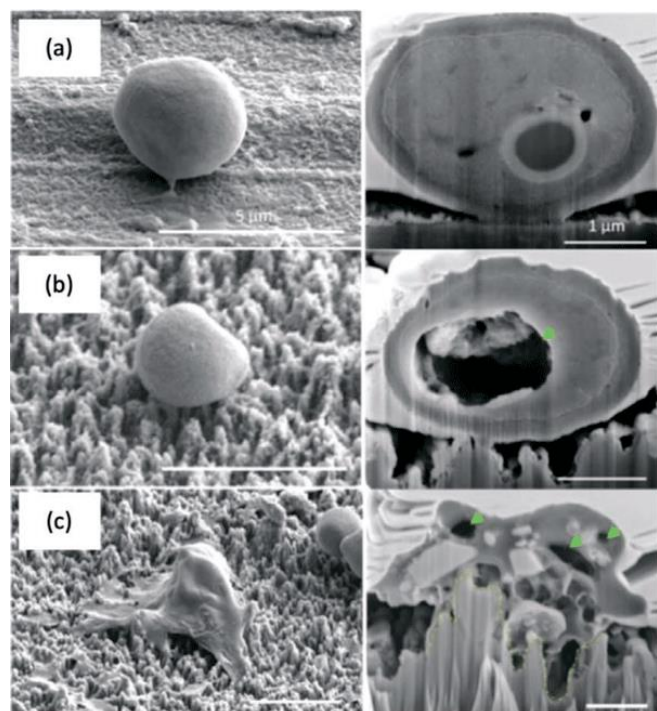


Рис. 3. SEM изображения клеток *Candida* на поверхности титана. а) - Морфология и ультраструктура клетки на необработанной поверхности титана не меняются. б) - Клетка *Candida* на обработанной поверхности. Контакт клеточной стенки с наностолбиками. Ультраструктурная деградация, появление большой вакуоли (зеленая стрелка). в) - Гибель клетки. Коллапс структуры, много внутренних вакуолей (зеленые стрелки).

Морфология и ультраструктура клетки на необработанной поверхности титана не меняются (рис. 3а). При непосредственном контакте клетки с наностолбиками нарушается целост-

ность клеточной стенки, происходит ультраструктурная деградация, появляется большая вакуоль (показана зеленой стрелкой) (рис. 3б). В дальнейшем клетка погибает, видно (рис. 3в) много внутренних вакуолей (зеленые стрелки).

Учёные не только разработали уникальную противогрибковую поверхность. Используя SEM исследования, протеомный анализ (направленный на идентификацию и количественный анализ белков клетки) и ряд других методов, они представили новое объяснение эффективности наностолбиков. Клетки *Candida*, которые не погибают сразу в результате механического повреждения клеточной стенки, всё равно не могут выжить, т.к. метаболический стресс, возникший при их контакте со столбиками, приводит к апоптозу, программируемой клеточной гибели. Клетки не размножаются, и биопленка не образуется. Следовательно, при оценке эффективности антибактериальных поверхностей надо учитывать, что не всегда необходимо немедленное 100% уничтожение патогенных клеток.

Метод модификации поверхности, предложенный в работе [1], довольно простой и к тому же годится для разных материалов, применяемых в медицине или пищевой промышленности.

О. Алексеева

1. P.H.Le et al., *Adv. Mater. Interf.* **10**, 2300314 (2023).
2. [ПерсТ 21, вып. 1/2, с.7 \(2014\).](#)
3. [ПерсТ 28, вып. 1/2, с.1 \(2021\).](#)

НАНОМАТЕРИАЛЫ

Новый кто? Графен!

Аллотропы графена, построенные из негексагональных углеродных колец, по мнению многих исследователей имеют неплохие перспективы для использования в полевых транзисторах. Тем не менее, традиционно такие материалы не обладают совокупностью требуемых характеристик, в частности, необходимой шириной запрещенной зоны и высокой подвижностью носителей. Однако ученые из Jilin Univ.

(Китай) [1] уверены, что с помощью теории функционала плотности им удалось предсказать двумерный аналог графена, который подойдет для этого идеально. Исследователи назвали его комбинированным тригон-октогональным аллотропом графена или просто *кто*-графеном, поскольку плоскость этого материала построена чередованием трехчленных и восьмичленных углеродных колец (см. рис. 1).

