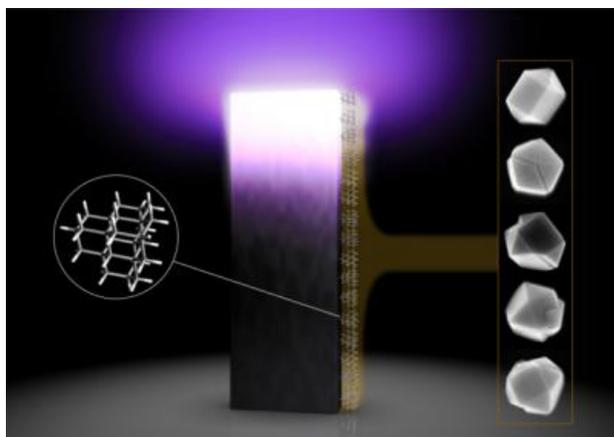




Двадцати шести атомов углерода оказалось достаточно для роста алмаза

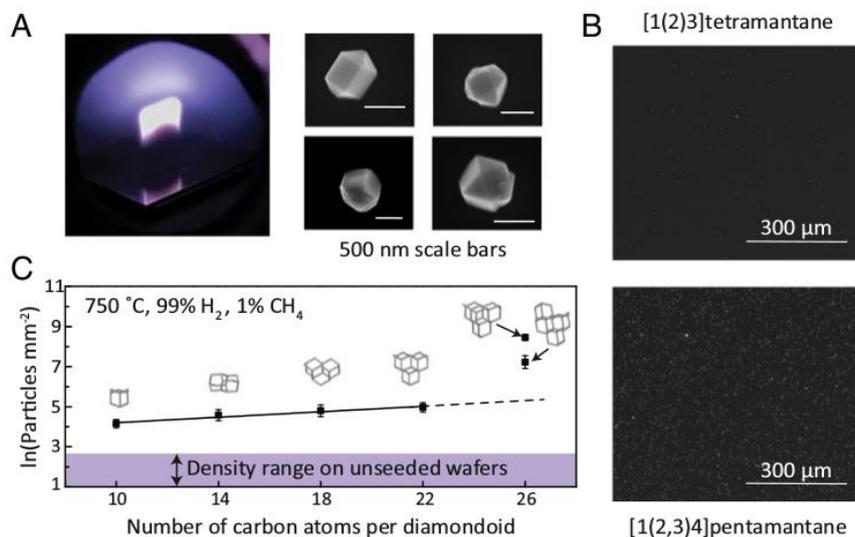


Greg Stewart / SLAC National Accelerator Laboratory

Начальная стадия роста кристалла из жидкости или пара – нуклеация. Во время нуклеации из пересыщенной газовой или жидкой фазы атомы собираются в небольшие кристаллические зародыши, которые могут либо продолжить расти дальше, либо разрушиться. Сначала эти зародыши находятся в метастабильном состоянии, но при достижении определенного размера их дальнейший рост становится выгодным, в результате чего начинается постепенное формирование объемный кристалл. Эти процессы крайне важны при синтезе монокристаллов и подробно описаны в рамках классических теоретических моделей, однако проверить применимость этих моделей на атомарном уровне в эксперименте для каждого отдельного случая практически невозможно из-за недостаточной точности используемых сегодня методов.

Химики впервые экспериментально определили критическое число атомов в кристаллическом зародыше, которое необходимо для роста алмаза при его синтезе из газовой фазы. Оказалось, что для этого достаточно небольшого молекулярного кластера, состоящего всего из 26 атомов углерода. Энергетический барьер нуклеации оказался примерно на четыре порядка ниже, чем предсказывают классические модели. В статье в Proceedings of the National Academy of Sciences ученые написали о том, что эти результаты подтверждают предложенные недавно механизмы многостадийной нуклеации.

Тем не менее, известно, что при синтезе кристаллов алмаза или кремния из газовой фазы измеряемая экспериментально скорость нуклеации оказывается значительно выше, чем предсказывает классическая теория. По мнению ученых, ускорение нуклеации происходит за счет появления в процессе образования кристалла промежуточных метастабильных стадий, но доказать эти механизмы экспериментально ранее не удавалось.



Слева – фотография установки для химического осаждения из газовой фазы, микрофотографии отдельных кристаллов (сверху) и зависимость скорости кристаллизации от числа атомов в кластерах (снизу). Справа – фотографии поверхностей после осаждения на подложку с кластерами частиц меньше критического размера (сверху) и больше критического размера (снизу)

Matthew A. Gebbie et al./ Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018

Впервые исследовать процесс образования зародышей кристаллов алмаза на атомном уровне удалось химикам из США, Японии, Чехии, Германии и Украины под руководством Николаса Мелоша



International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



(Nicholas A. Melosh) из Стэнфордского университета. Для этого ученые рассмотрели процесс химического осаждения атомов углерода на кремниевую подложку из газовой фазы (chemical vapor deposition). Для того чтобы определить критическое число атомов в метастабильном кластере, необходимое для дальнейшего роста кристалла, ученые использовали несколько подложек, на которые они нанесли молекулярные углеводородные кластеры с алмазоподобной структурой (простейшее из таких соединений – алмамантан), содержащие от 10 до 26 атомов углерода. Такие подложки помещались в газовую плазму, содержащую 99 процентов водорода и 1 процент метана, и кластеры служили для осаждающихся атомов углерода метастабильными зародышами, которые могли провоцировать дальнейший рост кристалла.

Оказалось, что скорость кристаллизации экспоненциально зависит от числа атомов углерода в кластере. При этом критическим числом атомов в кластере, при котором дальнейший рост кристаллического зародыша оказывается более выгодным, чем обратный переход в газовую фазу, составляет всего 26 (классическая теория предсказывает несколько тысяч атомов). Ученые отмечают, что в таком кластере нет ни одного атома, который можно было бы отнести к объемной фазе – все они находятся довольно близко к поверхности. Энергетический барьер

нуклеации при этом составил около 10–20 джоулей, что на четыре порядка меньше, чем должно быть согласно классической теории нуклеации. Тем не менее, критическое число атомов согласуется с предложенными недавно моделями (как классическими, так и неклассическими), которые предполагают многостадийный механизм нуклеации.

По словам авторов работы, полученные данные можно использовать для дальнейшей количественной разработки этих моделей. Кроме того, эти результаты объясняют, почему при осаждении из газовой фазы происходит приоритетное образование алмаза, а не графита, чего не могли объяснить существующие модели. Химики отмечают, что результаты исследования могут оказаться полезными для других процессов, в которых нуклеация играет важную роль – таких как синтез наночастиц, образование облаков или процессы биоминерализации.

С точки зрения экспериментального изучения на атомарном уровне, интерес представляет не только нуклеация и рост кристалла, но и обратный процесс – растворение. Например, недавно процесс растворения удалось исследовать с помощью сканирующей интерферометрии, которая показала, что медленное растворение кристаллов в воде происходит импульсами и приводит к распространению вдоль поверхности кольцевых микроволн.

