

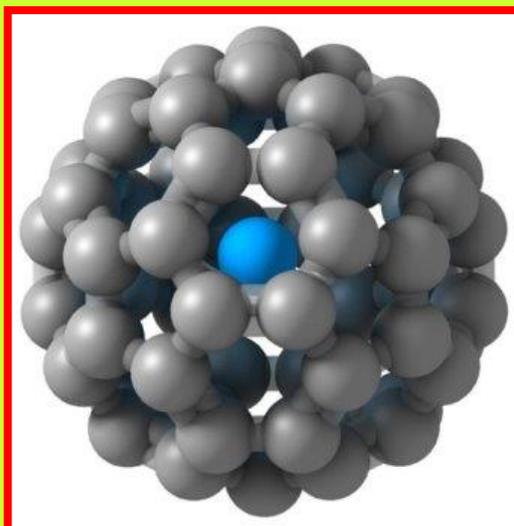
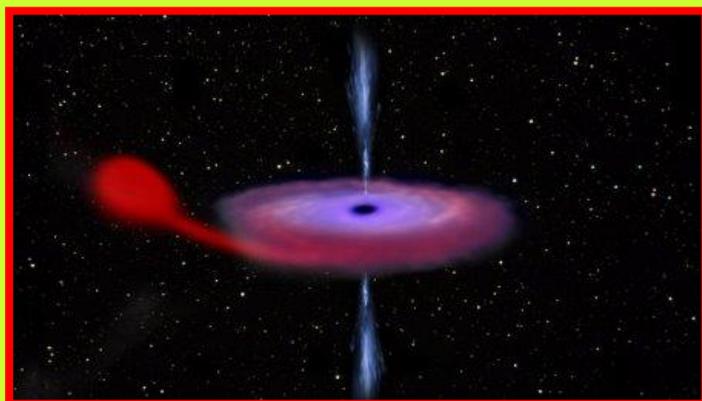
Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.

Кафедра «Физическое материаловедение  
и биомедицинская инженерия»

*«Инновации – путь к прогрессу»*

*техноинновационный дайджест*

*№ 13, сентябрь 2018*



# Содержание

Ученые разработали новый сверхтвердый материал для бурения .....	3
В МФТИ разработали инновационный биосенсорный чип.....	5
Ученым впервые удалось создать молекулу путем прямых манипуляций с двумя атомами.....	9
Найден способ бесконтактно измерять напряжения внутри композитов .....	11
Физики создали устойчивое плазменное кольцо при атмосферном давлении.....	13
Новый прибор измерит деформации космических материалов в вакууме .....	16

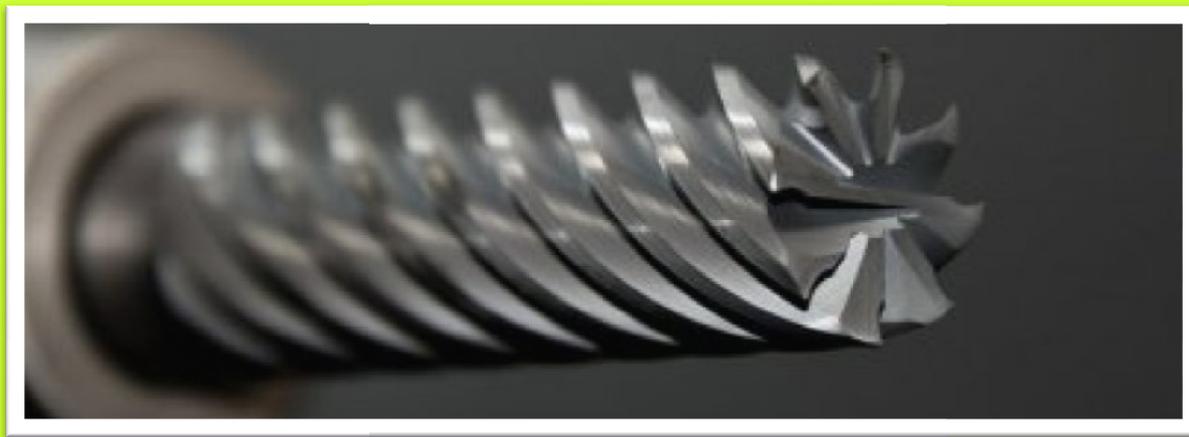
## Ученые разработали новый сверхтвердый материал для бурения

Химики из России и Китая предсказали новый сверхтвердый материал, который можно будет применять в бурении, машиностроении и других областях. Он превосходит по своим свойствам победитовые сплавы, которые применяются в этих областях сегодня. Результаты исследования [опубликованы](#) в журнале The Journal of Physical Chemistry Letters.