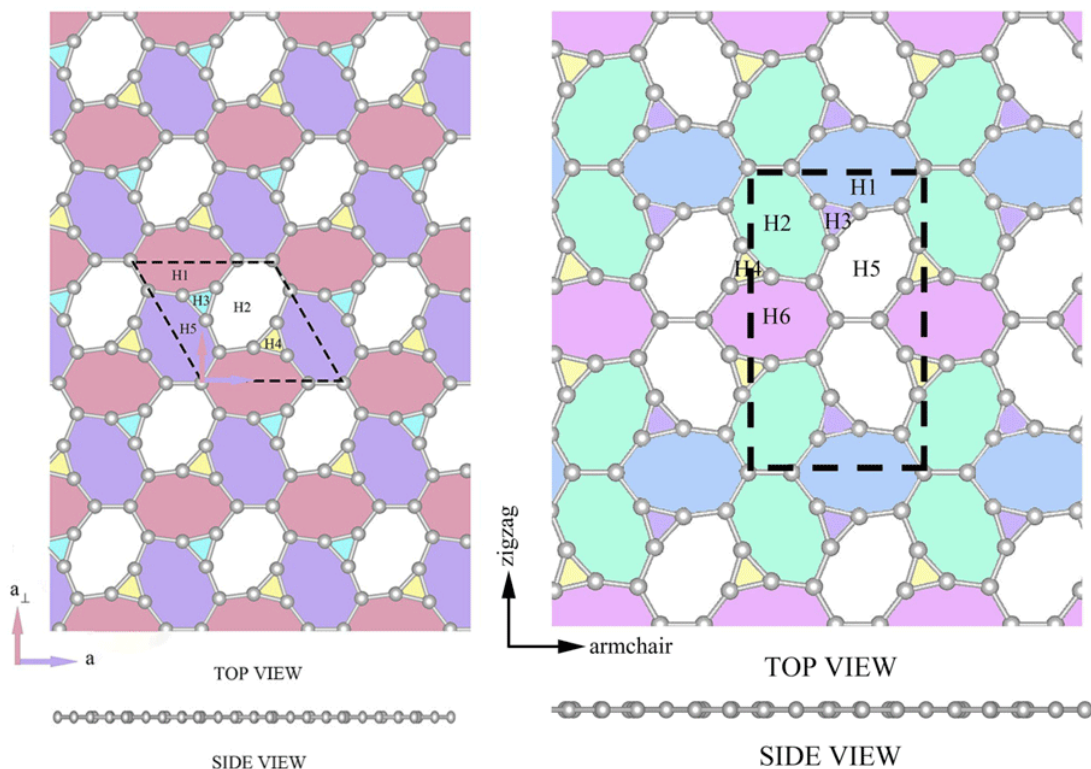


Рис. 1. Атомная структура *кто*-графена. Пунктирная линия обозначает возможный выбор элементарной ячейки: гексагональная (слева) и прямоугольная (справа). На правой части рисунка обозначен выбор направлений “кресло” и “зигзаг”.

Структурные, механические, электронные, фоновые, оптические и транспортные свойства *кто*-графена авторы вычислили в программном пакете VASP с использованием функционалов GGA-PBE и гибридного HSE06. Для дополнительного анализа кинетической устойчивости они провели NVT *ab initio* молекулярно-динамические расчеты в интервале температур от комнатной (300 К) до 1500 К. При этом исследователи наблюдали за эволюцией системы в течение 10 пс. В результате оказалось, что *кто*-графен представляет собой устойчивый плоский анизотропный графеноподобный монослой с десятью атомами углерода в гексагональной элементарной ячейке и постоянной решетки 5.8 Å. Величина полной энергии *кто*-

графена точно попадает в промежуток между графеном (-9.22 эВ/атом) и пентаграфеном (-8.32 эВ/атом) [2] и составляет -8.57 эВ/атом. Анализ электронных характеристик показал, что новый аллотроп является полупроводником с шириной запрещенной зоны около 1 эВ (использование функционала HSE06 предсказывает чуть большую величину 1.5 эВ), что сопоставимо с тем же пентаграфеном (0.98 эВ). Динамическую устойчивость авторы подтвердили результатами расчетов фононного спектра, не содержащего мнимые моды, а данные молекулярной динамики свидетельствуют об отсутствии дефектообразования и фрагментации кристалла даже при высоких температурах. Исследователи дополнительно отмечают, что

механическое растяжение образца на 12% в кресельном направлении и на 16% в направлении зигзаг (определение кресельного и зигзаг направления см. на рис. 1) полностью обратимо и не приводит к критическим нарушениям атомной структуры. Подвижность носителей также зависит от структурной ориентации. Например, рассчитанные подвижности дырок составляют 7.3×10^4 и 1.3×10^4 $\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ в направлении “кресло” и “зигзаг”, соответственно, и существенно превышают соответствующие величины некоторых уже известных графеноподобных материалов (рис. 2).