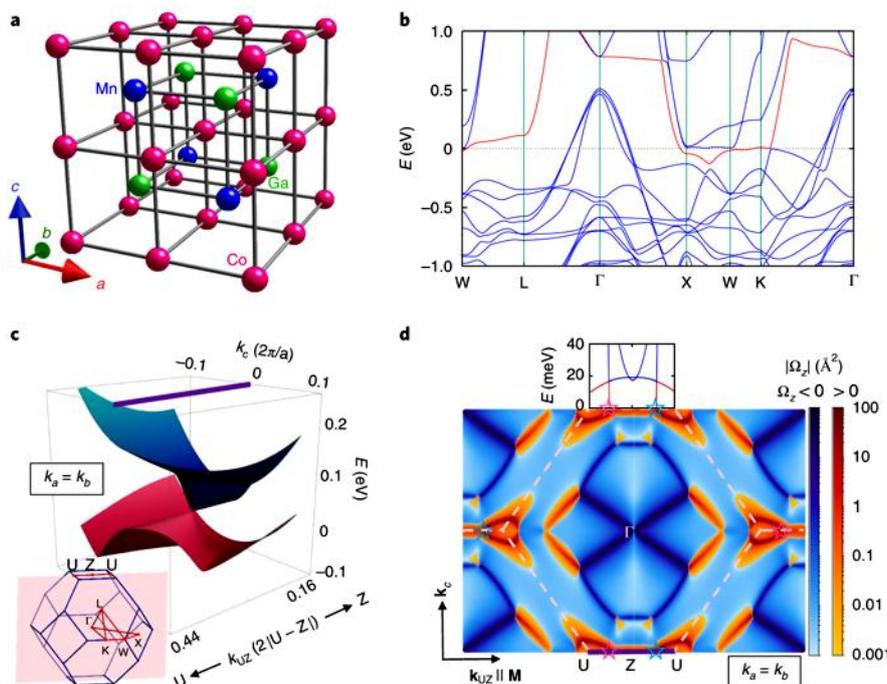
nplus1.ru



Датчики IoT получают идеальный источник питания – термоэлемент Вейля

Новый способ получать электричество из градиента температур в особых материалах, так называемых маг-

нитах Вейля, открыт физиками Токийского университета, рассказавшими об этом в журнале Nature Physics.



В основе этого метода лежит аномальный эффект Нёрнста, никогда прежде не применявшийся для получения электричества. В отличие от широко известного эффекта Зеебека, на котором работают столбики термопар – функциональные элементы термоэлектрогенераторов, – аномальный эффект Нёрнста генерирует разность электрических потенциалов не параллельно, а перпендикулярно градиенту температур.

Авторы открытия наблюдали это явление в магнитном образце сплава Co_2MnGa . Таким образом они получили первое надёжное доказательство существования в данном материале фермионов Вейля – элементарных частиц, которым магнит Вейля обязан своими уникальными свойствами.

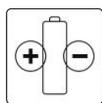
С практической точки зрения, такие устройства гораздо удобнее и проще термоэлементов на базе эффекта Зеебека. Перпендикулярность напряжения позволяет изготавливать их в виде тонких плёнок, принимающих любую форму. Новыми термоэлектрогенераторами, извлекающими электричество из окружающей среды, теплового излучения машин и даже из солнечного света можно будет оснащать компактные автономные датчики IoT и медицин-

ские импланты. «Наши материалы, более распространённые и полностью нетоксичные, также означают, что такие устройства будет намного дешевле производить, – рассказал профессор Сатору Накатсудзи (Satoru Nakatsuji). – А самое лучшее то, что, в отличие от прежних устройств, они эффективны при комнатной температуре, поэтому массовое производство таких устройств – вопрос ближайшего времени».

Пока, к сожалению, этот метод даёт обычно лишь 0,1 % напряжения эквивалентной системы на эффекте Зеебека – примерно 0,1 микровольт вместо 100 микровольт. Поскольку эффективность термоэлементов на магнитах Вейля стремительно улучшается, Накатсудзи считает, что уже имеющихся преимуществ новой технологии может оказаться достаточно, чтобы обеспечить ей популярность.

С 2015 г., когда были открыты магниты Вейля, эффективность генерирования ими энергии была увеличена в тысячу раз, а в последних публикациях сообщается о выходе на уровень 8 мкВ на кельвин, то есть максимальная эффективность улучшилась ещё почти на порядок.

Nanonewsnet no материалам ko.com.ua



Утверждены новые стандарты для литий-ионных аккумуляторов

При поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ Группы РОСНАНО разработаны и утверждены три новых стандарта, касающиеся литий-ионных аккумуляторов для систем накопления электрической энергии и электромобилей.

Речь идет о ГОСТах:

- ГОСТ Р 58152–2018 «Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 3. Требования безопасности»;
- ГОСТ Р 58092.5.1–2018 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Безопасность систем, работающих в составе сети. Общие требования»;
- ГОСТ Р 58092.1–2018 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Термины и определения».

Предложения по разработке национальных стандартов по системам накопления энергии подготовлены рабочей группой при участии Фонда инфраструктурных и образовательных программ, инновационных компаний наноиндустрии – «Лиотех-Инновации», «Системы накопления энергии», других представителей профессионального сообщества, а также Центра стандартизации в инновационной сфере (ВНИИНМАШ).

Стандарты разработаны в рамках «Программы стандартизации в наноиндустрии», реализуемой Фондом инфраструктурных и образовательных программ совместно с Росстандартом. Эти стандарты

позволят вывести на рынок новую продукцию в сфере систем накопления электрической энергии ведущих отечественных предприятий, занимающихся разработкой, изготовлением, проектированием, поставкой, испытаниями, монтажом и наладкой, эксплуатацией СНЭЭ и литий-ионных аккумуляторов для электромобилей.

«До сих пор можно услышать мнение, что “стандарты и инновации несовместимы, стандарты являются барьером для развития инноваций”. На самом деле, дело обстоит ровно наоборот, – отметил директор Департамента стандартизации Фонда инфраструктурных и образовательных программ Юрий Ткачук. – Современные стандарты для инновационной продукции – это ключ к расширению рынка присутствия и выхода на новые рынки как в России, так и за рубежом. Стандарты документально закрепляют научно-технические достижения, реализованные в новой продукции, и таким образом устанавливают повышенный уровень ее технических и потребительских свойств. По сути, уровень стандартизации – это индикатор конкурентоспособности технологических компаний, позволяющий также снизить неэффективные издержки, сократить время на внедрение инновационных технологий и ускорить выход новой продукции на рынки».