Головки для буровых установок делают в основном из победита – сплава карбида вольфрама с кобальтом – с вкраплениями синтетических алмазов. Его создали в СССР в 1929 году, и с тех пор не появилось материала, который составил бы победиту конкуренцию в бурении, машиностроении, металлообработке и других областях. Существуют материалы тверже победита, но они либо сильнее подвержены трещинам, либо требуют более высокого давления при производстве.

Ученые из Сколковского института науки и технологий под руководством Артема Оганова создали алгоритм USPEX, с помощью которого предсказали новый материал борид вольфрама – WB5. Его можно синтезировать при нормальном давлении, при этом он может конкурировать с победитом по двум самым важным параметрам: твердости и устойчивости к трещинам. Уступая победиту по трещиностойкости на 20%, новый материал превосходит конкурента по твердости на 50%.

Чтобы обнаружить материал, ученые «перебрали» с помощью алгоритма множество групп химических соединений. В ходе работы исследователи получили несколько стабильных веществ с интересными свойствами, но с победитом они сравниться не могли. «В какой-то момент я даже подумал, что нам не удастся победить победит, и не зря этот материал удерживал свою нишу почти столетие», – рассказал руководитель исследования, профессор Сколтеха, Артем Оганов.



Перебрав множество вариантов, ученые наконец обнаружили подходящее вещество. К их удивлению оно оказалось в ряду уже давно изученных соединений. «Система вольфрам-бор была предметом огромного числа экспериментальных и теоретических исследований, и странно, что это соединение не было обнаружено до сих пор», – рассказал один из авторов исследования, научный сотрудник Сколтеха Александр Квашнин.

По материалам <https://indicator.ru/news/2018/06/13/pobedit-pobedit/>

## **В МФТИ разработали инновационный биосенсорный чип**

Российские учёные из Московского физико-технического института разработали биосенсорные чипы беспрецедентно высокой чувствительности на основе меди вместо традиционного для таких устройств золота. Такая замена не только несколько снизит цену, но и существенно облегчит производство биосенсоров с технологической точки зрения. [Результаты исследования](#) представлены в журнале *Langmuir*, получившем название в честь американского химика Ирвинга Ленгмюра, который получил Нобелевскую премию по химии 1932 года «за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений».

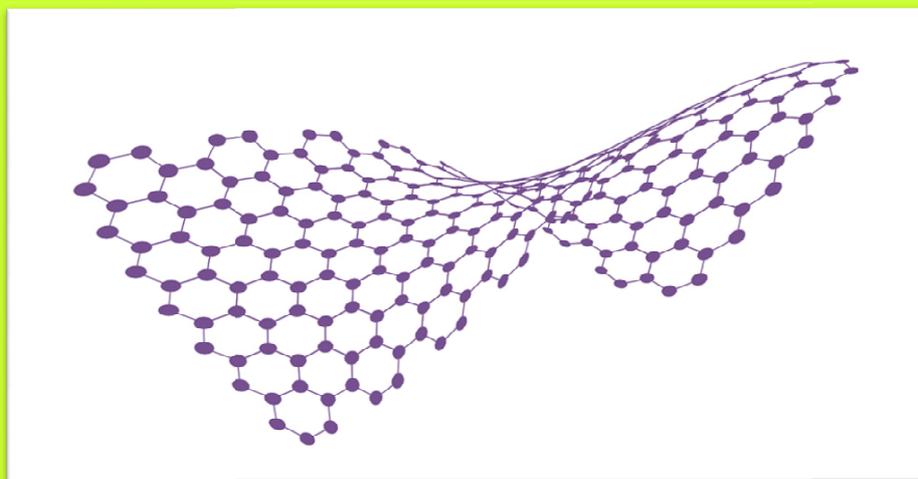
В настоящее время биосенсорные чипы используются ведущими фармацевтическими компаниями для разработки всех видов лекарств. Такие чипы являются незаменимым инструментом для изучения кинетики молекулярных взаимодействий, а ещё они могут стать основой всевозможных химических анализаторов — для выявления опасных веществ в окружающей среде или продуктах питания, поиска молекул-маркеров заболеваний, обнаружения утечек в химической промышленности и т. п.