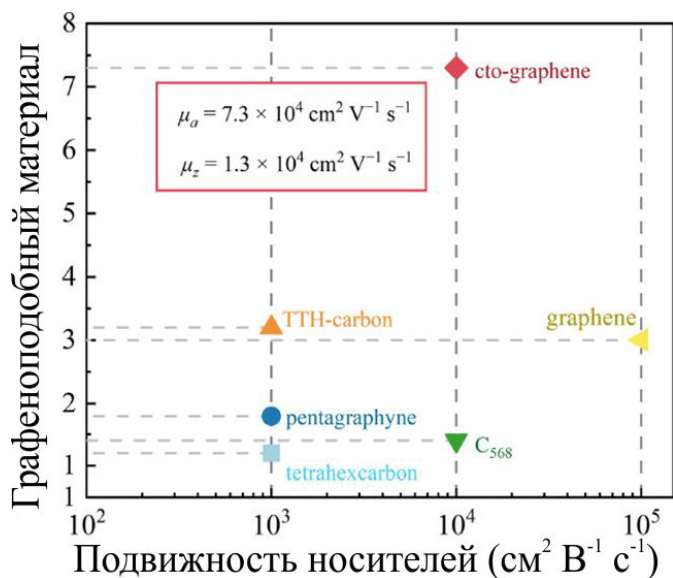


Рис. 2. Подвижность носителей в *кто*-графене по сравнению с другими известными двумерными графеноподобными материалами

В итоге высокая подвижность носителей и наличие полупроводниковой щели делают *кто*-графен перспективным кандидатом для создания базовых элементов полевых транзисторов. Из анализа оптических свойств следует, что поглощение *кто*-графена распределено во всей видимой области спектра и части ультрафиолетовой области. При этом общий коэффициент поглощения *кто*-графена в плоскости составляет $\sim 10^5$ cm^{-1} . Такой порядок величины указывает на его возможное применение в фотоэлектрических солнечных элементах и оптоэлектронных устройствах. Будем надеяться, что этот материал в скором времени будет получен в реальности, не только в численном эксперименте.

М. Маслов

1. X.Shang et al., ACS Appl. Electron. Mater. 5, 3741 (2023).
2. ПерсТ 25, вып. 9/10, с. 1 (2018).

“Солнечный” графин

В работе [1] исследователи из State Univ. of Campinas и Univ. of Brasilia (Бразилия) проанализировали механические, структурные, электронные и оптические характеристики, а также оценили кинетическую устойчивость нового двумерного аллотропа углерода – “солнечного” графина. Свое яркое название кристалл 8-16-4 графина получил из-за необычного расположения атомов углерода в элементарной ячейке, напоминающего изображение Солнца на древних фресках (см. рис. 1).

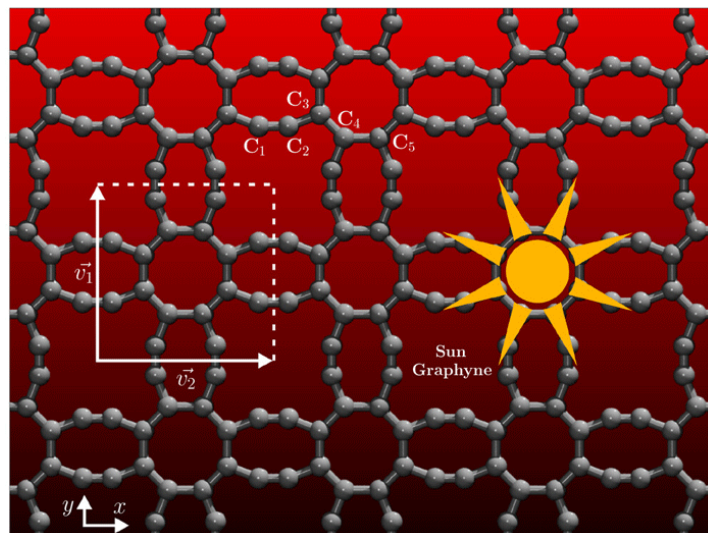


Рис. 1. Атомная структура солнечного графина. Элементарная ячейка обозначена квадратом. Период решетки кристалла составляет 7.36 Å

Отправной точкой для его построения послужил уже известный октаграфен [2], в атомную структуру которого авторы внедрили дополнительные ацетиленовые группы. В итоге они провели полный комплекс теоретических исследований, включающий традиционные расчеты с использованием теории функционала плотности (DFT), а также классическую и *ab initio* молекулярную динамику. DFT-расчеты авторы выполнили в рамках обобщенного градиентного приближения на уровне теории PBE/DZP с учетом слабого ван-дер-ваальсового взаимодействия в программном пакете SIESTA. В той же программе SIESTA они реализовали и *ab initio* молекулярную динамику. Моделирование исследователи проводили с использованием канонического ансамбля NVT и временным шагом 1 фс, что позволило проследить за эволюцией системы в течение 2 пс. Для классической же молекулярной динамики авторы выбрали хорошо известный пакет LAMMPS с потенциалом AIREBO. В этом случае они ис-

