

ОТКРЫВАЙ

ТЕМА НОМЕРА

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

СРНФ

МНЕНИЕ

Грантополучатели
об исследованиях
и перспективах
в сфере
микроэлектроники

46
стр.

Кандидат физико-
математических наук
Никита Пихтин
о полупроводниковых
лазерах

34
стр.



6

Впервые создана
ультрахолодная плазма
с неограниченным
временем жизни

16

Разработана технология
превращения природного
газа в водород
в его месторождениях

30

Экскурсии по лабораториям
грантополучателей
прошли в рамках «Дней
без турникетов»

68

Фоторепортаж
из лаборатории
МФТИ

СОДЕРЖАНИЕ

2 РАЗДЕЛ 1 ОТКРЫТИЯ

Яркие результаты грантополучателей Фонда в разных областях науки

- 4 Математическая функция поможет точнее выявлять нарушения в электрической активности мозга
- 6 Физики впервые создали ультрахолодную плазму с бесконечным сроком жизни
- 8 Упрощен синтез электродов для суперконденсаторов электромобилей
- 10 Белок AN3 играет важную роль в механизме клеточного деления и старения растений
- 12 Выявлены мутации в генах мозга, которые могут влиять на развитие психических заболеваний
- 14 Бактерия из горных пород не даст сельскохозяйственным растениям испытывать дефицита железа
- 16 Разработана технология превращения природного газа в водород в его месторождениях
- 18 Древние обитатели Забайкалья 6 тысяч лет добывали пемзу с Удоканского вулканического поля
- 20 Мягкий робот-манипулятор увеличит точность микрохирургических операций

22 РАЗДЕЛ 2 СОБЫТИЯ

Новости из жизни Фонда

- 24 РНФ представил ежегодный отчет о результатах деятельности в 2023 году
- 25 Вице-премьер Дмитрий Чернышенко провел рабочую встречу с новым генеральным директором Российского научного фонда Владимиром Беспаловым
- 26 Конкурсы РНФ: международные, проекты отдельных научных групп и междисциплинарные проекты
- 27 Встречи представителей Фонда с научной общественностью

- 30 В рамках всероссийской акции «День без турникетов» грантополучатели РНФ провели более 25 экскурсий по научным лабораториям
- 31 Встреча председателя Правительства РФ Михаила Мишустина с генеральным директором РНФ Владимиром Беспаловым
- 32 Вручение Государственных премий Российской Федерации 2023 года
- 33 Владимир Беспалов принял участие в заседании Совета по науке и образованию

34 РАЗДЕЛ 3 ИНТЕРВЬЮ

Ведущие российские ученые о своей работе и будущем науки

Кандидат физико-химических наук Никита Пихтин о полупроводниковых лазерах

46 РАЗДЕЛ 4 МНЕНИЕ

Грантополучатели Фонда о трендах в науке

Микроэлектроника



68 РАЗДЕЛ 5 ФОТОРЕПОРТАЖ

Фотоистории из научных лабораторий грантополучателей Фонда

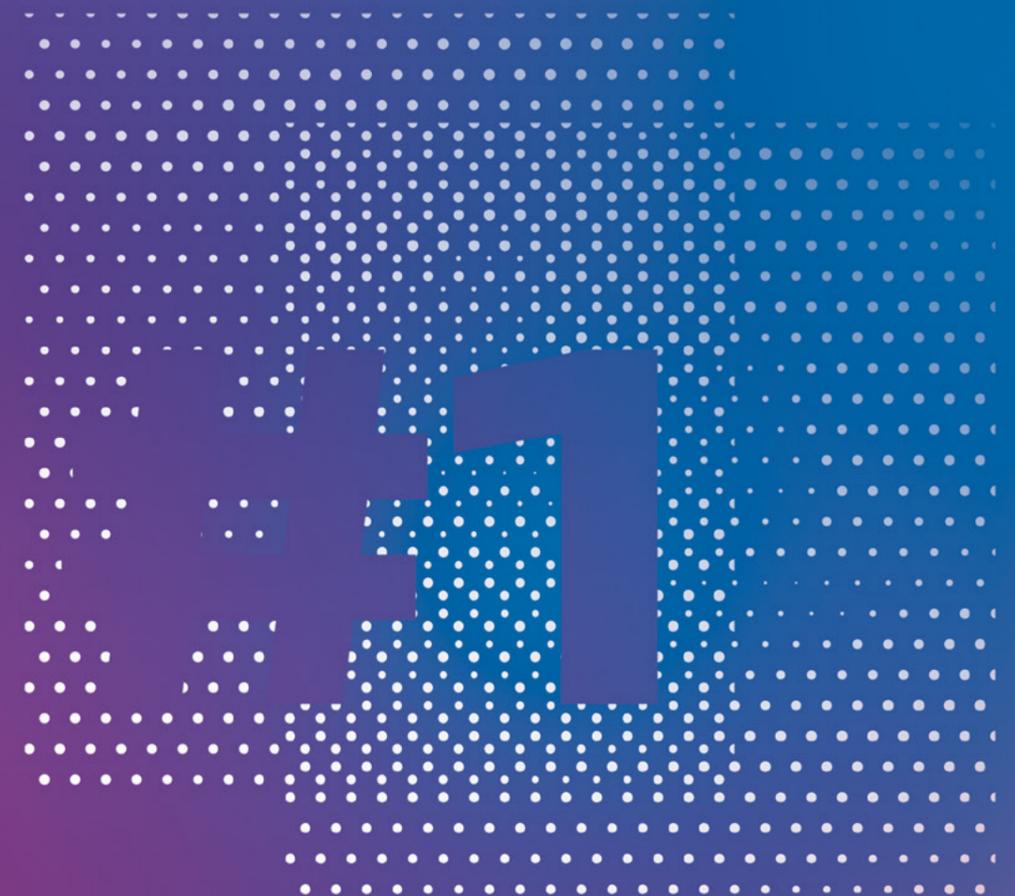
Лаборатория атомно-слоевого осаждения МФТИ

... // **ОТКРЫТИЯ**

ЯРКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛЕЙ
ФОНДА В РАЗНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ

//
В этом разделе мы
не только рассказываем
об исследованиях наших
грантополучателей,
но и вспоминаем яркие
события из жизни Фонда
в специальной рубрике
«Первые десять».

2024 ГОД
//
АПРЕЛЬ-МАЙ-ИЮНЬ
/
РАЗДЕЛ #1
ОТКРЫТИЯ > НОВОСТИ
ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛЕЙ



Руководитель
проекта



АНДРЕЙ

ВЕЛИЧКО

кандидат физико-
математических наук

Петрозаводский государственный
университет

Петрозаводск



Источник: Нейроновости

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ПОМОЖЕТ ТОЧНЕЕ ВЫЯВЛЯТЬ НАРУШЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА

Ученые разработали математическую функцию, позволяющую определить наиболее подходящий метод расчета энтропии. Классифицировать необычные, непохожие на другие сигналы важно, например, при анализе энцефалограмм (ЭЭГ), поскольку они могут указать на нарушения в электрической активности мозга, связанные с болезнью Альцгеймера, деменцией и эпилепсией.

Энтропия — это показатель регулярности или хаотичности сигнала, а также мера его индивидуальности. Например, походка людей, ритм шагов носят индивидуальный характер, и его может уловить функция энтропии.

Существует более 40 видов функций энтропий, которые разрабатываются под отдельные задачи. Такое многообразие объясняется стремлением

максимально точно и эффективно измерять индивидуальность сигналов в разных случаях. Например, нечеткая энтропия позволяет оценить степень неопределенности в последовательностях биомедицинских сигналов для ЭЭГ. В свою очередь, энтропия нейронной сети эффективно справляется с классификацией звуков различных транспортных средств.

Однако оценить, какой из подходов к расчету энтропии наиболее эффективен в каждом конкретном случае, удастся не всегда, поскольку до сих пор нет единой методики для их сравнения.

**>> СОЧЕТАНИЕ ДВУХ ПОДХОДОВ
ПОЗВОЛИТ НА 20% ТОЧНЕЕ
КЛАССИФИЦИРОВАТЬ ВСЕ
СИГНАЛЫ, А ЗНАЧИТ, И ВЫЯВЛЯТЬ
НАРУШЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Математики проверили работу программы, сравнив две энтропии: нечеткую и энтропию нейронной сети. Авторы выявили, что при анализе коротких сигналов длительностью 300 измерений нечеткая энтропия эффективнее на 25%. В то же время более ранние исследования показали, что некоторые пары сигналов точнее классифицируются энтропией нейронной сети.

Российские ученые вместе с зарубежными коллегами создали универсальную математическую функцию, которая поможет решить эту проблему и определить, насколько эффективна та или иная энтропия (или их комбинация) для классификации различных сигналов.

Исследование показало, что сочетание двух подходов позволит на 20% точнее классифицировать все сигналы, а значит, и выявлять нарушения в электрической активности головного мозга, которые возникают, например, при эпилепсии, деменции и болезни Альцгеймера.

Руководитель проекта
Андрей Величко.
Источник:
Андрей Величко



// Результаты исследования
опубликованы в журнале **Mathematics**



Карточка проекта

Руководитель проекта



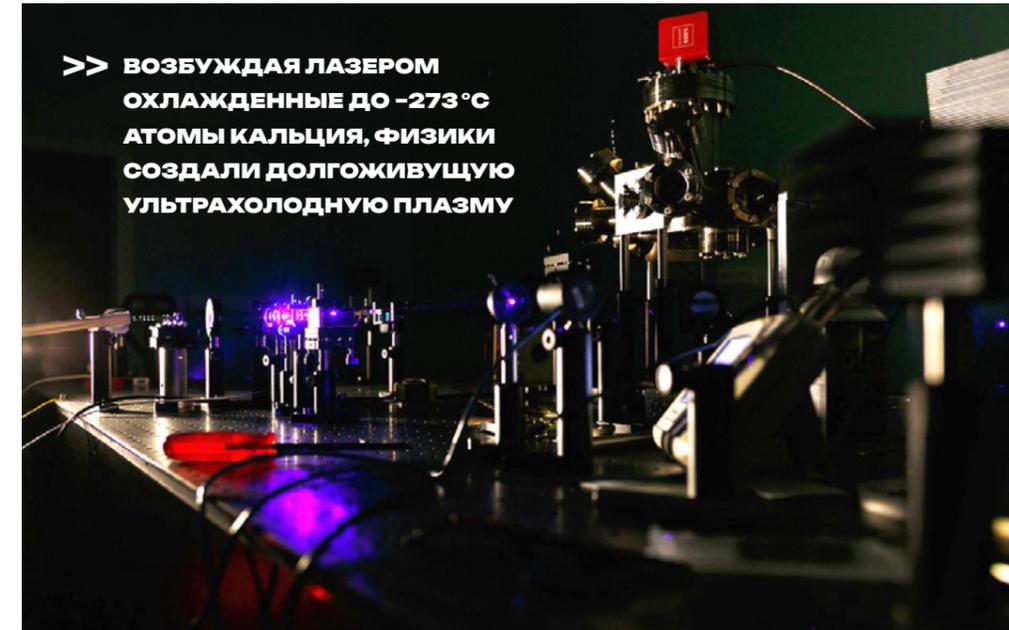
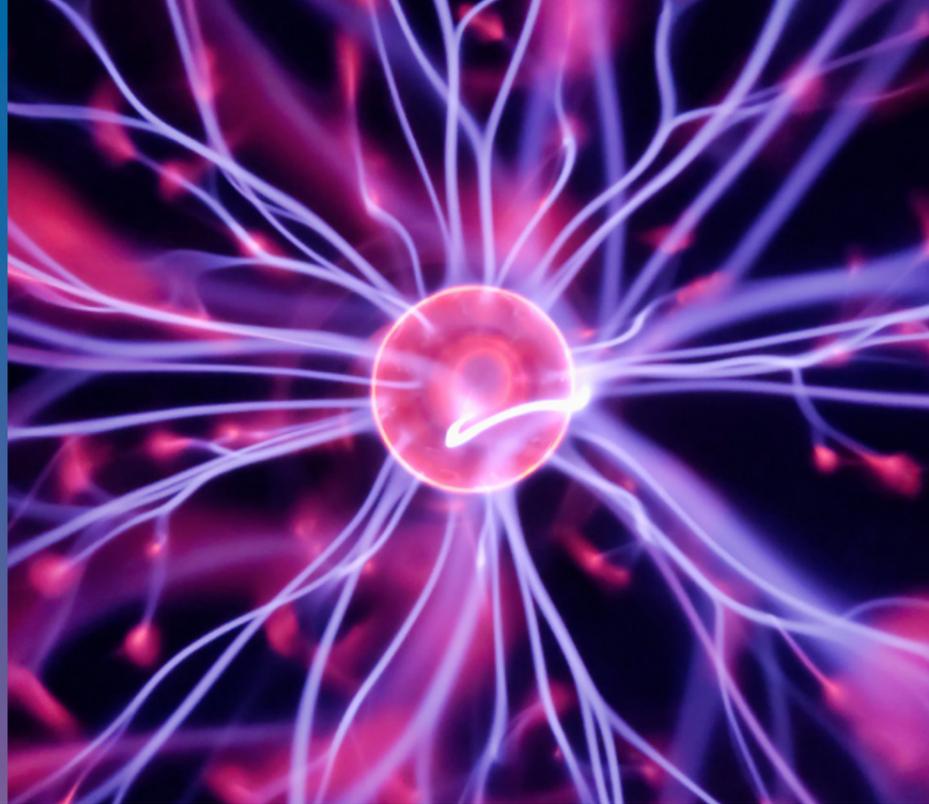
БОРИС

ЗЕЛЕНЕР

доктор физико-математических наук

Объединенный институт высоких температур РАН

Москва



Экспериментальная установка для охлаждения атомов кальция. Источник: пресс-служба РНФ

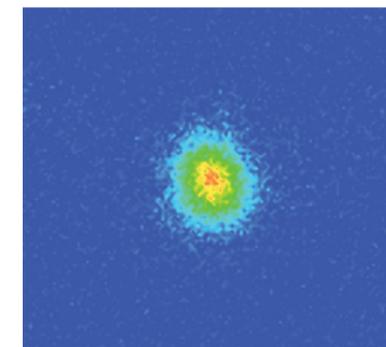
Источник: RT

ФИЗИКИ ВПЕРВЫЕ СОЗДАЛИ УЛЬТРАХОЛОДНУЮ ПЛАЗМУ С БЕСКОНЕЧНЫМ СРОКОМ ЖИЗНИ

Ученые получили стабильную ультрахолодную плазму с бесконечным сроком жизни за счет непрерывного захвата охлажденных атомов кальция и их ионизации лазером. Ее температура около -273°C . Новый объект можно будет использовать при создании ионных микроскопов с высоким разрешением и для моделирования горячей плазмы.

Плазма — это четвертое агрегатное состояние вещества. В состояние плазмы газ переходит под воздействием электромагнитного излучения и высоких температур, а в лабораторных условиях — под влиянием лазерного излучения. Ультрахолодная плазма же представляет собой ионизированный газ, который имеет очень низкую температуру — всего на несколько градусов выше абсолютного нуля.

Главная сложность, с которой сталкиваются исследователи, состоит в том, что ультрахолодная плазма имеет очень короткое время жизни. По истечении тысячных долей секунды заряженные частицы газа разлетаются, а плазма исчезает. Ученые пытаются решить эту проблему, разрабатывая новые способы получения стабильной плазмы, например за счет создания непрерывного потока новых холодных ионов и электронов.



Фотография ионов стационарной плазмы кальция. Источник: Борис Зеленер

Возбуждая лазером охлажденные до -273°C атомы кальция, физики создали долгоживущую ультрахолодную плазму. Под непрерывным действием лазера от атомов кальция «отрывали» внешние электроны, в результате чего образовались ионы и электроны — заряженные частицы, которые сформировали плазму.

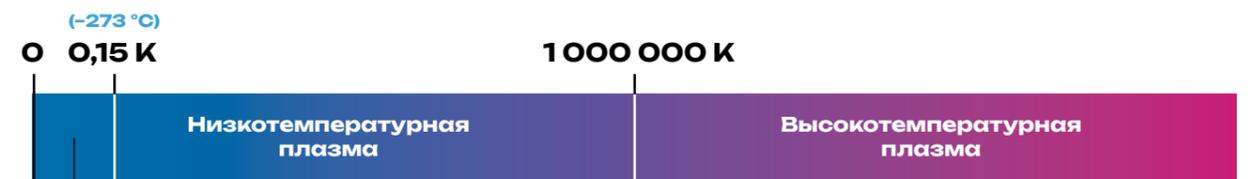
Ранее ученые использовали ионизацию холодных атомов коротким лазерным импульсом. Благодаря такой низкой температуре (-273°C) заряженные частицы оставались практически неподвижными и сильно взаимодействовали между собой.

Эти свойства стационарной ультрахолодной плазмы позволяют проводить эксперименты с высокой точностью.

Новый физический объект будет полезен при разработке ионных микроскопов с высоким разрешением. Также при помощи ультрахолодной плазмы возможно создать квантовый симулятор для моделирования горячей плазмы в термоядерных реакторах и астрофизических объектах.

ВИДЫ ПЛАЗМЫ

Температура



Ультрахолодная плазма

// Результаты исследования опубликованы в журнале **Physical Review Letters**



Карточка проекта

Руководитель проекта



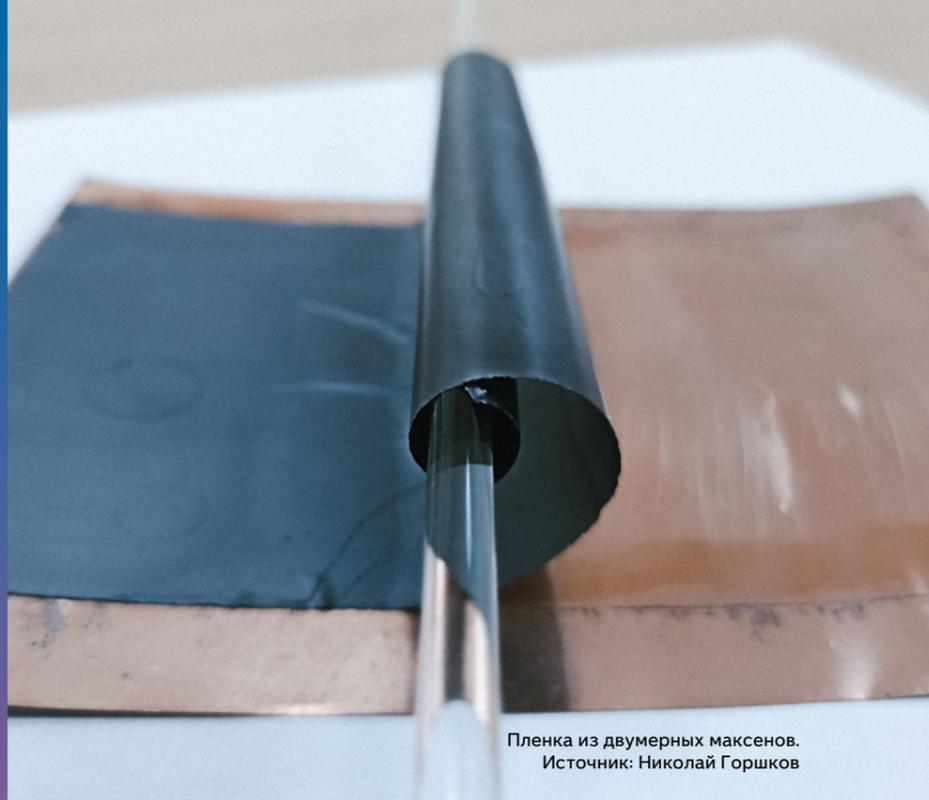
НИКОЛАЙ

ГОРШКОВ

кандидат технических наук

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

Саратов



Пленка из двумерных максенов. Источник: Николай Горшков

ПРЕЗИДЕНТСКАЯ ПРОГРАММА

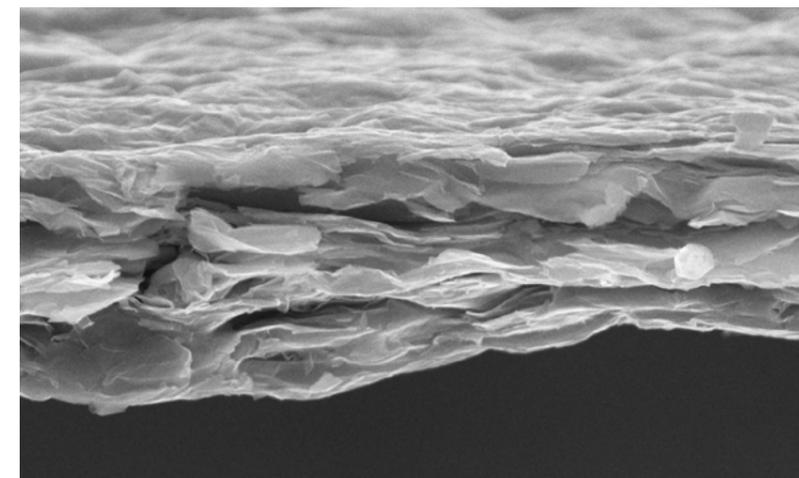
Источник: ТАСС

УПРОЩЕН СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Электронике требуются компактные и высокоэффективные системы накопления энергии, например суперконденсаторы. Найден новый способ получения двумерных материалов на основе титана и углерода, который значительно упростит и ускорит процесс синтеза соединений, используемых при сборке суперконденсаторов для электромобилей и в системах электропитания летательных аппаратов. Новая технология позволит получать сравнимые с коммерческими аналогами накопители энергии.

Максены — перспективный класс двумерных материалов на основе титана и углерода. Их можно использовать в качестве электродов в накопителях электрохимической энергии, для того чтобы уменьшить размеры суперконденсаторов и повысить их эффективность работы как минимум в два раза.

Эти соединения обладают слоистой структурой — она обеспечивает большую площадь поверхности, необходимую для взаимодействия ионов и накопления энергии в электродах. Однако синтез двумерных материалов требует дорогостоящего оборудования, что ограничивает их массовое производство.