Ключевой особенностью разработки российских учёных из лаборатории нанооптики и плазмоники Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ является использование при создании основного чувствительного элемента биосенсора таких материалов, как медь и оксид графена. Это позволило достичь беспрецедентной чувствительности без значительных изменений в конфигурации биосенсорного чипа, что делает его совместимым с существующими коммерческими биосенсорами, например, такими как *Biascore*, *Reichert*, *BioNavis* или *BiOptix*.

«Наша разработка – важный этап в развитии технологии производства биологических сенсоров, основанных на фотонных и электронных

технологиях, – говорит Валентин Волков, руководитель лаборатории нанооптики и плазмоники МФТИ. — Взяв за основу стандартные технологические процессы и медь, объединив их с таким перспективным материалом, как оксид графена, мы продемонстрировали их высокую эффективность и тем самым открыли новое направление исследований в области разработки биологических сенсоров».

Золото – традиционный материал для оптоэлектроники и фотоники. Чувствительный элемент практически всех коммерческих биосенсоров включает золотые плёнки толщиной несколько десятков нанометров. Причины этому – отличные оптические свойства золота и его высокая химическая стабильность. Но у золота есть и серьёзные недостатки. Во-первых, его высокая стоимость. Если сравнивать высокочистые материалы, то золото более чем в 25 раз дороже меди. Во-вторых, золото – материал, несовместимый с микроэлектронным производством, что серьёзно ограничивает массовое производство устройств на его основе.



Этих недостатков лишена медь. Она обладает оптическими свойствами не хуже золота и используется в качестве проводника электричества в современной микроэлектронике, но, что и мешало её использованию в биочипах, быстро окисляется. Проблема окисляемости меди при взаимодействии с окружающей средой была решена исследователями из МФТИ за счёт нанесения поверх металла тонкого, всего 10 нанометров, диэлектрического слоя, который также

изменил оптические свойства биосенсорных чипов и сделал их более чувствительными к анализируемым объектам.

Вторая важная особенность новой разработки, позволившая добиться беспрецедентной чувствительности – использование специального слоя из оксида графена поверх медного покрытия и диэлектрика. Оксид графена впервые получен известным химиком, профессором Оксфордского университета, Бенджамином Броди ещё в 1859 году, однако в наше время этот материал фактически получил второе рождение с открытием российскими учёными из Манчестерского университета, выпускниками МФТИ Андреем Геймом и Константином Новосёловым первого двумерного материала — графена. За передовые исследования с графеном они в 2010 году получили Нобелевскую премию по физике. Оксид графена представляет собой углеродную кристаллическую решётку графена с дополнительными оксидсодержащими функциональными группами, которые были использованы в качестве устойчивых неподвижных «якорей» для прикрепления белковых молекул к поверхности. [Ранее](#) авторами данной разработки оксид графена уже был использован для увеличения чувствительности стандартных биосенсоров на основе золота. С медью этот материал также продемонстрировал высокую чувствительность.

Использование меди вместо золота в биосенсорных устройствах открывает путь к созданию компактных биосенсорных устройств для мобильных гаджетов, носимой электроники и «умной» одежды благодаря возможности производить биосенсорные чипы с помощью отработанных технологий микроэлектроники. Учёные всего мира и гиганты электронной индустрии, такие как IBM и Samsung, активно работают над созданием компактных биосенсоров, которые можно будет встраивать в электронику, подобно тому как сейчас в наших электронных устройствах присутствуют различные нано- и микроэлектромеханические сенсоры движения (акселерометры и гироскопы). Роль биосенсоров в будущем трудно переоценить, можно с уверенностью сказать, что благодаря им техника приобретёт новый, отсутствующий в настоящее время орган чувств. И в данном

случае это не просто метафора: крупнейшие корпорации работают над внедрением искусственного интеллекта, созданием умных гаджетов и разработкой биоинтерфейсов, которые обеспечивают взаимодействие мозга с компьютером. Сочетание этих технологий позволит в будущем создавать полноценные кибернетические организмы.

