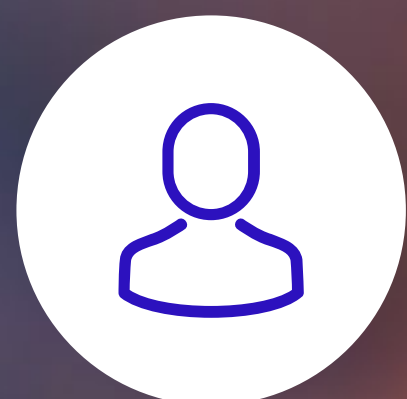




Обзор ключевых технологий при разработке высокоточных волоконно- оптических гироскопов для космического применения

24, 25 Июня 2025 г.



Солдатов Павел Николаевич

Начальник отдела 049 – ГК волоконно-оптических гироскопов АО «ИПО»

Основная информация об организации

АО «НПЦАП» – ведущее предприятие ГК РОСКОСМОС по выпуску НС и КП для космического применения



Ключевые изделия фотоники,
потребляемые организацией

Приоритетные проблемные вопросы фотоники в РФ

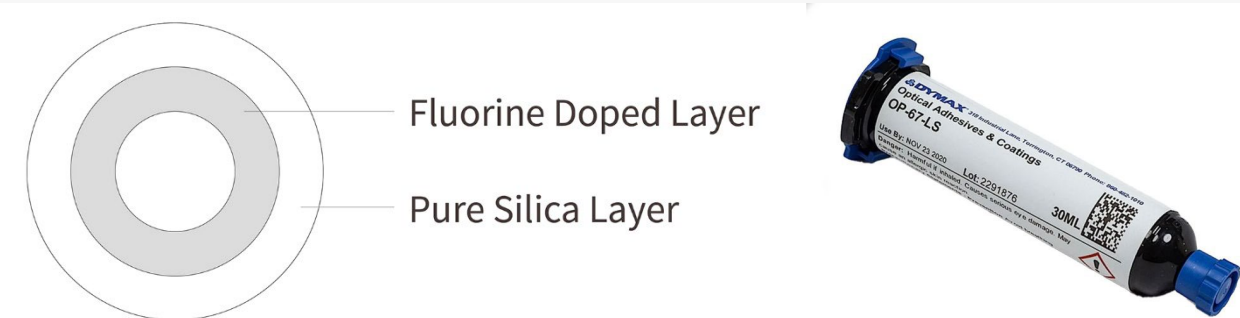
Основные проблемы современной Российской фотоники – недостаточное обеспечение собственной сырьевой базой для производства комплектующих и материалов, а также собственным оборудованием – технологическим, контрольно-измерительным, испытательным.



