



«ФОТОНИКА-2025»: четыре новеллы о будущем

А. В. Наумов¹, Д. В. Левашова²

¹ Целевая поисковая лаборатория «Технологии оптоэлектроники и фотоники», Москва, Россия

² ПАО «НПО «АЛМАЗ», ТОП «ЛЭМЗ», Москва, Россия

19-я международная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики-2025» – крупнейшее отраслевое событие, на котором были представлены современные достижения в области фотоники, оптики и лазерных технологий, – сопровождалась масштабной деловой программой. В рамках проходившего на выставке XIII Конгресса технологической платформы «Фотоника» 03 апреля 2025 года состоялась научно-производственная конференция «Оптико-электронные системы и компоненты», посвященная вопросам развития ключевых направлений оптоэлектроники и фотоники в Российской Федерации, создания импортозамещающих технологий, а также рассмотрению приоритетных проблемных вопросов и выработки предложений по их оперативному решению. Для качественного решения поставленных задач в январе 2025 года Фонд перспективных исследований совместно с ГНЦ РФ АО «НПО «Орион» создали Целевую поисковую лабораторию (ЦПЛ) «Технологии оптоэлектроники и фотоники».

Ключевые слова: фотоника, оптика, лазерные технологии, оптико-электронные системы, оптоэлектроника, радиофотоника, импортозамещение, Фонд перспективных исследований, Целевая поисковая лаборатория

Статья поступила: 09.04.2025

Статья принята: 24.04.2025

“PHOTONICS-2025”: Four Short Stories About the Future

A. V. Naumov¹, D. V. Levashova²

¹ Target Search Laboratory “Technologies of Optoelectronics and Photonics”, Moscow, Russia

² PJSC NPO ALMAZ, TOP LEMZ, Moscow, Russia

The 19th International Exhibition of Laser, Optical and Optoelectronic Technology “Photonics. The World of Lasers and Optics-2025”, the largest industry event where modern achievements in the field of photonics, optics and laser technologies were presented, was accompanied by a large-scale business program. As part of the XIII Congress of the Photonics Technology Platform held at the exhibition on April 03, 2025, the scientific and production conference “Optoelectronic Systems and Components” was held, dedicated to the development of key areas of optoelectronics and photonics in the Russian Federation, the creation of import-substituting technologies, as well as the consideration of priority problematic issues and the development of proposals for their prompt solution. In January 2025, the Advanced Research Foundation, together with the SPA JSC “Orion”, created the Target Search Laboratory (TSL) “Technologies of Optoelectronics and Photonics”.

Keywords: Photonics, Optics, Laser Technologies, Optical-Electronic Systems, Optoelectronics, Microwave Photonics, Import-Substitution, Advanced Research Foundation, Target Search Laboratory

Article received: April 09, 2025

Article accepted: April 24, 2025

Заседание состоялось под председательством кандидата технических наук, генерального директора АО «НПО «Орион» Вадима Валерьевича Старцева и кандидата технических наук, руководителя аппарата приоритетного технологического направления по технологиям оптоэлектроники и фотоники, АО «Швабе» Афанасова Дмитрия Сергеевича. Вадим Валерьевич в присутствии ему дружеском формате общения, открывая конференцию, рассказал о дорожной карте развития фотоники, о созданной совместно с НПО «Орион» и Фондом перспективных исследований Целевой поисковой лаборатории (ЦПЛ) «Технологии оптоэлектроники и фотоники», о ее целях и задачах. Было отмечено, что одной из ключевых задач ЦПЛ является формирование «Дорожной карты», которая позволит обеспечить парирование угроз технологического отставания и отстаивание интересов национальной безопасности Российской Федерации в области технологий оптоэлектроники и фотоники.

В стране имелось 17 разрозненных дорожных карт, связанных с технологиями фотоники, и в 2024 году, исходя из потребностей участников рынка фотоники, была в первом приближении создана единая программа. Можно сказать, что самые критические требования эксплуатантов промышленности были удовлетворены. Но, если раньше парадигма программы фотоники представляла собой планы создания конкретных продуктов с конкретными характеристиками, то сегодня парадигма изменилась. Необходимо предугадать направление развития технологий изготовления продуктов. Каким видится в перспективе прикладной характер фотоники? На какую перспективу можно планировать: на ближайшие годы или к середине XXI века? Каким будет технологический уклад оптоэлектроники и фотоники и кто способен предвидеть эффект синергизма? Ответы на эти вопросы кроются в решениях комплексной задачи, затрагивающей и сырье, и оборудование, и персонал – тех, кто сможет работать с соответствующей технологией.

Цель конференции – собрать единомышленников и побудить их задуматься над потенциалом фотоники, посмотреть вперед за пределы сиюминутных прикладных задач – и строить будущее вместе. ЦПЛ создана для совместного творчества в построении векторов развития фотоники и создания соответствующих технических заданий. В этом году упор делается на четыре ключевых направления, но общее число приоритетов намного больше. ЦПЛ остро нуждается в экспертах самых разных областей и различных профилей, кто открыт для «фантазирования» прорывной дорожной карты.



Старцев В. В. и Афанасов Д. С. на открытии научно-производственной конференции «Опτικο-электронные системы и компоненты»
Vadim Startsev and Afanasov D. S. at the opening of the scientific and industrial conference «Optoelectronic systems and components»

Главной целью предстоящей работы является формирование умений «заглянуть за горизонт» сегодняшних представлений о развитии оптической промышленности, определить приоритеты и приступить к созданию передовых технологий фотоники, которые обеспечат технологический суверенитет и лидерские позиции на мировом рынке.