«Все это в полной мере относится к внедрению литий-ионных аккумуляторов на развивающихся



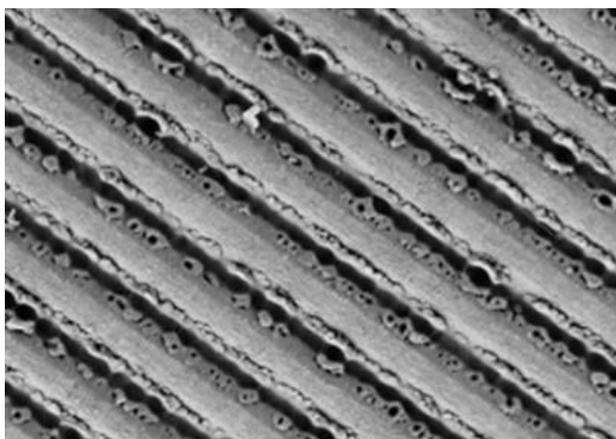
рынках экологического транспорта и систем накопления электрической энергии для развития зеленой энергетики на основе ВИЭ. Новые сферы применения предъявляют дополнительные требования к аккумуляторам и системам, начиная с терминологии и заканчивая повышенными характеристиками качества и безопасности. Первый пул разработанных стан-

дартов закрепил термины, определения и требования безопасности в сфере применения литий-ионных аккумуляторов для систем накопления электрической энергии и электромобилей. На втором этапе будут разработаны стандарты, устанавливающие высокую планку потребительских свойств аккумуляторов и систем», – сообщил Юрий Ткачук.

РОСНАНО



Лазер помог прочнее склеить пластик и алюминий



J. Gebauer et al./ Journal of Laser Applications, 2018

Немецкие ученые разработали новый способ увеличить прочность склейки алюминия и пластика в гибридных материалах. Для создания прочных контактов ученые предложили обрабатывать поверхность металла инфракрасным лазером, после чего с помощью технологии литья пластмасс под давлением присоединять к нему полимерный материал. Как сообщили ученые в Journal of Laser Applications, новый метод позволяет получать прочные контакты, сохраняя при этом механические свойства полимерного материала.

За счет правильного выбора компонентов композита можно совместить в одном материале несколько нужных механических, физических или химических свойств. Однако если некоторые пары материалов соединить в единый «гибрид» нетрудно, то с другими могут возникнуть проблемы. Например, широкому применению весьма перспективных композитов на основе пластика и легких металлов мешает небольшая сила адгезии между ними, особенно на уровне микроструктуры.

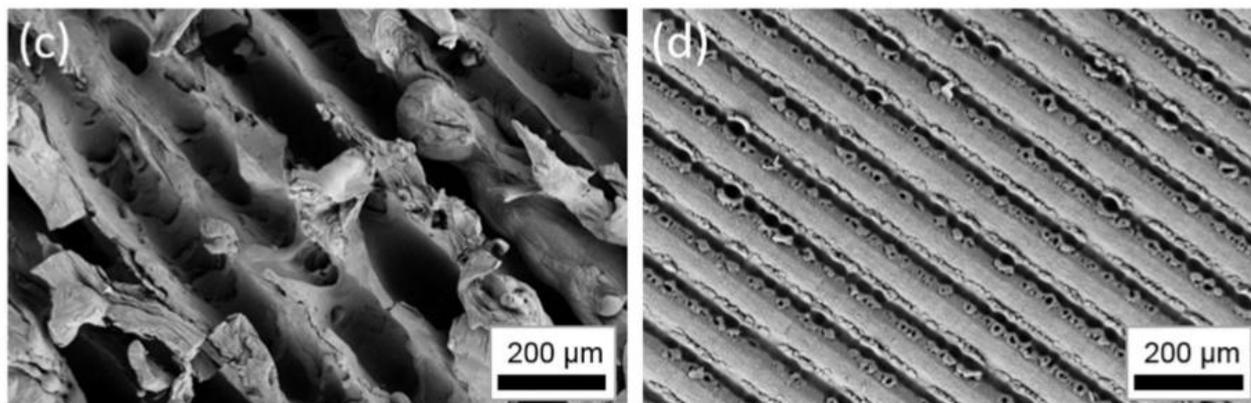
В макроскопических композитах соединение между полимерным материалом и металлом можно усилить за счет механического сцепления – с по-

мощью отверстий или бороздок в металлической части материала. Однако очень часто этот подход не применим, потому что резко ухудшает механические свойства металла. В таких случаях инженеры предлагают увеличивать силу адгезии металла и пластика внутри композитов, специальным образом обрабатывая межфазную границу: делать ее шероховатой, добавлять на нее специальные адгезивы, усиливающие соединение, или обрабатывать перед соединением плазмой, повышая реакционную способность. Тем не менее, большинство этих подходов до сих пор остаются недостаточно эффективными.

Для решения этой проблемы немецкие ученые под руководством Аннетт Клоцбах (Annett Klotzbach) из Института материалов и лучевых технологий Общества Фраунгофера предложили обрабатывать поверхность металла лазером. Известно, что обработка поверхностей непрерывным лазерным излучением в инфракрасном диапазоне или пикосекундными лазерными импульсами (длительность одного такого импульса примерно в триллион раз меньше секунды) позволяет нанести на нее периодический массив параллельных канавок.

В качестве металла авторы исследования выбрали алюминий, который чаще всего используют для получения прочных композитов сравнительно небольшой плотности. Поверхность алюминия обрабатывали с помощью двух подходов – облучая поверхность непрерывным излучением с длиной волны 1 070 нанометров и максимальной мощностью 1,5 киловатта или короткими импульсами длительностью 20 пикосекунд с длиной волны 1 064 нанометров, средней мощностью 20 ватт и частотой 200 килогерц. В зависимости от режима обработки ученым удалось получить канавки различной глубины – 158 микрометров при непрерывном облучении и 40 микрометров при пикосекундных импульсах.

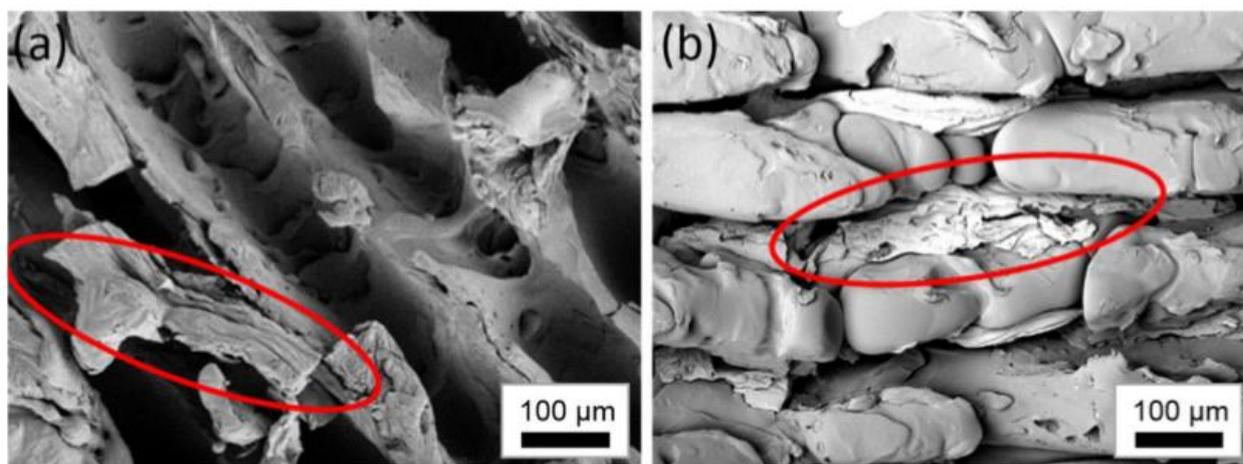




Фотографии поверхности алюминия, обработанного непрерывным лазером (слева) и пикосекундными импульсами (справа)
J. Gebauer et al./ Journal of Laser Applications, 2018

После этого с помощью технологии литья пластмасс под давлением (*injection molding*) ученые получали на основе обработанного алюминия композитный материал. К текстурированной поверхности алюминия с помощью специального устройства

под давлением приклеивался слой из полиамида – термопластического полимера с высокими прочностью и износостойкостью. В обоих случаях удалось добиться образования композита с однородной поверхностью.