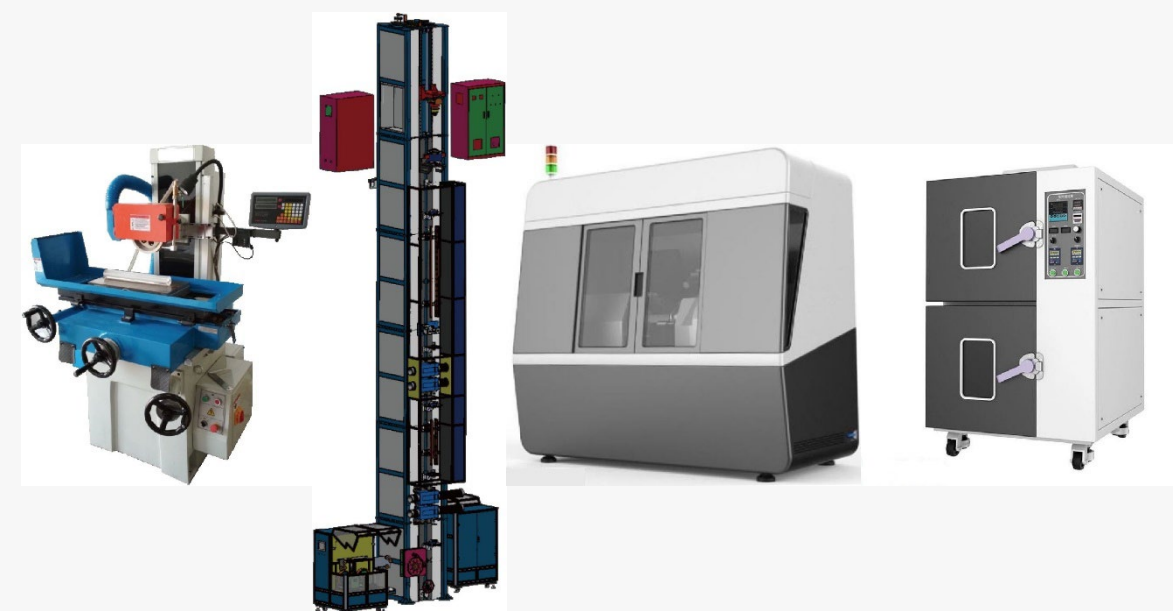
ПКИ



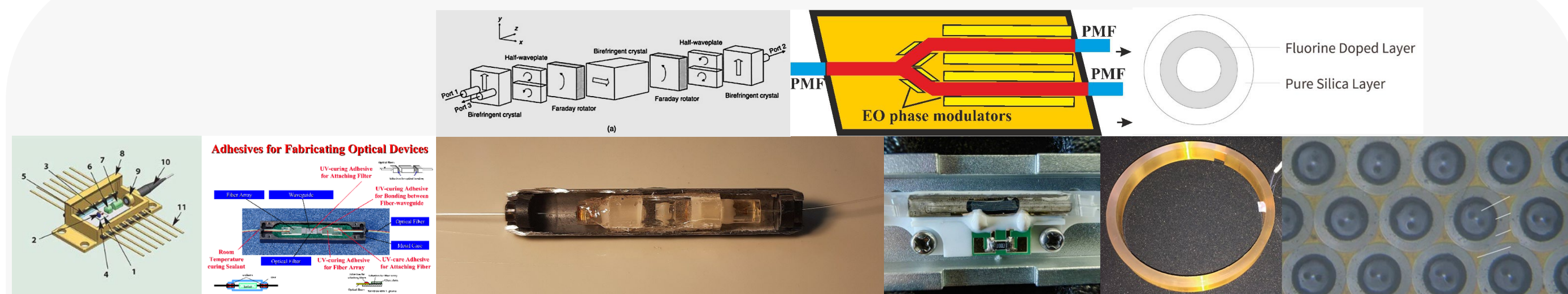
материалы



оборудование



ВОГ схема СЗ



Adhesives for Fabricating Optical Devices
 UV-curing Adhesive for Attaching Filter
 UV-curing Adhesive for Bonding between Fiber-waveguide
 Room Temperature curing Solvent
 UV-curing Adhesive for Attaching Fiber

(a) Schematic of fiber-based phase modulator components: Birefringent crystal, Faraday rotator, Half-waveplate, PMF, EO phase modulators, Fluorine Doped Layer, Pure Silica Layer.

Schematic of the optical system:

- PM СЛД (Polarization Maintaining Semiconductor Laser Diode)
- PM планарный разветвитель 1x3 (Polarization Maintaining Planar 1x3 Splitter) with channels Канал X, Канал Y, Канал Z.
- PM циркулятор (Polarization Maintaining Circulator).
- ФД (Photodiode) receiving a signal from the splitter.
- АЦП (Analog-to-Digital Converter) receiving the signal from the photodiode.
- Блок обработки данных (Data Processing Block) receiving input from the ADC.
- ЦАП (Digital-to-Analog Converter) receiving input from the data processing block.
- Модуляция на МИОС (Modulation on MIOS) receiving input from the DAC.
- МИОС (Micro-Optical Isolator).
- Катушка (Coil) receiving input from the MIOS.