Доклад руководителя ЦПЛ Полины Станиславовны Скребневой был посвящен подробному обоснованию цели и задач ЦПЛ. Целью лаборатории является формирование модели комплексного



Руководитель Целевой поисковой лаборатории (ЦПЛ) «Технологии оптоэлектроники и фотоники» Полина Скребнева
Head of the Target Search Laboratory (TSL) «Technologies of Optoelectronics and Photonics» Polina Skrebneva



парирования угрозы технологического отставания в области оптоэлектроники и фотоники.

Среди задач, поставленных для достижения цели – определение критически важных проблем в области технологий оптоэлектроники и фотоники, формирование предложений по созданию научно-технических основ и концепций их решения; аудит как существующих в РФ компетенций в исследуемой области, так и состояния научных исследований, разработок и полученных результатов. Следующая задача – разработка «Дорожных карт» поэтапного парирования угрозы технологического отставания (перечень мероприятий – НИР, ОКР, организация серийного производства) и разработка предложений по достижению цели.

В докладе была приведена разработанная структура «Дорожной карты» по четырем ключевым направлениям:

- системы технического зрения;
- телекоммуникационные системы;
- навигационно-оптические системы и системы отображения информации.

Докладчик сделала краткий обзор разработанных методик, созданных для определения критически значимых проблем в области оптоэлектроники и фотоники, а также формирования предложений по созданию научно-технических основ и концепций их решения. Кроме того, были представлены соответствующие критерии для целей аудита существующих в Российской Федерации компетенций и технологий в области оптоэлектроники и фотоники, состояния исследований, разработок и полученных результатов.

Методика определения критически важных проблем заключается в следующем: определение областей анализа и структуры исследования, сбор данных, анализ текущего состояния, выявление критически важных проблем, приоритизация проблем, формирование предложений по решению проблем, документирование результатов.

Критерии для аудита существующих компетенций и технологий таковы: научно-исследовательский потенциал, технологический уровень, производственные мощности, кадровый потенциал производства, финансирование и инвестиции, нормативно-правовая база, международное сотрудничество, документирование результатов.

На сегодняшний момент продолжается формирование состава лаборатории и разработана методика отбора экспертов по направлениям. Изучены действующие программы по фотонике и оптоэлектронике, различные источники и документы, «Фото-



*Дмитрий Маслов,
начальник
отдела,
АО «ЦНИИ
«Циклон»
Dmitry Maslov,
Head of the
Department,
JSC Central
Research Institute
«Cyclone»*

ника 2030», проведен экспертный опрос. Составлен перечень предприятий-центров компетенций. Создана методика приоритизации критически важных проблем и выявлены критерии для аудита существующих компетенций и технологий.

В общем, огромный подготовительный этап идет полным ходом, предвзяя самое главное – написание нового видения и его реализацию.

В следующих докладах несколько представителей целевой поисковой лаборатории подробнее осветили свою деятельность.

С докладом на тему «Системы технического зрения в Дорожной карте развития фотоники – состояние и цели» выступил кандидат физико-математических наук Дмитрий Вадимович Маслов, эксперт ЦПЛ, начальник отдела разработки охлаждаемых фото-приемных устройств (ФПУ) и устройств на их основе АО «ЦНИИ «Циклон». Было представлен обзор систем технического зрения, а также основных серийно-производимых организациями страны ФПУ. Приведены сравнения характеристики ИК ФПУ отечественных и ведущих мировых производителей. Отмечены технологические особенности производства отечественных изделий фотосенсорики. Обсуждены основные тенденции развития охлаждаемых ИК матричных фотоприемных устройств (МФПУ) MWIR и LWIR диапазонов.

Особый акцент в докладе был сделан на МФПУ, которые используются в решении специальных задач (например, в системах наблюдения и криминалистике), в управлении транспортными средствами (нашлемные фотоприемные устройства, МФПУ для автоматического режима управления транспортом), в экологическом дистанционном мониторинге (обнаружение пожаров, загрязнений,



аварий на нефте- и газодобывающих трубопроводах), в промышленности и строительстве (контроль температуры в электросетях и электрооборудовании, контроль тепло- и водопроводных сетей, тепловой контроль зданий, диагностика печатных плат), медицине и биологии (термография), астрономии (космические системы наблюдения).

Был сделан обзор ФПУ видимого и ближнего ИК диапазона, выполненных на основе технологии КМОП и ПЗС. Первые из них наиболее распространены, и их производители многочисленны: Sony, Samsung, Will Semiconductor, Hamamatsu и многие другие. Шаг выпускаемых ФПУ доходит до 2 мкм, формат – до 100 мегапикселей, они выпускаются для черно-белой и цветной съемки и обладают такими преимуществами, как высокая кадровая частота, маленький шаг, низкое энергопотребление и приемлемая цена. А фотоприемники на основе ПЗС-технологии постепенно уходят с рынка, производителей мало, наиболее известна компания Hamamatsu. С шагом до 7 мкм, форматом до 30 мегапикселей, черно-белые и цветные ФПУ имеют ряд своих преимуществ, благодаря которым находят свое применение в научных исследованиях при низком уровне засветки, а именно: высокий динамический диапазон, их пороговые характеристики выше при низком уровне освещения.

