

## Все о световых технологиях: в Новосибирске состоялась конференция «Фотоника-2023»

В новосибирском Академгородке прошла Российская конференция и школа молодых ученых «Фотоника-2023». Ведущие ученые и представители промышленности обсудили актуальные вопросы полупроводниковой фотоэлектроники. Организатор мероприятия — Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН. На конференции собрались более 160 участников из Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Екатеринбурга, Зеленограда, Томска, Зеленограда и других городов, заседания проходят на территории «Точки кипения — Новосибирск».

Открывая конференцию, председатель ее программного комитета, директор Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН академик РАН **Александр Васильевич Латышев** рассказал, что 2023 год — юбилейный для конференции: *«Двадцать лет назад мы провели совещание “Фотоника”, и в ходе работы ему был присвоен статус конференции. С тех пор конференция проходит в Новосибирске раз в два года».*

Александр Латышев подчеркнул, что с самого начала «Фотоника» сформировалась, как площадка для совместной работы представителей научных и производственных организаций — на конференции участники узнают как о передовых разработках, так и о запросах и потребностях индустрии.

Среди недавних достижений ИФП СО РАН в области фотонных технологий Александр Латышев назвал разработку оптического детектора спина свободных электронов, с пространственным разрешением (спин-детектора), повышение квантовой эффективности кремниевых фотодетекторов, разработку детектора и излучателя одиночных фотонов, разработку мощных СВЧ-фотодиодов, создание сверхминиатюрных излучателей — полупроводниковых лазеров с вертикальным резонатором, с высокой стабильностью.

*«Лазеры с вертикальным резонатором — это самые миниатюрные лазеры, которые можно создавать, в нашем случае их размер — 300 на 300 микрон. Для них разработана технология производства, можно добиться излучения на определенной длине волны. Устройства были апробированы в ряде организаций, эта разработка открывает перспективы существенно улучшить характеристики большого числа телекоммуникационных и навигационных устройств. Сейчас требуется оптимизация технологии ЛВР для уменьшения неконтролируемых шумов с целью замещения аналога производства США»,* — объяснил директор ИФП СО РАН.

Первый приглашенный доклад конференции представил начальник научно-технологического комплекса ГНЦ РФ АО НПО «Орион» доктор физико-математических наук **Константин Олегович Болтарь** — «Состояние работ и перспективы матричных фотоприемных устройств на основе антимонида индия».

Он объяснил, что антимонид индия, наряду с теллуридом кадмия и ртути лидирует на мировом рынке матричных фотоприемных устройств, для средневолнового инфракрасного диапазона — это ведущие фоточувствительные материалы.

Специалисты НПО «Орион» производят фотоприемные устройства на основе антимонида индия и работают над улучшением их характеристик. В частности, они исследуют свойства эпитаксиального антимонида индия. Соединение выращивалось методом молекулярно-лучевой эпитаксии технологами научной группы заведующего

лабораторией ИФП СО РАН доктора физико-математических наук Константина Сергеевича Журавлева. «Мы показали преимущество по пространственному разрешению эпитаксиальных структур InSb на высоколегированной подложке в сравнении с объемными структурами антимонида индия», — сказал Константин Болтарь.

Кроме того ученые работали с бинарными соединениями InSb, AlInSb и InAsSb: «Эти, выращенные методом молекулярно-лучевой эпитаксии барьерные nВn-структуры, перспективны для создания матричных фотоприемных устройств с уменьшенным энергопотреблением. Для реализации преимуществ требуются исследовательские и технологические работы», — добавил исследователь.

### **«Фотоника» — объединяет**

Участники конференции отмечают обилие интересных докладов, актуальность тематики и важность консолидирующей роли мероприятия. «У меня большой интерес к “Фотонике”: значимо, что организаторы — Александр Васильевич Латышев и его команда — регулярно проводят конференцию и объединяют организации, работающие в разных областях развития фотоники. Сейчас сформировался большой кластер фотоники в Москве, строится завод по производству фотонных интегральных схем в Подмоскowie, но нужно консолидировать все направления, чтобы была единая программа развития фотоники, общая для всей страны.