Микрофотография торца пленки из максенов. Источник: Николай Горшков

>> ХИМИКИ РАЗРАБОТАЛИ МАСШТАБИРУЕМЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МАКСЕНОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА В ЛАБОРАТОРИИ С ТИПОВЫМ ОСНАЩЕНИЕМ. НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НЕ ТРЕБУЕТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ПОЗВОЛЯЕТ ЗАЩИТИТЬ МАТЕРИАЛЫ ОТ ОКИСЛЕНИЯ В ВОЗДУХЕ

Суперконденсаторы же представляют собой электрические устройства, способные запасать в себе большие количества энергии и почти мгновенно выделять ее назад фактически неограниченное число раз. Их использование в электромобилях и электроавтобусах позволяет экономить ресурс литийионных аккумуляторов, а также снижает вероятность перегрева и взрыва батарей.

Химики разработали масштабируемый способ получения максенов высокого качества в лаборатории с типовым оснащением. Новая

технология, в отличие от аналогов, не требует высоких температур и позволяет защитить материалы от окисления в воздухе.

Затем ученые измерили способность полученных материалов накапливать электрический заряд и выяснили, что она в два раза выше аналогов, которые используются при производстве суперконденсаторов. В перспективе разработка этой методики синтеза максенов позволит создать более доступные и эффективные системы запасания энергии для электромобилей.



Концентрат суспензии нанолитов максенов в воде. Источник: Николай Горшков

// Результаты исследования опубликованы в журнале Dalton Transactions

ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ

2016 // 9 октября

Грантополучатели РНФ прочитали лекции на Всероссийском фестивале «НАУКА 0+». В дальнейшем они ежегодно принимали участие в крупнейших научно-популярных мероприятиях страны, доступно рассказывая о своей работе и открывая двери лабораторий.

Фонд помогает ученым реализовывать одну из важнейших коммуникативных функций науки — ведение диалога с обществом.

2017 // 6 марта

Объявлены конкурсы Президентской программы исследовательских проектов: инициативных проектов молодых ученых, научных групп под руководством молодых ученых и лабораторий мирового уровня. Через год Фонд запустил конкурс инфраструктурных проектов.

За 7 лет на конкурсы программы подано



включая 6,4 тыс. проектов



Карточка проекта

Руководитель
проекта



ЛИЛИЯ
АБДУЛКИНА

кандидат биологических наук

Казанский (Приволжский)
федеральный университет

Казань



Источник: ТАСС

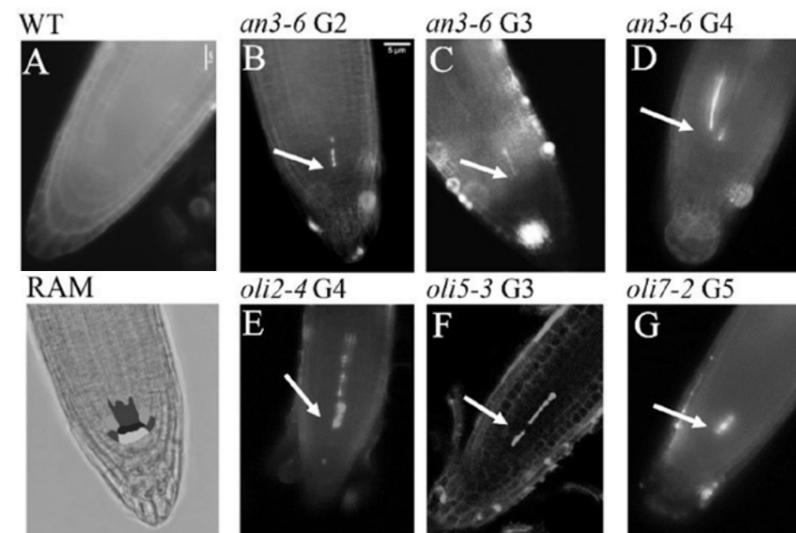
БЕЛОК AN3 ИГРАЕТ ВАЖНУЮ РОЛЬ В МЕХАНИЗМЕ КЛЕТОЧНОГО ДЕЛЕНИЯ И СТАРЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Ученые определили, что у растений арабидопсиса в регуляции длины теломер участвует белок AN3. Поскольку биология теломер у самых разных организмов очень схожа, исследования влияющих на их формирование генов применимы и к животным, и к человеку, у которых такие последовательности связаны со старением.

Биологи вырастили распространённое травянистое растение — резуховидку Таля (*Arabidopsis thaliana*) — с мутацией в гене, который отвечает за синтез белка AN3. Данный белок участвует в регуляции длины теломер — защитных последовательностей на концах хромосом, влияющих на старение клеток. Авторы выбрали в качестве объекта исследования арабидопсис, поскольку его геном полностью расшифрован: он состоит всего из пяти хромосом

и содержит множество белков, родственных с белками других организмов. Это делает растение удобным для анализа.

Исследования показали, что разные популяции одного и того же вида могут иметь теломеры разной длины. Чтобы раскрыть причины таких различий, ученые стремятся понять механизмы, ответственные за установление изначальной генетически предопределённой длины теломер.



Окрашенный кончик корня арабидопсиса дикого типа (a) и растений, лишенных белка AN3 (b-d) и белков OLI (e-g). Стрелки указывают на мертвые стволовые клетки корня.
Источник: Agabekian et al. / Plant Molecular Biology, 2024

Ранее было известно, что белок AN3 контролирует деление и рост клеток растений. Поскольку эти процессы и укорочение теломер связаны между собой, авторы предположили, что он может отвечать и за формирование размера теломер.

Эксперименты показали, что у растений, искусственно лишенных белка AN3, теломеры укорачиваются на 16,6 %, а стволовые клетки корня гибнут на 25 % быстрее. Это подтверждает связь между длиной теломер и развитием стволовых клеток в образовательной ткани растения.



Инна Агабекян за работой.
Источник: Альбина Ромозанова

>> ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПОДТВЕРДИЛИ СВЯЗЬ МЕЖДУ ДЛИНОЙ ТЕЛОМЕР И РАЗВИТИЕМ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТКАНИ РАСТЕНИЯ

Поскольку сокращение теломер растений связано с различными физиологическими параметрами — временем цветения, репродуктивной способностью и выживаемостью, обнаруженный механизм поможет лучше понять способы адаптации растений к условиям окружающей среды, а также позволит ученым найти способы управлять этими процессами. Более того, структура и свойства теломер у самых разных организмов сходна, поэтому исследования генов, влияющих на их формирование, в перспективе могут быть применимы к животным и человеку.

ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ

2019 // 4 июля

По инициативе научного сообщества Фонд дополнил условия участия в конкурсах для исследователей, ушедших в отпуск по беременности и родам, по уходу за ребенком и усыновлению, в части подтверждения публикационной активности в последние годы. Кроме того, для этой группы ученых сегодня не применяются ограничения на участие в конкурсах в случае отказа от руководства проектом.

2020 // 8 декабря

РНФ, РФФИ и Минобрнауки России заключили трехсторонний меморандум, закрепивший обязательства организаций по финансированию уже поддержанных проектов и дальнейшему объявлению конкурсов. Для обеспечения оптимизации деятельности институтов развития был использован принцип объединения лучших практик работы обоих фондов. Это широкая доступность грантовых программ, обязательства грантополучателей по достижению научных результатов и ориентация на их качество, квалифицированная экспертиза и открытость деятельности.

// Результаты исследования опубликованы в журнале Plant Molecular Biology



Карточка проекта

Руководитель проекта



МАКСИМ

КАРАГЯУР

кандидат биологических наук

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Москва



Источник: *Naked Science*

ВЫЯВЛЕНЫ МУТАЦИИ В ГЕНАХ МОЗГА, КОТОРЫЕ МОГУТ ВЛИЯТЬ НА РАЗВИТИЕ ПСИХИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Выявлены мутации в генах, которые могут быть связаны с развитием психических заболеваний. Изменения в ряде генов, ответственных за развитие мозга, например **CDH2**, **DCNS2** и **CDH23**, встречаются у пациентов с депрессией и шизофренией в два раза чаще, чем у здоровых людей. Понимание механизмов развития психических нарушений и роли мутаций в этих процессах позволит разработать подходы к своевременной диагностике и лечению заболеваний.

По данным ВОЗ, число людей, страдающих такими психическими расстройствами как депрессия, тревожное расстройство и шизофрения, ежегодно растет. В 2022 году их количество превысило 1 млрд человек. Ученые ищут генетические маркеры, которые могут указать на высокий риск развития данных заболеваний.

Для того чтобы выявить варианты генов, которые связаны с предрасположенностью к шизофрении и депрессии, авторы провели анализ ДНК у 103 здоровых людей и 181 пациента с психическими расстройствами. С помощью полученных данных ученые расшифровали точную последовательность нуклеотидов, из которых состоят гены, и определили в них мутации.

Всего в ходе исследования удалось изучить структуру 140 генов, играющих ключевую роль в развитии головного мозга.

Анализ нуклеотидных последовательностей у пациентов с психическими заболеваниями позволил выявить мутации в 79 генах из 140 исследованных. Такие же мутации встречались и у здоровых людей, но чаще наблюдались у пациентов с заболеваниями нервно-психической сферы. Причем для некоторых мутаций удалось выявить статистически достоверные различия.

Исследования показали, что мутация в гене **DCNS2** встречается у пациентов с шизофренией в 44% случаев, а у здоровых доноров — в 19%. Вариант мутации в гене **CDH23** наблюдается у пациентов с депрессией в 44% случаев, а у здоровых участников — в 20%. Поскольку эти гены задействованы в процессах развития мозга, новые данные позволяют предположить, что мутации способны закладывать предрасположенность к развитию психических заболеваний еще на стадии внутриутробного развития.

Ученые отмечают, что полученных данных пока недостаточно, чтобы объяснить, как выявленные генетические варианты влияют на возникновение психических расстройств. В случае подтверждения функциональной значимости обнаруженных мутаций результаты исследования можно будет использовать для разработки диагностических тест-систем и лекарственных препаратов с целью коррекции и профилактики таких заболеваний.

>> ИЗМЕНЕНИЯ В РЯДЕ ГЕНОВ, ОТВЕТСТВЕННЫХ ЗА РАЗВИТИЕ МОЗГА, НАПРИМЕР CDH2, DCNS2 И CDH23, ВСТРЕЧАЮТСЯ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕПРЕССИЕЙ И ШИЗОФРЕНИЕЙ В ДВА РАЗА ЧАЩЕ, ЧЕМ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ



Кирилл Бозов, аспирант кафедры биохимии и регенеративной биомедицины ФФМ МГУ. Источник: Максим Карагяур

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ

вовлеченных в процессы развития мозга, у пациентов, страдающих шизофренией и депрессией, в сравнении со здоровыми добровольцами

■ G/G
 ■ G/A
 ■ A/A

Ген DCNS2 (rs11935573)

Здоровые доноры



Пациенты с параноидной шизофренией



Ген CDH2 (rs1227051)

Здоровые доноры



Пациенты с эндогенной депрессией



// Результаты исследования опубликованы в журнале *Frontiers in Psychiatry*



Карточка проекта

Руководитель
проекта



МАРГАРИТА

ШАРИПОВА

доктор биологических наук

Казанский (Приволжский)
федеральный университет

Казань



Объект исследования: бактерия
Nocardia mangyaensis NH1.
Источник: Татьяна Ивойлова

Источник: RT

БАКТЕРИЯ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД НЕ ДАСТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ РАСТЕНИЯМ ИСПЫТЫВАТЬ ДЕФИЦИТА ЖЕЛЕЗА

Ученые выделили почвенную бактерию из горных пород, проанализировали состав соединений, синтезируемых бактерией, и выявили гены, участвующие в образовании сидерофоров, — низкомолекулярных веществ, чьи молекулы аккумулируют ионы железа из окружающей среды и обеспечивают ими растения при дефиците. Благодаря способности к формированию комплексов с металлами, данную бактерию можно использовать в качестве биоудобрения.

Сельскохозяйственные растения часто испытывают недостаток биодоступного железа, например из-за повышенной влажности или применения химических удобрений. Дефицит железа, в свою очередь, ведет к нарушениям процессов дыхания растений, обмена веществ и производства хлорофилла, необходимого для фотосинтеза.

Исправить ситуацию могут почвенные бактерии, синтезирующие сидерофоры (от греч. *sideros* — «железо» и *phoros* — «несущий»). Благодаря им микроорганизмы поглощают труднодоступное железо из почвы и передают его растениям в процессе симбиоза.



Участники исследовательского коллектива.
Источник: Татьяна Ивойлова

Одной из таких почвенных бактерий является *Nocardia mangyaensis* NH1 — палочковидная бактерия, которая способна связывать железо и может служить перспективным живым удобрением для растений. Кроме того, она синтезирует соединения с антиоксидантной и противогрибковой активностями.

Изучение ферментов бактерии, участвующих в образовании сидерофоров, имеет большое значение для биоинженерных разработок в различных областях промышленности, включая сельское хозяйство. Вне-сенные в почву препараты на основе штамма *Nocardia mangyaensis* NH1 способны не только помочь растениям избежать дефицита железа,

но и увеличить продуктивность сельскохозяйственных культур, снизить потери урожая от болезней и стрессовых факторов.

Полученные данные позволят создать экологически чистые и эффективные биоудобрения для увеличения урожайности пшеницы, картофеля и других сельскохозяйственных культур.

>> ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ ШТАММА *NOCARDIA MANGYAENSIS* NH1 СПОСОБНЫ НЕ ТОЛЬКО ПОМОЧЬ РАСТЕНИЯМ ИЗБЕЖАТЬ ДЕФИЦИТА ЖЕЛЕЗА, НО И УВЕЛИЧИТЬ ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, СНИЗИТЬ ПОТЕРИ УРОЖАЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ И СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ



Первый автор статьи
Ирина Хильяс.
Источник: Татьяна Ивойлова

// Результаты исследования
опубликованы в журнале
Scientific Reports

**ПЕРВЫЕ
ДЕСЯТЬ**

2021 // 15 апреля

Объявлены конкурс малых отдельных научных групп и региональные конкурсы – для малых отдельных научных групп и отдельных научных групп.

За 2 года

4
региональных
конкурса

55
регионов России

850
проектов-
победителей



Карточка проекта

Руководитель проекта



ЕЛЕНА
МУХИНА

кандидат наук
(признаваемый в России PhD)

Сколковский институт науки
и технологий

Москва



Команда наблюдает за экспериментом в защитном периметре.
Источник: Елена Мухина



Разные реакторы для экспериментов.
Источник: Елена Мухина

ПРЕЗИДЕНТСКАЯ ПРОГРАММА

Источник: РИА «Новости»

РАЗРАБОТАНА ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ВОДОРОД В ЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Российские ученые впервые предложили способ, как с эффективностью до 45 % получать водород из природного газа прямо в газовых месторождениях, и определили необходимые для этого условия. Такая технология поможет ускорить переход от ископаемого топлива к экологически чистой водородной энергетике.

Авторы создали эффективный способ получения водорода из пластов в месторождениях природного газа. Подход включает несколько стадий. Сначала в скважину закачиваются водяной пар и катализатор, который в дальнейшем поможет извлечь водород из компонентов природного газа. Затем туда подают воздух или чистый кислород, благодаря чему газ воспламеняется прямо внутри пласта. В присутствии водяного пара и ка-

тализатора природный газ горит, превращаясь в смесь угарного газа и водорода.

Хотя из угарного газа впоследствии и образуется углекислый газ, он остается в пласте и не выходит на поверхность, а потому не попадает в атмосферу и не усиливает парниковый эффект. На последнем этапе водород извлекают из скважины через мембрану, не пропускающую другие продукты реакции.

В результате все образующиеся газы, кроме водорода, остаются навсегда законсервированными под землей.

Исследователи протестировали новую технологию, чтобы оценить эффективность превращения метана в водород. Оказалось, что максимальное количество водорода — 45 % от общего объема газов — образуется при температуре 800 °С и больших объемах подаваемого в реактор водяного пара. При этом необходимая температура 800 °С легко достигается в процессе горения природного газа, поэтому ее даже не придется поддерживать искусственно.

Состав породы также влиял на выход водорода. Чем больше в ней активных минералов, которые могут вступать в побочные реакции с компонентами газовой смеси, тем ниже эффективность выхода зеленого топлива. Водород в качестве источника энергии не используется массово из-за сложностей с его производством.

Эксперименты показали, что новый подход позволит превращать углеводороды в зеленое топливо в полевых условиях с эффективностью до 45 %. По оценке ученых, все стадии предлагаемого процесса основаны на хорошо зарекомендовавших себя технологиях, которые ранее не были адаптированы к добыче водорода из реального газового пласта.

>> ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПОКАЗАЛИ, ЧТО НОВЫЙ ПОДХОД ПОЗВОЛИТ ПРЕВРАЩАТЬ УГЛЕВОДОРОДЫ В ЗЕЛЕНОЕ ТОПЛИВО В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ С ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ДО 45 %

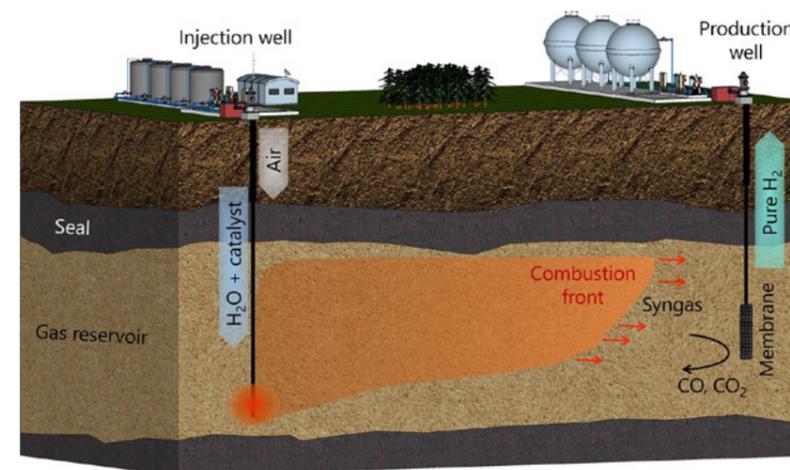


Схема получения водорода из газовых месторождений.
Источник: Mukhina et al. / Fuel, 2024

// Результаты исследования опубликованы в журнале Fuel



Карточка проекта

Руководитель проекта



ГАЛИНА

ПАШКОВА

кандидат химических наук

Институт земной коры СО РАН

Иркутск



Если сопоставить периоды извержений вулканов с возрастом пемзы из археологических находок,

информацию о том, обменивались ли древние люди предметами быта, инструментами и другими изделиями или существовали обособленно, без коммуникационных сетей.

➤ ЕСЛИ СОПОСТАВИТЬ ПЕРИОДЫ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ С ВОЗРАСТОМ ПЕМЗЫ ИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК, МОЖНО ОПРЕДЕЛИТЬ, КАКОЕ ИЗ ПОЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАЛИ ЖИТЕЛИ ТОЙ ИЛИ ИНОЙ СТОЯНКИ

можно определить, какое из полей использовали жители той или иной стоянки. А сравнение артефактов из разных стоянок дает

Исследователи оценили химический состав и возраст артефактов. Оказалось, что возраст пемзы, найденной на стоянках «Коврижка III» и «Усть-Каренга XVI», составляет 2,6 и 3,3 млн лет, соответственно. Полученные датировки и состав образцов совпали с характеристиками пемзы Удоканского вулканического поля. Это указывает на то, что древние люди использовали сырье из одного источника, преодолевая на пути к нему тысячи километров.

При этом обитатели Забайкалья использовали Удоканское вулканическое поле на протяжении как минимум 6 тысяч лет. По мнению ученых, это говорит о связях жителей разных стоянок, а также о преемственности традиций между поколениями. Кроме того, авторы статьи предположили, что древних людей могли интересовать и термальные источники, расположенные в районе Удоканского вулканического поля.

ПРЕЗИДЕНТСКАЯ ПРОГРАММА

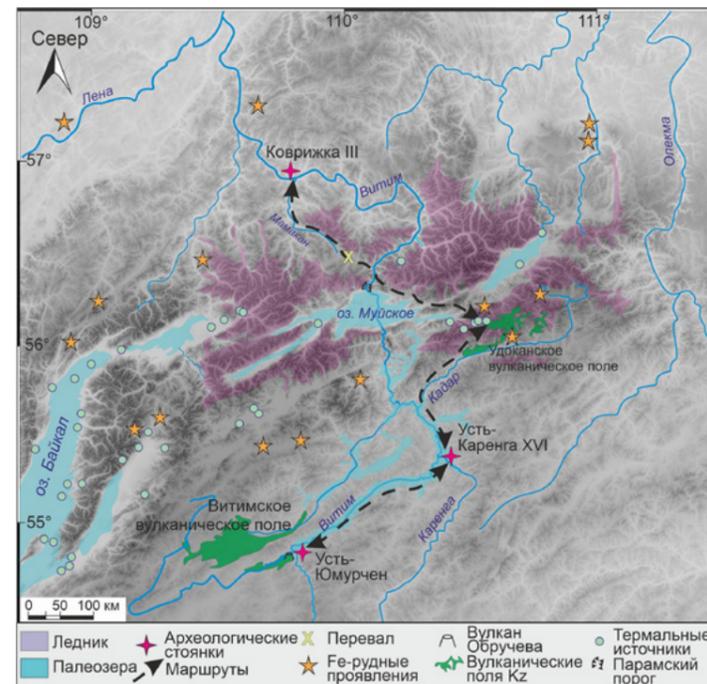
Источник: ТАСС

ДРЕВНИЕ ОБИТАТЕЛИ ЗАБАЙКАЛЬЯ 6 ТЫСЯЧ ЛЕТ ДОБЫВАЛИ ПЕМЗУ С УДОКАНСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Ученые восстановили маршруты путешествий древних жителей Забайкалья с помощью вулканической пемзы. Анализ артефактов, найденных на стоянках «Коврижка III» и «Усть-Каренга XVI» в Иркутской области и Забайкальском крае, показал, что обитатели стоянок преодолевали тысячи километров в пути за пемзой с Удоканского вулканического поля.

Изделия из пемзы обнаружены на стоянках древних людей, расположенных на территории современной Восточной Сибири: в Иркутской области и Забайкальском крае. Пемза — это пористая легкая порода вулканического происхождения. Она применялась для

обработки кожи и дерева или же в качестве строительных блоков и материалов, в том числе для погребальных саркофагов. Ее источником служили вулканические поля — районы, на которых сосредоточено большое количество вулканов.