Компания «Электрон» занимается разработкой и изготовлением крупногабаритного матричного чувствительного прибора с переносом заряда «Квадро» (4096×4096 пикселей размером 11×11мм). В разработке у АО «НПП «Пульсар» матричный фоточувствительный прибор с переносом заряда ФППЗ 26М (1000×1000 и 7,4×7,4) и матричный фоточувствительный прибор КМОП-1280 (1280×1024, 5,3×5,3).

Дмитрий Вадимович представил детальные характеристики типов и конкретных изделий ИК фотоприемников SWIR- (1,5 мкм), MWIR- (3-5 мкм) и LWIR- (8-12 мкм) диапазонов.

Кроме того, докладчик обрисовал типичную структуру охлаждаемого ФПУ: криогенная машина, криостат, керамическая вставка с контактами, керамический наконечник, гибридная фоточувствительная схема, диафрагма с чернением, крышка с золотым покрытием и германиевое окно.

Состояние технологий в РФ докладчик сгруппировал в три кластера. К первому он отнес проблемные технологии, в которых есть отставание: мультиплексоры (кремниевые технологии), фотоприемные матрицы MWIR, LWIR (и возможно SWIR) диапазонов, изготовленные по меза-технологии, для фотоприемных матриц SWIR диа-

пазона на основе CQD – прекурсоры высокой степени очистки для синтеза CQD, установки flip-chip сборки, криогенно-стойкие эластичные клеи, шлифовально-полировальное оборудование, нераспыляемые газопоглотители (геттеры), подшипники для МКС Стирлинга с роторным приводом, зондовые станции, вакуумное оборудование, микросхемы, входящие в состав блоков управления ФПУ (операционные усилители, микропроцессоры, ПЛИСы, ОЗУ/ПЗУ, ЦАП/АЦП).

Во вторую группу он поместил технологии, в которых есть задел: подложки из различных полупроводниковых материалов Si, InP, CaZnTe, GaAs, GaSb, InAs, особо чистые исходные материалы (Cd, Te, Ga, Sb, As, In и др.) для эпитаксии и оборудование для пост-ростового процессинга.

И, наконец, технологии по своему развитию близкие к мировым стандартам, докладчик объединил в третий кластер: оборудование для роста эпитаксиальных структур, вакуумные корпуса криостаты и микрокриогенные системы.

С докладом на тему «Телекоммуникационные системы в Дорожной карте развития фотоники – состояние и цели» выступил доктор физико-математических наук Сергей Львович Семенов, эксперт ЦПЛ, руководитель Научного центра волоконной оптики им. Е. М. Дианова РАН ИЦВО РАН.

Сергей Львович говорил о телекоммуникационных системах (ТС) в дорожной карте развития фотоники и соответствующих технологических проблемах. Классификация ТС связи разделяет системы по назначению: системы телевизионного вещания, персональной связи и компьютерные сети. И по техническому обеспечению: традиционные кабельные коммуникационные системы, оптово-



*Сергей Семенов,
руководитель
Научного центра
волоконной
оптики
им. Е. М. Дианова
РАН
Sergey Semenov,
Head of the
E. M. Dianov
Scientific Center
for Fiber Optics of
the RAS*



локонные (более совершенные), эфирные и спутниковые. Наиболее крупные телекоммуникационные компании в РФ, а заодно и потребители оптических технологий: Ростелеком, Билайн, МТС, Теле 2, СберМобайл, МегаФон, Тинькофф Мобайл, ТрансТелеКом.

Были рассмотрены основные компоненты телекоммуникационных систем, их пять:

1. Волоконно-оптические кабели, в первую очередь включающие в себя оптическое волокно в оболочке, оптическую муфту (устройство соединения двух и более оптических кабелей) и оптические кроссы («оконцовка» кабеля – разъемы для подключения приемопередающего оборудования).
2. Оптическая приемопередающая аппаратура, преобразующая электрические сигналы в оптические на передающей стороне и оптические сигналы в электрические на приемной стороне. Она в свою очередь включает основные семь компонентов: лазерные передающие устройства (передатчики), содержащие узкополосные лазеры и модуляторы, устройства питания лазеров и драйверы модуляторов; высокоскоростные фотоприемники прямого детектирования; когерентные фотоприемники с поляризационной диверсификацией (рост скорости передачи информации); устройства цифровой обработки сигналов; усилители; системы управления автоматического регулирования и термостабилизации.
3. Оптические усилители (сигнал усиливается в оптическом виде, не переходя в электрический сигнал, чтобы передаваться в последующие участки кабеля – так расширяется зона действия линий связи). К ним также относятся семь составляющих. Это активные (усиливающие) оптические волокна, лазерные диоды накачки усилителя, волоконные разветвители/разделители/объединители излучения, выравнивающие спектральные фильтры, оптические изоляторы (устройства, пропускающие световые сигналы только в одном направлении), перестраиваемые аттенюаторы, устройства автоматической регулировки усиления мощности.
4. Маршрутизаторы – устройства, координирующие отправку данных конкретным абонентам, сетям.
5. Коммутаторы – распределяют большие объемы данных между группами конечных потребителей.

Глобальные компании поставщики телекоммуникационного оборудования – это Huawei (Китай), Alcatel-Lucent (Франция) и Ciena (США). По данным аналитиков, доля этих компаний на мировом рынке оборудования для оптических сетей связи составляет порядка 50%, в т.ч. Huawei – более 25%. В России Huawei подавляет активность местных производителей вследствие финансово более выгодных предложений и политики компаний, несмотря на то что технические характеристики отечественных поставщиков значительно превышают импортные аналоги. Дорожная карта фотоники могла бы способствовать поддержке отечественных производителей.