Фотографии поверхности алюминия, обработанного непрерывным лазером, до (слева) и после (справа) нанесения полимера
J. Gebauer et al./ Journal of Laser Applications, 2018

В случае с более мелкими канавками два компонента материала – алюминий и полимер – сразу отрывались друг от друга, однако в случае с глубокими канавками удалось получить прочное соединение. Силу склеивания ученые оценили с помощью измерений предельной сдвиговой прочности, которая оказалась выше при непрерывном облучении и составила 11,9 мегапаскаля – это значительно меньше, чем у однородных материалов, например сталей, но выше, чем у аналогичных композитных материалов на основе металла и полимеров. При этом полученный композитный материал оказался очень близок по механическим свойствам к полиамиду. Так, предел прочности при растяжении составил 55 мегапаскалей – 89 процентов от прочности использованного полиамида PA6,6.

Авторы работы отметили, что они не изучали изменение прочности контакта при изменении температуры. Кроме того, для использования предложенной методики в будущем необходима ее доработка для поиска оптимальных параметров излучения, однако уже сейчас ясно, что метод непрерывного лазерного облучения можно применять для создания прочных гибридных материалов на основе пластика и алюминия. Метод импульсного излучения оказался неподходящим для подобных целей.

Часто для увеличения прочности контактов ученые используют на стыках специальные адгезивные вещества. Например, недавно ученые обнаружили, что одним из необычных проводящих вариантов подобного «клея» может быть галлий, с помощью которого можно склеивать между собой пластик, металл и стекло.

nplus1.ru



В одиночном медном нанокристалле удалось разместить несколько диодов

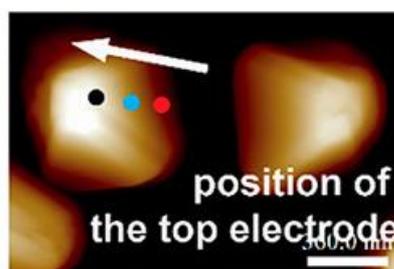
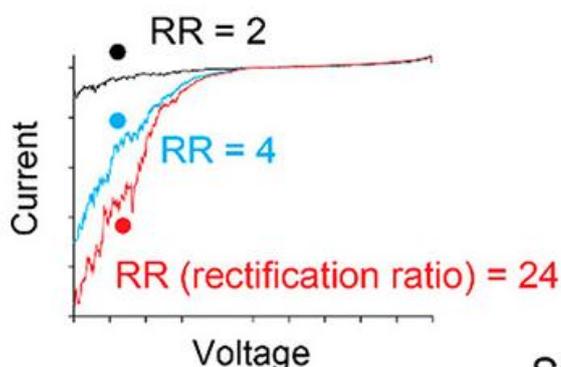
В статье, опубликованной в ведущем нанотехнологическом журнале ACS Nano, сообщается о том, как исследователи из австралийского Университета Куртина использовали всего одну медную наночастицу для создания совокупности различных диодов – базовых компонентов большинства современных электронных устройств.

«Вместо того чтобы соединять проводами большое количество различных типов диодов, как это делается сейчас, мы показали, что тот же результат

получается, когда многие провода аккуратно подключаются к одному физическому объекту, которым в нашем случае является нанокристалл меди», – сказал Ян Фогель (Yan Vogel) из куртиновского Института функциональных молекул и интерфейсов.

В прошлом году двумя сотрудниками этого института был разработан одномолекулярный диод размером около одного нанометра. Нынешнее достижение базируется на этом успехе.

One nanoparticle, many diodes



Single-Particle Circuitry

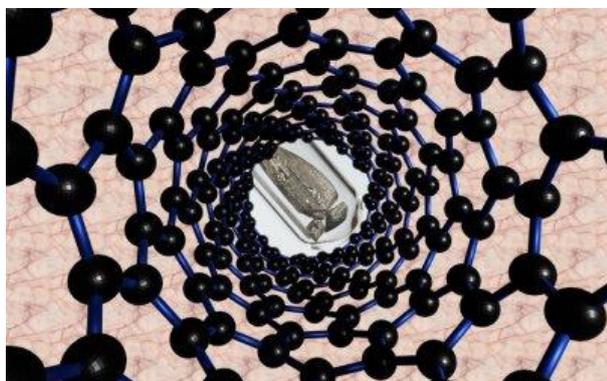
По мнению Фогеля, осуществлённый им и его коллегами прорыв, сделает возможным использование концепции «одна частица, много диодов» для

конструирования сверхминиатюрных и сверхкомпактных электронных схем.

Nanonewsnet по материалам ko.com.ua



Европий помог сделать графен магнитным



Max Pixel/Jurii/Wikimedia Commons/Indicator.Ru

Ученые разработали уникальную технологию синтеза наноразмерных пленок оксида европия – материала, на основе которого может быть создана

новая концепция хранения и передачи информации. Специфические свойства синтезированных пленок позволили российским физикам создать магнитный графен путем интеграции с оксидом европия. Результаты работы сотрудников Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и их коллег из Европейского центра синхротронного излучения (Франция) опубликованы в журналах Nanotechnology и ACS Applied Materials & Interfaces. Исследования поддержаны грантом Российского научного фонда (РНФ).

Оксид европия обладает уникальными свойствами: в объемном материале при переходе металл—изолятор его сопротивление меняется на 13 порядков, а близкая к 100 процентам поляризация спинов (моментов импульса) электронов в ферромагнитном состоянии делает его одним из самых перспективных материалов



спинтроники. В рамках новой работы исследователи смогли создать наноразмерные слои оксида европия (EuO) с рекордным для тонких пленок скачком сопротивления при переходе металл—изолятор. Синтезированные пленки затем легировали атомами гадолиния на уровне сотых долей процента, что позволило обнаружить ряд новых свойств материала, а также контролировать переход металл—изолятор.

«Управляемые переходы между металлическим и изолирующим состояниями материала обеспечивают новые функциональные возможности в нанoeлектронике: в создании электронных переключателей и осцилляторов, мемристоров, сенсоров, оптических приборов, – рассказал один из авторов работы Вячеслав Сторчак из НИЦ «Курчатовский институт». – Существенной проблемой является влияние на переход сложного сочетания различных факторов. В работе исследован чистый случай – магнитополяронный материал, в котором переход металл—изолятор обусловлен только магнитной составляющей».