Карта района исследований с реконструкцией уровней озера Байкал, ледников и палеозер 13 тысяч лет назад. На карте указаны расположение природных ресурсов, которые могли использовать древние люди, и предположительные маршруты миграций жителей стоянок «Коврижка III» и «Усть-Каренга XVI» к Удоканскому вулканическому полю. Источник: Demonerova et al. / Archaeological Research in Asia, 2024

// Результаты исследования опубликованы в журнале Archaeological Research in Asia



Карточка проекта

Руководитель проекта



**СОФЬЯ
МОРОЗОВА**

кандидат химических наук

Московский государственный
технический университет
имени Н. Э. Баумана

Москва



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ ПРОГРАММА

Источник: Научная Россия

МЯГКИЙ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР УВЕЛИЧИТ ТОЧНОСТЬ МИКРОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Ученые создали мягкого гидрогелевого робота. Он состоит из двух типов чернил, которые по-разному набухают в теплой воде и благодаря этому меняют форму. Подобные устройства найдут широкое применение в микрохирургии, например при установке имплантов, перемещении тканей, извлечении тромбов и других операциях, требующих аккуратных и точных захватываний объектов.

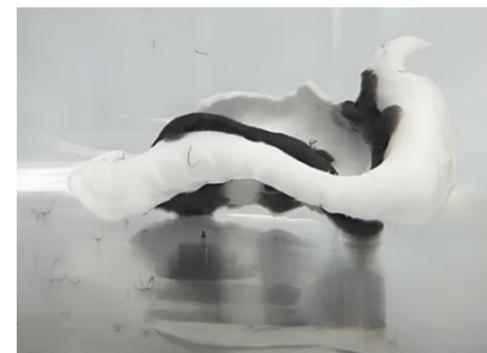
Однослойный гидрогелевый робот, находясь в воде, может изменять форму при близкой к телу человека температуре — 37–40 °С. При комнатной температуре он имеет вид пластинки, а при нагревании сворачивается подобно лепестку розы. Чтобы добиться таких движений, исследователи синтезировали два типа чернил: термочувствительные на основе биосовместимого полимера и маг-

нитные — на основе соединений железа. Благодаря магнитным полосам в составе авторы могли перемещать роботов в пространстве, воздействуя на них магнитом.

Варьируя взаимное расположение нескольких видов материалов, авторы добились разных сложносоставных движений: изгиба в виде лепестка и скручивания, имитации руки, способной захватывать предметы.



Карточка проекта



Внешний вид однослойного мягкого робота при температуре 37 °С (слева) и изгиб лепестка розы (справа).
Источник: Анастасия Беляева

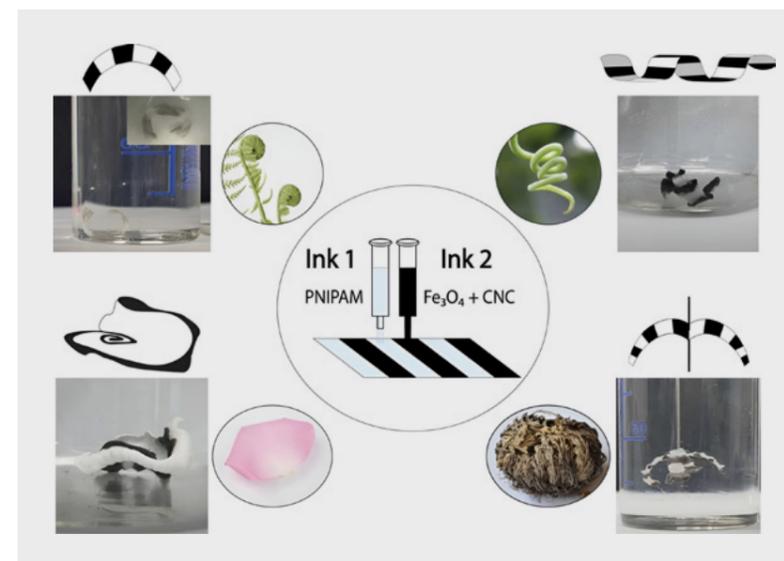
В планах исследователей — разработать новые чернила и более сложные узоры для 3D-печати, которые позволят получать мягких роботов с разными формами и типами движений. Настроить гибкость гидрогелевых роботов можно с точностью до тысячной доли миллиметра, регулируя количество и ширину полос, а также угол их расположения относительно главной оси материала. Чем короче полосы узора, тем сильнее изгибается материал.



Авторы исследования.
Источник: Софья Морозова

>> УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛА, СПОСОБНОГО ОДНОВРЕМЕННО БЫТЬ ГИБКИМ И ДВИГАТЬСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ПЕРСПЕКТИВНЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ И МЕДИЦИНЕ

Устройства на основе материала, способного одновременно быть гибким и двигаться в пространстве под действием магнитного поля, перспективны для использования в электронных устройствах и медицине, особенно при создании хирургических инструментов для операций, где важны гибкость и точность движений.



Источник: A. A. Belyaeva et al. / Materials Today Communications, 2024

// Результаты исследования опубликованы в журнале Materials Today Communications

... // **СОБЫТИЯ**

НОВОСТИ ИЗ ЖИЗНИ ФОНДА

//

В этом разделе мы рассказываем не только об исследованиях наших грантополучателей, но и вспоминаем яркие события из жизни Фонда в специальной рубрике «Первые десять».

2024 ГОД

//

АПРЕЛЬ-МАЙ-ИЮНЬ

/

РАЗДЕЛ #2

СОБЫТИЯ > НОВОСТИ РНФ



апрель

РНФ ПРЕДСТАВИЛ ЕЖЕГОДНЫЙ ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2023 ГОДУ

РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ РНФ ЗА 2023 ГОД

Поддержано **10,8** тыс. проектов

Бюджет **40,4** млрд рублей

47,1 научных публикаций по результатам проектов

В отчет вошла информация о показателях результативности программы Фонда на трехлетний период, конкурсах по отбору научных проектов, а также основных результатах их реализации. Кроме того, в документе говорится об итогах работы Фонда за 10 лет и лучших научных результатах грантополучателей.

За 10 лет Фонд поддержал 20 тысяч проектов, выполнявшихся на базе 1 тысячи научных и образовательных организаций из 83 субъектов России, на общую сумму 220 млрд рублей.

При поддержке Фонда в 2023 году реализовывались 10,8 тысячи проектов, профинансированных на сумму

40,4 млрд рублей. В исследования были вовлечены 64,7 тысячи исполнителей из 838 организаций в 81 регионе РФ, что составляет около 20 % от всех российских организаций, выполняющих исследования и разработки. По результатам их работы вышло 47,1 тысячи отчетных публикаций, из которых 30,6 тысячи — в ведущих рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях.

С 2023 года Фонд наряду с поддержкой фундаментальных исследований начал поддерживать прикладные исследования в области микроэлектроники, химии, медицины, сельского хозяйства.



Источник: пресс-служба Правительства РФ

апрель

ВИЦЕ-ПРЕМЬЕР ДМИТРИЙ ЧЕРНЫШЕНКО ПРОВЕЛ РАБОЧУЮ ВСТРЕЧУ С НОВЫМ ГЕНЕРАЛЬНЫМ ДИРЕКТОРОМ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА ВЛАДИМИРОМ БЕСПАЛОВЫМ

В ходе встречи стороны обсудили реализацию Стратегии развития Фонда на период до 2030 года, утвержденную Президентом, финансирование исследований российских ученых, поддержку развития науки в регионах и наращивание международного сотрудничества.

В числе важных изменений заместитель председателя Правительства Дмитрий Чернышенко отметил расширение грантовых программ Фонда. Он также подчеркнул высокий уровень научной экспертизы в Российском научном фонде.

Владимир Беспалов, назначенный генеральным директором Российского научного фонда в соответствии с Указом Президента России, поделился ближайшими планами работы и рассказал, как они будут способствовать выполнению ожидаемых результатов реализации Стратегии развития РНФ на период до 2030 года.



64,7 тыс. исполнителей проектов

838 организаций

81 регион РФ

Отчет о результатах деятельности РНФ в 2023 году



КЛЮЧЕВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗА 10 ЛЕТ

220 млрд руб. Финансирование проектов

113 тыс. Заявки

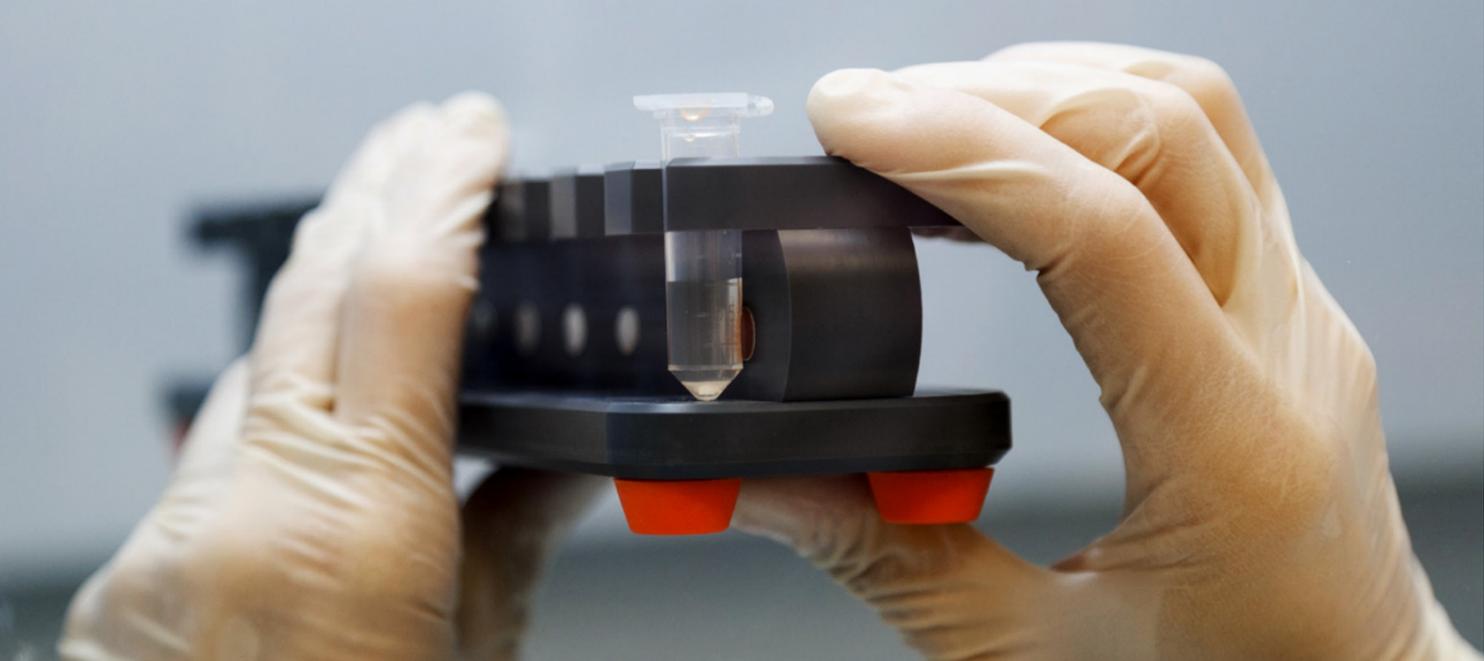
20 тыс. Поддержанные проекты

80 тыс. Участники проектов, среди них - более 70% молодых исследователей

1 тыс. Организации

>250 тыс. Научные публикации

148 тыс. Публикации в СМИ



апрель – май

КОНКУРСЫ РФФ: МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОЕКТЫ ОТДЕЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ГРУПП И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПРОЕКТЫ

Российский научный фонд подвел итоги конкурса проектов отдельных научных групп 2024 года и проводимого по поручению Президента России конкурса междисциплинарных проектов. В рамках данных конкурсов по результатам экспертизы отобрано 546 проектов. На финансирование проектов-победителей в 2024–2027 годах выделено 12,5 млрд рублей.

Кроме того, в 2023 году завершена реализация 2 691 проекта, поддержанного РФФ в рамках 8 конкурсов 2020–2022 годов. Согласно экспертизе отчетов грантополучателей о реализации научных проектов успешно выполненными признаны 98,9 % проектов.

Подведены итоги 8 конкурсов грантов РФФ на проведение исследований в рамках стратегических инициатив Президента РФ в научно-технологической сфере по направлению «Микроэлектроника».

Гранты на проведение ориентированных и прикладных научных исследований получают 33 организации-победителя из 10 субъектов Российской Федерации.

УРФФ появились новые международные партнеры. По итогам совместного конкурса с Вьетнамской академией наук и технологий (VAST) грантовую под-

держку Фонда получают 10 международных коллективов. По итогам конкурса РФФ с Министерством образования и науки Монголии (MES) поддержано 17 проектов.



Источник: оргкомитет конференции

апрель – июнь

ВСТРЕЧИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ФОНДА С НАУЧНОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ

В рамках 27-й Пуцзинской школы-конференции молодых ученых «Биология — наука XXI века» состоялся мастер-класс РФФ по научной коммуникации. Участники узнали о механизмах и инструментах популяризации научных знаний, о том, как Фонд помогает

в продвижении научных результатов грантополучателей в публичном пространстве, а также о праздничных мероприятиях, приуроченных к десятилетию Фонда.



Источник: оргкомитет конференции





Источник: оргкомитет саммита «Сириус.Биотех»

Заместитель генерального директора РНФ Андрей Блинов встретился с молодыми исследователями и разработчиками лекарственных препаратов на саммите «Сириус.Биотех», который проходил с 15 по 17 мая на федеральной территории «Сириус».

Андрей Блинов рассказал молодым исследователям об актуальных инструментах поддержки фундаментальных и прикладных исследований в области наук о жизни, предоставляемых Российским научным фондом.

Кроме того, при поддержке РНФ в Сириусе прошла Школа по молекулярной фармакологии «*Young Scientists' School in Molecular Pharmacology*».



Андрей Блинов, заместитель генерального директора РНФ. Источник: пресс-служба Университета «Сириус»



В КНИТУ-КАИ состоялась встреча научной общественности Татарстана с руководством Российского научного фонда.

Заместитель генерального директора РНФ Андрей Блинов и председатель научно-технического совета Александр Клименко приняли участие в совещании с руководством университета во главе с ректором Тимуром Алибаевым, а также во встрече с президентом Академии наук РТ Рифкатом Миннихановым.



Участники встречи обменялись мнениями по поводу актуальных проблем поддержки научного поиска на площадках учреждений высшего образования, также делегации РНФ представили ведущие лаборатории и научно-технические центры КНИТУ-КАИ. В рамках визита была организована расширенная встреча представителей Фонда с научной общественностью Республики Татарстан.



Источник: пресс-служба КНИТУ-КАИ



В Туле 17 июня прошла «Школа РНФ», в которой приняли участие более 100 ученых и исследователей Тульской области.



Российский научный фонд традиционно готов поддержать сильные и амбициозные научные коллективы, создать им комфортные условия для работы посредством широкой грантовой линейки, включающей в себя поддержку как фундаментальных, так и прикладных исследований. Уверен, что благодаря сегодняшней встрече еще большее количество ученых Тульской области смогут подготовить интересные заявки и получить гранты РНФ. Потенциал для роста есть.



АНДРЕЙ БЛИНОВ

заместитель генерального директора РНФ



В РАМКАХ ВСЕРОССИЙСКОЙ АКЦИИ «ДЕНЬ БЕЗ ТУРНИКЕТОВ» ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ РНФ ПРОВЕЛИ БОЛЕЕ 25 ЭКСКУРСИЙ ПО НАУЧНЫМ ЛАБОРАТОРИЯМ

С 20 по 26 мая в рамках все-российской акции «День без турникетов», инициированной Правительством города Москвы, состоялись более 25 экскурсий по лабораториям грантополучателей РНФ в шести городах России. Экскурсии прошли в Москве, Санкт-Петербурге, Казани, Екатеринбурге, Новосибирске и Владивостоке в 40 лабораториях 13 ведущих научных и научно-образовательных организаций нашей страны.

Посетителями научно-популярных экскурсий стали более 400 человек. Школьники и взрослые узнали о том, какие научные задачи решают одни из сильнейших научных команд страны, а студенты смогли познакомиться с руководителями и сотрудниками лабораторий, чтобы выбрать место для будущей стажировки. Ученые не только с энтузиазмом показывали лабораторное оборудование, читали лекции, но и с готовностью отвечали на вопросы любознательных экскурсантов, давая им возможность примерить роль научных сотрудников и поучаствовать в экспериментах.



Источник: пресс-служба МИФИ



Источник: Илья Грехов, пресс-служба МГУ

Источник: М. Макеева, Ю. Чернова. Химический факультет МГУ



Источник: Илья Грехов, пресс-служба МГУ



ВСТРЕЧА ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ МИХАИЛА МИШУСТИНА С ГЕНЕРАЛЬНЫМ ДИРЕКТОРОМ РНФ ВЛАДИМИРОМ БЕСПАЛОВЫМ



Ключевыми темами встречи стали приоритетные направления работы РНФ и задачи, поставленные перед Фондом на ближайшее время, в том числе вопросы грантовой поддержки научных исследований в новых регионах и популяризации науки среди молодежи.

В ходе беседы Владимир Беспалов рассказал об итогах деятельности Фонда за 10 лет, достигнутых результатах и о приоритетных задачах Фонда на ближайшую перспективу.

«Мы наблюдаем возросшую роль Фонда в таких направлениях, как материально-техническое снабжение исследований, развитие исследовательских компетенций ученых,

конкурентоспособность научных коллективов, карьерный рост. Планы Российского научного фонда на ближайший год — сохранить высокий уровень грантовой поддержки фундаментальных исследований. Это базовый элемент науки и будущее наших прикладных исследований. И конечно, будем наращивать объемы исследований», — рассказал генеральный директор РНФ Владимир Беспалов.

Михаил Мишустин уделил особое внимание не только действиям для достижения технологического суверенитета России, развития научного потенциала в новых регионах, но и популяризации достижений отечественной науки среди молодежи.

Источник: пресс-служба Правительства РФ





Источник: Максим Блинов, РИА «Новости»

май

ВРУЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕМИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2023 ГОДА

В День России в Кремле состоялась церемония награждения лауреатов Государственных премий Российской Федерации 2023 года.

Государственной премии РФ в области науки и технологий за разработку оригинальных технологий трансплантации жизненно важных органов и за цикл работ о стратегии двухкомпонентного развития ядерной энергетики РФ удостоены две

группы ученых — Сергей Готье, Марина Минина и Могели Хубутя, а также Михаил Ковальчук, Евгений Адамов и Владимир Асмолов.

За цикл фундаментальных и прикладных работ по изучению функций гена основного опухолевого супрессора p53 в норме и патологии высокую награду получил Петр Чумаков. Сердечно поздравляем лауреатов!

Открыт прием документов на соискание премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых за 2024 год. Срок приема документов: 15 апреля – 15 октября 2024 года. С требованиями к оформлению документов и правилами подачи заявки можно ознакомиться на сайте РНФ.

Также напоминаем о том, что открыта регистрация на XII Всероссийский съезд советов молодых ученых и студенческих научных обществ, который пройдет с 15 по 17 июля во Владивостоке. В рамках Съезда традиционно состоится Школа Российского научного фонда.



май

ВЛАДИМИР БЕСПАЛОВ ПРИНЯЛ УЧАСТИЕ В ЗАСЕДАНИИ СОВЕТА ПО НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИЮ

Под председательством Президента России Владимира Путина 13 июня в Дубне состоялось заседание Совета по науке и образованию.

Владимир Беспалов, генеральный директор Российского научного фонда, представил доклад, в котором рассказал о сотрудничестве с производственными компаниями и проектах РНФ по направлению «Микроэлектроника», призванных ускорить создание передовых технологических решений в нашей стране.

«Менее года назад запущен пилотный проект по созданию СВЧ-транзисторов с улучшенными параметрами, на данный момент уже идут испытания изделий, созданных с использованием этих приборов. Кроме того, осуществлен сбор предложений от организаций, заинтересованных в результатах научных исследований российских компаний и институтов, работающих в области микроэлектроники, по итогам которого для финансирования отобраны 83 проекта. Результатами данных проектов станут новые технологии, прототипы и опытные образцы.

>> РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОЕКТОВ СТАНУТ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОТОТИПЫ И ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ



Заседание Совета по науке и образованию. Источник: Алексей Майшев, «Россия сегодня»

Достижение этого результата гарантируется сочетанием высокопрофессионального экспертного отбора тематик и проектов, грантового финансирования со стороны Фонда, а также сопровождением и софинансированием со стороны заинтересованных производственных компаний.

При этом формирование фундаментальных научных заделов по обсуждаемым на Совете приоритетам научно-технологического развития по-прежнему остается ключевой задачей Фонда», — отметил Владимир Беспалов.

Также в заседании приняли участие Дмитрий Чернышенко, Виктор Садовничий, Геннадий Красников, Андрей Фурсенко, Григорий Трубников, Алексей Лихачев, Елена Шмелева, Дмитрий Медведев, Максим Пратусевич, Денис Мантуров и другие члены Совета.



Стенограмма встречи

... // **ИНТЕРВЬЮ**

ВЕДУЩИЕ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ
О СВОЕЙ РАБОТЕ И БУДУЩЕМ НАУКИ

//
С 2023 года при поддержке
РНФ реализуются
93 проекта —прикладных
научных исследований
с ведущими технологическими
компаниями России. Они
направлены на создание
программного обеспечения для
проектирования и технологий
изготовления изделий
микроэлектроники, а также
оборудования и материалов для
ее производства; отечественных
катализаторов для химической
промышленности; ферментов для
сельского хозяйства; пищевых
добавок и фармакологических
субстанций для лечения
орфанных заболеваний. Этот
выпуск дайджеста посвящен
бурно развивающейся области
микроэлектроники.

2024 ГОД

//

АПРЕЛЬ-МАЙ-ИЮНЬ

/

РАЗДЕЛ #3

**ИНТЕРВЬЮ > КАНДИДАТ ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК
НИКИТА ПИХТИН**





Монтаж кристаллов мощных полупроводниковых лазеров и исследование их характеристик на измерительных стендах. Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей

// Как развивается область лазерных технологий для микроэлектроники?

Сейчас в микроэлектронике используется так называемая гибридная интеграция лазера. Она заключается в том, что оптически соединяют уже созданные чипы лазеров с кремниевой фотонной схемой. Мы же предлагаем гетерогенную интеграцию: сначала делаем полупроводниковые планарные гетероструктуры на основе АЗВ5*, а потом эти структуры соединяются определенным способом с пластиной КНИ (кремний на изоляторе), в которой уже сформированы волноводы и другие пассивные компоненты. Мы считаем это направление очень перспективным — оно будет широко использоваться и развиваться.