Среди лидеров российских компаний – интеграторы, собирающие ТС: ООО «Т8», ЗАО «Мостком», «Оптические телесистемы», ООО «ВПГ Лазеруан» (ГК Softline), КБ «Малахит», ОАО СПП, ОАО «СУПЕРТЕЛ», ООО «НЕОФОТОНИКА», ООО «ФТ» (Future Technologies).

Предприятия, где ведется разработка технологий производства электронных и оптических элементов, являющихся компонентами когерентных оптических трансиверов и блоков и оптоэлектронного вычислителя нейронных сетей на основе фотонных и электронных интегральных схем локализованы в следующем, еще не окончательном списке: ФТИ им. А.Ф.Иоффе, АО «Нолатех», ИТМО, АО «Микрон», АО «ЗНТЦ», АО «Скард-Электроникс», Дизайн-Центр «Союз», ООО «Лассард», АО «НИИ «Полус» им. М.Ф.Стельмаха», НИФТИ ННГУ, ТУСУР, Сколковский институт наук и технологий, АО ОКБ-Планета, АО НПЦ ЭЛВИС, НИЯУ МИФИ, ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е.Седакова».

Среди российских производителей оптического волокна отмечены: АО «Оптическое Волоконное Системы» (г. Саранск), ПАО ПНППК (г. Пермь), ООО НПК «Оптолинк» (г. Зеленоград), ИЦВО РАН (Москва), ИХВВ РАН (г. Нижний Новгород), ФИРЭ РАН (г. Фрязино, Моск. обл.), «НПО ГОИ им. С.И.Вавилова» (г. Санкт-Петербург), РФЯЦ – ВНИИТФ (г. Снежинск) и др.

Волоконно-оптические кабели производят в: ОАО «ВНИИКП», ООО НПП «Спецкабель», ООО «Саранскабель», ООО «Инкаб» и др. Эта производственная область нуждается в проработке в теме с полимерами и упрочняющими нитями.

В целом, в отрасли, по мнению докладчика, ясно видны следующие технологические проблемы:

1. Потребность в технологических решениях для создания оптических систем связи с большой длиной (400 км и более) на необслуживаемых участках для использования в тяжелых клима-



- тических условиях Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.
2. Потребность в технологических решениях для защиты особо важных волоконно-оптических линий связи от внешних воздействий. По мере увеличения скорости передачи информации по ВОЛС требования к надежности линии становятся более жесткими, так как потери от ее простоя растут пропорционально скорости передачи информации.
 3. Низкий уровень развития FTTx (волокно в каждый дом) в России (41% домохозяйств). По прогнозам FTTH Council Europe до 2026 года доля домохозяйств, имеющих широкополосный доступ к Интернету, составит приблизительно 56%, тогда как во Франции эта величина достигает 92%, в Испании – до 83%, в Великобритании – до 82% и т. д.
 4. Для обеспечения устранения отрыва в развитии сетей связи России от ведущих мировых держав требуется увеличение потребления и прокладки волокна с числа 5–7 млн км в год до числа 15–20 млн км в год.

Но существуют проблемы в технологиях, неполный список которых составлен в ходе общения с коллегами:

1. Технологии производства базовых оптических элементов компактного перестраиваемого узкополосного инфракрасного лазерного источника (ITLA) на A_3B_5
2. Технологии производства базовых оптических элементов широкополосного амплитудно-фазового электрооптического модулятора на тонких пленках ниобата лития на изоляторе (TFLN / LNOI).
3. Технологии производства базовых оптических элементов компактной когерентной оптической сборки (COSA) и интрадинного когерентного приемника (ICR) на кремнии на изоляторе (КНИ)
4. Технологии производства базовых электронных СВЧ элементов аналоговой электронной интегральной схемы, входящей в состав когерентных оптических трансиверов и блоков
5. Технологии производства оптоэлектронных фотоприемников (СВЧ фотодиодов) на A_3B_5
6. Технологии гибридной/гетерогенной интеграции фотонных и электронных интегральных схем
7. Технологии оптоэлектронного вычислителя нейронных сетей на основе ФИС

8. Технология вытягивания стандартного оптического волокна на высокой скорости из заготовок большого диаметра
9. Технология изготовления заготовок (преформ) больших размеров для вытягивания стандартного оптического волокна
10. Технология производства полимеров для защитных покрытий требуемого качества, которые наносятся на оптическое волокно в процессе вытяжки
11. Технология изготовления специального активного оптического волокна.
12. Технология изготовления заготовок (преформ) специального оптического волокна методом внутреннего плазменного нанесения для получения радиационно-стойких многомодовых оптических волокон с градиентным профилем показателя преломления.
13. Технология производства полимеров для защитных покрытий с повышенной температуростойкостью, которые наносятся на оптическое волокно в процессе вытяжки

Данный доклад, подчеркнул докладчик, – промежуточный этап исследования телекоммуникационной ситуации в РФ, высветивший целевую аудиторию экспертов, в число которых входят специалисты, в том числе в области приемопередающих частей и компонентов.

Было отмечено, что в Дорожной карте должно быть уделено внимание разработке технологий производства электронных и оптических элементов, являющихся компонентами когерентных оптических трансиверов и оптоэлектронных вычислителей. В этой области в России работают ФТИ им. А.Ф.Иоффе, «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», АО «Нолатех», НИФТИ ННГУ, ИТМО, ТУСУР, АО «Микрон», Сколковский институт наук и технологий, АО «ЗНТЦ» и многие другие.