пользовали для моделирования изотермо-изобарический ансамбль NPT, а шаг интегрирования классических уравнений движения составил 0.1 фс. Полученные результаты подтвердили высокую термическую устойчивость солнечного графина: он способен сохранять свою структуру, не разрушаясь вплоть до 1000 К. При этом по оценкам авторов его энергия образования составляет -8.57 эВ/атом, что сравнимо с таковой величиной для графена (-8.8 эВ/атом). Расчеты электронной зонной структуры свидетельствуют, что 8-16-4 графин можно отнести к классу полуметаллов с чрезвычайно узкой запрещенной зоной в ~5 мэВ. Примечательной особенностью зонной структуры является присутствие сразу двух конусов Дирака (рис. 2).

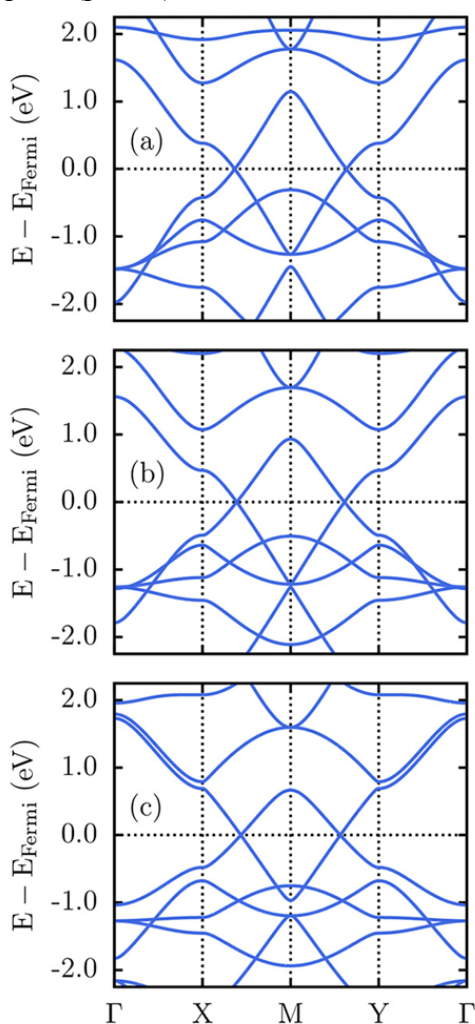


Рис. 2. Электронная зонная структура недеформированного солнечного графина (a) и при двухосном растяжении образца на 5% (b) и 10% (c)

Эта отличительная черта указывает, что электроны в солнечном графине способны вести себя как безмассовые фермионы Дирака, аналогично поведению, наблюдаемому в графене. При этом зонная структура не претерпевает

изменений даже при приложении к материалу умеренных механических напряжений (рис. 2). Что касается непосредственно механических свойств, то графин демонстрирует квазилинейную упругую область при одноосной деформации до 40%. За этой точкой он претерпевает резкий переход в фрагментарное состояние, характеризующееся нулевым напряжением при критической деформации около 41%. Величины предельного напряжения и модуль Юнга составили 94.4 и 262.4 гПа, соответственно, что существенно меньше, чем у графена. Температура плавления солнечного графина также ниже, чем у графена. Аморфизация решетки происходит уже при 2800 К. В интервале температур 3500–5000 К авторы отмечают появление графеноподобных доменов в структуре, которые формируются привычными шестичленными углеродными кольцами. Когда температура превышает 5000 К, решетка подвергается полной атомизации и переходит в газовую фазу. За этим процессом любопытно понаблюдать собственными глазами. Авторы предоставляют такую возможность, разместив визуализацию молекулярной динамики на интернет-сайте в дополнительных материалах к публикации. Анализ оптических характеристик показал, что солнечный графин проявляет изотропные оптические свойства в плоскости, а его отражательная способность преимущественно ограничена инфракрасной областью и постепенно уменьшается практически до нуля, когда энергия фотонов превышает 3 эВ. В конечном итоге, можно сказать, что по совокупности характеристик материал получился достаточно интересным и перспективным, способным занять достойное место в приложениях нанoeлектроники и смежных областях. Учитывая последние достижения в синтезе графинов, его скорое получение в реальном эксперименте вполне вероятно.