Переход из металлического в изолирующее состояние в оксиде европия связан с термической активацией магнитных поляронов. Магнитный полярон представляет собой электрон, локализованный на масштабе постоянной кристаллической решетки при сильном обменном взаимодействии с ближайшими магнитными ионами материала. В результате этого

взаимодействия ионы на данном масштабе магнитно упорядочиваются. Образно можно сказать, что магнитный полярон состоит из локализованного электрона с окружающей его наноразмерной ферромагнитной «каплей» в «море» окружающего парамагнитного материала.

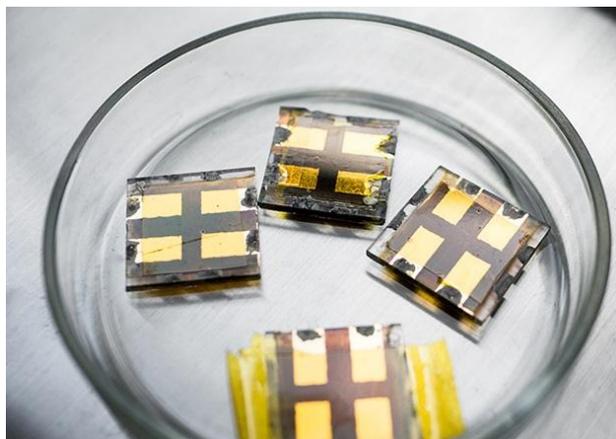
С помощью разработанной методики ученые смогли соединить оксид европия и монослой графена с атомарно резким интерфейсом. Графен немагнитен, то есть электроны проводимости в нем, в отличие от EuO, не поляризованы. Интеграция EuO с графеном позволила сделать углеродный материал магнитным до температур выше 200 кельвинов. Примечательно, что ферромагнитный переход в системе графен/EuO происходит при температуре в три раза выше ферромагнитного перехода в чистом EuO.

«Особенно перспективно с точки зрения приложений то, что полученные системы показывают рекордное для тонких пленок изменение проводимости в переходе металл—изолятор и колоссальное магнитосопротивление. Результаты исключительно важны для понимания физики магнитных поляронов в сильно коррелированных материалах и управления их свойствами, – добавляет Сторчак. – Создание спиновой поляризации электронов в графене позволит использовать этот уникальный материал в спинтронике».

indicator.ru



Российские физики подняли КПД перовскитных солнечных батарей до рекордных 19 процентов



Образцы перовскитных солнечных элементов, произведенные в Международной лаборатории гибридной нанофотоники и оптоэлектроники. ИТМО

Физики из России и Италии повысили КПД наиболее распространенного типа перовскитных солнечных батарей – на основе иодида метиламмония и свинца – до рекордных 18,8 процента, добавив в них кремниевые наночастицы. Предложенный учеными способ модификации прост и стоит недорого, а в будущем поможет увеличить КПД перовскитных

батарей еще на несколько процентов. Статья была опубликована в *Advanced Optical Materials*, препринт работы выложен сайте arXiv.org.

Впервые внимание на перовскитные солнечные батареи обратили в 2009 г., когда группа ученых под руководством Акихиро Кодзимы (Akihiro Kojima) и Цутому Миясака (Tsutomu Miyasaka) изготовила первый солнечный элемент на основе металлоорганических соединений. В качестве рабочего материала этого элемента использовался иодид метиламмония и свинца ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$), кристаллическая структура которого совпадает с минералом перовскитом; это и дало название новому устройству. КПД первых батарей не превышал четырех процентов – это было в несколько раз меньше КПД кремниевых батарей, однако для «сырой», не оптимизированной технологии значение было необычно большим. Кроме того, производство таких батарей были очень дешевым. Поэтому новая технология стала быстро развиваться, и к 2015 г. эффективность перовскитных батарей на базе йодида свинца и йодида формамидиния достигла 20 процентов, практически сравнявшись с обычными кремниевыми батареями. В настоящее время их эффективность превышает 22 процента. Теоретически, КПД перовскитных батарей можно довести



даже до 60 процентов, хотя на практике получить такой результат пока еще не удавалось.

Ключевую роль в работе перовскитной батареи играет поглощающий слой, от толщины которого зависят основные характеристики элемента. С одной стороны, тонкий слой плохо поглощает солнечную энергию, но хорошо проводит и разделяет образующиеся квазичастицы (электроны и дырки). С другой стороны, толстый слой имеет большое сопротивление, но хорошо поглощает свет. Таким образом, существует толщина, при которой эффективность необработанной перовскитной батареи максимальна. Например, КПД «чистой» оптимизированной батареи из иодида метиламмония и свинца – самого хорошо изученного и самого распространенного в этой области материала – составляет 17,7 процента. После добавления в батарею золотых или серебряных наночастиц, ее КПД удалось повысить до 18,2 процентов, а фактор заполнения (fill factor) – до 75,5 процентов, что является своеобразным рекордом (более высокие результаты получены с помощью других материалов). К сожалению, такие наночастицы вступают в химические реакции с иодом и имеют высокие оптические потери, что ограничивает применение «улучшенных» батарей на практике.

Группа ученых под руководством Альдо Ди Карло (Aldo Di Carlo) из Римского университета Тор Вергата и Сергея Макарова из Международной лаборатории гибридной нанофотоники и оптоэлектроники ИТМО поставила новый рекорд эффективности перовскитных батарей на основе иодида метиламмония и свинца, добавив в них специальным образом спроектированные кремниевые наночастицы. Используя теорию рассеяния света на сферической частице (теория Ми), физики подобрали размер наночастиц таким образом, чтобы они «удерживали» свет в перовскитном слое – вступали в резонанс с падающим излучением и перераспределяли его энергию, чтобы она как можно эффективнее поглощалась материалом. Оказалось, что выгоднее всего добавлять в

прибор частицы диаметром порядка 140–160 нанометров – эффективность их рассеяния максимальна для длины волны около 500 нанометров, отвечающей зеленому излучению, которое ярче всего представлено в солнечном излучении. Изготовить такие частицы сравнительно легко – достаточно сфокусировать лазерное излучение на кремниевой пластинке, помещенной в толуол (laser ablation of a silicon wafer in toluene).