// В чем его преимущество?

В основе технологии гетерогенной интеграции лежит концепция групповых технологических маршрутов, когда на одной пластине КНИ сразу формируются все необходимые лазерные источники, прием-

ники и модуляторы. Если эту технологию поставить на серийное производство, у нее будет хорошая воспроизводимость. Из этого вытекают надежность и простота изготовления, а также дешевизна, что важно для бизнеса.

>> НАШИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАЦЕЛЕНЫ НА СОЗДАНИЕ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА, ВОСТРЕБОВАННОГО ЛИБО НАУЧНЫМ СООБЩЕСТВОМ, ЛИБО РЫНКОМ

* Полупроводниковые соединения, состоящие из элементов третьей и пятой групп таблицы Менделеева.

// Что побудило вас участвовать в конкурсе Фонда по поддержке опытно-конструкторских работ?

Мы всегда ориентируемся на прикладные разработки. Даже наши фундаментальные исследования нацелены на создание конечного продукта, востребованного либо научным сообществом, либо рынком.

>> НЕСКОЛЬКО ЛЕТ НАЗАД МЫ ПОЗНАКОМИЛИСЬ С ЗЕЛЕНГРАДСКИМ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ, ВМЕСТЕ ПРОВЕЛИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ НИР И ПОНЯЛИ, ЧТО МОЖНО ПОДАВАТЬ ПРОЕКТЫ. И ТУТ ФОНД ОБЪЯВИЛ КОНКУРС

Такой подход был заложен еще в советское время. Весь Алферовский центр работал на конкретные предприятия, которые выпускали или использовали приборы оптоэлектроники. Благодаря этому мы и выжили в 1990-е годы.

В то время лабораторией заведовал Дмитрий Залманович Гарбузов. Отправляясь на конференции в США и Европу, он брал с собой образцы, чтобы показать: вот доклад про лазеры, а вот они в действии. Гарбузов учил нас доводить все до рабочего образца, как и сменивший его на посту Илья Сергеевич Тарасов. Так что я уже со студенческих лет понимал, как надо действовать исследователю и разработчику.

Мы все время пишем проекты, опираясь на запросы заказчика. Когда нас спрашивают: «Вы можете сделать то-то?», если отвечаем: «Пока нет», то мотаем на ус и начинаем

* АО «ЗНТЦ»
** ООО «Future Technologies»

двигаться в этом направлении. Поскольку у нас полный цикл изготовления лазеров, мы создаем востребованные продукты в достаточно короткий срок.

Когда РНФ объявил конкурс прикладных работ, мы подумали, что точно будем участвовать. У нас накоплен большой опыт доведения исследований до опытного образца — то, что требуется в этих проектах.

И еще один важный факт: несколько лет назад на форуме «Микроэлектроника» мы познакомились с коллегами из Зеленоградского нанотехнологического центра*. Это одна из ведущих компаний, которая осуществляет разработки и производство продукции в области фотонных интегральных схем. Мы поняли, что у нас похожие взгляды на перспективы развития этих схем, в частности, на интеграцию гетероструктур на основе АЗВ5-соединений и КНИ.

Это было года три-четыре назад. Мы даже провели вместе

В 2026 году



75-80% ТРАНСИВЕРОВ

будут использовать фотонные интегральные схемы

подготовительные НИР и промоделировали наши идеи.

Что-то получилось, и мы поняли: можно подавать проекты. И тут Фонд как раз объявил конкурс.

Кстати, на том же форуме мы познакомились с конечным потребителем — новосибирской компанией**, использующей трансиверы. Мы узнали, что конкретно им нужно в плане фотонных интегральных схем, и поняли, к чему надо стремиться.



Старший научный сотрудник Алена Казакова отрабатывает процесс нанесения металлических контактов на поверхность полупроводниковой лазерной гетероструктуры. Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей

// Результаты фундаментальных исследований, ранее проведенных в ФТИ по грантам Фонда, стали основой для прикладного проекта?

Пару лет назад мы закончили выполнение проекта РФФ, в рамках которого разработали метод селективной эпитаксии гетероструктур, который будем сейчас использовать. То есть тут сто процентов результаты фундаментальных исследований, выполненных на гранты Фонда. Это нам очень помогло. Была и еще одна наработка. Вместе с индустриальным партнером в рамках федеральной целевой программы мы разработали лазерные диоды на подложках InP (фосфида индия), по некоторым параметрам превосходящие мировые аналоги. Все разработки были внедрены в АО «НИИ «Полус» имени М. Ф. Стельмаха». Сейчас эти лазеры сильно востребованы из-за недоступности зарубежных аналогов. Так что этот задел тоже оказался полезным.

// В чем сложность перехода от фундаментальной разработки к практическому применению?

Знаете, я бы сказал, у нас сложностей нет. Необходимо всегда помнить: прибор или технология, которую ты разрабатываешь на фундаментальном уровне, должны быть в первую очередь потенциально воспроизводимы и соответствовать существующему уровню технологий. Конечно, всегда можно что-то придумать и даже сделать один образец, но потом вряд ли получится его масштабировать. Приведу следующий пример. В 1970-е годы академик ФТИ имени А. Ф. Иоффе Роберт Сурис выдвинул идею квантово-каскадных лазеров. Однако в то время



Младший научный сотрудник, аспирант Артем Гришин проводит процесс эпитаксиального роста гетероструктур на установке МОС-гидридной эпитаксии. Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей

реализовать идею не получилось, конечный продукт, и он будет продаваться». Надо понимать, что может быть на данный момент доведе-

>> ПОЖАЛУЙ, ОГРАНИЧИТЬ НАУЧНУЮ МЫСЛЬ МОЖЕТ ТОЛЬКО НЕХВАТКА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Пришлось ждать тридцать лет. Повторюсь: конечный продукт должен быть воспроизводимым, надежным и сравнительно простым в изготовлении. Про эти три момента всегда нужно думать на фундаментальном этапе исследования.

// А это не ограничивает научную мысль?

Нет, никоим образом. Когда мы понимаем, что идею пока нельзя довести до рабочего образца, мы не предлагаем НИОКРы. Мы запускаем НИРы и пробуем, но никогда не говорим: «Сейчас мы делаем

но до конца, а что — нет. Пожалуй, ограничить научную мысль может только нехватка высокотехнологичного оборудования.

// В чем заключается новизна решений, предложенных в проекте?

Главная новизна — это конструкции планарных полупроводниковых гетероструктур и технологии их роста на подложке фосфида индия в применении для фотонных интегральных схем на основе КНИ. Именно такие гетероструктуры являются ключевым элементом

инжекционных источников лазерного излучения. Мы интегрируем две такие сложно эпитаксиально совместимые структуры как кремний и полупроводники АЗВ5. Союз АЗВ5 и кремния должен обеспечить высокую эффективность и низкую себестоимость изделий.

>> ПОСТЕПЕННО РОЖДАЕТСЯ ПОНИМАНИЕ, ЧТО ЭТО НАУКОЕМКИЙ ПРОДУКТ И СРОК ОКУПАЕМОСТИ ДЛЯ БИЗНЕСА НЕ 2-3 ГОДА, А БОЛЕЕ ДЕСЯТИ ЛЕТ

Нам предстоит сделать очень много. Первое — разработать конструкцию планарных структур АЗВ5, обеспечивающих формирование связанного волновода между КНИ и АЗВ5-частью. Второе — разработать технологию роста планарных гетероструктур на подложках InP и, соответственно, создать

технологическую документацию для изготовления источников лазерного излучения на длину волны 1 300 нм. В качестве базовой выбрана МОС-гидридная эпитаксия как наиболее технологичный способ формирования фосфорсодержащих гетероструктур. Третье — создать методики исследования и испыта-

// Как у вас проходит коммуникация с бизнесом? Можно сказать, что вы говорите на одном языке?

Так и есть. Хочется верить, что мы понимаем чаяния бизнеса. И все же порой на выставках случаются интересные диалоги:

- А такой лазер можете сделать?
- В принципе можем, года за два-три.
- Почему так долго? Вы же сами говорите, что 40 лет лазером занимаетесь.

разработанных структур. Здесь мы действуем в кооперации с нашим заказчиком, Зеленоградским нанотехнологическим центром, — будем гетерогенно интегрировать наши структуры и КНИ.

Люди не понимают, что наши разработки — это высокотехнологичный продукт. Даже если ты сделал один лазер, чтобы изготовить другой, нужно опять проходить все стадии эпитаксиальной технологии. Но постепенно рождается понимание, что это наукоемкий продукт и срок окупаемости для бизнеса не 2–3 года, а более десяти лет.



Старший научный сотрудник Александр Подоскин исследует кристаллы полупроводниковых лазеров. Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей



>> МЫ ВСЕГДА БЫЛИ НАЦЕЛЕННЫ СДЕЛАТЬ САМЫЙ МОЩНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛАЗЕР В МИРЕ, И НАМ ЭТО ОЧЕНЬ ЧАСТО УДАВАЛОСЬ

Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей

Потому что для изготовления лазеров мирового уровня требуется дорогостоящее оборудование. И компетенции.

Мы почти тридцать лет взаимодействуем с НИИ «Полюс» имени М. Ф. Стельмаха — это наши партнеры, которые выпускают лазеры серийно. Я полностью понимаю, как они работают и что такое выпуск продукции десятками тысяч штук в год.

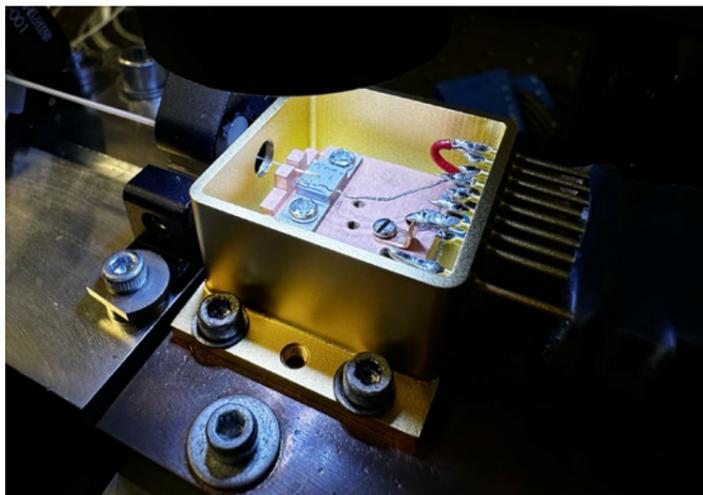
Часто мы работаем даже без всяких проектов, когда надо что-то проверить и оперативно провести исследовательскую работу. Плюс у нас много совместных исследований, мы пишем с «Полюсом» статьи.

// Каким может быть экономический эффект проекта?

Потенциально он огромный, потому что разрабатываемые в рамках

проекта РФГ гетероструктуры — это ключевой элемент технологии создания фотонных интегральных схем с интегрированными источниками лазерного излучения. Фотонные интегральные схемы обеспечивают кардинальное улучшение скоростных энергетических характеристик оптических трансиверов. Именно эти характеристики улучшаются за счет интеграции источников лазерного излучения в планарную интегральную схему.

Эти трансиверы очень востребованы для отечественного телекоммуникационного оборудования, центров обработки данных. Рынок огромен — миллионы штук в год. Когда изделие выйдет в серийное производство, экономический эффект будет внушительный. Кроме того, наши разработки будут использоваться для систем навигации, для дальнометрии.



Процесс стыковки кристалла полупроводникового лазера с оптическим волокном в лазерном модуле. Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей

// Какая у вас научная мечта?

Вообще я человек приземленный. Но мечта при этом имеется. Мы всегда были нацелены сделать самый мощный лазер в мире. И нам это часто удавалось. У нас есть и патенты, и публикации, когда

Он должен объединить свойства лазеров торцевых и вертикально излучающих лазеров, у которых есть свои преимущества. Это востребованная задача, которую можно решить с помощью современного оборудования, кое-что из него даже есть у нас в ФТИ. Чтобы воплотить

>> КОГДА ИЗДЕЛИЕ ВЫЙДЕТ В СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ БУДЕТ ВНУШИТЕЛЬНЫЙ

мы достигли лучшей мощности в мире. А сейчас научная мечта зависит от возможности приобретения и использования нового оборудования — без него сложно реализовать новые идеи. Например, мы мечтаем создать мощный лазер на основе фотонного кристалла.

мечту в жизнь, мы даже свободное от проектов время трудимся над этим направлением. В лаборатории много молодых ребят, у которых горят глаза что-то сделать, чтобы включил — и оно работает.

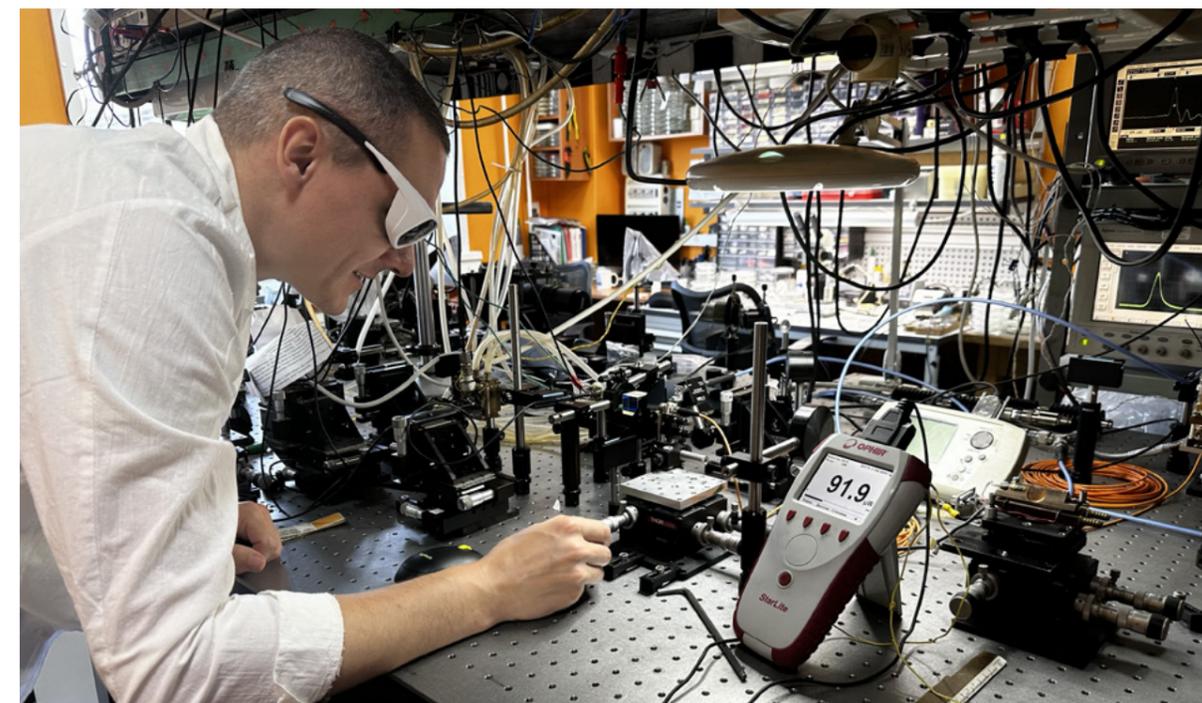


К 2026 году в России рынок трансиверов устройств может составить

4-5 млрд РУБЛЕЙ

к 2030 году вырастет до

10 млрд РУБЛЕЙ



Старший научный сотрудник Александр Подоскин проводит исследования характеристик субнаносекундных импульсных мощных полупроводниковых лазеров на многофункциональном измерительном стенде. Источник: лаборатория полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей

// Какими видите перспективы отрасли в ближайшие годы?

Перспективы напрямую связаны с наличием и введением в технологическую цепочку современного оборудования. Когда оно появится, мы выйдем на следующий уровень и сможем разработать новый востребованный прибор, например односторонние лазеры. Причем установки должны быть не только куплены, но еще и запущены квалифицированными людьми. В ФТИ имени А. Ф. Иоффе всегда уделяли подготовке кадров большое внимание. Еще одно перспективное направление — импортозамещение. Сейчас по понятным причинам мы нацелены на выпуск отечественных установок и сильно вовлечены в этот процесс: не только разрабатываем технологию на эпитаксиальном оборудовании, но еще и сами хотим его сделать.

// Как вы оцениваете вклад Фонда в развитие отечественной науки, а также поддержку прикладных исследований?

Сегодня РФФ — это основной источник внебюджетного финансирования проекта. Большая часть

**ОТРАСЛИ-ПОТРЕБИТЕЛИ
ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**



заявок на проекты пишется именно в Российский научный фонд. Удобно и правильно, что существуют гранты разных масштабов. Небольшие позволяют проверить научную

идею на фундаментальном уровне, написав несколько статей. А в солидных прикладных проектах можно пойти дальше и создать реальные образцы изделий.

>> СЕГОДНЯ РФФ — ЭТО ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ВНЕБЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОЕКТА

Отдельно хочу отметить, что бюрократия сведена к минимуму и писать заявки и отчеты по проектам достаточно просто — если, конечно, есть результаты. Когда возникают вопросы, можно зайти на сайт, где все детально расписано: что делать и какие формы заполнять. Кроме того, гранты Фонда дают возможность без ограничений купить материалы, оборудование или комплектующие. Это важно для экспериментаторов, которым постоянно требуются комплектующие, не говоря уже об основных установках.



Оптический модуль мощного полупроводникового лазера с волоконным выходом



доктор технических наук, генеральный директор Зеленоградского нанотехнологического центра



Конкурс технологических предложений — уникальная возможность для компании внести предложения в технологическую повестку, привлечь внимание к актуальным проблемам, а затем найти заинтересованных исполнителей, совместно сформировать научный и технологический задел, довести исследование до стадии ОКР и внедрить результаты в производство.

РФФ оказывает огромную поддержку фундаментальным и поисковым исследованиям. Этот действительно эффективный инструмент теперь внедряется и для опытно-конструкторских и технологических работ, позволяя консолидировать усилия нескольких организаций для решения актуальных стратегических задач.

Так, мы планируем применить результаты работы коллег из ФТИ имени А. Ф. Иоффе, чтобы сформировать полный цикл создания фотонных интегральных схем на основе структур КНИ и АЗВ5, включающих активные элементы (лазеры и приемники) и пассивные элементы (волноводы, мультиплексоры-демультиплексоры) для трансиверов и высокоскоростных приемопередающих устройств, а также использовать в серийном производстве.

РФФ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, КОТОРЫЙ ТЕПЕРЬ ПОДДЕРЖИВАЕТ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОЗВОЛЯЯ КОНСОЛИДИРОВАТЬ УСИЛИЯ НЕСКОЛЬКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ



Зеленоградский нанотехнологический центр — российский разработчик и производитель изделий микроэлектроники и микросистемной техники, радиоэлектронной аппаратуры, компонентов и модулей для телекоммуникационных систем. Приоритетное направление деятельности — развитие современных технологий производства и разработка перспективной продукции в стратегических отраслях страны, в том числе электронике, фотонике, электронном машиностроении.

...

//

МНЕНИЕ

//

С 2023 года Фонд запустил новое направление деятельности — поддержку опытно-конструкторских и технологических работ, опытно-конструкторских разработок. Выпуски дайджеста в 2024 году посвящены тематическим направлениям этих проектов. Во втором номере поднимаются вопросы в области микроэлектроники. Если в интервью [→ стр. 34] Никита Пихтин говорит о прикладных исследованиях и создании элементной базы для нужд микроэлектроники, а также о механизме взаимодействия с бизнесом, то в разделе «Мнение» ученые рассказывают о фундаментальных исследованиях, проблемах и перспективах.

ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ ФОНДА
О ТРЕНДАХ В НАУКЕ

2024 ГОД

//

АПРЕЛЬ-МАЙ-ИЮНЬ

/

РАЗДЕЛ #4

МНЕНИЕ > МИКРОЭЛЕКТРОНИКА



мнение

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Все технологии, которыми мы пользуемся сегодня: связь, компьютер, интернет — обеспечивают транзисторы. Если в первой коммерческой микросхеме кроме кремния использовалось всего несколько химических элементов, то сейчас — почти вся таблица Менделеева. Если раньше транзисторы на чипе можно было легко пересчитать — сегодня их около 100 миллиардов. Дальнейший рост потребует других физических носителей и принципов вычисления.

Микроэлектронику может усилить новая инфраструктура, которую ученые развивают прямо сейчас: фотоника, спинтроника, гибкая электроника, нейроморфные технологии. Их интеграция с микроэлектронными системами позволяет создавать гибридные решения для реализации таких приложений, как высокоскоростные коммуникации, интеллектуальные вычисления и носимые технологии, а значит, они способны изменить будущее различных отраслей промышленности и повседневную жизнь.

В нашем материале вместе с грантополучателями Фонда мы поговорили о нескольких ведущих направлениях фундаментальных исследований в сфере микроэлектроники и смежных областях: какими они видят проблемы и перспективы данной области и как скоро эти разработки обеспечат технологический суверенитет России.

ФОТОНИКА



Карточка проекта

На фундаментальной науке об электричестве и магнетизме построена электроника, а на оптике — фотоника, где вместо электронов носителями информации выступают частицы света — фотоны. Фотоника бывает классической и квантовой, в этот раз поговорим о классическом направлении, когда фотон рассматривается не как частица, а как электромагнитная волна — такая же, как радиоволна, но с более высокой частотой, позволяющей передавать большой объем информации. Еще одно преимущество фотоники — точность: оптические измерения сегодня считаются самыми точными. Где заканчивается электроника и начинается фотоника, и смогут ли оптические системы заменить электронные? Об этом рассказывают наши грантополучатели.



МЫ ХОТИМ ВЕРНУТЬ В ПРАКТИКУ МНОГОМОДОВЫЕ СВЕТОВОДЫ, СДЕЛАВ ИХ НА ПОРЯДОК ЛУЧШЕ



СЕРГЕЙ

БАБИНСКИЙ

доктор физико-математических наук, директор Института автоматизации и электрометрии СО РАН

” На заре развития оптоволоконной связи использовались многомодовые световоды. Это оптическое волокно, по которому распространяется много устойчивых пространственных мод света, а если упрощенно — много разных лучей со своими траекториями. Позже в таких световодах нашли недостатки: моды перемешивались и ухудшали качество сигнала, поэтому стали применять их одномодовые варианты.