Направление телекома охватывает десятки областей, где необходимо в полной мере вести работы по импортозамещению – это и формы, и специальные покрытия, и обеспечение безопасности передаваемой информации и прочее. Сергей Львович подчеркнул, что, несмотря на потребность в технологическом скачке и естественное желание «прыгнуть» на несколько шагов вперед, стране важно освоить фундаментальные ниши в сфере телекоммуникаций – сначала «быть на уровне». Безусловно, это позволит обеспечить дальнейшее покорения уже настоящих вершин фотоники.

С докладом «Навигационные оптические системы в Дорожной карте развития фотоники – состояние



Максим Ладугин, начальник научно-производственного комплекса АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха»

Maxim Ladugin, Head of the Scientific and Production Complex of JSC M. F. Stelmakh Polyus Research Institute

и цели» выступил доктор физико-математических наук Максим Анатольевич Ладугин – эксперт ЦПЛ, начальник научно-производственного комплекса АО «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха». Были представлены области применения навигационных оптических систем в космической тематике, авиации, автономных транспортных средствах, морской и подводной навигации, военной технике. Проведен анализ рынка, на основании которого были выявлены ключевые технологии, основные отечественные и зарубежные компании в области навигационных оптических систем.

На российском рынке по разным направлениям заданной тематики участвуют следующие игроки: ЭЛЕКТРО ПРИБОР, Яндекс, КАИ, ORTOLINK, СПБГЭТУ «ЛЭТИ», ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ 1886, ИКИ, КАМАЗ, ПАО «МИЭА», ИТМО, Гоонии АС, РАМЕНСКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД, ПОЛЮС, ПНППК, ЭЛЕКТРООПТИКА, МАИ, РГРТУ, АО «НПК «СПП», Физоптика.

Ключевые компании мира, выпускающие навигационное оборудование: Northrop Grumman, HESAI, Kearfott, ThorLabs, Fog Photonics Inc, Google, Velodyne, NovAtel, Honeywell, XIAMENAIR, exail, Sagem, Jet Propulsion Laboratory, DenseLight, KVH, IPC, Continental, Fibotec, Nuphoton, Beogold technology.

К укрупненному перечню проблем в ключевых технологиях фотоники докладчик отнес следующее: технологии создания квантово-оптических систем для решения задач космической геодезии и навигации; технологии создания типоряда малогабаритных высокоточных (от 0,001 до 0,01 °/ч) лазерных гироскопов и бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) на их основе; технологии создания высокоточных волоконно-

оптических гироскопов для БПЛА и ЛА различных классов; технологии создания БИНС на основе волоконно-оптических гироскопов; технологии создания мощных полупроводниковых излучателей для волоконно-оптических гироскопов; технологии комбинированных навигационных оптических систем.

Проведенные анализ и исследования определили необходимость проведения работ в области создания квантово-оптических систем для решения задач космической геодезии и навигации; мощных лазерных диодов для квантовых стандартов частоты; малогабаритных высокоточных лазерных гироскопов. Стоит отметить, что требуется повышение точности и надежности изделий, в т.ч. освоение производства зеркал лазерных гироскопов с коэффициентом отражения не менее 99,999%. Перспективным является создание малогабаритных бесплатформенных инерциальных навигационных систем для различных сфер применения, в т.ч. для авиации, судоходства и т.д.

«Системы отображения информации в Дорожной карте развития фотоники – состояние работы и цели» – осветил эксперт ЦПЛ, главный конструктор по системам и средствам визуализации изображений АО «ЦНИИ «Циклон» Сергей Алексеевич Стахарный. Проведен обзор по технологиям оптоэлектроники и фотоники для систем отображения информации (СОИ), включая основные области применения и классификацию по типам современных СОИ. Проведена оценка состояния развития технологий в Российской Федерации, а также отмечены наиболее перспективные направления развития. Обозначены имеющиеся отечественные компетенции и перечень проблем при комплекс-



Сергей Стахарный, главный конструктор по системам и средствам визуализации изображений, АО «ЦНИИ «Циклон»
Sergey Stakharny, Chief Designer for Image Visualization Systems and Tools, JSC Central Research Institute «Cyclone»



ной реализации программы развития, сделаны выводы о перспективах развития современных СОИ в Российской Федерации. Учитывая широкий спектр направлений применения СОИ и номенклатуру требуемых изделий, в Дорожную карту необходимо отразить важнейшие технологии данной области с целью скорейшего достижения независимости от импортных аналогов и расширения рынков сбыта.

Презентация, составленная совместно с Нуриевым А.В., была очень яркой и интересной, а сам доклад был представлен с явным увлечением и страстью к делу. Так, на первом слайде показано масштабирование средств отображения информации, которые Сергей Алексеевич структурировал по областям применения и технологии изготовления. Так выступающий выделил:

1. Мало-, средне и крупногабаритные дисплеи, предназначенные для гражданской и специальной аппаратуры. Среди них:

- Потребительская техника (жизненный цикл изделия (ЖЦИ) которой составляет 3-5 лет): моноблоки, мониторы (производители: РЭМЭК, АОС и др.), смарт-панели и телевизоры (производители: СБЕР, КВАНТ,

ТЕЛЕБАЛТ, БАЛТМИКС, ОКЕАН, POLAR, ROLSEN, RECORD, VESTEL), смартфоны и smartчасы (производители: АУУА/Смартэко-система (АО «НПП «Масштаб», РОСТЕХ).