Один из “целевых” для меня докладов сделал заместитель директора ИФП СО РАН доктор наук Максим Витальевич Якушев — о состоянии и перспективах развития охлаждаемых фотоприемных устройств на основе сложных гетероструктур узкозонных полупроводников, также мне интересен доклад заместителя по научной работе Института физики микроструктур РАН доктора наук Владимира Изяславовича Гавриленко о двухфотонных квантово-каскадных лазерах, сообщение старшего научного сотрудника ИФП СО РАН кандидата наук Дмитрия Владимировича Гуляева “Электрооптические модуляторы С-диапазона на основе InP», — сказал проректор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» доктор технических наук Николай Иванович Каргин.

Физик отметил, что хорошо знаком с работами ученых из ИФП СО РАН: «Институт физики полупроводников является законодателем мод в технологии молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ), более того, он производит востребованное сейчас оборудование для МЛЭ. Также хорошо известны работы исследователей ИФП СО РАН в области радиофотоники, СВЧ-технологий».

Проводя параллели с международной конференцией по фотонным интегральным схемам, прошедшей в этом году в Брюсселе, Николай Каргин пояснил, что тематики симпозиумов хорошо согласуются. Исследователи в России и за рубежом работают над одними и теми же вопросами, но для конференции в Брюсселе характерна большая ориентированность на потребности рынка, его динамику развития в ближайшее десятилетие.

### **Фотонные технологии сегодня и завтра**

О фотонных технологиях, которые уже присутствуют в жизни каждого из нас, рассказал советник генерального директора Зеленоградского нанотехнологического центра (ЗНТЦ) Константин Эдуардович Певчих. Его доклад касался развития

областей применения фотонных интегральных схем (ФИС), наукоемких разработок, нужных для производства ФИС в России.

Использование фотонных интегральных схем позволяет увеличить скорость обработки и передачи данных в несколько десятков или даже сотен раз, уменьшить размеры функциональных элементов электроники. Это достигается за счет интеграции на чипе одновременно электронных и оптических компонентов, способных принять световой сигнал, обработать его и транслировать дальше. Сейчас ФИС широко применяются в телекоммуникациях, в трансиверах — приборах, необходимых для одновременной обработки и передачи светового сигнала, пришедшего по оптическому волокну. Рынок потребления трансиверов растет, так как становится все больше передаваемых данных, появляются новые дата-центры.

В области производства отечественных трансиверов ЗНТЦ сотрудничает и с ИФП СО РАН: *«Со специалистами лаборатории молекулярно-лучевой эпитаксии элементарных полупроводников и соединений АЗВ5 ИФП СО РАН мы завершили уже один совместный договор на выполнение НИР (научно-исследовательская работа) по разработке эпитаксиальных гетероструктур германий на кремнии — полупроводникового материала, необходимого для создания фотоприемника — одного из компонентов ФИС. Сейчас подали заявку в Российский научный фонд в рамках нового конкурса уже на отработку технологии производства фотодетекторов. Мы собираемся производить трансиверы по новым технологиям, и часть из этих технологий — от ИФП СО РАН. К тому же мы заинтересованы в установках молекулярно-лучевой эпитаксии, которые производит Институт»*, — отметил Константин Певчих.

Еще одна область использования фотонных интегральных схем — сенсорика — то есть создание разнообразных оптических сенсоров для контроля сложных инженерных объектов, летательных аппаратов или, например, сенсоров, имеющих биомедицинское применение.

*«Сейчас мы уже привыкли к получению разнообразных данных при помощи оптических датчиков, но пока световой сигнал трансформируется в электрический для последующей обработки. Например, во многих умных часах стоят оптические сенсорные системы. Если обрабатывать световой сигнал, не переводя его в цифровой — на "оптическом" чипе, это позволит перейти к следующему поколению сенсорных систем. В результате будет выигрыш в быстродействии устройств — фотоны двигаются со скоростью света. К тому же оптические системы независимы от электромагнитных помех.*

*Другое распространенное применение оптических сенсоров — мониторинг деформаций, температуры, шумов: лопасти вертолета или крылья самолета пронизывают оптоволоком — таким образом, по сигналам, снимаемым с волокна, определяется степень износа, усталость материала. Пока станции обработки данных для таких устройств электронные, но производители стремятся к тому, чтобы сделать их оптическими — снижается вес, повышается надежность», —* объяснил К. Певчих.