М. Маслов

1. R.M.Tromer et al., *J. Phys. Chem. C* **127**, 12226 (2023).
2. [ПерсТ 19, вып. 23, с. 2 \(2012\)](#).

ФОТОНИКА

Фокусировка по-новому: оптический суперрезонанс в диэлектрической сфере

Прозрачные диэлектрические сферы на протяжении последнего столетия являются излюбленным объектом для оптиков. И крупные сферы, используемые для фокусировки света в волоконной оптике, и мельчайшие наночастицы для сверхчувствительных сенсоров, и мезосферы порядка нескольких длин волн видимого

света – все эти объекты активно исследуются во всех диапазонах длин волн. Объектом интереса ученых Томского политехнического университета и Huaiyin Inst. of Technology (Китай) [1], стали мезосферы, демонстрирующие так называемые резонансы Фано – моды с асимметричным распределением поля. Авторы исследовали полую сферическую частицу, состоящую из диэлектрического материала с малым коэффициентом затухания.

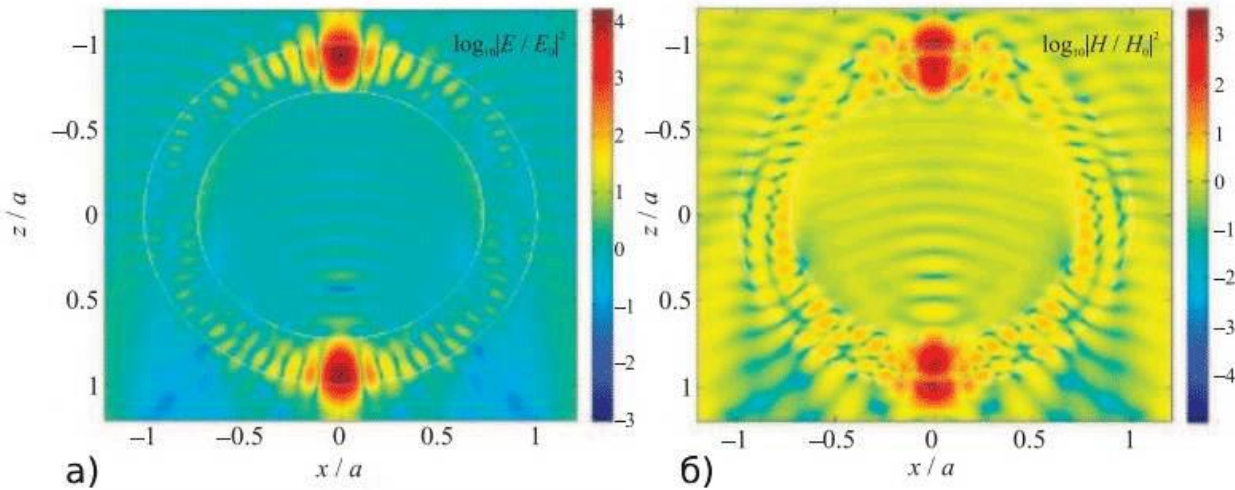


Рис. Относительная интенсивность электрического (а) и магнитного (б) полей в диэлектрической полую сфере диаметром 5 мкм. Показатель преломления материала 1,5, снаружи и внутри частицы вакуум.

На основе теории Ми авторы [1] смоделировали рассеяние плоской электромагнитной волны на сферической частице с фиксированным внешним диаметром. Варьируя диаметр полости, авторы обнаружили в спектре рассеяния высокодобротные резонансы для электрического и магнитного полей – суперрезонансы. Они проявлялись в наличии “горячих точек”, чем-то напоминающих фокусы, но в отличие от обычных оптических фокусов, усиление электрической и магнитной компоненты происходит по-разному. На рисунке приведено распределение электрического и магнитного полей при резонансе в сфере диаметром 5 мкм. Авторы исследовали и другие сферы, например, диаметром 6 и 8 мкм. В сфере диаметром 8 мкм обнаружился необычный эффект усиления магнитного поля при суперрезонансе: магнитное поле усиливается в 15 раз больше, чем электрическое. Обычно в диэлектрических частицах магнитное поле значительно слабее электрического, но резонансные эффекты, как оказалось, позволяют получать неожиданные результаты.

Суперрезонансы чрезвычайно чувствительны к дефектам поверхности, и возможно, в реальных условиях не будут проявляться так ярко, как в *ПерсТ, 2023, том 30, выпуск 10*

теории. Тем не менее, эффект фокусировки поля в такой, казалось бы, простой системе, как сферическая частица, интересен как с теоретических, так и с практических позиций.

З. Пятакова

1. О.В. Минин и др., *Письма в ЖЭТФ* 118, 197(2023).

СПИНТРОНИКА

Гидродинамический режим в магнетике

С развитием технологий получения сверхчистых полупроводниковых материалов и методов исследования электронного транспорта стало возможным обнаружение гидродинамических свойств электронов, положившее начало новому направлению исследований – электронной гидродинамике.