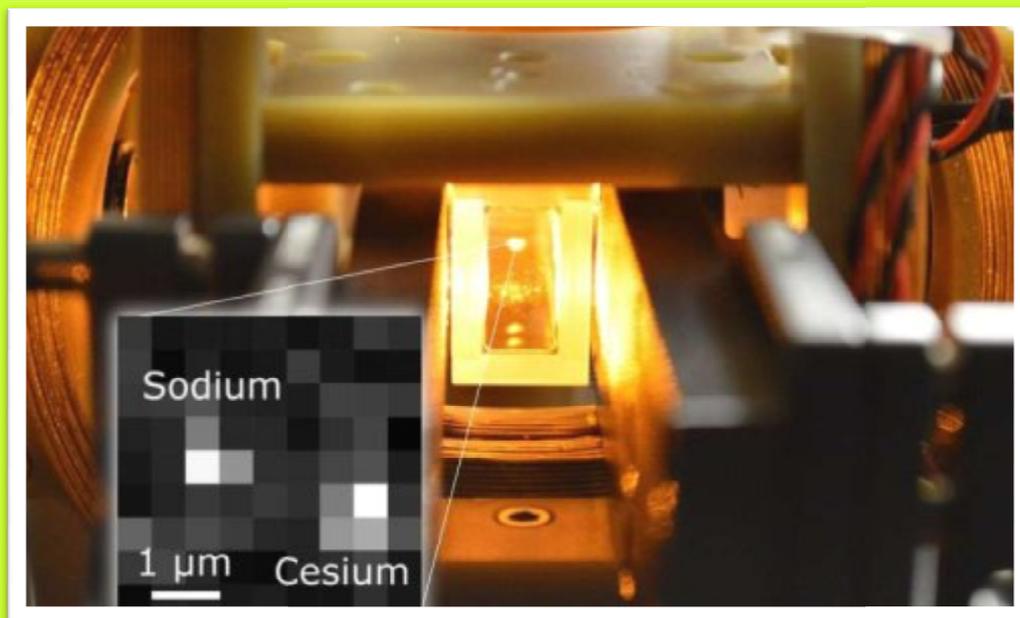
«Известно, что медь не приемлет воздействия окружающей среды. Мы показали, что защитные диэлектрические плёнки толщиной всего лишь десятки нанометров не только эффективно защищают медь, но в ряде случаев позволяют повысить чувствительность биосенсора, – говорит Юрий Стебунов, ведущий автор исследования и старший научный сотрудник лаборатории нанооптики и плазмоники МФТИ. – Мы не останавливаемся на чисто научных исследованиях, наша разработка до конца года станет доступной для потенциальных потребителей. Предложенные нами технологии могут быть использованы для создания миниатюрных сенсоров и нейроинтерфейсов, и это то, над чем мы сейчас работаем».

По материалам <https://scientificrussia.ru/news/v-mfti-sdelali-pervye-v-mire-biosensornye-chipy-iz-medi-i-okside-grafena>

## Ученым впервые удалось создать молекулу путем прямых манипуляций с двумя атомами

Группе ученых из Гарвардского университета, возглавляемой доцентом Канг-Куен Ни, впервые в истории науки удалось объединить два атома в одну молекулу путем прямых манипуляций с этими атомами. Более того, получившаяся молекула имеет два явно выраженных магнитных полюса, что позволит использовать ее в качестве нового типа квантового бита, кубита, способного одновременно хранить и обрабатывать заключенную в нем квантовую информацию.

Разработка компьютеров, которые используют в своих интересах свойства отдельно взятых молекул, потребует еще массы дополнительных исследований. Тем не менее, работа гарвардских исследователей демонстрирует то, что нам уже доступны необходимые для этого уровни точности выполнения всех необходимых операций.



Атомы обычно связываются в молекулу в ходе химической реакции. В прошлом ученым уже удавалось проводить множество видов химических реакций, обеспечивая при этом, высочайший уровень контроля за их ходом и получаемыми результатами. Однако то, что сделали гарвардские ученые, нельзя отнести к химической реакции в традиционном ее понимании, ученые взяли два

атома, атом натрия и цезия и охладили их до столь низкой температуры, при которой на первом плане уже находятся не физические и химические, а их квантовые свойства.

После этого атомы были захвачены при помощи оптических пинцетов из лучей лазерного света и помещены в оптическую дипольную ловушку, где они были переведены в возбужденное энергетическое состояние светом дополнительного лазера. В результате этого атомы начали взаимодействовать друг с другом и объединились в одну молекулу. Данный процесс проводился в условиях глубокого вакуума, что исключило влияние ряда внешних факторов.