Однако сейчас научное сообщество находит новые пути развития технологии создания многомодовых световодов, которые позволят значительно превзойти одномодовые по своим возможностям. Они могут повысить объем передаваемой информации, помочь в микрообработке материалов и создании «умных» композитов, будут востребованы в микрохирургии, биомедицине и других областях.

Несколько десятков научных групп в мире ставят перед собой задачу усовершенствовать и вернуть в практику многомодовые световоды, а также их более современный вариант — многосердцевинные световоды. И наш коллектив — один из них. Мы научились с помощью фемтосекундного лазера поточечно модифицировать показатель преломления и таким образом «рисовать» в многомодовых световодах трехмерные структуры, чтобы управлять светом, формировать и передавать сложный оптический сигнал без искажений.



Магистрант Жибзема Мункуева записывает 3D-структуры фемтосекундным пучком, структурированным с помощью пространственного модулятора света. Источник: Наталья Коляда

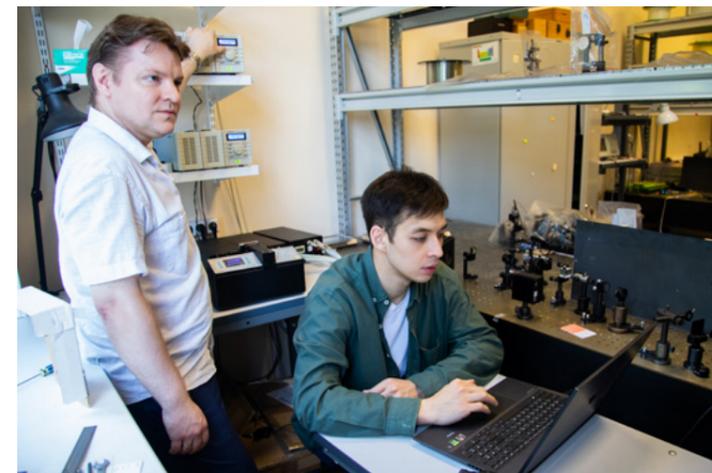
За последние годы в области волоконной оптики произошли два переломных события, которые повлияли на развитие исследований, в том числе нашего проекта. Во-первых, это фундаментальное открытие эффекта керровской самоочистки многомодового пучка. При распространении света, состоящего из многих поперечных мод, его интенсивность может менять свойства среды, в частности показатель преломления, за счет чего моды начинают нелинейно взаимодействовать. В результате очень плохое пятнистое распределение

света на выходе из многомодового световода превращается в красивый пучок с колоколообразным профилем интенсивности и устойчивым распределением мод. Количество

этих мод и их распределение удалось описать известным в других областях законом Рэлея — Джинса, соответствующим термодинамическому равновесию.

»» МЫ НАУЧИЛИСЬ С ПОМОЩЬЮ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА ПОТОЧЕЧНО МОДИФИЦИРОВАТЬ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ И ТАКИМ ОБРАЗОМ «РИСОВАТЬ» В МНОГОМODOVЫХ СВЕТОВОДАХ ТРЕХМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ, ЧТОБЫ УПРАВЛЯТЬ СВЕТОМ, ФОРМИРОВАТЬ И ПЕРЕДАВАТЬ СЛОЖНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ БЕЗ ИСКАЖЕНИЙ

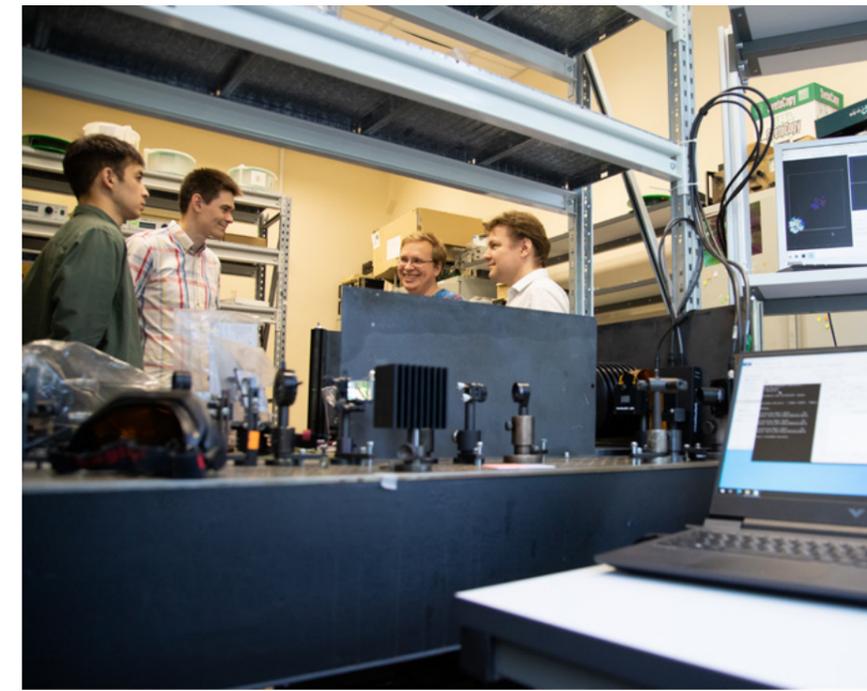
Во-вторых, это появление пространственных модуляторов света — матрицы, которая локально модулирует фазу кусочка пучка. На основе такого устройства сотрудники нашей лаборатории разработали анализатор модового состава, который позволяет измерить распределение мод в пучке голографическим методом. С помощью этого прибора мы первыми в мире напрямую измерили распределение мод в разных ситуациях: Рэлея — Джинса в пассивных световодах, экспоненциальное распределение в многомодовых волоконных резонаторах с 3D-структурами.



Ведущий научный сотрудник Денис Харенко и младший научный сотрудник Михаил Гервазиев настраивают пространственный модулятор света. Источник: Наталья Коляда

Аналогичные структуры можно записывать и в многосердцевинных световодах, где мы также наблюдали очень интересные эффекты. В резонаторе с массивом брэгговских решеток у торцов волокна при взаимодействии мод сердцевин между собой может происходить как пространственная, так и спектральная локализация света. Это приводит к тому, что многосердцевинное излучение преобразуется в обычное одномодовое, при этом параметры излучения значительно улучшаются.

Нам нравится не только проводить фундаментальные исследования, но и доводить результаты до стадии внедрения. Вместе с нашими новосибирскими партнерами и предприятиями пермского промышленного кластера «Фотоника» мы с радостью воплощаем наши идеи в жизнь. «



Слева направо: младший научный сотрудник Михаил Гервазиев, аспирант Виталий Волоси, младший научный сотрудник Владислав Ефремов и ведущий научный сотрудник Денис Харенко рядом с установкой модовой декомпозиции многомодового пучка волоконного лазера. Источник: Наталья Коляда



**ИВАН
ТИМОФЕЕВ**

доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией фотоники молекулярных систем Института физики имени Л. В. Киренского СО РАН, профессор Сибирского федерального университета

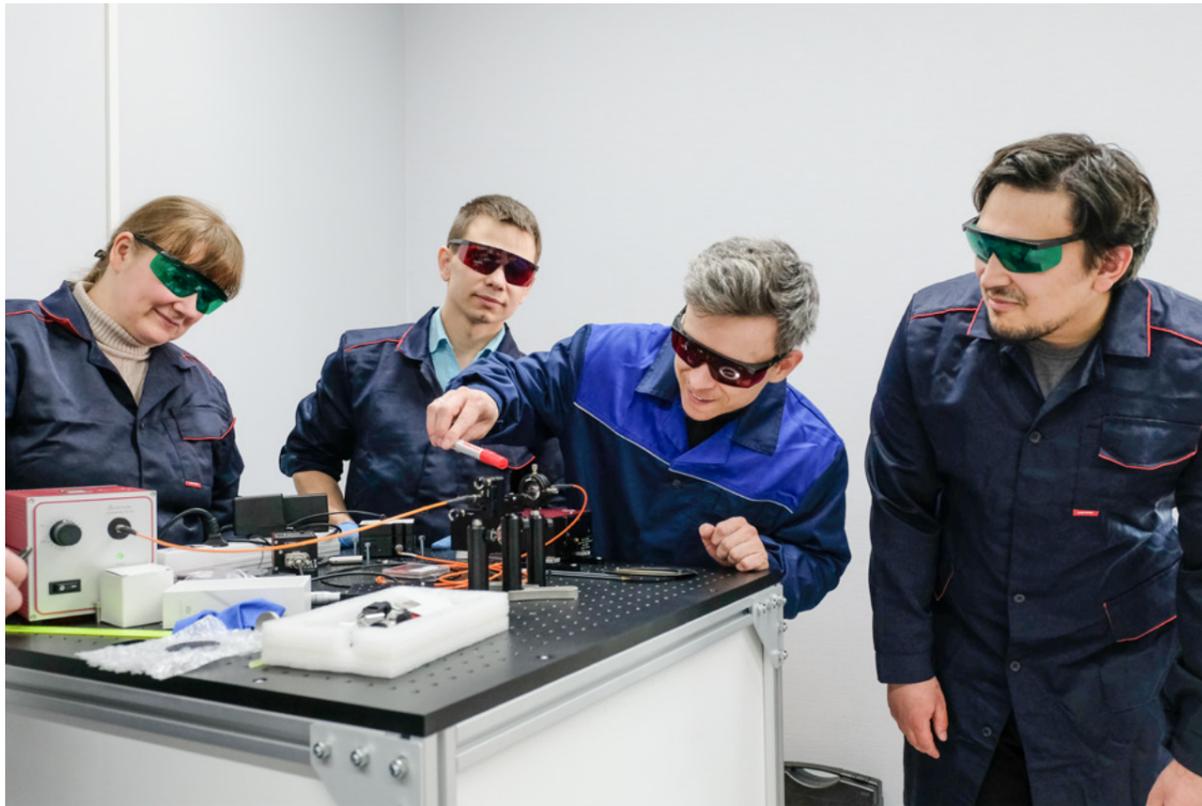
БУДУЩЕЕ НЕ В ЗАМЕНЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ФОТОНЫ, А В ИХ СОЮЗЕ

»» Представьте, что частица света — фотон — летит сквозь такую неоднородную среду как молоко или туман. Этот фотон отразится от границ материала и быстро рассеется, хотя составляющие молоко жировые шарики сами по себе так же прозрачны, как и капельки воды, образующие туман. Эту

проблему решает топологическая фотоника — молодая наука, которую мы развиваем в лаборатории: надо особым образом упорядочить рассеиватели в пространстве, чтобы на поверхности возникли особые волны света, которые перестают рассеиваться, что резко снижает их энергетические потери.



Карточка проекта



Сотрудники лаборатории (слева направо): Наталья Рудакова, Гавриил Романенко, Дмитрий Федченко и Степан Наболь.
Источник: Анастасия Тамаровская / ФИЦ КНЦ СО РАН

На путь этих исследований еще в 1932 году встал советский физик, нобелевский лауреат Евгений Игоревич Тамм, который описал волны электронов на поверхности полупроводника. А наша область сформировалась недавно, когда профессор Алферовского университета Михаил Алексеевич Калитеевский стал изучать оптический аналог этого явления. Электроны заменили на фотоны, а полупроводниковый кристалл — на фотонный.

Недавно в рамках нашего проекта была изготовлена особая пленка, называемая метаповерхностью. Она в сто раз тоньше листа бумаги, а ее площадь равна сечению человеческого волоса. Особенность пленки в том, что она излучает свет не во все стороны, а прицельно, как лазерный луч! Когда я стал рассказывать о ней коллегам, мне просто не поверили. Принято считать, что

во всяком лазере должно быть два зеркала, между которыми усиливается луч света. Если же лазер без зеркал, значит это не лазер.

>> НЕДАВНО В РАМКАХ НАШЕГО ПРОЕКТА БЫЛА ИЗГОТОВЛЕНА ОСОБАЯ ПЛЕНКА, НАЗЫВАЕМАЯ МЕТАПОВЕРХНОСТЬЮ. КОГДА Я СТАЛ РАССКАЗЫВАТЬ О НЕЙ КОЛЛЕГАМ, МНЕ ПРОСТО НЕ ПОВЕРИЛИ

Конечно, уже достаточно вещей создано сегодня на основе фотонных технологий: экраны для ЖК-телевизоров и мобильных телефонов, высокоточные сенсоры и термометры, микроскопы для наблюдения отдельных атомов в движении, фотонные интегральные схемы. И хотя основное применение фотонных кристаллов — изготовление опалов для украшений, а оптический ком-

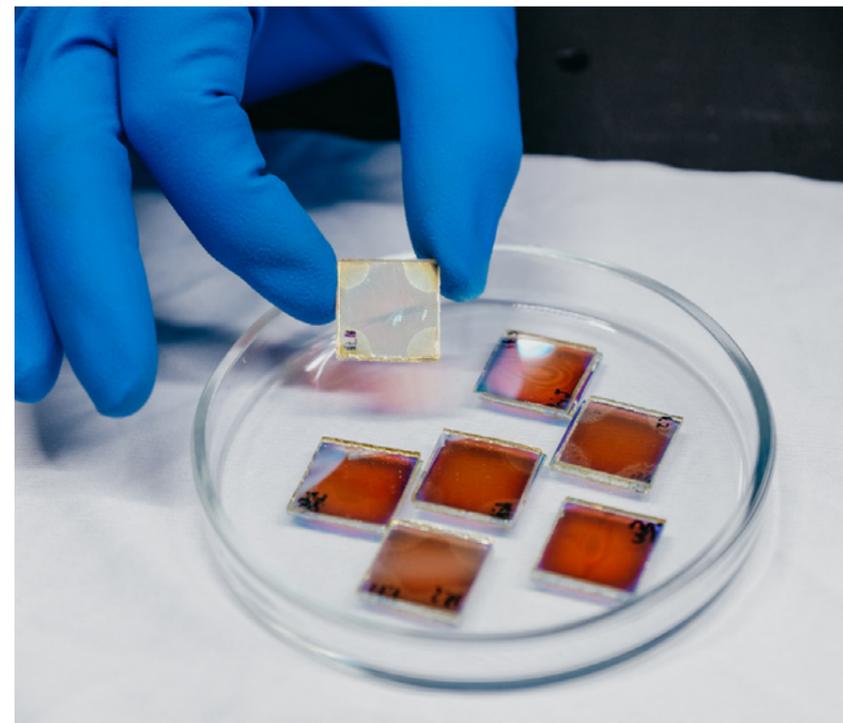
пьютер еще находится в разработке, уверен, впереди нас ждет впечатляющее будущее. В Красноярске мы работаем над технологиями, которые повысят скорость, точность и надежность беспилотного транспорта и бытовых роботов, позволят создать стекла для умных очков, контактные линзы с дополненной реальностью и многое другое.

Расскажу о наших исследованиях на примере известного робота-пылесоса. Для ориентации в пространстве робот использует лидар — лазерный радар, который вращает зеркала, чтобы направлять луч света и сканировать местность. Теперь представьте, что луч отклоняется без зеркал, то есть без механического движения. В таком случае получается система более точная, прочная и быстрая. Для таких систем мы и разрабатываем метаповерхности.



Сотрудники лаборатории (слева направо): Степан Наболь, Гавриил Романенко и Иван Тимофеев.
Источник: Анастасия Тамаровская / ФИЦ КНЦ СО РАН

>> Я БЫ НЕ СТАЛ ПОЛНОСТЬЮ ЗАМЕЩАТЬ МИКРОЭЛЕКТРОНИКУ ФОТОНИКОЙ, ОПТИМАЛЬНЫЙ ПУТЬ — ЭТО ИХ СОЮЗ



Многослойные отражатели не содержат металла и при этом отражают свет сильнее, чем используемые в быту алюминиевые зеркала. Световая волна запирается в зазоре между многослойными отражателями.
Источник: Анастасия Тамаровская / ФИЦ КНЦ СО РАН

Важна не только форма, но и материал, из которого сделана метаповерхность. Например, мы создали метаповерхность из антимонита — материала с фазовым переходом, который можно многократно переводить из аморфного состояния в кристаллическое и обратно. Этот переход сильно меняет показатель преломления, за счет чего система тоже меняет параметры, и метаповерхность отклоняет луч.

Говоря про будущее, я бы не стал полностью замещать микроэлектронику фотоникой. Оптимальный путь — это их союз. Почему для интернета в скоростной связи вместо металлических проводов используется оптоволокно? Когда приходит оптический сигнал, сначала идет оптическая предобработка, а затем уже информация обрабатывается электроникой. **“**



Разработка научно-технологических принципов создания и функционирования биоподобных мемристорных систем в сопряжении с нейрональными биокультурами



Новые нейроморфные подходы к реализации динамической памяти на основе концепции многомерного мозга и мемристорной электроники

НУЖНЫ КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АППАРАТНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ



**АЛЕКСЕЙ
МИХАЙЛОВ**

кандидат физико-математических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией мемристорной наноэлектроники, директор научно-образовательного центра «Физика твердотельных наноструктур» Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского

” Главная проблема современных вычислительных систем — это так называемое бутылочное горло архитектуры фон Неймана.

Архитектура фон Неймана лежит в основе большинства современных компьютеров и предполагает постоянный обмен между памятью, где хранится информация, и процессором, где она обрабатывается. В итоге из-за необходимости постоянно передавать данные туда и обратно — что особенно актуально для машинного обучения — возникают задержки: так называемые латентность и низкая производительность.

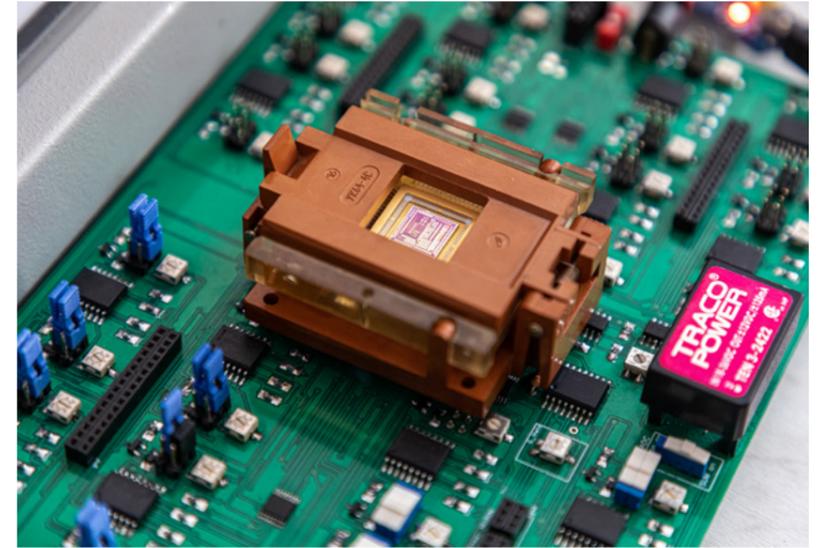
А самое главное, идет большое энергопотребление и энерговыделение: на обмен данными тратится примерно 80 % энергии.

К чему это приводит? Сегодня все шире распространяется искусственный интеллект, и часть энергетики будет вынужденно задействована в обслуживании нейросетей. Например, тот же ChatGPT потребляет более полумиллиона киловатт-часов энергии в сутки. Поэтому инженеры-исследователи бьются над оптимизацией аппаратного обеспечения искусственного интеллекта.

Мозг человека выполняет огромное количество сложных вычислительных задач. При этом он потребляет всего 20 ватт энергии, что сравнимо с энергией небольшой лампочки. Стремясь достигнуть той же эффективности, ученые разрабатывают нейроморфные технологии — системы, которые воспроизводят принципы работы мозга, например имитируя связи между нейронами или их спайковую активность. Одна из наиболее перспективных областей сегодня — мемристоры, которые благодаря своим особым свойствам позволят сделать обработку информации более эффективной.

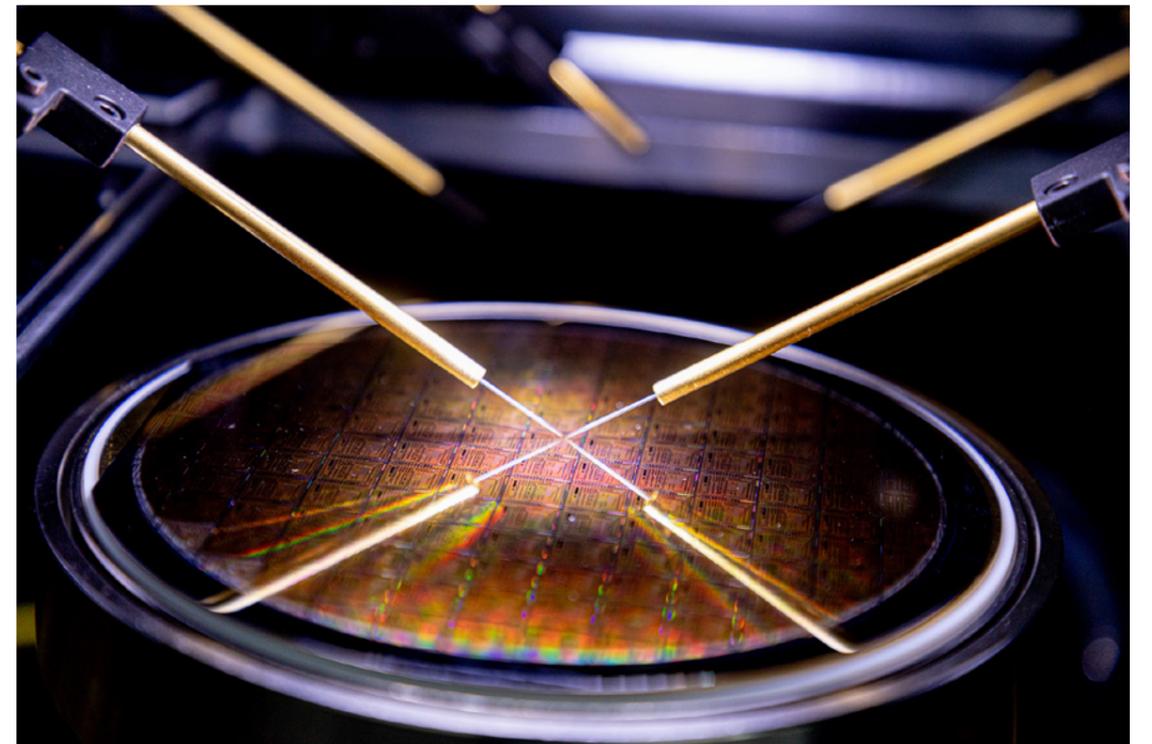
НЕЙРОМОРФНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Источник: пресс-служба ННГУ



Один путь — создание нейроморфных процессоров, где имитируются функции нейронов и синапсов. Такие технологии уже есть: IBM TrueNorth, Intel Loihi. В России разрабатывается нейропроцессор «Алтай», у которого сейчас очередная стадия опытной реализации. Но такие вычислительные системы

по-прежнему делаются на основе транзисторов, хотя и нанометровых масштабов. В итоге это опять оборачивается предсказуемыми последствиями: большим энергопотреблением и низкой, по сравнению с человеческим мозгом, производительностью. Получается, очередное тупиковое направление.