Для гидродинамического режима определяющими становятся упругие столкновения между носителями заряда (в классической теории Друде-Лоренца взаимодействием электронов пренебрегают). В гидродинамическом режиме проявляется множество неожиданных свойств: течение Пуазейля (проводник уподобляется

трубе с неоднородной по сечению скоростью (жидкости), холловская вязкость (сила, противодействующая силе Лоренца в эффекте Холла) и нарушение закона Видемана-Франца, согласно которому отношение коэффициента тепло-

проводности к удельной проводимости пропорционально температуре. Гидродинамическое поведение обнаружено не только для электронов, но и фононов, ультрахолодных атомов и даже кварк-глюонной плазмы.

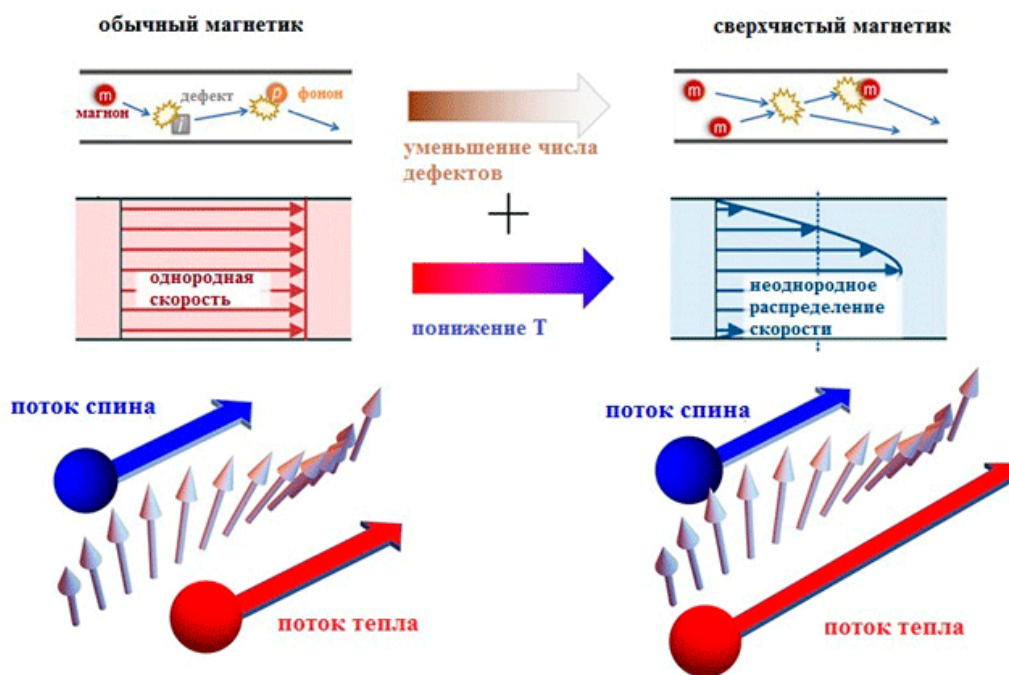


Рис. 1. Магнонный транспорт в обычном и сверхчистом магнитном диэлектриках. Гидродинамический режим графически представлен в виде наиболее узнаваемого образа – течения Пуазейля.

В последнее время интерес ученых, занимающихся спиновым транспортом, сместился в сторону магнонов, поскольку эти квазичастицы позволяют передавать информацию о спине без диссипации за счет джоулевых потерь, характерных для электронов проводимости в металлах. Однако прямых подтверждений существования гидродинамического режима для магнонов пока не было.

Учёные из Univ. of Kyoto (Япония) и других научных центров Японии и Китая теоретически исследовали особенности теплопроводности и спинового транспорта в гидродинамическом режиме [1], чтобы выяснить условия его наблюдения. Анализ уравнений гидро- и термодинамики показал, что для наиболее популярного материала магноники – железиттриевого граната – закон Видемана-Франца нарушается в диапазоне температур 30–70 К. Это означает, что при возникновении гидродинамического режима время релаксации тепловых процессов из-за столкновения магнонов оказывается много меньше времени релаксации спиновых токов. Авторы [1] надеются, что их работа станет стимулом к экспериментальному

открытию гидродинамических явлений в магноники.

А. Пятаков

1. R.Sano, M.Matsuo, *Phys. Rev. Lett.* **130**, 166201 (2023).

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

О работе Десятой Всероссийской конференции с международным участием “Топливные элементы и энергоустановки на их основе” и Седьмой школы молодых ученых “Современные аспекты высокоэффективных топливных и электролизных элементов”

В Черноголовке с 18-го по 21-е сентября 2023 года на базе Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН) состоялась Десятая Всероссийская конференция с международным участием “Топливные элементы и энергоустановки на их основе”. В рамках Конференции работала Седьмая школа молодых ученых “Современные аспекты высокоэффективных топливных и электролизных элементов”. Тематика мероприятий охватывала широкий круг вопросов разработки и создания новых твердооксидных

топливных и электролизных элементов (ТОТЭ и ТОЭЛЭ), энергетических и электролизных установок на их основе, источников энергии и катализаторов, экономической эффективности, импортозамещения и импортоопережения.