К сожалению, полученная молекула оказалась крайне нестабильной и она смогла просуществовать лишь очень короткое время. Тем не менее, данная реакция стала доказательством того, что экзотические молекулы могут формироваться под воздействием лазерного света, а не дополнительных атомов, которые выступают в качестве катализаторов.

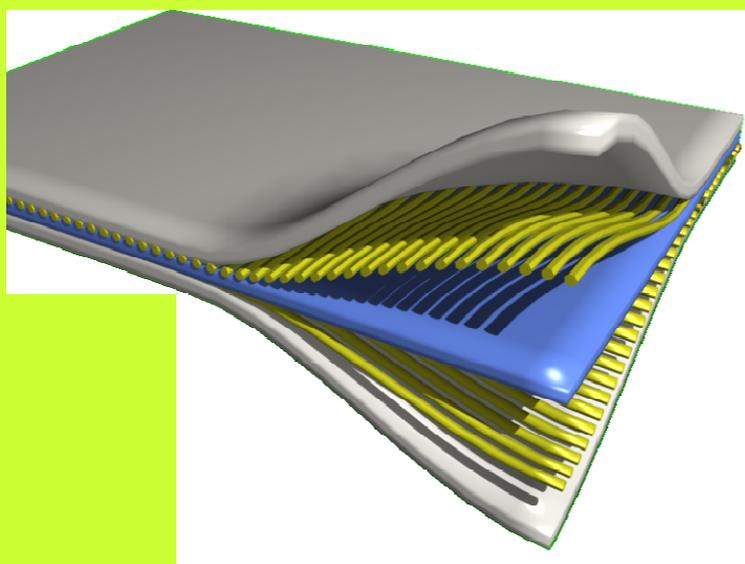
Дальнейшие усилия ученых будут направлены на получения возможности объединения атомов в молекулы без их предварительного перевода в возбужденное состояние. Это, в свою очередь, позволит получать более сложные и стабильные "двухполюсные" молекулы, способные существовать длительное время. А это, в свою очередь, уже позволит задуматься над практическим применением таких молекул в области квантовых вычислений и в других областях науки и техники.

По материалам <https://www.dailytechinfo.org/news/10164-uchenym-vpervye-udalos-sozdat-molekulu-putem-pryamyh-manipulyaciy-s-dvumya-atomami.html>

## Найден способ бесконтактно измерять напряжения внутри КОМПОЗИТОВ

Ученые нашли новый метод, с помощью которого можно контролировать возникающие в композитных материалах внутренние напряжения. Разработка впервые позволяет проводить измерения бесконтактно. Работа исследователей из НИТУ «МИСиС», Института физики твердого тела РАН и их коллег из Испании и России [опубликована](#) в Journal of Alloys and Compounds.

Композитные материалы состоят из пластичной основы (матрицы) и прочного наполнителя. Благодаря такому сочетанию полученный материал приобретает новые свойства, которых не было у его составляющих по отдельности. Подобные материалы используются, например, в авиационной технике, автомобилестроении и горной промышленности. Однако в композитных материалах в силу конструкции неизбежно возникают внутренние напряжения, которые трудно оценить как на стадии изготовления, так и при использовании.



«Есть композиционные материалы, где внутреннее напряжение после изготовления достигает 95% от предела прочности. То есть, ему еще чуть-чуть и он треснет. Например, ряд созданных для многоразового космического корабля "Буран" композиционных материалов из-за особенностей технологии их изготовления обладали высоким уровнем внутренних напряжений. Это стало

огромной проблемой: чтобы получить одно изделие при изготовлении в брак уходило пятьдесят», — рассказал один из авторов работы, Андрей Степашкин, старший научный сотрудник Центра композиционных материалов НИТУ «МИСиС».

В других композиционных материалах после изготовления может не быть такого уровня внутренних напряжений, зато они возникают позже – при использовании. Это может приводить к появлению повреждений в материале и снижению его прочности. Существующие методы не позволяют оценить внутренние напряжения до того, как появится дефект, бесконтактным способом. В новом исследовании авторы предлагают измерять напряжения в материале с помощью специальных микропроводов и внешнего магнитного поля. Контролировать напряжения таким методом можно будет сразу после производства композита.