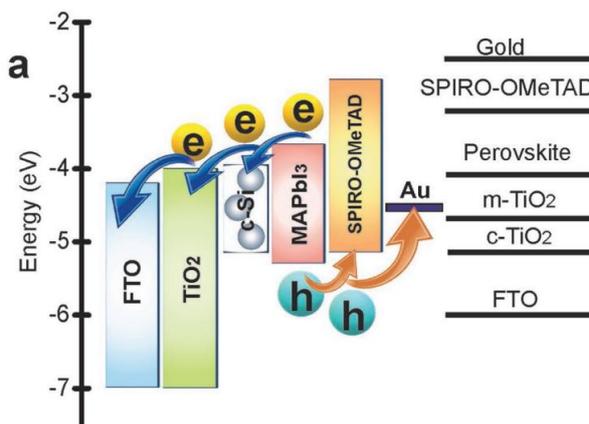
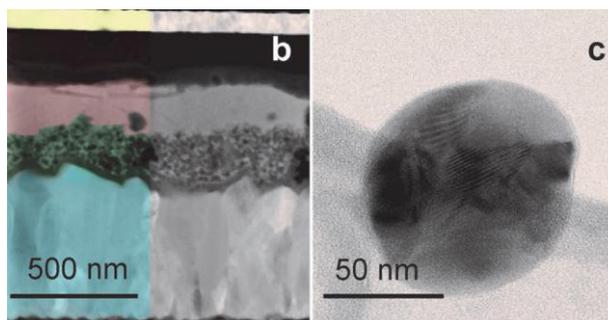
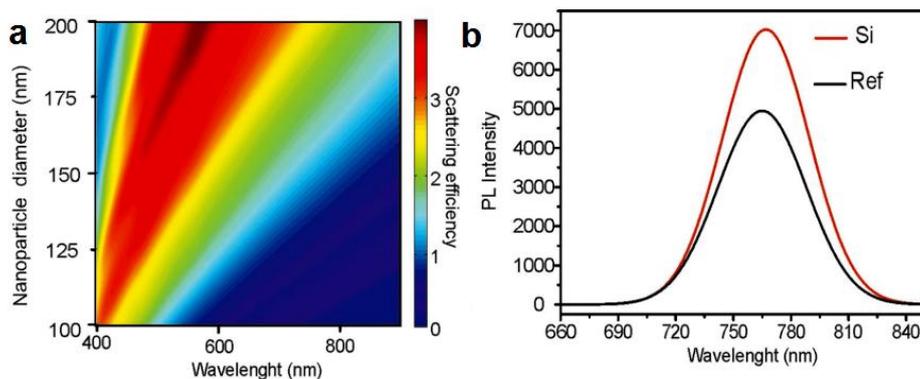


Схема устройства и работы солнечной батареи
A. Furasova et al. / Adv. Optical Mater.



Фотографии батареи (поперечный срез) и наночастицы
A. Furasova et al. / Adv. Optical Mater.



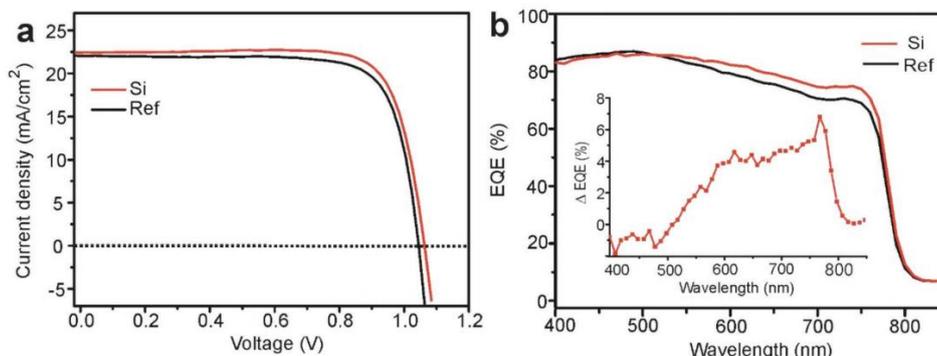
Эффективность рассеяния света кремниевой наночастицы (a) и интенсивность фотолюминесценции перовскитной батареи (b)
A. Furasova et al. / Adv. Optical Mater.

Затем ученые нанесли получившийся коллоидный раствор наночастиц между перовскитным слоем и прижатым к нему слоем диоксида титана, а затем

«отожгли» устройство и скрепили его слои. В результате КПД батареи составил примерно 18,8 процента, а фактор заполнения – 79 процентов. Это наи-

лучшие показатели для батареи на основе иодида метиламмония и свинца. Кроме того, авторы статьи отмечают, что предложенный способ эффективности можно легко реализовать на практике, а потому он стоит совсем недорого.

В будущем ученые собираются применить разработанную технологию уже на «рекордных» батареях, имеющих КПД около 22 процентов в необработанном виде. Если исследователям удастся повысить эффективность этих батарей хотя бы на процент, это будет настоящим прорывом.



Плотность тока (а) и квантовая эффективность (б) перовскитной батареи – до (черный) и после (красный) обработки наночастицами
A. Furasova et al. / Adv. Optical Mater.

К сожалению, перовскитные батареи имеют недостаток – сравнительно недолго живут: даже самые лучшие образцы могут проработать не более 1 500 часов. Тем не менее, ученые уже пытаются бороться с этим – например, снимают внутреннее напряжение, добавляют в структуру фторированный гра-

фен или совмещают перовскиты с обычными кремниевыми батареями. Впрочем, даже с учетом такого короткого срока службы польский стартап Saule Technologies обещает запустить коммерческое производство перовскитных батарей уже к концу текущего года.

nplus1.ru



Синтетический песок поможет с очисткой сточных вод



Загрязнение планеты оказывает, вне всяких сомнений, пагубное влияние на флору и фауну, и даже при наличии различных фильтров и систем очистки большая часть отходов так или иначе попадает в окружающую среду. «Отлавливать» отходы непосредственно перед их попаданием в атмосферу или очищать уже загрязненные участки сможет искусственный песок.

Группа исследователей из университета Беркли предлагает использовать для этих целей оксид марганца, который поможет очистить воду от гербици-

дов, пестицидов и даже бисфенола А (компонента, который добавляют в огромное количество изделий, например, в пластик). Как сообщается в журнале Environmental Science & Technology, ученые под руководством Джозефа Шарбонета для начала просто смешали песок с обычным марганцем, но тут же столкнулись с проблемой: такой фильтр очень хорошо впитывает вредные вещества, но крайне быстро «засоряется».

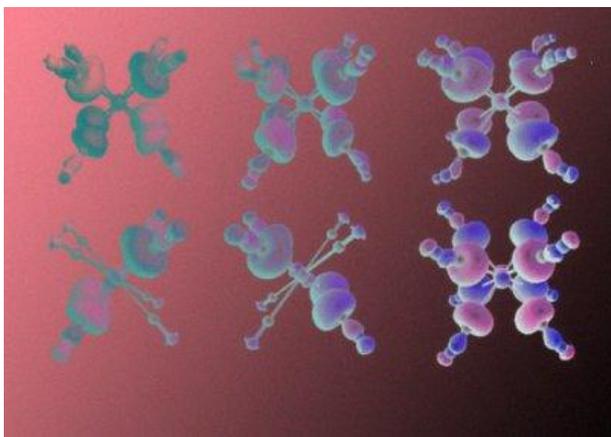
Для решения проблемы было решено использовать хлор, который позволил в несколько раз увеличить срок службы такого песка. Более того, авторы признаются, что состав показывает такие же результаты и в соединении с «искусственным песком» – смесью компонентов, по консистенции напоминающей обычный песок. При этом места, где будет расположен такой «песочный фильтр» вовсе необязательно поливать хлором. Можно оставить, например, несколько биоразлагаемых капсул с веществом и проводить профилактическую замену раз в несколько месяцев. Кроме того, стоит отметить, что отработанные фильтры очень легко поддаются утилизации.

hi-news.ru





Правило 18 электронов расширили на комплексы щелочно-земельных металлов



Xuan Wu et al./ Science, 2018

Химики впервые синтезировали карбонильные комплексы щелочно-земельных металлов, в которых атомы кальция, стронция и бария связываются с восемью молекулами монооксида углерода. Состав комплексов соответствует правилу 18 электронов, которое изначально было сформулировано для комплексов переходных металлов. Как написали ученые в *Science*, если для бария проявление свойств переходных металлов в таких реакциях можно было ожидать, то химию других щелочно-земельных металлов возможность образования таких комплексов значительно расширяет.