Источник: пресс-служба ННГУ

>> МЫ РАБОТАЕМ С ВОПЛОЩЕНИЕМ МЕМРИСТОРА В ПРОСТЫХ СТРУКТУРАХ «МЕТАЛЛ — ОКСИД — МЕТАЛЛ». ЭТО ОЧЕНЬ УДОБНО КАК РАЗ ДЛЯ ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ, ТАК КАК МЕМРИСТОРЫ МОЖНО БУДЕТ ДЕЛАТЬ НА ТЕХ ЖЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ФАБРИКАХ, ЧТО И СЕГОДНЯШНИЕ ТРАНЗИСТОРЫ



Источник: пресс-служба ННГУ

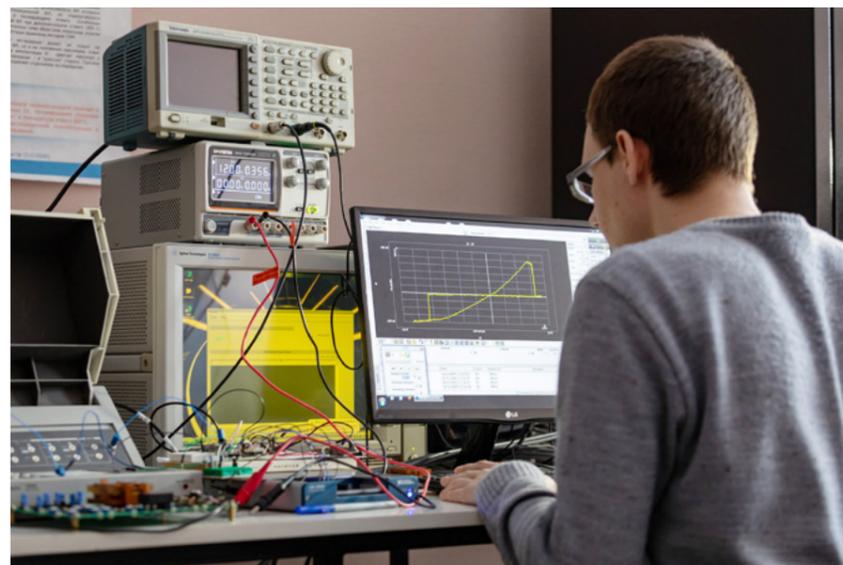
Поэтому нужны качественные изменения в аппаратном обеспечении, как раз в нейроморфных технологиях. Их могут предложить мемристоры (от англ. memory и resistor). Это новая элементная база микроэлектроники, которая теоретически была описана в 1971 году инженером Леоном Чуа. Если говорить обобщенно, то мемристор — это сложная динамическая система, которая меняет свое состояние под внешним воздействием и которая способна хранить это состояние сколь угодно долго. Фактически на мемристорах можно построить процессор, но уже с памятью. Вычисления при этом реализуются непосредственно в памяти.

Мы работаем с воплощением мемристора в простых структурах «металл — оксид — металл», которые совместимы с традиционной кремниевой технологией. Это очень удобно как раз для перехода к новой элементной базе, так как

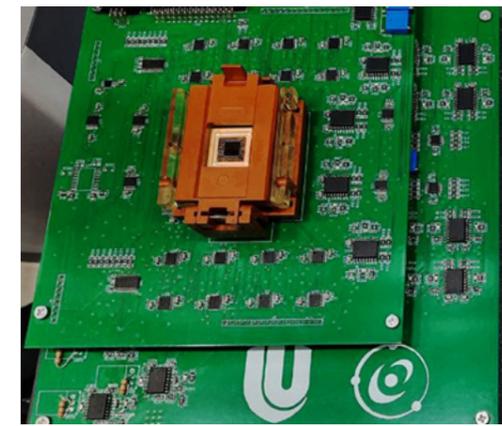
мемристоры можно будет делать на тех же электронных фабриках, что и сегодняшние транзисторы.

При поддержке РФФИ мы осуществили два проекта. В первом, который выполнялся с 2016 по 2021 год, мы на простых проектах мемри-

сторных искусственных нейросетей и живых культур нейронов гиппокампа мышей продемонстрировали, как добиться симбиоза между живыми и искусственными сетями, когда одна сеть понимает другую и позволяет той адаптивно поддерживать свое состояние.



Источник: пресс-служба ННГУ



МАКЕТ СОПРОЦЕССОРА ДЛЯ НЕЙРОМОРФНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРНЫХ МАТРИЦ

Передовая отечественная разработка в области новой элементной базы микро- и нанoeлектроники — мемристивных устройств энергозависимой резистивной памяти RRAM (Resistive Random-Access Memory). Достигнутые параметры мемристивных устройств и схем, а также продемонстрированная возможность их КМОП-интеграции позволили создать макет аппаратно-программного комплекса (АПК), реализующего в аналоговой форме операции векторно-матричного перемножения для аппаратного ускорения нейроморфных вычислений. Источник: авторы исследования

Во втором проекте, который стартовал позже, мы реализовали математическую концепцию уникальных селективных нейронов — «нейронов бабушки» — в очень простых линиях мемристоров.

мышленном уровне. У нас главная фабрика — это НИИ измерительных систем имени Ю. Е. Седакова в Нижнем Новгороде*, где изготавливаются приборные слои с управляющими схемами.

искусственные нейронные сети с большей функциональностью. Через год в рамках научной программы Национального центра физики и математики мы должны завершить стадию НИР и перейти к ОКР.

>> Я УВЕРЕН, ЧТО В КОНЦЕ КОНЦОВ МЫ ПЕРЕЙДЕМ НА ПОЛНОСТЬЮ МЕМРИСТОРНЫЕ АНАЛОГОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И ОТКАЖЕМСЯ ОТ ТРАДИЦИОННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

Я уверен, что в конце концов мы перейдем на полностью мемристорные аналоговые интегральные схемы и откажемся от традиционной элементной базы. Тогда это будет полная аналогия человеческого мозга, причем уже не просто по форме, а именно по существу: по содержанию, по принципам и механизмам функционирования. “

Сейчас мы реализуем мемристоры в рамках традиционного технологического процесса микроэлектроники на уровне готовности технологии 5 — то есть на полупро-

Мы в лаборатории доделываем наши структуры в верхних слоях металлизации и получаем своеобразные макеты микросхем, на которых можем уже создавать



Источник: авторы исследования

* Филиал Российского федерального ядерного центра — Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики.



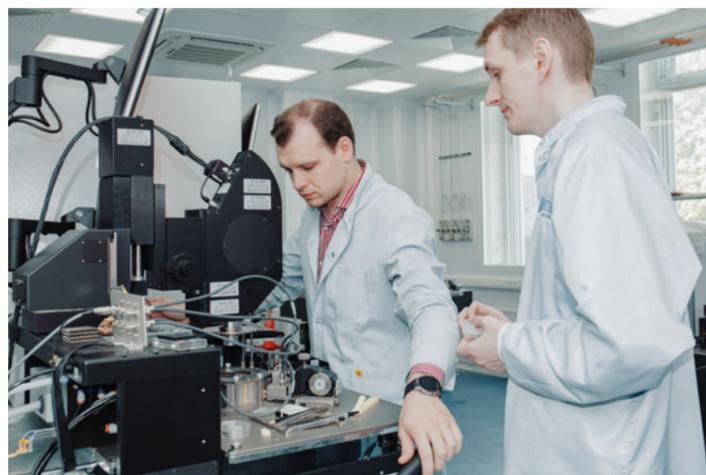
ПЕРСПЕКТИВНЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ РАЗВИТИЯ СЧИТАЕТСЯ ПЕРЕХОД К ОПТИЧЕСКИМ МНОГОУРОВНЕВЫМ СИСТЕМАМ

» Искусственные нейронные сети успешно применяются в самых разных областях: от автоматизированного распознавания образов и речи, визуализации информации, компьютерного зрения до управления автомобилем, лечения хронических

» ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СОЗДАВАЕМЫХ СИСТЕМ ВОЗМОЖНО ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: МЕМРИСТОРОВ, ЭЛЕМЕНТОВ СПИНТРОНИКИ, ФАЗОВОЙ ПАМЯТИ

болезней и игры в шахматы. Высокая сложность задач, выполняемых в процессе обучения, требует энергоэффективности и быстродействия элементов вычислительных систем.

Источник: Медиацентр НИУ МИЭТ



ПЕТР

ЛАЗАРЕНКО

кандидат технических наук, руководитель лаборатории Института перспективных материалов и технологий НИУ МИЭТ

В настоящий момент разрабатываются и создаются системы с применением КМОП-технологии. Они могут реализовывать работу искусственных нейронных сетей как за счет программного обеспечения, так и за счет аппаратной реализации. Дальнейшее повышение быстродействия создаваемых систем возможно за счет применения энергонезависимых элементов, способных изменять свои физические свойства в зависимости от внешних воздействий и сохранять изменения во времени: мемристоров, элементов спинтроники, фазовой памяти. Однако совершенствование электрических устройств не позволяет полностью решить целый ряд ключевых проблем, связанных с ограничением пропускной способности и скорости обработки информации, значительным тепловыделением и повышенным энергопотреблением.



Источник: Медиацентр НИУ МИЭТ



Карточка проекта



Источник: Медиацентр НИУ МИЭТ

В связи с этим перспективным направлением развития считается переход к электрооптическим или полностью оптическим многоуровневым устройствам в интегральном исполнении.

За последние несколько лет ученые предложили множество аппаратных реализаций нейроморфных систем на основе фотонных интегральных схем. В России разработкой и изготовлением таких схем занимается и наша лаборатория «Мате-

риалы и устройства активной фотоники» в коллаборации с коллегами из МИСИС, МПГУ, ИОНХ РАН и НПК «Технологический центр».

Одно из направлений, на котором мы фокусируемся, — это создание фазопеременных халькогенидных материалов, а также перестраиваемых элементов фотоники и интегральной оптики на их основе. Эти материалы позволяют с помощью света записывать, перезаписывать, считывать информацию, переключаться между множеством состояний и поддерживать их без затрат энергии. Такие возможности открывают перспективы применения элементов на основе фазопеременных материалов для создания полностью оптических нейроморфных вычислительных систем. Кроме того, с использованием технологических и производственных возможностей НПК «Технологический центр» мы разрабатываем оптоэлектронные мемристивные для технологии нейроморфного зрения.





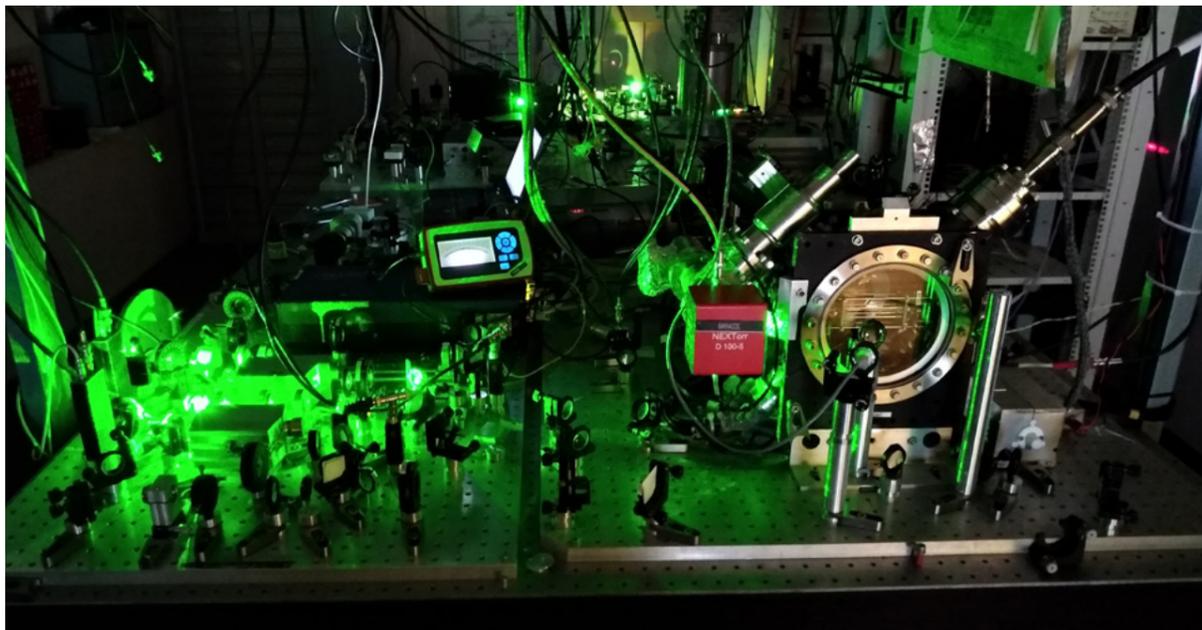
КВАНТОВЫЕ МЕМРИСТОРЫ — ЭТО СЛЕДУЮЩИЙ ШАГ ПОСЛЕ КЛАССИЧЕСКИХ



Карточка проекта

>> ГЛОБАЛЬНОЙ ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРОВ БЫЛО И ОСТАЕТСЯ СОЗДАНИЕ АНАЛОГА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МОЗГА, КОТОРЫЙ СМОЖЕТ САМОСТОЯТЕЛЬНО СТАВИТЬ СЕБЕ ЗАДАЧИ

Установка для захвата, лазерного охлаждения и спектроскопии ионов.
Источник: пресс-служба ФИАН



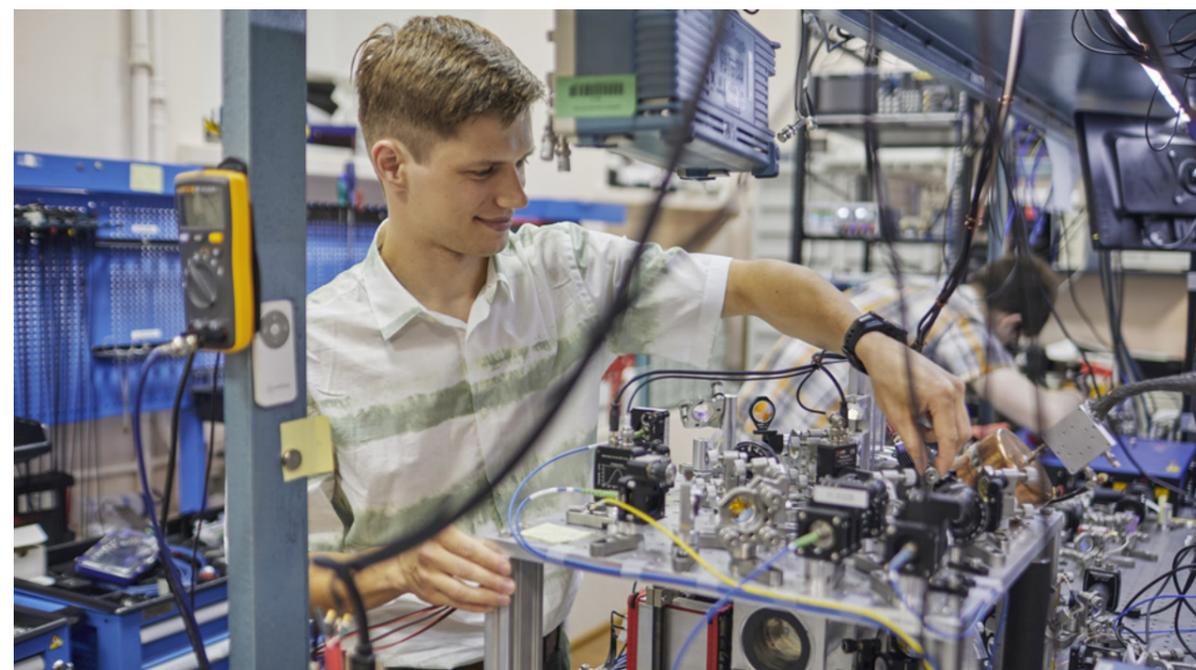
**КСЕНИЯ
ХАБАРОВА**

доктор физико-математических наук, руководитель лаборатории «Оптика сложных квантовых систем» Физического института имени П. Н. Лебедева РАН

» Глобальной целью развития компьютеров было и остается создание искусственного интеллекта — аналога человеческого мозга, который сможет не только решать предложенные ему задачи, но и ставить их себе самостоятельно. Однако, несмотря на то, что нейроморфным технологиям уже более полувека, мы все еще далеки от цели. Одно из последних предположений о том, что наш мозг работает, основываясь не на классических принципах, согласно которым устроены современные компьютеры, а на квантовых, может привести к следующему шагу на этом пути.

Квантовые нейронные сети являются одним из важнейших направлений современных нейроморфных вычислений.

«Квантовый мозг» — это система, которая работала бы на основе квантовых явлений, таких как перепутанность и суперпозиция, и могла бы обрабатывать большие потоки входящей информации, выдавая вероятностный результат, как это делают квантовые компьютеры. В основе квантового мозга должна лежать квантовая нейросеть, первые реализации которой уже существуют. Причем для увеличения эффективности ее обучения за счет внесения в нее памяти можно использовать так называемые квантовые мемристоры.



Научный сотрудник Александр Борисенко в процессе юстировки системы лазерного охлаждения.
Источник: пресс-служба ФИАН

>> ЕСЛИ МЫ ПОКАЖЕМ, ЧТО КВАНТОВЫЕ МЕМРИСТОРЫ ЭФФЕКТИВНЫ, ТО ДАЛЬШЕ ИХ МОЖНО БУДЕТ ВНЕДРЯТЬ В КВАНТОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Квантовый мемристор, как и классический, также сохраняет память о своем предыдущем состоянии. Надо сказать, что квантовые объекты обычно таким свойством не обладают. При коллапсе волновой функции — когда мы проводим измерение, открываем коробку и смотрим, жив кот или мертв, — разрушается квантовое состояние, и вся память исчезает. Но мы используем слаборазрушающие

Мы хотим сделать мемристор, используя электронные состояния ультрахолодных ионов в ловушке, с которыми работаем более 10 лет. Сейчас мы используем трехмерные ионные ловушки Пауля, в которые захватываем цепочки ионов для квантового компьютера. Со временем планируем перейти к планарным ловушкам, то есть ловушкам на чипе — у нас уже есть несколько пробных экземпляров. Здесь мы работаем совместно с МИЭТом и «ИНМЭ РАН», но надо понимать, что это технология более высокого уровня. Пока что ею обладают только технологические гиганты, такие как *Sandia National Laboratories*.

измерения, которые позволяют нам «подглядывать», не приводя систему к полному коллапсу. Имея такой элемент, мы в теории (это пока что не доказано, так как направление очень свежее) сможем улучшить квантовые нейросети, наделив их памятью. Фактически, это позволит давать сети обратную связь, а значит, обучать ее более эффективно.

Если мы покажем, что квантовые мемристоры эффективны, то дальше их можно будет внедрять в квантовые устройства. Но пока что нам нужно ответить на важные фундаментальные вопросы: полезна ли эта технология для нейросетей? Возможно ли ее реализовать? Каким будет выигрыш при вычислениях и машинном обучении? «

* МИЭТ – Московский институт электронной техники.

** НИИМЭ – НИИ молекулярной электроники.

Гибкая электроника — перспективное направление, предполагающее использование современных эластичных материалов для создания электронных устройств, без которых сложно представить нашу жизнь. Ученые рассказали о том, почему гибкая электроника не вытеснит кремниевую. А также о том, какие технологии приблизят время и сделают доступными для пользователей цветные солнечные батареи, биосовместимые и высокочувствительные медицинские датчики, устойчивые к падениям телефоны и дисплеи нового поколения и даже одежду, способную принимать разные цвета и формы.



СЕНСОРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ — ГИБКИЕ, БЕЗОПАСНЫЕ И БОЛЕЕ КОМФОРТНЫЕ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ



ЕВГЕНИЯ ШЕРЕМЕТ

PhD, профессор
Исследовательской школы
химических и биомедицинских
технологий Томского
политехнического университета



Гибкие и долговечные многофункциональные датчики без перекрестных помех



Электронные компоненты на основе подхода лазерной интеграции для биосовместимых/биоразлагаемых гибких электронных схем

Гибкая электроника подразумевает, что устройство можно сгибать без деградации свойств. Чаще всего для реализации этой идеи в качестве подложек используют полимеры, хотя иногда ученые применяют, например, бумагу. Такие устройства можно изготавливать разными способами, в том числе печатать на разных подложках.

Гибкая электроника весьма популярна в биомедицинских применениях, поскольку гибкий датчик позволяет создать лучший контакт с кожей человека и за счет этого дает более достоверные данные. Если говорить о других сферах применения, то такие устройства представляют собой гибкие солнечные батареи, дисплеи, RFID-метки, которые мы часто отклеиваем от купок.

СИБИРЬ ОНЛАЙН



Измерение поверхностного сопротивления образца четырехзондовым методом. Источник: пресс-служба ТПУ

>> В РАМКАХ ПРОЕКТА ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОЛЛЕКТИВОВ МЫ СОЗДАЕМ ДАТЧИКИ НА ОСНОВЕ ГИБКИХ ПОДЛОЖЕК И НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ СЧИТЫВАТЬ НЕСКОЛЬКО ПАРАМЕТРОВ ОДНОВРЕМЕННО, НАПРИМЕР ТЕМПЕРАТУРУ И ДАВЛЕНИЕ

Основное преимущество использования данной технологии по сравнению с традиционными материалами — в ее невысокой стоимости, особенно когда нужна большая площадь, как в солнечных батареях.

В этом направлении наш коллектив реализует два проекта при поддержке РНФ. Первый, региональный грант, более прикладной.