Научную программу Конференции открыл доклад вице-президента по водородной энергетике АО “Русатом Оверсиз” (ГК “Росатом”) Антона Валерьевича Москвина, посвященный отечественным разработкам. В том числе в докладе сообщалось об успешных испытаниях опытного образца электролизной установки по получению водорода производительностью 50 Нм³/ч, изготовленного специалистами ООО “НПО “Центротех”. Опытный образец основан на уникальной российской технологии, сочетающей преимущества двух наиболее распространенных промышленных методов электролиза воды – щелочной проточной технологии и электролиза на основе протонообменной мембраны. Также в докладе были показаны транспортные пилотные проекты для отдаленных регионов России, основанные на водородных технологиях.

Сергей Иванович Бредихин представил результаты работы сотрудников ИФТТ РАН в области новой энергетики, в том числе энергетических и электролизных установок на твердооксидных топливных и электролизных элементах за год, прошедший после предыдущей Конференции. В качестве основных достижений им были отмечены внедрение на АО “НЭВЗ-Керамикс” технологии производства мембран анионного проводника с разработкой и двухсторонним подписанием технических условий, разработка стенда для проведения испытаний батарей твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ), импортозамещающие решения по производству ферритной нержавеющей стали для изготовления элементов корпуса батарей твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и ТОЭЛЭ, технология изготовления токовых коллекторов и концевых пластин, разработанная совместно с АО “НПО ЦНИИТМАШ” и ООО “РАСТР-Технология”.

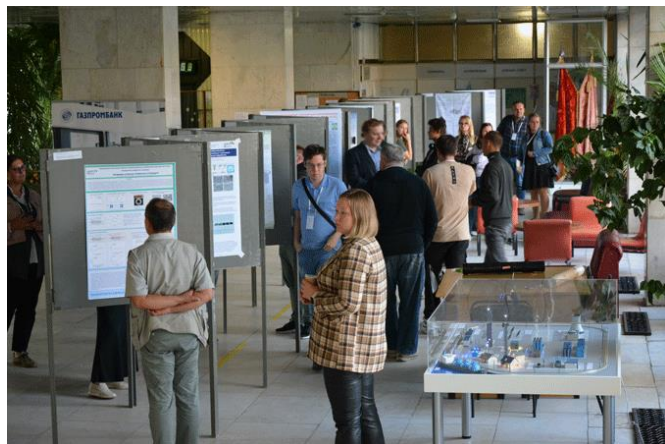
Известно, что успешное развитие обеспечивается сочетанием традиционных подходов с инновационными решениями. Таким решением для Конференции стала организация работы круглых столов: “Электролизные установки: технические требования для различных областей применений, особенности эксплуатации и сервиса”, модераторы Константин Геннадьевич

Большаков (ООО “НПО “Центротех”) и Федор Александрович Григорьев (АО “Концерн Росэнергоатом”) и “Энергоустановки на топливных элементах для транспортных применений”, модераторы Александр Семенович Стихин (ООО “НПО “Центротех”) и Сергей Иванович Бредихин (ИФТТ РАН). В режиме свободной дискуссии участники форума обсудили вопросы отечественного производства эффективных и надежных энергоустановок на основе ТОТЭ, наличия комплектующих материалов с необходимыми свойствами, создания конкурентноспособных технологий, позволяющих достигать высоких характеристик установок, длительного ресурса работы и приемлемой рыночной стоимости. Большой интерес участников круглого стола вызвал доклад Владимира Емельянова (Консалтинговая компания “Яков и Партнеры”) о перспективах российских технологий в области альтернативной энергетики с точки зрения экономической эффективности для конечного пользователя и возможности развития в условиях ограничений. В частности, проведенные исследования показали, что экономические факторы, экологичность и отсутствие движущихся элементов позволят технологии ТОТЭ стать прорывным решением с промышленной нишей до 2030 года.



Особое внимание участников Конференции было уделено результатам научных исследований. О новых катализаторах структурированного типа рассказал Павел Валерьевич Снытников (ИК СО РАН), влияние допирования на кристаллическую структуру и электропроводящие свойства материалов изучалось в работах Александры Владимировны Климовой (УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина) и Ольги Сергеевны Бервицкой (ВятГУ), высокотемпературные герметики исследовались в работах Андрея Олеговича Жигачева (ИФТТ РАН) и Наили Саатовны Саатовой (ВятГУ), новый тип протонообменной мембраны – бесфторной полинафтоиленимид-

ной, был представлен Ульяной Максимовной Заворотной (ИОФ РАН). Значительный интерес участников Конференции вызвал доклад молодого ученого Элины Азатовны Петуховой (ФИЦ ХФ и МХ РАН), в котором рассказывалось о разработке ванадиевой проточной редокс-батареи.