- Профессиональная техника (ЖЦИ ≥ 10 лет): контрольно-измерительная аппаратура (производители: АКТАКОМ, АльфаТрэк КОМЗ), медицинская техника (производители: GE Health Care, Хроматэк, Ангиолайн, ДНК Технология ТС, Рентгенпром, Тритон и др.), станкостроение (производители: Ижпрэст, Балт-Систем, Мехатроника, Модмаш-Софт, Инэлси, ЭНСИ, КЭМЗ, Дельта-Тест НПК).
 - Транспорт (ЖЦИ ≥ 10 лет): приборные панели и мультимедиа (производители: ВАЗ, ГАЗ, КАМАЗ, МАДИ, Автоприбор), тяжелый транспорт (производители: ЧЕТРА, Кировец, Россельмаш, РЖД), Авиация (производители: ОАК), ВВСТ (ЖЦИ ≥ 15 лет): портативная аппаратура, экипировка, бортовая аппаратура, командные пункты.
2. Индивидуальные средства отображения информации на основе микродисплеев для гражданской и специальной аппаратуры – это экипировка солдат, НСЦИ в авиации, экипи-

**ФОРУМ
БУДУЩЕЕ
ФОТОНИКИ**

**24-25
ИЮНЯ 2025**



ровка пожарных, промышленный контроль и автоматизация, обучение и наука, экипировка полицейских, медицинская техника, архитектура и дизайн, спорт, управление беспилотниками, промышленный дизайн и индустрия развлечений.

3. Средства отображения информации для гражданской и специальной аппаратуры.

Это проекционная техника: кинопроекторы (лазерные проекционные телевизоры), проекторы (проекторы на ветровое стекло), пикопроекторы (проекционные элементы); LED экраны: рекламные LED экраны, интерьерные LED (Mini- Micro LED) экраны, LED панели; электронная бумага (e-ink): электронные книги, электронные ценники и лейблы, банковские карты, пропуска, метки.

Сергей Алексеевич рассмотрел типы систем отображения информации. Классификация средств отображения информации по технологиям источника изображения включила в себя три группы. К «уходящим» отнесены плазменные, электролюминесцентные и вакуумно-люминесцентные дисплеи. К жидкокристаллическим (LCD) – бюджетные: телевизоры (в т.ч. более 65 дюймов), мониторы, ноутбуки, моноблоки, планшеты и телефоны. Третья группа, которая начинает преобладать сегодня, включает в себя органические светодиоды (OLED): рекламные OLED экраны, прозрачные OLED экраны, смарт часы и браслеты, гибкие(сгибаемые) дисплеи, малая портативная техника и индикаторы, премиальные: телевизоры и мониторы, смартфоны, планшеты и ноутбуки.

Для сравнения, если три года назад около 20% смартфонов были изготовлены из OLED, а 80% – LCD различных модификаций, то сейчас ситуация обратная: 80% выполнено на OLED экранах и 20% – на бюджетных LCD. Напрашивается вывод, что в такого небольшого формата экранах доминируют OLED-технологии, потому что ими обеспечены: лучшая цветовая гамма и контраст, высокая яркость при низком энергопотреблении, тонкость, легкость и гибкость конструкции, в перспективе более дешевая технология. Так, Samsung и LG полностью переводят свои заводы на выпуск OLED-дисплеев.

Докладчик обратил внимание на микродисплеи, используемые в индивидуальных устройствах отображения информации, классифицировав их по технологиям источника изображения. LCOS – ЖК-экран на стеклянной матрице. Активная матрица на стекле – это очень сложная технология, задел в РФ как таковой отсутствует. Второй тип – это микромеханические DMD-дисплеи – задел в РФ не большой, хотя существует. Далее – OLED-

микродисплеи, они очень распространены по миру, в РФ есть компетенции для развития их производства. И последняя технология – это MicroLED-микродисплеи, которые собираются по технологии фотоприемников, когда кремневое управление стыкуется на основе кристалла со светодиодной структурой, значит, потенциально имеет самую высокую яркость, но пока в России работ по такой технологии мало. В общем, работ по заданной тематике в РФ необходимо больше.

Докладчик привел результаты анализа мировых данных. В последние годы объем рынка дисплейных мониторов гражданского назначения растет и достиг 164,6 миллиарда долларов в 2025 году при совокупном годовом темпе роста (CAGR) в 4,9%. Рост за исторический период можно объяснить смещением потребительских предпочтений в сторону экранов большего размера, инновациями в области энергоэффективности, спросом на игры с эффектом погружения, улучшением точности цветопередачи и контрастности, интеграцией эргономических функций для повышения комфорта пользователя и распространением потребления мультимедийного контента на различных устройствах.

Объем рынка военных дисплеев сильно вырос за последние годы. До 1,3 миллиарда долларов в 2025 году при совокупном годовом темпе роста (CAGR) в 5,4%. Рост за исторический период можно объяснить возросшим спросом на надежные дисплеи, акцентом на модернизацию солдат, системы обучения и симуляции, проблемами кибербезопасности, глобальными расходами на оборону.

Основные деньги находятся в потребительском рынке, и нельзя развивать отдельно одно от другого. В докладе были представлены мировые игроки рынка производителей конечных дисплеев. Ключевые компании в мире: Sony, Boe, D bcdtek, Chimel Innolux, rohinni, Samsung, Luo, Futaba, KOPIN, Miledi microdisplays, LG Display, eMagin, EDO, microoled, LetinAR, JDI, Pioneer, SHARP, Visionox, WSI, SHANGHAI TIANMA MICRO-ELECTRONICS CO LTD, TRULY, WINSTAR, WINTEK, TCL CZOT. Стоит отметить, что центры компетенций и держатели интеллектуальной собственности расположены по всему миру. Это и Европа, и Америка, Восточная Азия. Производственная мощность концентрируется в Азии, Японии, Южной Корее, Китае, Тайвани.