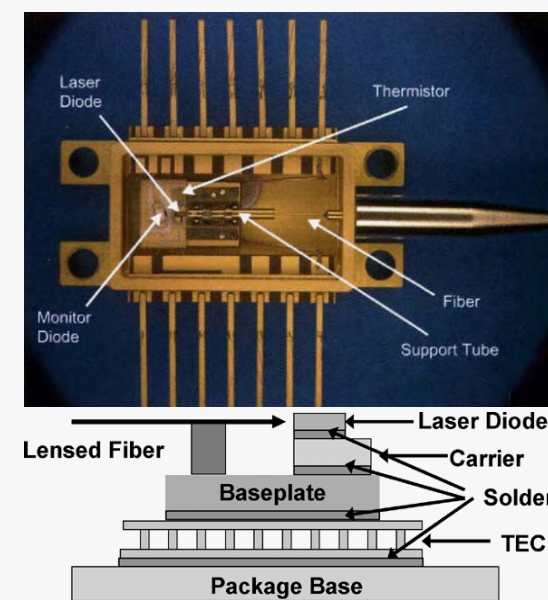
PM – Сохранение поляризации

Выходной сигнал (Output signal)

ПКИ

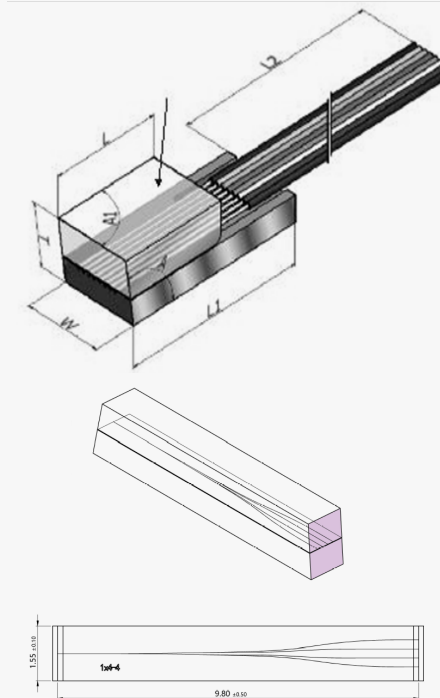
СЛД:

- Освоена технология получения гетероструктур на основе InGaAs/GaAs с квантовыми ямами
 - Освоен эффективный ввод излучения в волокно
- Мероприятия:
- Оптимизация параметров излучения
 - Ввод в РМ-волокно
 - Встроенный изолятор



PLC:

- Освоена стыковка чипов с FA, корпусирование
- Мероприятия:
- Изготовление чипов, в т.ч. РМ
 - Изготовление FA
 - Ввод в РМ-волокно

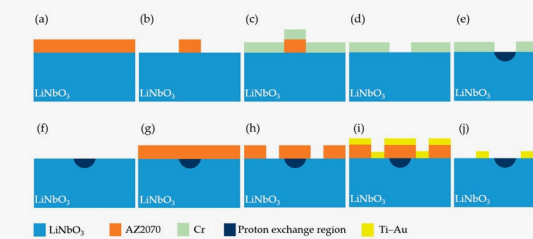
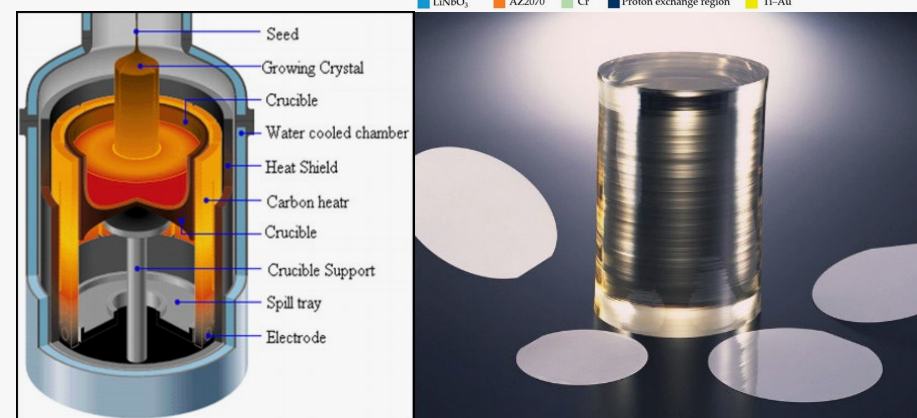