Второй, международный, в рамках которого мы сотрудничаем с коллегами из Шанхайского института

Китайской академии наук, посвящен созданию сенсоров на основе гибких подложек и новых материалов, которые могут считывать несколько параметров одновременно, например температуру, давление, состав газов. Наша задача — исследовать свойства новых материалов и с помощью лазерной обработки изменить их свойства и придать механическую стабильность. Планируется, что результатом международного проекта

станет разработка сенсоров, которые с помощью оптических и/или электрических сигналов позволят считывать два параметра одновременно, избегая так называемой интерференции (перекрестных помех) между сигналами.

Уникальность предлагаемого подхода заключается в том, что с помощью лазерной обработки мы создаем гибкие структуры для сенсоров с повышенной механической стабильностью.

>> УНИКАЛЬНОСТЬ ПОДХОДА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТО С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МЫ СОЗДАЕМ ГИБКИЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ДАТЧИКОВ С ВЫСОКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ

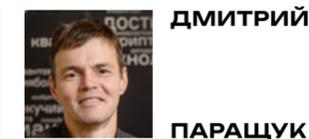


Воздействие лазера позволяет не только надежно «закреплять» необходимый материал на подложке, но и создавать такую геометрическую форму, которая требуется для конкретной задачи. При этом подходе сенсоры нужного нам размера и формы не будут растрескиваться или «отклеиваться» при многократном изгибе.

Также мы планируем оценить применение изготовленных чувствительных элементов для диагностики болезней респираторного тракта. В перспективе развитие таких технологий позволит создать целую линейку как носимых, так и имплантируемых гибких электронных устройств. Для этого важно предложить способ создания электронных компонент, которые можно комфортно использовать, носить или имплантировать без вреда для кожи и внутренних органов. Пока это лишь прогноз, но, когда технологии производства гибкой электроники дойдут до соответствующего этапа развития, это будет возможно реализовать. “

Источник: пресс-служба физического факультета МГУ

НАИБОЛЕЕ УЗКОЕ МЕСТО В ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ — ЭФФЕКТИВНЫЙ СИНИЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ



ДМИТРИЙ ПАРАЩУК
доктор физико-математических наук, профессор, руководитель лаборатории органической электроники физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

Органическая оптоэлектроника не претендует на то, чтобы побить по производительности традиционную кремниевую.

>> ГИБКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА БУДЕТ ВОСТРЕБОВАНА В ТЕХ СФЕРАХ, ГДЕ ВАЖНЫ ВЫСОКИЙ КОНТРАСТ И ЯРКОСТЬ, МЕХАНИЧЕСКАЯ ГИБКОСТЬ, А ТАКЖЕ НИЗКАЯ СТОИМОСТЬ

спектральный диапазон, а также низкая стоимость, такие устройства как различные фотодетекторы, сенсоры, дисплейные технологии, будут востребованными. VR-очки — сфера, где органические дисплеи вне конкуренции. Или представим компьютер будущего, который можно свернуть, как лист бумаги, или рентгеновский сенсор, способный «обернуть» интересующую область и дать картинку с лучшим разрешением, чем плоский датчик.

Однако в некоторых сферах, где важны высокий контраст и яркость, механическая гибкость, широкий

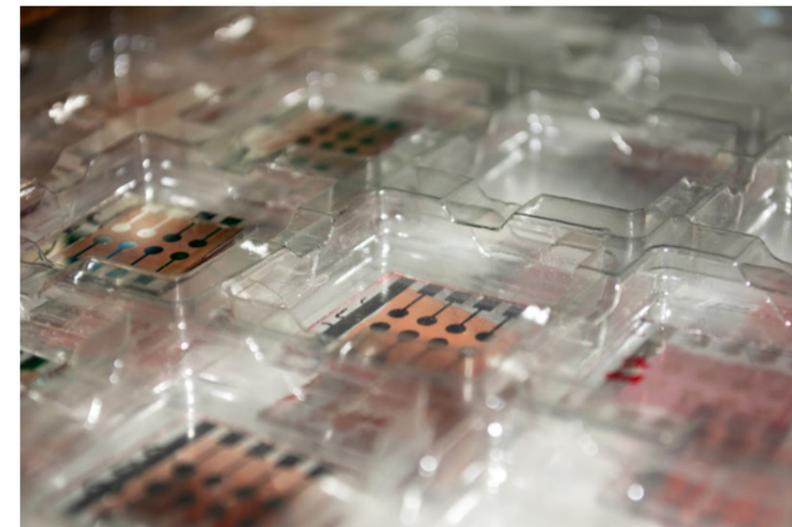
Кроме того, такая техника будет устойчива к физическим воздействиям.



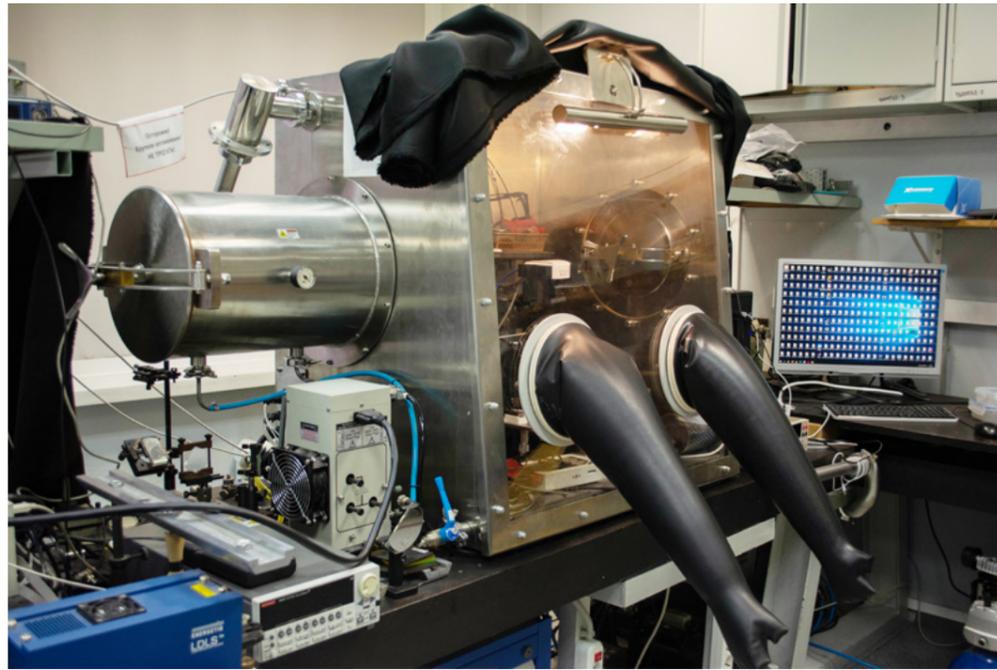
Эффективные органические светоизлучающие транзисторы



Новые TADF-материалы для органических светодиодов



Образцы устройств органической оптоэлектроники, изготовленные в лаборатории. Источник: пресс-служба физического факультета МГУ



Бокс с инертной атмосферой для измерения характеристик устройств органической электроники. Источник: пресс-служба физического факультета МГУ

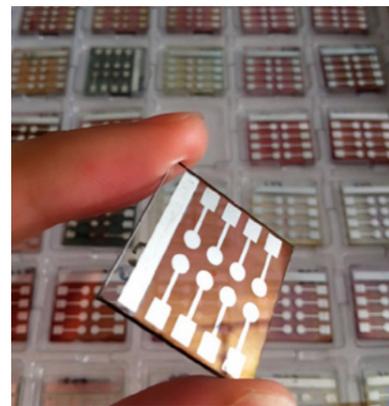
Компания Huawei предложила экран, который складывается пополам, в нем две твердые части соединены гибким фрагментом. Но производство полностью гибкого продукта пока никто в мире не запустил.

Так работают знакомые всем светодиодные лампы. Но так как каждый фотон несет в себе много энергии, могут возникать проблемы со стабильностью, то есть срок службы у синих органических светодиодов меньше, чем у красных или зеленых.

В проекте РНФ для отдельных научных групп целью было создание супертонкого светотранзистора, а в рамках международного гранта мы как раз работаем над поиском материалов для светодиодов. Спектр материалов настолько необъятный, что выбрать нужные соединения и понять, какие из них будут работать лучше, становится научным квестом. Так как борьба идет за срок службы и эффективность, нам важно найти соединения, которые будут светить как можно ярче и дольше.

Еще один важный параметр — чистота цвета. В природе цвета выглядят лучше, чем на наших экранах. Это происходит потому, что для передачи всей палитры мы используем три источника света: красный, синий и зеленый.

➤ ОРГАНИЧЕСКАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА НЕ ПРЕТЕНДУЕТ НА ТО, ЧТОБЫ ПОБИТЬ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАДИЦИОННУЮ



Образцы устройств органической оптоэлектроники, сделанные в лаборатории. Источник: пресс-служба физического факультета МГУ

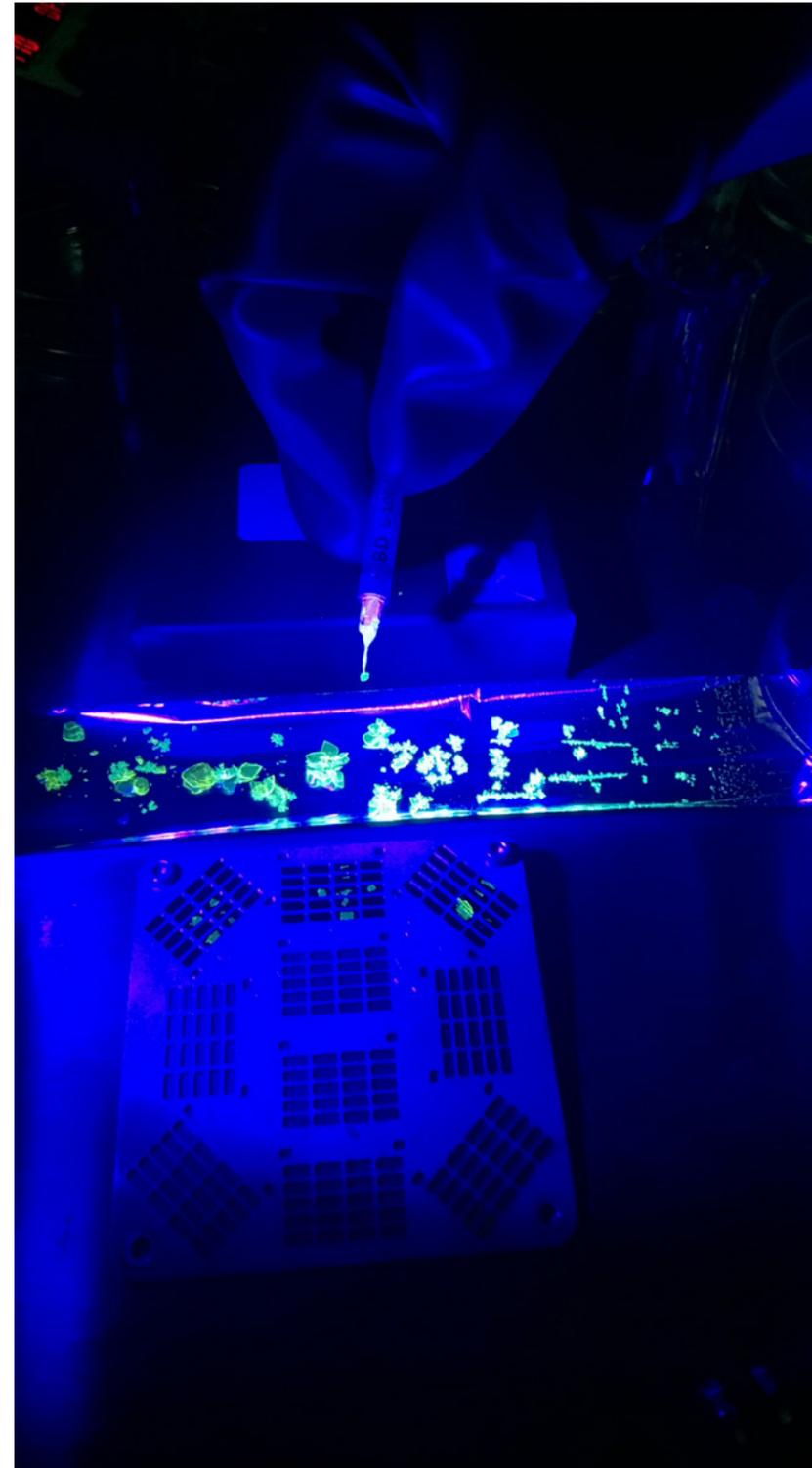
Это непростая задача: кислород и вода — главные враги электроники. Если убрать твердое стекло, которое отлично защищает электронику от воздействий внешней среды, устройство становится уязвимым.

На сегодняшний день наиболее узкое место в светодиодных технологиях — это эффективный синий излучатель. У синего фотона больше всего энергии, и если мы получаем эффективный синий, то другие цвета из него легко получить.

Таким образом, еще одна наша задача — получение эффективных источников чистого цвета. Уже есть первые успешные образцы, далее мы будем совершенствовать дизайн материалов, делать пленки и применять их в устройствах.

В ближайшем будущем может появиться транспорт, в котором приборная панель, габаритные огни, освещение внутри салона будут на органических светодиодах. А также гибкие и разноцветные солнечные батареи, которые могут стать навесами или украсить стены зданий.

➤ В ПРИРОДЕ ЦВЕТА ВЫГЛЯДЯТ ЛУЧШЕ, ЧЕМ НА НАШИХ ЭКРАНАХ. ЭТО ПРОИСХОДИТ ПОТОМУ, ЧТО ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ВСЕЙ ПАЛИТРЫ МЫ ИСПОЛЬЗУЕМ ТРИ ИСТОЧНИКА СВЕТА: КРАСНЫЙ, СИНИЙ И ЗЕЛЕНый. ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЕЩЕ ОДНА НАША ЗАДАЧА — ПОЛУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЧИСТОГО ЦВЕТА



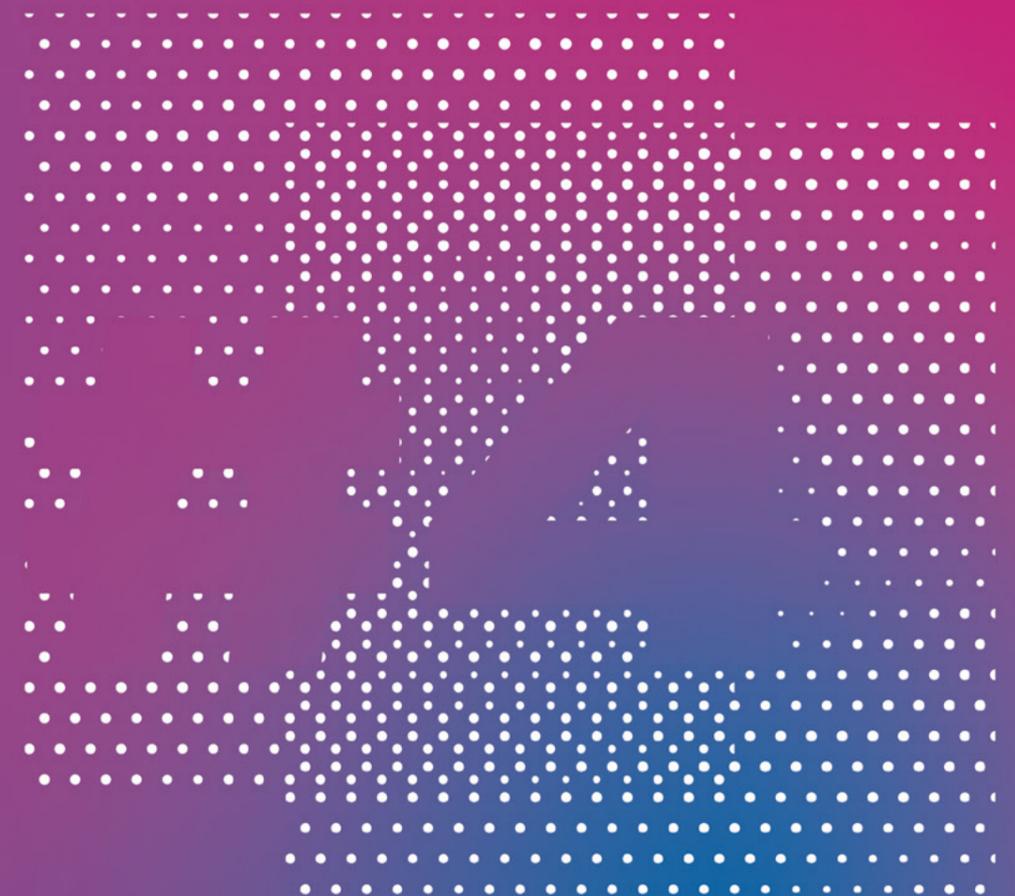
Выращенные кристаллы органических люминофоров при УФ-подсветке. Источник: лаборатория органической электроники физического факультета МГУ

В более далекой перспективе гибкая электроника может подарить нам одежду настраиваемой расцветки. К примеру, оперная певица сможет поменять наряд за секунду, нажав кнопку. Наши дома украсят электронные обои, которые светятся разными цветами или показывают любимый пейзаж. Конечно, есть некие ограничения, связанные с технологией защиты электроники, а также со здоровыми условиями для сна и работы. Давно известно, что самый правильный свет для наших глаз — солнечный, а избыток синего света, который мы получаем от экранов, подавляет мелатонин и мешает снау. “

... // **ФОТОРЕПОРТАЖ**

ФОТОИСТОРИИ ИЗ НАУЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ
ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛЕЙ ФОНДА

2024 ГОД
//
АПРЕЛЬ-МАЙ-ИЮНЬ
/
РАЗДЕЛ #4
ФОТОРЕПОРТАЖ > ЛАБОРАТОРИЯ
АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ МФТИ



В 1965 году советский ученый Валентин Алесковский описал метод молекулярного наслаивания — подход, который позволяет наносить тончайшие пленки материала на подложку. Позднее эту же технологию независимо открыли в Финляндии. Сегодня молекулярное наслаивание — или атомно-слоевое осаждение — широко используется в микроэлектронике, оптоэлектронике и других высокотехнологичных областях. В России этой областью успешно занимаются ученые в лаборатории атомно-слоевого осаждения МФТИ под руководством Андрея Маркеева.

