

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.

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.



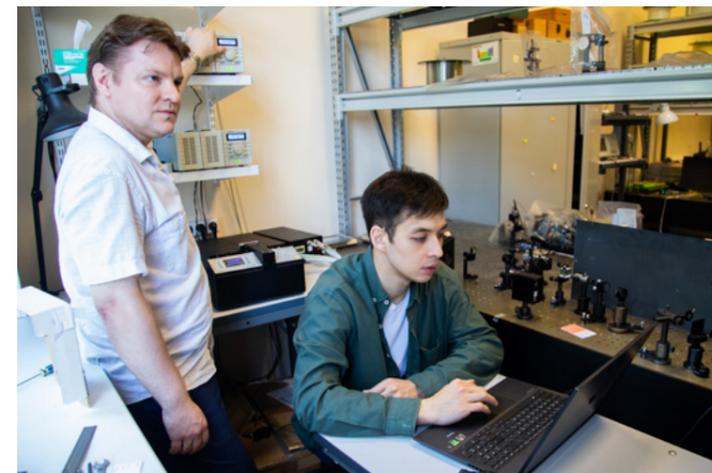
Магистрант Жибзема Мункуева записывает 3D-структуры фемтосекундным пучком, структурированным с помощью пространственного модулятора света. Источник: Наталья Коляда

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.

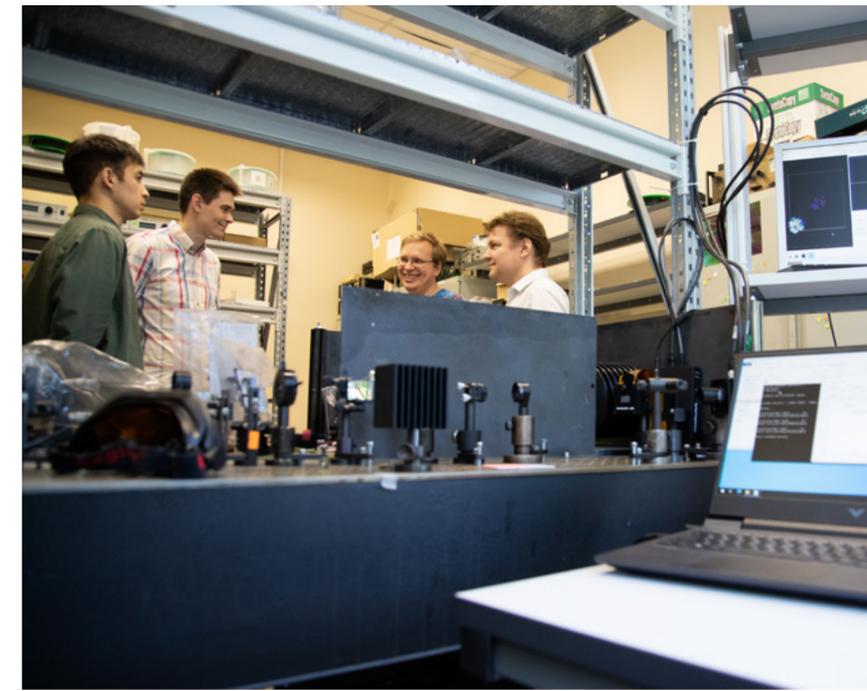
>> МЫ НАУЧИЛИСЬ С ПОМОЩЬЮ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА ПОТОЧЕЧНО МОДИФИЦИРОВАТЬ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ И ТАКИМ ОБРАЗОМ «РИСОВАТЬ» В МНОГОМODOVЫХ СВЕТОВОДАХ ТРЕХМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ, ЧТОБЫ УПРАВЛЯТЬ СВЕТОМ, ФОРМИРОВАТЬ И ПЕРЕДАВАТЬ СЛОЖНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ БЕЗ ИСКАЖЕНИЙ



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

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.