По задумке авторов, микропровода закладываются в композит еще на этапе его создания. Чтобы измерить напряжение, материал помещается во внешнее магнитное поле. Когда в нем возникает напряженное состояние, вещество в микропроводе начинает по-другому реагировать на магнитное поле. Таким образом можно бесконтактно проводить измерения. Более того, технология позволяет проводить измерения с помощью всего одного датчика. Такой способ упрощает, ускоряет и удешевляет оценку состояния композита, позволяя не только находить, но и предсказывать появление дефектов.

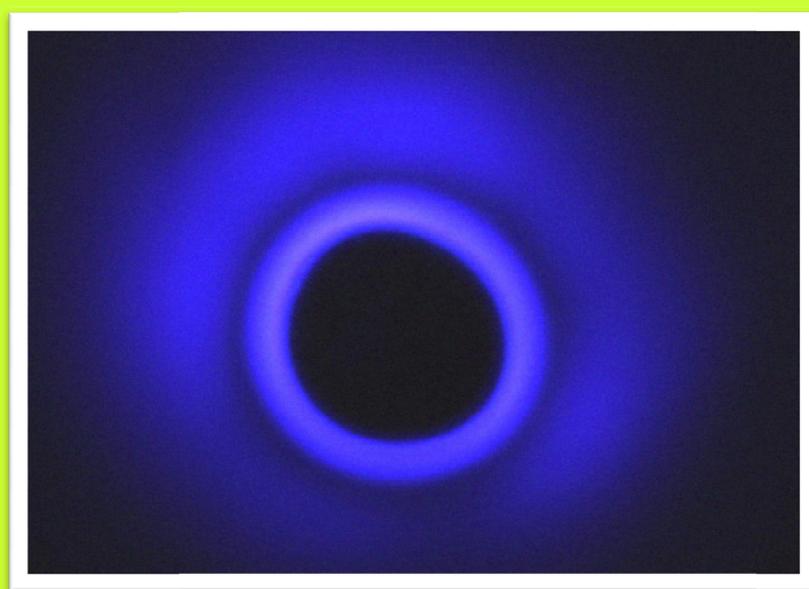
«Мы сделали только первый шаг большого пути, — добавил ученый. — Но уже видим конкретное практическое применение нашей разработки. К тому же, у неё есть и дополнительные возможности: внедряемая в материал сетка из микропроводов может обеспечивать дополнительно сток статического заряда, возникающего в конструкциях из стеклопластиков. Наши провода вполне могут заменить металлические сетки, которые вставляются в эти материалы сейчас».

По материалам <https://indicator.ru/news/2018/04/17/beskontaktnyj-metod-izmereniya-nutrennih-napryazhenij/>

## Физики создали устойчивое плазменное кольцо при атмосферном давлении

Физики наблюдали появление устойчивого кольцевого плазменного образования в воздухе при взаимодействии тонкой высокоскоростной струи воды с поверхностью полированного диэлектрика. Результаты исследований могут быть использованы в исследованиях взаимодействия плазмы с жидкостью или в физике низкотемпературной плазмы и найти применение в медицине или плазменной обработке материалов.

Плазма атмосферного давления представляет собой нетепловую неравновесную форму плазмы, которая применяется во многих областях науки и техники, таких как аналитическая химия, обработка материалов, энергетика, медицина, биология и физика, так как не требует сложного оборудования для ее получения. Наиболее яркий пример ее появления в природных условиях — огни Святого Эльма, а в установках она создается при помощи электромагнитных полей, неустойчива и имеет неоднородную структуру. Одной из интересных задач является получение небольших плазменных образований с целью их изучения и возможного использования в дальнейшем в технологических процессах.