Хорошо известно, что многие металлы способны связывать молекулы монооксида углерода CO, образуя устойчивые карбонильные комплексы. Молекулы CO выступают в этих комплексах в роли лигандов, цепляясь за атом углерода к крупному иону металла. Образование устойчивых карбониллов характерно для переходных металлов: такие соединения наиболее известны у элементов из триады железа – железа, кобальта и никеля, – но также они встречаются у хрома, молибдена, вольфрама, платины и других.

Количество молекул CO, которые присоединяются к атому металла, зависит от элемента: например, никель образует комплекс $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$, железо – $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$, а хром – $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$. В некоторых случаях координационное число может быть еще больше, при этом часто происходит образование ди- и полиядерных комплексов. В общем случае при определении координационного числа выполняется правило 18 электронов.

В упрощенном виде это правило можно рассматривать в следующем виде: поскольку на валентном уровне атома переходного металла девять орбиталей (одна *s*-орбиталь, три *p*-орбитали и пять *d*-орбиталей), то наиболее устойчивый комплекс образуется, когда эти орбитали полностью заполнены, то

есть если на них располагается 18 электронов – по два на каждой орбитали. Часть этих электронов принадлежит самому металлу, а часть – приходит к нему от лигандов, с которыми он образует связь. Например, у никеля изначально на внешнем уровне 10 электронов, поэтому остается место еще под четыре электронные пары от углерода. Таким образом, устойчивая конфигурация карбонильного комплекса никеля соответствует составу $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$.

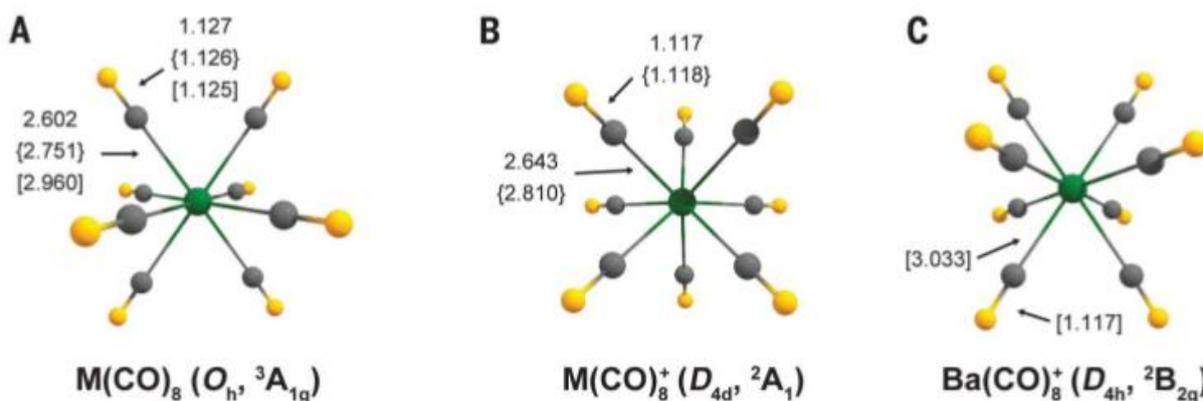
Это же правило выполняется не только для карбонильных комплексов, но и для металлов с другими лигандами. При этом считалось, что правило 18 электронов работает только для переходных металлов, у которых частично заполнены *d*-орбитали. Химики из Китая и Германии под руководством Гернота Френкинга (Gernot Frenking) из Нанкинского технического университета обнаружили, что этот же принцип может описывать не только переходные металлы, но и щелочно-земельные: кальций, стронций и барий.

Молекулярные карбонильные комплексы в заряженном состоянии ученые получили с помощью лазерного испарения в низкотемпературной твердой неоновой матрице. В газовой фазе молекулярные комплексы получить не удалось, зато были синтезированы однозарядные катионные комплексы. Продукты реакций ученые проанализировали с помощью масс-спектрометрии и инфракрасной спектроскопии фотодиссоциации. Оказалось, что все три исследованных щелочно-земельных металла действительно формируют карбонильные комплексы, связывая молекулы угарного газа.

При этом известно, что на внешнем уровне всего два электрона, поэтому для выполнения правила 18 электронов им необходимо заполнить еще 8 орбиталей. В связи с этим предполагалось, что в комплексах на один атом металла должно приходиться сразу восемь молекул угарного газа. Данные спектроскопии в инфракрасной области показали, что действительно и барий, и стронций, и кальций образуют комплексы состава $[\text{M}(\text{CO})_8]$. В качестве примесей также были обнаружены и другие карбонилы, содержащие, например, три или четыре молекул CO в своем составе, однако основным продуктом оказался именно восьмилигандный комплекс.

Устойчивость комплексов ученые подтвердили с помощью численного моделирования. Оказалось, что в основном энергетическом состоянии соединения имеют кубическую структуру, а в заряженном состоянии симметрия понижается, и комплекс принимает форму параллелепипеда в случае бария или скрученной призмы в случае кальция и стронция.





Структура незаряженных карбонильных комплексов (слева) и радикальных катионных комплексов: кальция или стронция (по центру) и бария (справа). *Xuan Wu et al./ Science, 2018*

Ученые отмечают, что если для бария, для которого характерны некоторые свойства переходных металлов, можно было предсказать возможность образования этих комплексов, то для более легких металлов формирование этих соединений стало неожиданностью. По словам авторов, эти данные расширяют химию тяжелых щелочно-земельных металлов и в будущем могут использоваться при планировании экспериментов, в которых эти металлы будут вести себя аналогично переходным.

Образование комплексных соединений, в которых центральный атом имеет нулевую степень окисления, – редкость для щелочных и щелочноземельных металлов. Только в 2016 г. химикам впервые удалось получить такой комплекс щелочноземельного металла. Интересно, что этим металлом оказался самый маленький из элементов этой группы – бериллий.

nplus1.ru

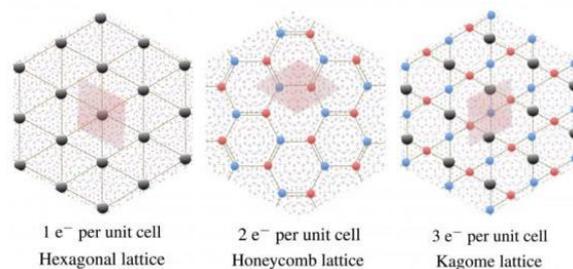


Из графена случайно создали материал, появление которого предсказали в 1930-х годах

Созданный в середине 2000-х гг. графен нашел свое применение в самых разных областях. Но этот материал не перестает удивлять своими необычными свойствами. Даже при самых обычных экспериментах, графен может помочь создать новые уникальные материалы. Примечательно, что структура графена была предсказана еще в прошлом веке и примерно в то же время было выдвинуто предположение о существовании Вигнеровских кристаллов – структур, которые не встречаются при стандартных условиях окружающей среды. Группе исследователей из Массачусетского технологического института удалось при помощи графена создать стабильный Вигнеровский кристалл.