МИОС:

- Освоены технологии ФЛ, ПО, покрытия, резки, стыковки с РМ-волокном, корпусирования

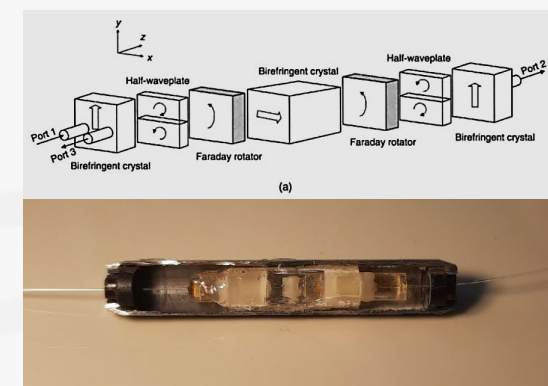
Мероприятия:

- Собственные вейферы LiNbO_3 (рост CZ)



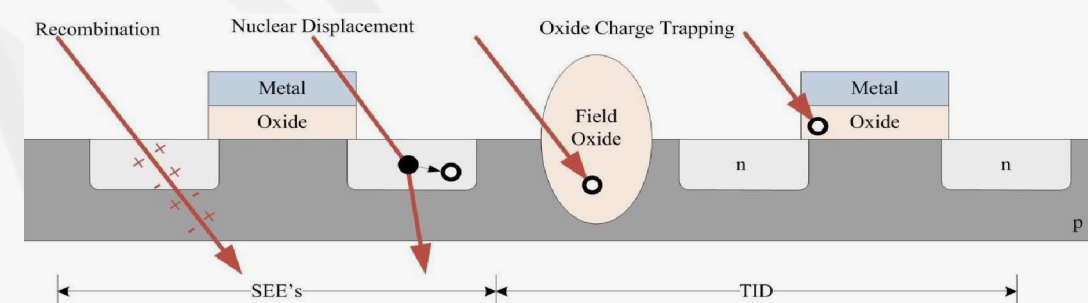
CIR:

- Штучный выпуск bulk-компонентов
- Мероприятия:
- Собственные малогабаритные призмы
 - Ввод в РМ-волокно
 - Корпусирование



ЭРИ:

- Радстойкие КМОП: ПЛИС, ПЗУ, ЦАП
- Мероприятия:
- КНИ/КНС



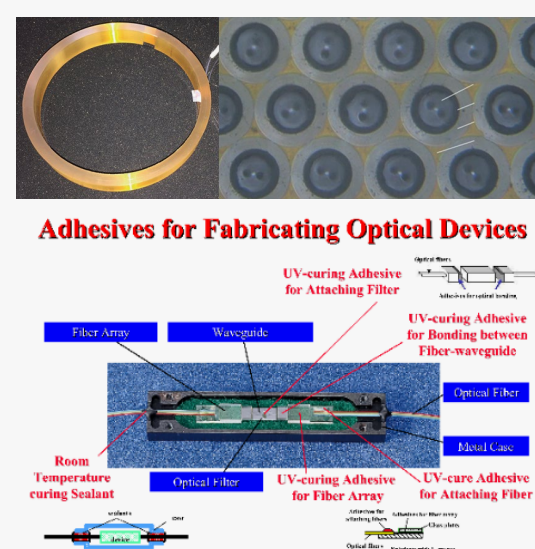
Материалы

Клеи и компаунды:

- Импортозамещение термо- и УФ-отверждаемых полимеров

Мероприятия:

- Обратная связь от производителей волокна, компонентов и ВОГ



Преформы:

- Освоен выпуск изделий различного назначения из высокочистого синтетического кварца

Мероприятия:

- Собственные кварцевые трубы, в т.ч. для SiF_4



Оборудование

Технологическое:

- Станки парофазного осаждения
- Башни вытяжки оптоволокна
- Установки сплав-развод
- Станции стыковки волокно-чип
- Сварочные аппараты
- Рекоатеры
- Намоточные станки
- УФ-камеры



Контрольно-измерительное:

- Измерители оптической мощности
- Оптические спектроанализаторы
- Рефлектометры



Испытательное:

- Камеры тепла и холода
- Вибростенды
- Поворотные станды



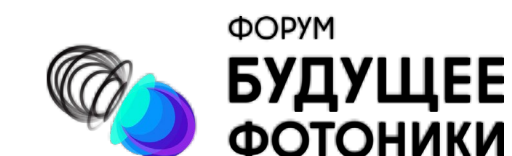
Предложения по развитию отечественных технологий фотоники

Направления развития и их актуальность	Предложения по развитию важнейших технологий на период до 2030 года	Предложения по развитию технологий на долгосрочную перспективу на период до 2045 года	Наличие/отсутствие компетенций/задела в указанных направлениях	Сведения об уровне развития зарубежных технологий по тематике	Оценка достигаемого результата от внедрения предлагаемых технологий	Перечень потенциальных организаций-исполнителей
Элементная база фотоники						
Разработка суперлюминисцентных лазерных диодов	Оптимизация параметров излучения. Ввод в сохраняющее поляризацию оптоволокно.	Технология блокировки обратных отражений из оптоволокон для защиты светоизлучающих гетероструктур (встроенный изолятор)	Освоена технология получения гетероструктур на основе InGaAs/GaAs. Освоена технология эффективного ввода оптического излучения в оптоволокно.	ф. Superlum Diodes Ltd., Ирландия ф. Denselight Semiconductors PTE. Ltd., Сингапур ф. Exalos AG, Швейцария ф. Anritsu Corporation, Япония ф. LD-PD PTE. Ltd., США ф. CSRayzer Optical Technology, КНР	Выпуск компонентов из отечественного сырья	АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха» ООО «ИНИСТА»
Разработка оптических изоляторов и циркуляторов с сохранением поляризации	Технология изготовления малогабаритных оптических вращателей Фарадея на основе гранатов (Tb ₃ Ga ₅ O ₁₂ , Y ₃ Fe ₅ O ₁₂)	Ввод в сохраняющее поляризацию оптоволокно. Корпусирование.	Сильное отставание	ф. Agiltron Inc., США ф. O-E Land, Канада ф. TOPTICA Photonics, Германия ф. CSRayzer Optical Technology, КНР ф. DK Photonics, КНР		ВУЗы, научные организации
Технология изготовления планарных разветвителей с сохранением поляризации (PLC)	Технология изготовления PLC-чипов. Технология изготовления массива волокон (FA)	Технология изготовления PLC-чипов с сохранением поляризации. Ввод в сохраняющее поляризацию оптоволокно.	Освоена технология стыковки чипов с FA, корпусирование	ф. G&H, Великобритания ф. Schäfter + Kirchhoff GmbH, Германия ф. AMS Technologies AG, Германия ф. Advanced Fiber Resources Ltd., КНР ф. BWT, КНР		ООО «ПК «Оптические технологии»