Ключевые компании в России в сфере технологий производства дисплеев: ЦНИИ «Циклон», компания ТОПЭ (развивают OLED-технологии), «Российский центр гибкой электроники» (выпускает активные матрицы (малый, средний формат),



РОССИЙСКИЙ ФОРУМ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2025



ФЕДЕРАЛЬНАЯ
ТЕРРИТОРИЯ
«СИРИУС»

21-27
сентября 2025

Российский форум «Микроэлектроника» –
ведущая межотраслевая коммуникационная
площадка России



7
дней

3 500+
участников

1 000
организаций

100+
мероприятий

150
выставочных
экспозиций

1 200
докладчиков



Российский форум «Микроэлектроника» в 2024 году вошел в план мероприятий Десятилетия науки и технологий, объявленного Указом Президента Российской Федерации в целях усиления роли науки и технологий в решении важнейших задач развития общества и страны.



MICROELECTRONICA.PRO



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ И БУДЬТЕ В КУРСЕ
ВСЕХ ПОСЛЕДНИХ НОВОСТЕЙ!



RUTUBE

+7 495 641 57 17

microelectronica.pro

office@proconf.ru



формирующие изображение) плюс консорциум с ведущими институтами РАН и ВУЗ в области OLED-технологии (квантовые точки, проводящие слои, цветные фоторезисторы, материалы различных поколений, развиваемые во всем мире), АО «Плазма». И в сфере производства аппаратуры разной степени локализации: EliteBoard, NexTouch innovation lab, МЭЛТ микроэлектроника и техника, KVANT, Смартэкосистема, РАМЭК, ЛОС, НПО ИТЭЛМА, GS GROUP, Дисплейные системы НПО, Дисплей, НПП «Гамма».

Сегодня ЦНИИ «Циклон» делают маленькие устройства (подложка 200 мм), и через такое решение далее будут масштабироваться на подложки большего размера. Широкие компетенции у Зеленограда в разработке матрицы, где можно использовать технические решения, применяемые в кремнии. Таким масштабированием можно покрыть широкий спектр техники и обеспечить дисплеями, прежде всего, потребителей специальной и профессиональной техники.

В развитии микродисплейной техники компетенции показали компании MAPPER с DMD-микродисплеями и «ПРОТОН», который разработал пластины чтобы работать на microLED.

В рамках построения дорожной карты в освещаемой и масштабной теме важно четко обозначить ключевые направления, на каких сделать упор, как для ближайшего времени, так и для перспективных разработок.

В заключительном слове руководитель аппарата приоритетного технологического направления АО «Швабе» Дмитрий Сергеевич Афанасов отметил, что мероприятия по созданию «дорожной карты» должны быть направлены на ускорение технологического развития и достижение Российской Федерацией лидирующих позиций в мире по данному направлению. Необходимо провести приоритизацию мероприятий Дорожной карты с целью выявления ключевых угроз технологического отставания отечественной оптической промышленности и выработки путей их решения и парирования. Вместе с тем, в рамках выявления областей технологического отставания важно подразделять какие из них являются критическими для сферы национальной безопасности, имеют экономическую значимость, а также влияют на технологическую независимость Российской Федерации.

Взаимная увязка планируемых и уже выполняемых работ в рамках единой дорожной карты обеспечит повышение эффективности развития оптической промышленности в целом, скорейшего достижения требуемого результата и развития

направлений за счет координации профильных коллективов, консолидации ресурсов основных государственных заказчиков и стандартизации требований к технологиям фотоники.

Выступающий подчеркнул, что задача целевой поисковой лаборатории – это не просто формирование перспективных технологий и проблемных вопросов для достижения передовых позиций страны (к 2035–2040 годам), но необходимо выстроить полный цикл технологии, начиная материалами и заканчивая готовым продуктом. Это позволит не зависеть от иностранных поставщиков, выход с рынка которых, например, нарушает целостность производства в РФ. Необходимы соответствующая приоритизация критических сфер фотоники и достижение ведущих показателей в них за счет определения и поддержки ведущих предприятий. Создание нового научно-технического задела и работа новых производственных площадок, написание технологий полного цикла способствует парированию угрозы технологического отставания и ведет к достижению державой лидерских позиций на мировой арене.

Основным принципом формирования и реализации «дорожной карты» является комплексный подход – создание сквозных цепочек от научно-исследовательских разработок до серийного производства за счет объединения компетенций и ресурсов государственных компаний, частного бизнеса, научных и образовательных организаций.

Целевая поисковая лаборатория и Фонд перспективных исследований приглашают специалистов и экспертов отрасли к активному участию в работе ЦПЛ.

В заключение организаторы пригласили всех присутствующих на Форум «Будущее фотоники», который состоится 24–25 июня 2025 года в Москве, для продолжения работы.