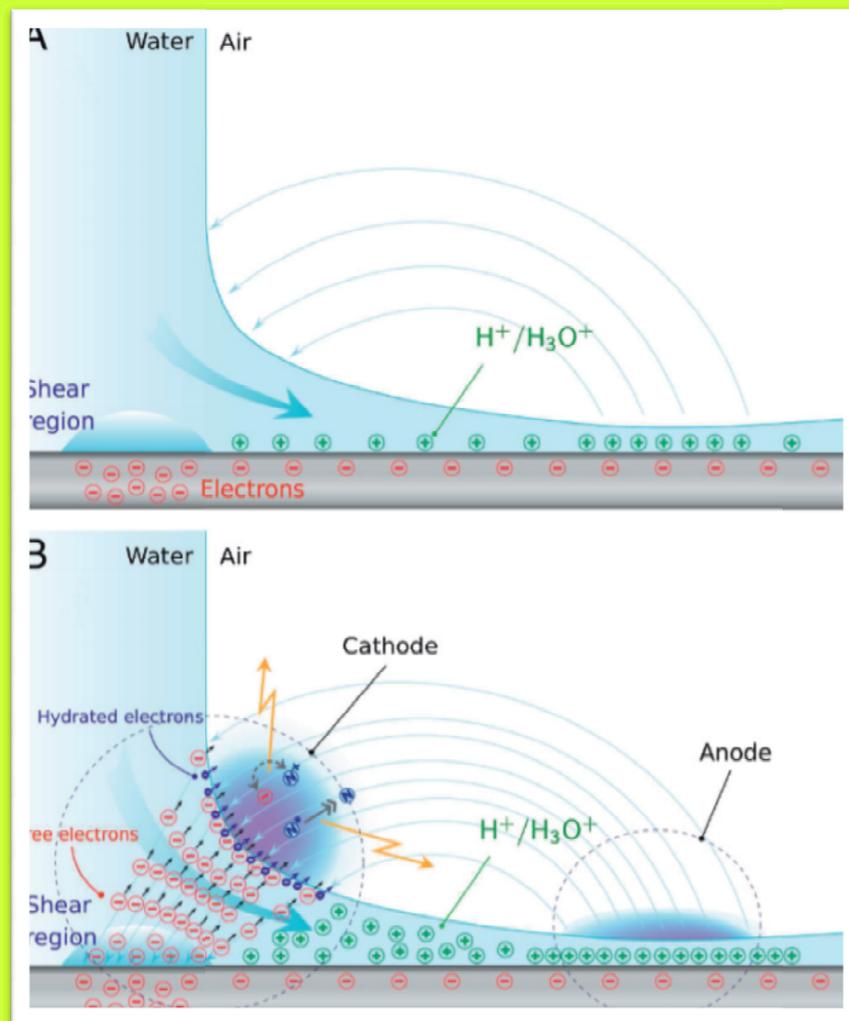


Франциско Алвес Перейра (Francisco J. Alves Pereira) из Калифорнийского технологического института вместе с коллегами из США и Израиля использовал экспериментальную установку, которая состояла из рубинового сопла с диаметром отверстия 100 мкм и насоса, который генерировал высокоскоростную струю деионизированной воды, не содержащей пузырьков воздуха.

В качестве мишени использовался образец из монокристаллического кварца ( $\text{SiO}_2$ ) или монокристаллического ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) с полированной или мелкозернистой поверхностью. Исследователи обнаружили, что если скорость потока воды будет более 200 метров в секунду, то в области столкновения струи с поверхностью мишени будет наблюдаться светящаяся кольцеобразная структура, причем интенсивность свечения будет зависеть от скорости потока воды. Если поверхность образца будет мелкозернистая, то помимо светящегося кольца будут наблюдаться стримеры, распространяющиеся в радиальных направлениях, а само свечение начнет проявляться при более низких скоростях потока воды (~ 115 метров в секунду). Люминесценция не наблюдалась при использовании воды, не прошедшей деионизацию, или образцов с проводящей поверхностью. При этом плазменное образование было устойчиво и не разрушалось при воздействии на него внешним электрическим полем, генерировало радиоволны в частотном диапазоне от 3 до 40 мегагерц, и было получено без использования внешних электромагнитных полей.

Физики объясняют механизм образования такого плазменного кольца следующим образом. Когда струя воды попадает на поверхность мишени, создается гладкий ламинарный поток положительно заряженных ионов,двигающихся вдоль отрицательно заряженной поверхности (так как материалы на основе диоксида кремния приобретают отрицательную плотность поверхностного заряда при контакте с водой). В области, где струя воды ударяет в поверхность мишени, образуется поток электронов за счет трибоэлектрического эффекта, который распространяется к поверхности воды. Этот поток электронов ионизирует атомы и молекулы в окружающем воздухе вблизи поверхности воды, образуя коронный разряд, причем роль анода

будет играть область потока воды, текущего по поверхности мишени, где концентрируются положительные ионы. Расстояние между «анодом» и «катодом» оценивается в 300-500 микрон.