В этом году в работе Конференции участвовало более 230 ученых, исследователей, инженеров, представителей предприятий и бизнеса различных отраслей промышленности (энергетика, атомная индустрия, металлургия, судостроение, транспортная и авиакосмическая отрасли), производителей отечественного и поставщиков зарубежного оборудования. К постоянно участвующим сотрудникам предприятий (ГК “Росатом”, АО “ТВЭЛ”, АО “ОДК”, ГК “ЭФКО”, ПАО “КАМАЗ”, ГК “ИнЭнерджи” и др.), успешно реализующим совместные проекты с научными организациями, присоединились специалисты крупных производственных компаний, таких как: АО “Завод Марс”, АО “ЭХЗ”, АО “Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта” и ряда других предприятий.

Возросшее количество и расширение географии участников очередной раз подтвердили актуальность тематики и высокий научный уровень состоявшихся мероприятий. Учитывая это, организаторы запланировали проведение в 2024 году Одиннадцатой Всероссийской конференции с международным участием “Топливные элементы и энергоустановки на их основе” и Восьмой школы молодых ученых “Современные аспекты высокоэффективных топливных и электролизных элементов”.

О. Камынина

ТОРЖЕСТВО

Нобелевская премия 2023

С 2 по 9 октября 2023 года в Стокгольме и Осло (Швеция) прошла Нобелевская неделя, на которой стали известны имена лауреатов Нобелевской премии в области медицины и физиологии, физики, химии, премии мира и экономики.



По физике

В этом году наградой отметили Pierre Agostini (США), Ferenc Krausz (Германия) и Anne L’Huillier (Швеция) за экспериментальные методы, которые генерируют аттосекундные импульсы света для изучения динамики электронов в веществе.

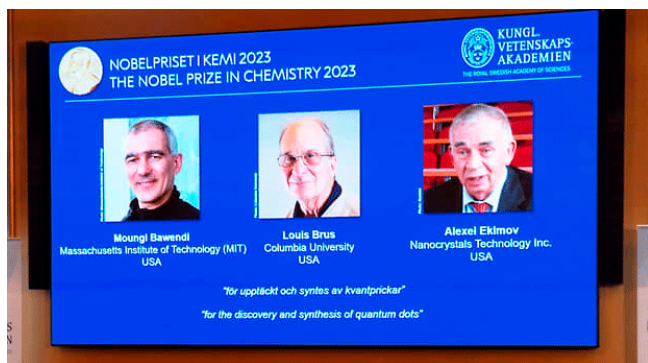


“Трое лауреатов Нобелевской премии по физике 2023 года получили признание за эксперименты, предоставившие человечеству новые инструменты для исследования мира электронов внутри атомов и молекул. Ученые продемонстрировали способ создания чрезвычайно коротких импульсов света - их можно использовать для измерения процессов, в которых электроны движутся или меняют энергию”, - отметили в комитете.

Благодаря открытиям П. Агостини, Ф. Крауза и А. Л’Юлье ученые получили возможность исследовать процессы, происходящие настолько быстро, что раньше их невозможно было отследить.

По химии

Нобелевскую премию присудили “за открытие и синтез квантовых точек”. Лауреатами стали американские ученые Mounqi G. Bawendi, Louis E. Brus и Alexey I. Yekimov.



Премия присуждена за “открытие и синтез квантовых точек — наночастиц, которые настолько малы, что их размер определяет их свойства”, говорится в релизе. Их используют в производстве светодиодных ламп, компьютерных мониторов и QLED-телевизоров, а биохимики и врачи используют их для картирования биологических тканей.

Физики давно знали, что в наночастицах могут возникать квантовые эффекты, зависящие от размера, но не могли это доказать. Однако в 1980-х годах А. Екимову удалось создать размерно-зависимые квантовые эффекты в цветном стекле. “Цвет исходил от наночастиц хлорида меди, и А. Екимов продемонстрировал, что размер частиц влияет на цвет стекла посредством квантовых эффектов”, — пояснили в Нобелевском комитете.

Информационный бюллетень ПерсТ
издается информационной группой ИФТТ РАН

Главный редактор: И. Чугуева, e-mail: ichugueva@yandex.ru

Научные редакторы К. Кугель, Ю. Метлин

В подготовке выпуска принимали участие О. Алексеева, О. Камынина, М. Маслов, А. Пятаков, З. Пятакова

Выпускающий редактор: И. Фурлетова

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64