АВТОРЫ

Наумов Аркадий Валерьевич, сотрудник Целевой поисковой лаборатории «Технологии оптоэлектроники и фотоники»; e-mail: roadmaps@orion-ir.ru; Москва, Россия
ORCID: 0000-0001-6081-8304

Дарья Вячеславовна Левашова, инженер, ПАО «НПО «АЛМАЗ», ТОП «ЛЭМЗ»; e-mail: levashova.darja@gmail.com; Москва, Россия
ORCID: 0009-0003-7294-1176

AUTHORS

Arkady V. Naumov, employee of the Target Search Laboratory "Technologies of Optoelectronics and Photonics"; e-mail: roadmaps@orion-ir.ru; Moscow, Russia.
ORCID: 0000-0001-6081-8304

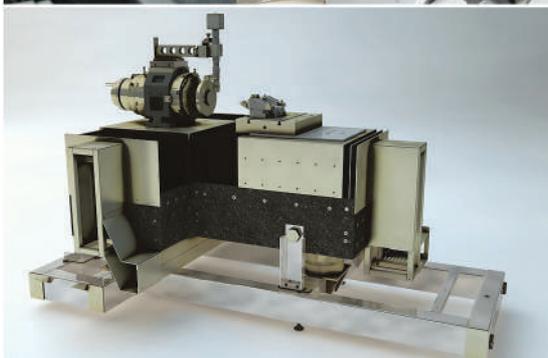
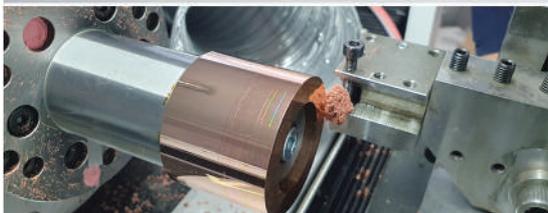
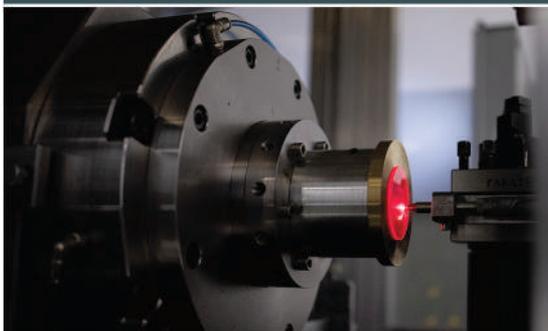
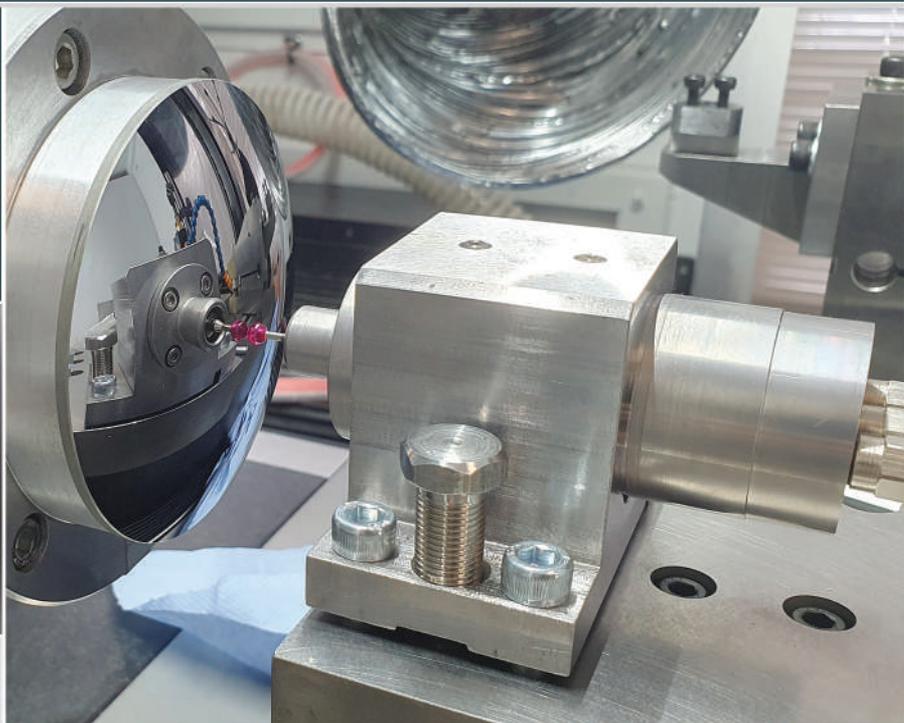
Daria V. Levashova, Engineer, PJSC NPO ALMAZ, TOP LEMZ; e-mail: levashova.darja@gmail.com; Moscow, Russia.
ORCID: 0009-0003-7294-1176

119034, город Москва, пер. Кропоткинский, д.4
телефон/факс: 8 (499) 700-88-20
ИНН/КПП: 7719496782/770401001
ОГРН: 1197746563981
www.aspherica.ru



НПО АСФЕРИКА
ПРЕЦИЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ООО «НПО АСФЕРИКА» занимается обработкой особо ответственных деталей с оптической поверхностью на ультрапрецизионных токарных и шлифовальных станках собственного производства.



ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- Монокристаллический кремний и германий;
- Цветные металлы и сплавы;
- Кристаллы KDP и DKP;
- Монокристаллы KPC;
- Закаленные стали и сплавы;
- Пластики;
- Чугуны, твердые сплавы, оптическое стекло и ситаллы.

ПАРАМЕТРЫ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

- Шероховатость поверхности Ra от 1...10 нм, Rz 30...50 нм;
- Точность формы PV 0,1...0,2 мкм.

ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ОВЕРХНОСТИ:

- Сферические;
- Асферические;
- Гибридные: асферические с дифракционными элементами;
- Цилиндрические;
- Линзы Френеля.