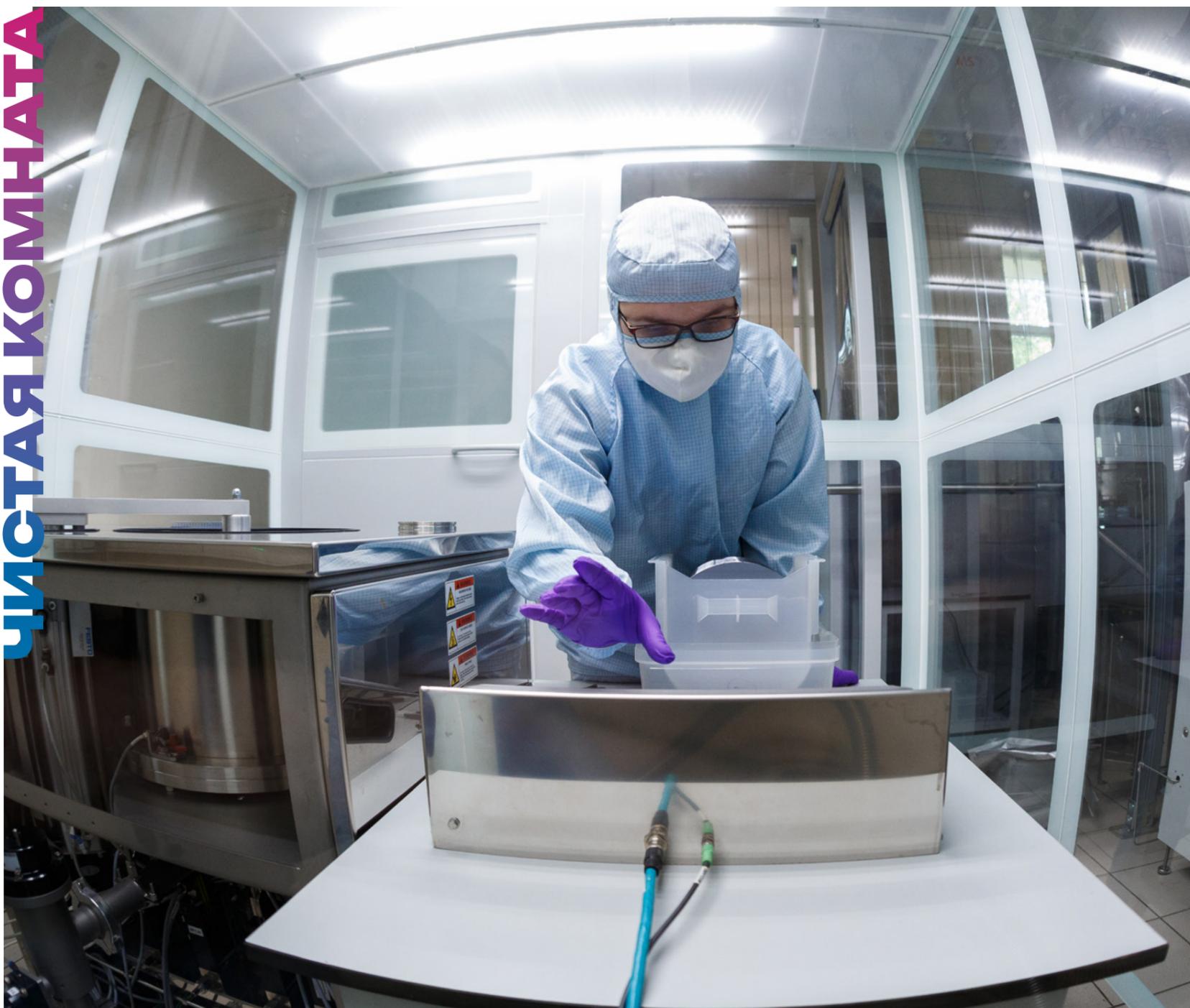
Фоторепортаж

ЛАБОРАТОРИЯ АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ МФТИ

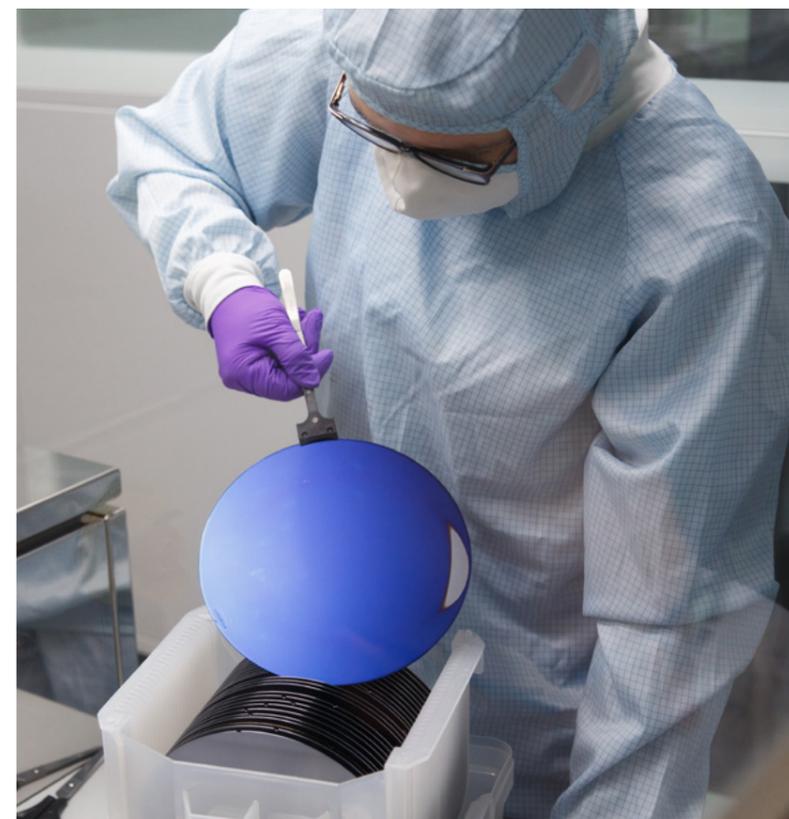
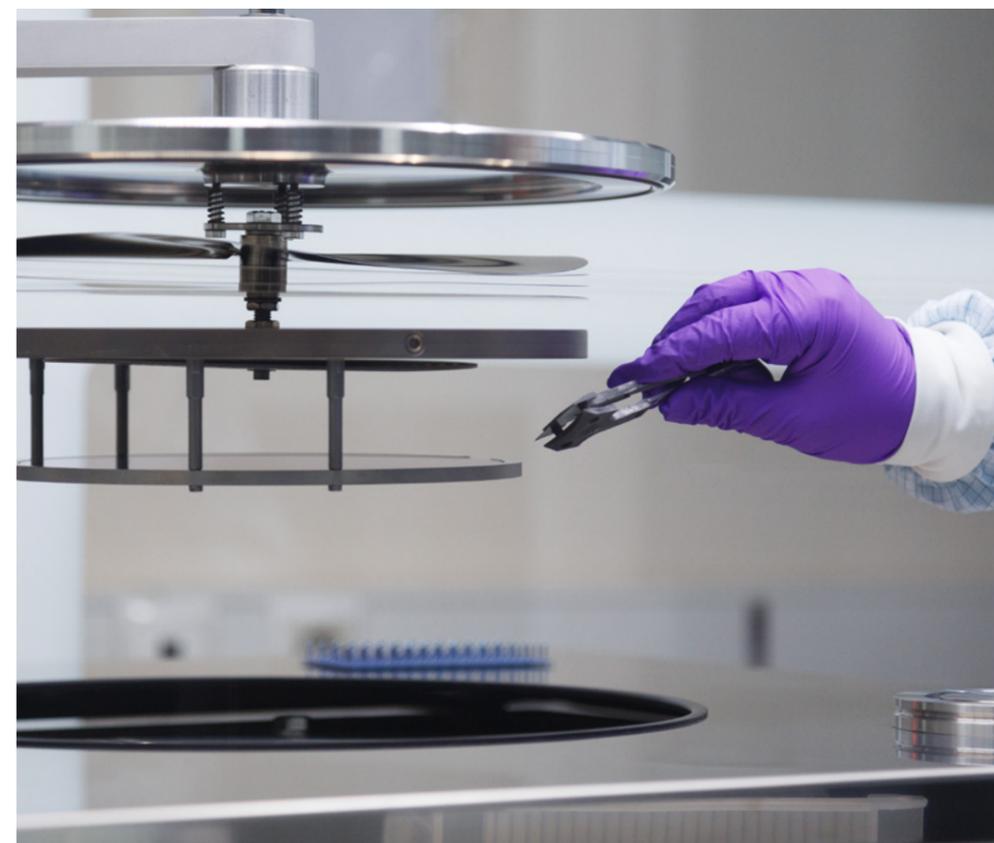
Атомно-слоевое осаждение позволяет получать пленки с высокой степенью однородности, с низкой концентрацией дефектов и осуществлять контроль толщины на уровне одного монослоя. Благодаря этому перспективы применения метода почти безграничны — от каталитических систем до биосовместимых покрытий на медицинских имплантатах.

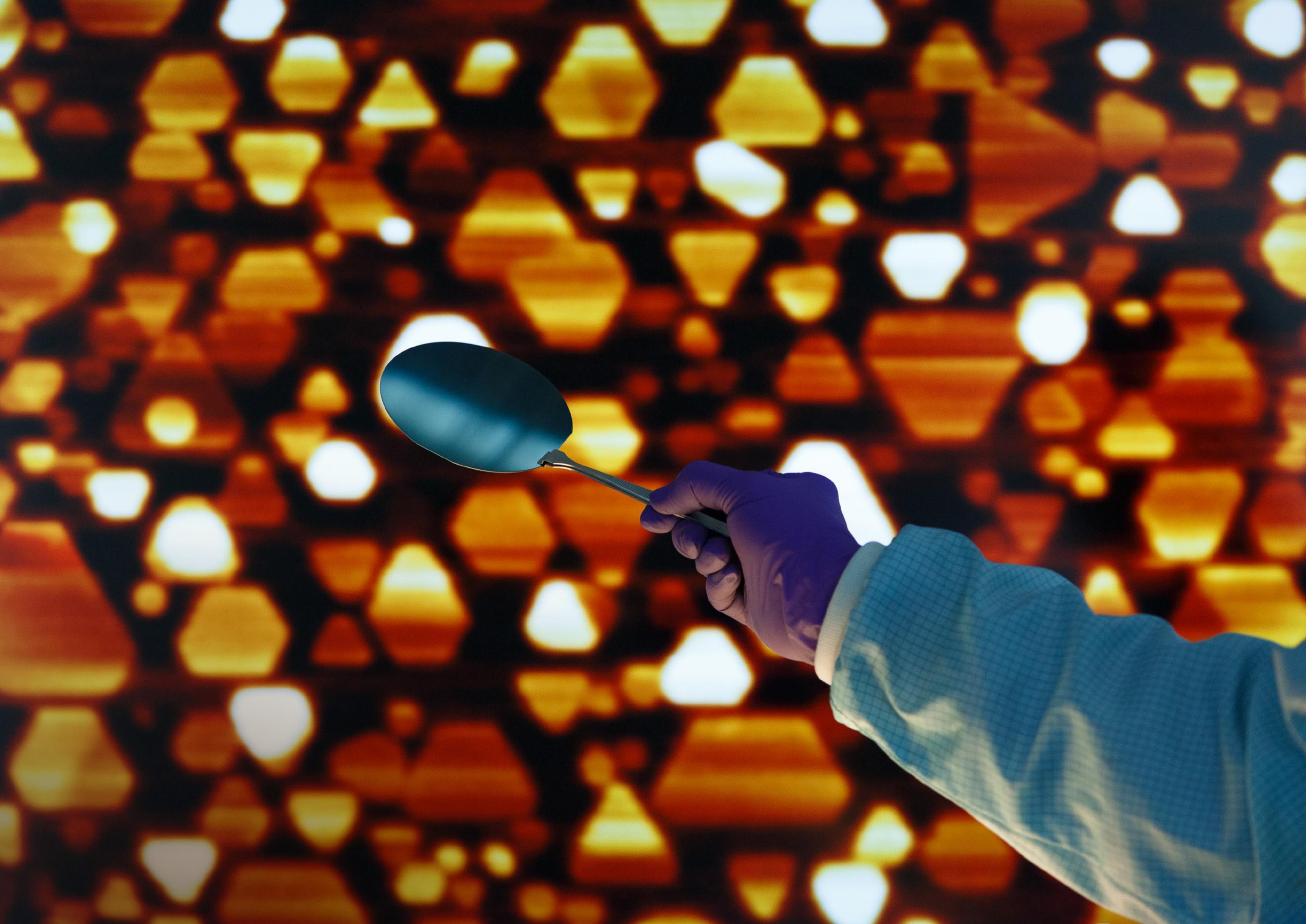


ЧИСТАЯ КОМНАТА



Это чистая комната. Здесь создаются условия, резко сокращающие количество пыли, которая может попасть на изготавливаемые пленки. Если раньше для микроэлектроники изготавливали пластины диаметром 40 мм, и при этом на них вмещалось 15–20 кристаллов, то сегодня требуется в разы уменьшать размеры элементов и увеличивать количество кристаллов, а для этого — резко снижать риск возникновения дефектов, которые могут повредить материалы.





Чтобы изготовить необходимый материал, ученые помещают кремниевую подложку в реакторы атомно-слоевого осаждения. Подложку и рабочие образцы при смене процесса перегружают из одной камеры в другую с помощью магнитных манипуляторов. Для управления ими используется электронный экран.



➤ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ ПОЧТИ БЕЗГРАНИЧНЫ — ОТ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДО БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТАТАХ

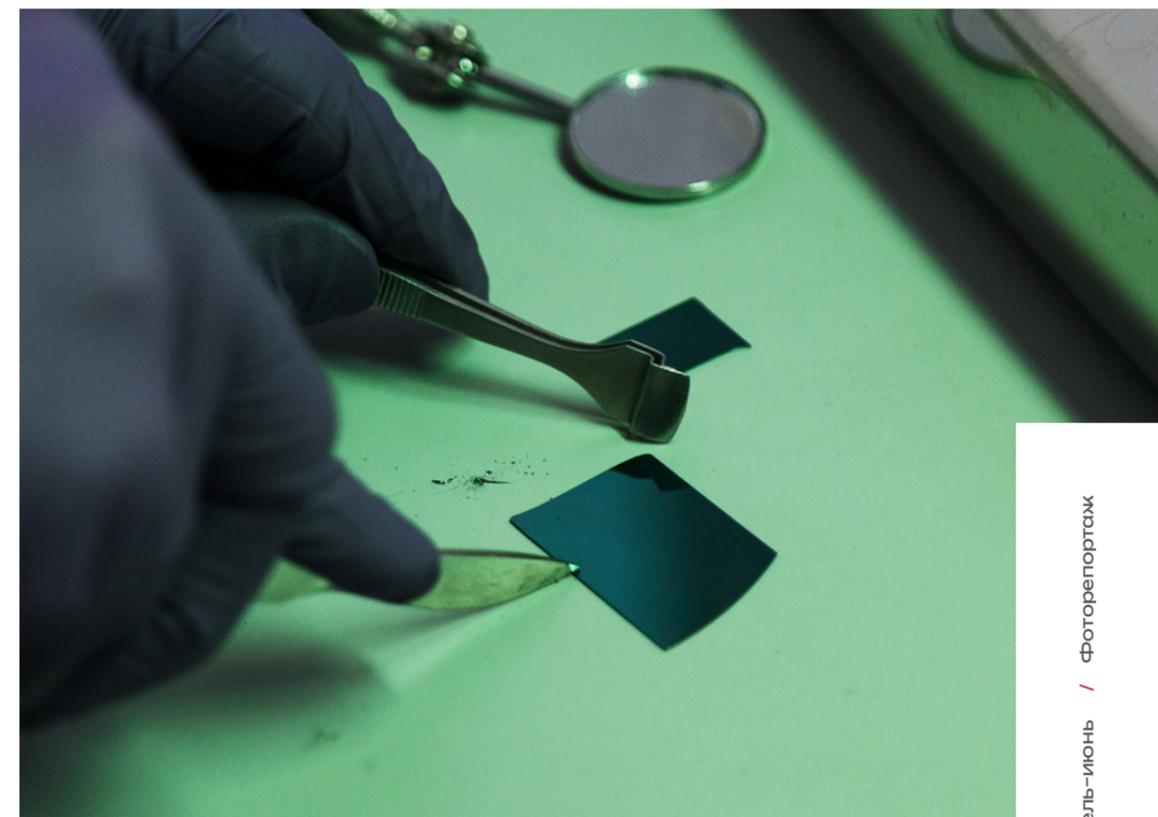


Сначала подложка отправляется в реактор. Туда ученые подают прекурсор, молекулы которого находят на подложке активные центры и «прилипают» к ним. Затем после продувки подают следующий прекурсор, который реагирует с уже «прилипшими» молекулами. Этот процесс повторяют определенное количество раз. В результате слой за слоем вырастает пленка нужной толщины.



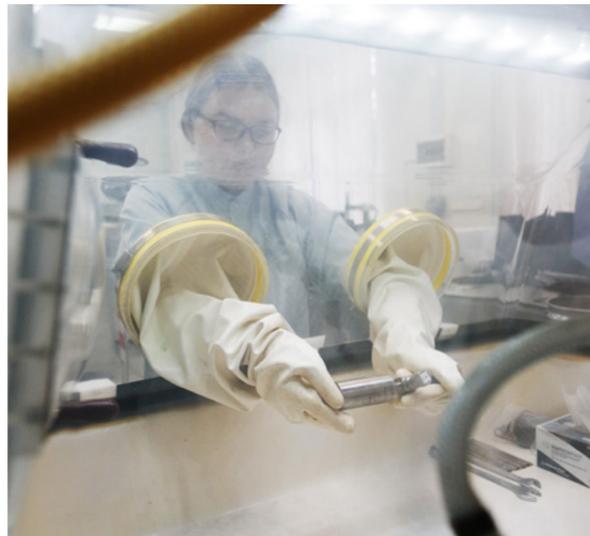


С помощью магнитных манипуляторов образцы перемещаются на анализ в электронный спектрометр. Он позволяет ученым быстро понять, каким получается материал, каков его химический состав, есть ли в нем примеси. Если реакция идет неправильно, сотрудники лаборатории на месте корректируют условия.

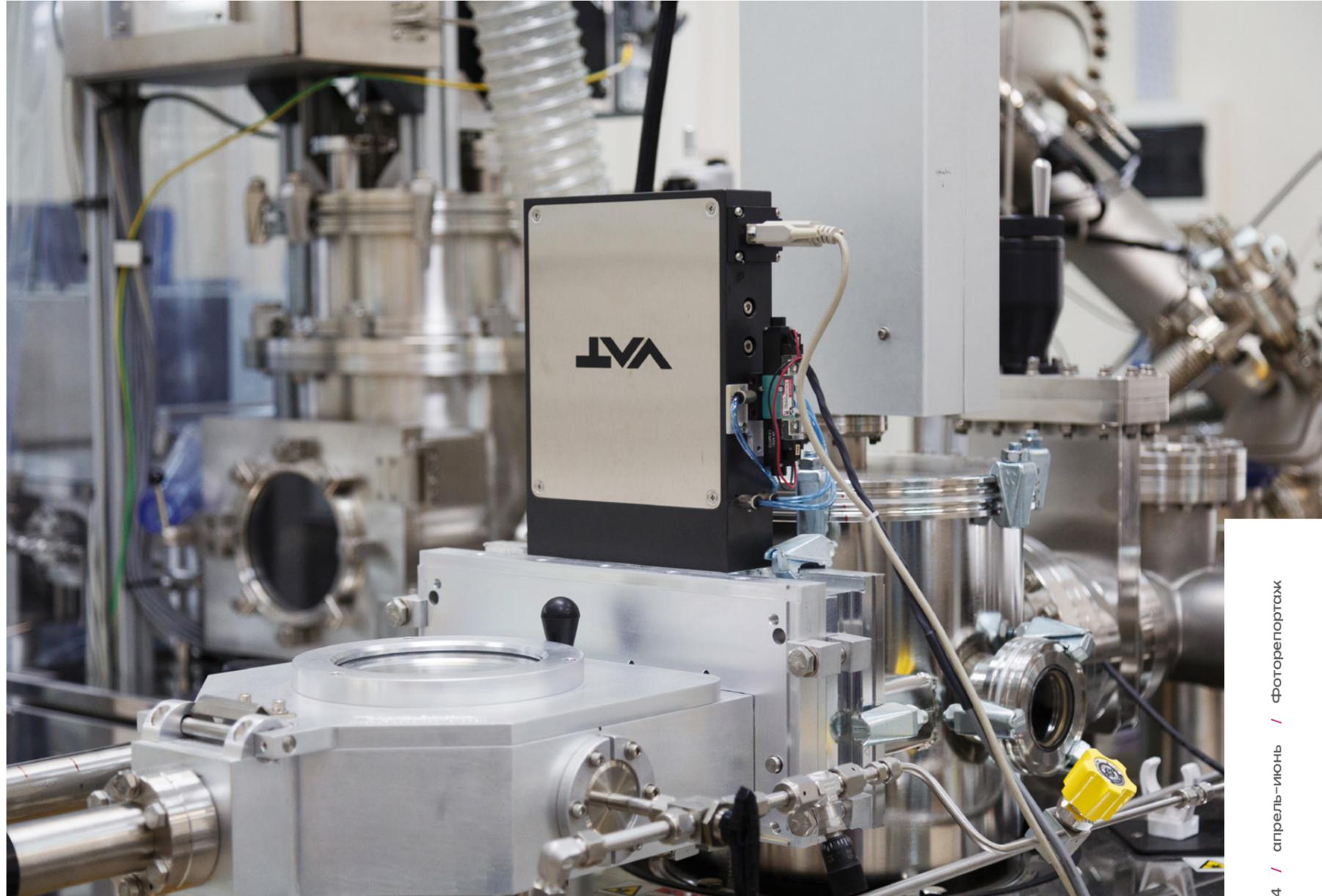


Инструменты нужны для работы с монокристаллическими пластинами. Ученые берут их специальными пинцетами и при необходимости раскалывают скальпелем, например, чтобы установить образец-спутник для дополнительных исследований.

Некоторые прекурсоры — химические вещества, участвующие в процессе осаждения тонких пленок на подложку, — довольно взрывоопасны. Например, в лаборатории используется триметилалюминий, который в 3 раза мощнее динамита. Поэтому с ними работают очень аккуратно, используя ламинарные боксы, где загрязнения (а значит, и риск случайных реакций) минимальны.



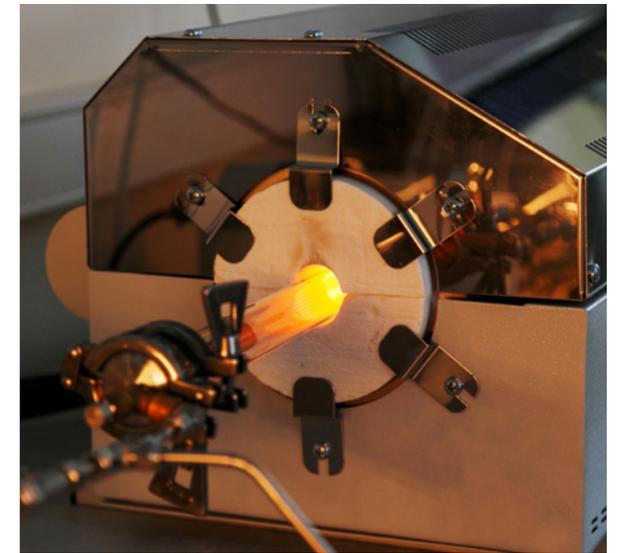
Одно из исследовательских направлений лаборатории атомно-слоевого осаждения связано с процессорами. Процессор — это «мозг» компьютера, определяющий его мощность. Не секрет, что главные элементы процессора — транзисторы — изготавливают из кремния, и чем больше в нем транзисторов, тем лучше он будет работать.



Но у этого элемента есть ограничения — если кремниевый процессор уменьшить до 3 нанометров, то его быстродействие упадет в 1 000 раз.

➤ **ЧТОБЫ ПРОЦЕСС РОСТА ПЛЕНКИ НА ПОДЛОЖКЕ ШЕЛ ЭФФЕКТИВНО, ПЕЧЬ НЕОБХОДИМО РАЗОГРЕТЬ ДО 900 ГРАДУСОВ ЦЕЛЬСИЯ**

Двумерные материалы, которые также создают в этой лаборатории, могут стать решением этой проблемы. Из них можно получать транзисторы с толщиной канала до 0,7 нм, что примерно в 10 раз меньше, чем для кремниевых. При этом существенно увеличится плотность упаковки и, следовательно, возрастет производительность транзисторов.



Двумерные слои дисульфида молибдена растут методом металл-органического осаждения. По специальным трубкам в реактор подают прекурсоры, которые вступают в реакцию между собой, что приводит к росту пленки на подложке. Чтобы процесс шел эффективно, печь необходимо разогреть до 900 градусов Цельсия.

Научная группа Андрея Маркеева первая в России занялась сегнетоэлектриками на основе оксида гафния — материалами, которые открывают дорогу к памяти нового поколения. Это соединение было известно еще 100 лет назад, но только в 2011 году ученые обнаружили в нем свойства, делающие его привлекательным для микроэлектроники.



АНДРЕЙ МАРКЕЕВ



Применение метода атомно-слоевого осаждения для получения полупроводниковых 2D MoS₂ и WS₂ слоев на больших площадях



Применение туннельно-тонких диэлектриков для инжиниринга контактов металл/MoS₂ в полевых транзисторах с 2D полупроводниковым каналом

” Сегодня микроэлектроника выходит на качественно новый этап развития, используя новые физические эффекты и материалы. Наша лаборатория гармонично сочетает работу над научными проектами и передачу достигнутых успехов микроэлектронным предприятиям страны. Мы проводим исследования мирового уровня и решаем задачи завтрашнего дня.



Для иллюстрации статей использованы фотографии пресс-службы РНФ, авторов исследований, пресс-служб институтов, пресс-службы Президента России, а также изображения из открытых источников.



Российский
научный фонд



Москва, ул. Солянка, 14, стр. 3



+7 (499) 606-02-02



info@rscf.ru



www.rscf.ru



[rnfpage](#)



[RSF_news](#)



dzen.ru/rnf



[group/70000000467577](#)