По материалам <https://nplus1.ru/news/2017/11/24/stable-plasma-ring>

## Новый прибор измерит деформации космических материалов в вакууме

Российские ученые разработали прибор, который позволит исследовать свойства материалов при температурах, близких к абсолютному нулю. С помощью нового метода ученые исследуют углепластики, клеящие материалы и металлические изделия, которые используются для создания внеземных аппаратов, в частности космической обсерватории «Миллиметрон». Результаты исследований [опубликованы](#) в журнале Technical Physics Letters.

Проектируя космические аппараты, особо высокие требования разработчики предъявляют к устойчивости материалов. Они должны точно знать, как поведет себя изделие при разных внешних условиях. Красноярские физики разработали и запатентовали уникальную измерительную ячейку – дилатометр, которая позволяет очень точно измерять сверхмалые деформации твердых образцов в диапазоне температур от  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Дилатометр позволяет воздействовать на линейный размер изделия не только температурой, но и прикладывать к нему магнитное и электрическое поля. Возможна и обратная задача – анализ того, как механические напряжения влияют на магнитные свойства материала.



«Главным преимуществом разработанной ячейки является возможность проводить исследования деформации образца, вызванной магнитострикцией и пьезоэффектом, одновременно прикладывая магнитное и электрическое поля. Кроме этого, существует возможность проводить измерения в условиях вакуума при гелиевых (сверхнизких) температурах, что приближенно к космическим

условиям», – пояснил один из разработчиков, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН Александр Фрейдман.

Измерения выполняются с использованием емкостного конденсатора, у которого есть две плоские обкладки. Одна из обкладок — неподвижная, а другая подвешена на специальной мембране и может смещаться. Исследуемый материал помещается в ячейку, где подвижная обкладка емкостного датчика соприкасается с образцом. Подвергаясь внешнему воздействию, образец изменяет свои размеры, что приводит к смещению подвижной обкладки конденсатора. Емкость конденсатора зависит от расстояния между обкладками, его электрическая емкость изменяется. Полученный сигнал пересчитывается в коэффициент линейного расширения необходимый для построения различных математических моделей с использованием экспериментальных данных.

Ученые планируют усовершенствовать дилатометр. «Сейчас ячейка показывает только продольные изменения размера, то есть внешнее поле можно приложить только в одном направлении. Стоит задача доработать ячейку так, чтобы появилась возможность прикладывать поле вдоль другой оси, чтобы увидеть полную картину происходящего с образцом. В результате мы перейдем от плоского к объемному представлению о поведении изделия», — заключил Александр Фрейдман.

Созданный в рамках космического проекта прибор может найти применение и в наземных исследованиях. С его помощью можно изучать мультиферроики – материалы, которые изменяют свои свойства под действием магнитного и электрического полей. Взаимодействие между магнитной подсистемой и электрическими свойствами открывает широкие возможности для применения мультиферроиков, как функционального материала, например, для высочувствительных датчиков переменного магнитного поля и СВЧ-устройств, таких как фильтров и генераторов.

По материалам <https://indicator.ru/news/2018/04/12/dilatometr/>

## Список источников

Найден способ бесконтактно измерять напряжения внутри композитов  
<https://indicator.ru/news/2018/06/13/pobedit-pobedit/>

Физики создали устойчивое плазменное кольцо при атмосферном давлении <https://scientificrussia.ru/news/v-mfti-sdelali-pervye-v-mire-biosensornye-chipy-iz-medi-i-okside-grafena>

Новый прибор измерит деформации космических материалов в вакууме  
<https://www.dailytechinfo.org/news/10164-uchenym-vpervye-udalos-sozdat-molekulu-putem-pryamyh-manipulyaciy-s-dvumya-atomami.html>

В МФТИ разработали инновационный биосенсорный чип  
<https://indicator.ru/news/2018/04/17/beskontaktnyj-metod-izmereniya-nutrennih-napryazhenij/>

Ученым впервые удалось создать молекулу путем прямых манипуляций с двумя атомами <https://nplus1.ru/news/2017/11/24/stable-plasma-ring>

Ученые разработали новый сверхтвердый материал для бурения  
<https://indicator.ru/news/2018/04/12/dilatometr/>

Над выпуском работали:  
студенты группы ББИСТ-41

Ответственный за выпуск:  
Маслова К.А.

Куратор проекта:  
ассистент. каф. ФМБИ  
Маркелова О.А.