### **Новая физика**

Старший научный сотрудник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова кандидат физико-математических наук **Антон Владимирович Иконников** представлял приглашенный доклад «Магнитопоглощение в гетероструктурах на основе CdHgTe с двойными квантовыми ямами» и приехал на

«Фотонику» впервые. «Раньше я предполагал, что основной фокус конференции направлен на обсуждение характеристик разнообразных фотоприемных устройств, их приложений, методов обработки сигнала и т.п. Выяснилось, что я ошибался — на конференции представлены доклады по самым разным направлениям, касающиеся и фундаментальной физики, и прикладных аспектов. Для меня был открытием доклад заведующего лабораторией ИФП СО РАН члена-корреспондента РАН Игоря Ильича Рябцева “Квантовые сенсоры электрических полей на основе ридберговских атомов”. Я впервые узнал, что можно сделать квантовый сенсор — детектор электрического поля на основе атома, приведенного в высоковозбужденное состояние.

Еще запомнилось сообщение старшего научного сотрудника МГУ кандидата химических наук Ольги Владимировны Бойцовой “Покрывтия VO<sub>2</sub> на кристаллических подложках для устройств визуализации ИК и ТГц диапазонов”. Здесь мне понравилось то, что доклад, связанный в большей степени с химией, был интересен мне, как физики. Вообще, могу отметить, что мне понятны и интересны большинство докладов на этой конференции — они хорошо излагаются, плюс, возможно, дело в том, что у меня уже довольно большой опыт и экспертиза.

Мне очень нравится, что на этой конференции нет параллельных секций — получается слушать доклады, которые иначе не послушал бы никогда. При двух параллельных секциях, например, условно “технологической” и “физической”, я пойду на вторую. Здесь же сообщения следуют один за другим — и есть интересные для меня моменты в областях, далеких от моей специализации», — пояснил ученый.

В своем докладе Антон Иконников рассказывал об исследованиях особенностей двойных квантовых ям на основе теллурида кадмия и ртути. Такие многослойные гетероструктуры выращиваются методом молекулярно-лучевой эпитаксии специалистами ИФП СО РАН.

«В двойных квантовых ямах, в отличие от одиночных, есть уникальные топологические фазы. Например, фазы, где две энергетические зоны соприкасаются и можно, прикладывая напряжение, управлять щелью (запрещенной зоной), как в двуслойном графене — здесь могут быть практические применения по созданию детекторов или лазеров, работающих в терагерцовом диапазоне. Кроме того, в двойной квантовой яме можно реализовать состояние топологического изолятора высокого порядка: по сравнению с “обычным” топологическим изолятором, проводящие состояния могут быть не на краях, а на углах образца. Это новая физика — это интересно. С помощью магнитоспектроскопии, которой я занимаюсь, можно выяснить, с одной стороны, зонную структуру выращенного образца, его соответствие заданным параметрам, а, с другой — исследовать новые тонкие эффекты, интересные с точки зрения фундаментальной физики», — добавил Антон Иконников.

Следующая «Фотоника» будет через два года, мероприятие традиционно чередуется с близкой по тематике конференцией, которую проводит АО НПО «Орион».

Пресс-служба ИФП СО РАН

**Фото спикеров здесь:**

<https://disk.yandex.ru/d/aZMYbe62aVNLNQ>

Много фотографий с конференции здесь:  
[https://www.isp.nsc.ru/photonics2023/index.php?ACTION=part&id\\_part=33](https://www.isp.nsc.ru/photonics2023/index.php?ACTION=part&id_part=33)

Автор фото: В. Трифутин