Для начала попытаемся разобраться, что же представляет собой этот самый кристалл. Как отметил один из авторов работы Бикаш Падхи в интервью изданию *Science Daily*: «Представьте, что по комнате перемещаются люди, и каждый из них носит на себе сферу. Все сферы имеют одинаковый диаметр. При этом если сфера маленьких размеров – люди могут ходить свободно, но чем больше сфера – тем сложнее людям будет ходить, и тем чаще они будут врезаться друг в друга. А теперь замените людей электронами, а сферы – силой их отталкивания. Это и будет Вигнеровский кристалл. При обычных услови-

ях электроны почти не взаимодействуют друг с другом, а в форме кристалла при молекулярном сходстве с газом внешне материал похож на твердое тело».



Предполагаемая структура кристаллов Вигнера из двухслойного графена. На рисунке А критерии построения экспериментально не выполняются, что приводит к переносу электронов. На рисунках В и С показано состояние, когда 2 или 3 электрона находятся внутри решетки кристалла

Вигнеровские кристаллы наблюдались и ранее, но это было при крайне низких температурах, и такие кристаллы существовали очень недолго. Однако при экспериментах с двухслойным графеном (tBLG) физики из MIT обнаружили весьма необычные свойства получившегося материала: сверхпроводимость и перенос электронов с одного слоя на другой. На тот



момент способность tBLG «передвигать» внедренный электрон объяснили диэлектрическими свойствами. Но коллеги сотрудников MIT из Университета Иллинойса решили повторить их опыт и изучить материал более подробно.

Ученые из Университета Иллинойса считают, что двухслойный графен – один из вариантов вигнеровского кристалла, и этого состояния удалось добиться благодаря внедрению между двумя слоями графена большего количества электронов. На данный момент изучение нового материала продолжается.

hi-news.ru



Японские ученые приблизились к использованию энергии термоядерного синтеза



Уже достаточно давно ученые пытаются создать условия для проведения стабильной управляемой реакции термоядерного синтеза. Однако производство такого реактора сопряжено с массой трудностей и даже самый масштабный на сегодня проект в этой сфере ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) был отложен до 2025 г. Физики из Токийского университета, по сообщению издания ScienceAlert, стали еще на шаг ближе к использованию энергии термоядерного синтеза – им впервые удалось создать магнитное поле с полностью контролируруемыми параметрами.

Это было необходимо потому, что одним из способов для запуска самоподдерживающейся термоядерной реакции является удержание сжатой

высокотемпературной плазмы и ее заряженных частиц с целью поднятия общей температуры реактора. Этот способ носит название EMFC (electromagnetic flux-compression), или «электромагнитное сжатие потока». Разработанное японскими учеными устройство способно вырабатывать магнитное поле силой в 1 200 Тесла. Во время серии экспериментов японским физикам удалось не только создать такое поле, но и заставить его работать на протяжении 100 микросекунд. Этот результат во много раз превосходит все предыдущие показатели. При этом, что тоже очень важно, во время работы новой установки элементы ее конструкции не подвергаются разрушению и изменению под воздействием ее же собственного магнитного поля. Как заявили разработчики технологии из Токийского университета: «Создаваемое новым устройством магнитное поле более чем в 120 000 раз сильнее, чем поле, вырабатываемое обычными магнетиками на холодильник. При этом его характеристики и длительность действия максимально близки к минимальным характеристикам магнитного поля, необходимого для проведения стабильных реакций термоядерного синтеза. Все это делает нас еще на шаг ближе к моменту, когда мы получим в свое распоряжение практически неисчерпаемый источник энергии».

hi-news.ru



Велосипедисты доехали из Франции в Китай на солнечной энергии

В настоящее время питание автомобилей солнечной энергией сложно реализовать, так как на автомобили невозможно установить большие солнечные панели, а их двигатели требуют большого объема энергии. Однако питание от энергии солнца можно использовать в велосипедах, что доказали участники соревнования Sun Trip, которые преодолели 13 000 км на электрических велосипедах.

В гонке не было определенного маршрута – от участников требовалось как можно быстрее доехать из Франции до Китая на электрических байках. Са-

мое интересное, что велосипеды можно было питать только от солнечных аккумуляторов. Для установки солнечных панелей разрешилось использовать прицепы.

Издание Electrek взяло интервью у 24-летнего участника гонки Джека Батлера (Jack Butler), который преодолел 12 800 км за 64 дня и занял шестое место. Он объяснил, что давно хотел побывать в Азии, но экологически безопасным способом – без самолетов и поездов. Участие в Sun Trip оказалось наилучшей возможностью осуществить мечту.





Специально для гонки Джек оснастил велосипед Surly Troll мощным электромотором. Для его питания использовался аккумулятор мощностью 1 кВт·ч, который заряжался четырьмя панелями мощностью 75 ватт каждая.

Велосипедист признался, что во время путешествия столкнулся с большими трудностями, но при этом встретил интересных людей. Например, в пустыне Гоби он попал в бурю, а в Казахстане им заинтересовалась полиция, но все обошлось наилучшим образом.

hi-news.ru



Светоотражающая краска эффективно охлаждает нагретые солнцем поверхности



Как написал sciencenews.org, полимерная краска, которая может охлаждать поверхности, наносится на различные материалы, включая пластмассы, металлы и древесину, может использоваться для покрытия домов, автомобилей или закрытых помещений.

Материаловед Юань Ян из Колумбийского университета и его коллеги изготовили термостойкую краску с использованием воды, ацетона и полимера, называемого поливинилиденфторид-гексафторпропиленом.

Когда краска высыхает, выпаренный ацетон и вода оставляют полимерную пленку, пронизанную крошечными воздушными карманами. Эти полости – размером от сотен нанометров до нескольких микрометров в поперечнике – отражают более 96 % поступающего солнечного света. Другие белые краски с охлаждающей функцией могут отклонить только около 85 % солнечного света.

«Пористая структура пленки позволяет любому теплу, поглощенному материалом, легче освободиться и попадать в воздух, чем это могло бы быть при использовании твердого полимерного листа, – объяснил соавтор исследования Нанфан Ю – прикладной физик из Колумбийского университета. – В полевых испытаниях поверхность, покрытая этой полимерной краской, оставалась на 6 градусов холоднее по сравнению с окружающим воздухом в Фениксе (штат Аризона, США)».

Внедрение краски для защиты зданий и автомобилей от высоких температур может сократить использование систем кондиционирования воздуха, которые поглощают большое количество электроэнергии и часто требуют применения загрязняющих воздух охлаждающих жидкостей.

scientificrussia.ru по материалам www.sciencenews.org