Предложения по развитию отечественных технологий фотоники

Направления развития и их актуальность	Предложения по развитию важнейших технологий на период до 2030 года	Предложения по развитию технологий на долгосрочную перспективу на период до 2045 года	Наличие/отсутствие компетенций/задела в указанных направлениях	Сведения об уровне развития зарубежных технологий по тематике	Оценка достигаемого результата от внедрения предлагаемых технологий	Перечень потенциальных организаций-исполнителей
Новые материалы						
Разработка сохраняющего поляризацию оптоволокна, в т.ч. радиационно-стойкого	Выпуск кварцевых труб для изготовления заготовок (преформ) оптоволокна	Выпуск преформ, выпуск оптоволокна	Освоена технология получения высокочистого синтетического кварцевого стекла	ф. Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, Германия ф. Leoni AG, Германия ф. Shin-Etsu Quartz Products Co., Ltd., Япония ф. Everfoton Technologies Corporation Limited, КНР ф. Yangtze Optical Electronic Co., Ltd., КНР	Выпуск критических материалов для фотоники	ПАО «ПНППК» АО «Оптиковолокна системы»
Технология изготовления многофункциональных интегрально-оптических схем (МИОС)	Технология выращивания бездислокационных монокристаллов LiNbO ₃ методом Чохральского	–	Отсутствие компетенций и отечественного технологического оборудования	ф. JDS Uniphase Corporation, США ф. Exail, Франция ф. FIBERPRO, Inc., Ю.Корея ф. Beijing PANWOO Integrated Optoelectronic Co., Ltd. Ю КНР ф. FOCSUN Intelligent Technology Co., Ltd., КНР		–
Технология изготовления эпоксидных и акрилатных клеев и компаундов	Разработка защитно-упрочняющих покрытий для вытяжки оптоволокна. Разработка клеев для стыковки чипов с оптоволокном (источники излучения, фотоприемники, МИОС, PLC). Разработка пропиточных компаундов для изготовления каткшек ВОГ.	–	В РФ с 2018 года проводятся работы по развитию технологий. Необходима связь с потребителями и масштабирование производства для удовлетворения потребностей рынка.	ф. Covestro AG, Германия ф. Epoxy Technology, Inc., США ф. Addison Clear Wave Coatings Inc., США ф. Dymax Corporation, США ф. NTT Advanced Technology Corporation, Япония ф. FOG Photonics, Inc., Гонконг ф. Yangtze Optical Electronic Co., Ltd., КНР		ООО «ЛС-НАНО»

Предложения по развитию отечественных технологий фотоники



Направления развития и их актуальность	Предложения по развитию важнейших технологий на период до 2030 года	Предложения по развитию технологий на долгосрочную перспективу на период до 2045 года	Наличие/отсутствие компетенций/задела в указанных направлениях	Сведения об уровне развития зарубежных технологий по тематике	Оценка достигаемого результата от внедрения предлагаемых технологий	Перечень потенциальных организаций-исполнителей
Оборудование для фотоники						
Разработка аппаратов для сварки сохраняющего поляризацию оптоволокна	Отработка технологии сварки оптоволокна (электродуговая, термическая, лазерная)	Разработка приводов. Разработка СТЗ. Машинное обучение.	Отсутствие компетенций и отечественного технологического оборудования	ф. Fujikura Ltd., Япония ф. Furukawa Electric Co., Ltd., Япония ф. 3SAE Technologies Inc., США ф. Nyfors Teknologi AB, Швеция ф. SHINHO Optics Ltd., КНР	Выпуск критического оборудования для фотоники	—
Разработка оптических спектроанализаторов	Отработка технологии записи объемных дифракционных решеток	—	Отсутствие компетенций	ф. Yokogawa Electric Corporation, Япония ф. Anritsu Corporation, Япония ф. Ceyear Technologies, КНР		—
Разработка станков для намотки катушек ВОГ (2-, 4-, 8-, 16-польной)	Отработка технологии симметричной намотки оптоволокна	—	В РФ ряд фирм проводит работы по развитию технологий, в основном для собственного потребления. Необходимо масштабирование производства для удовлетворения потребностей рынка.	ф. Graunhofer CMI, США ф. CHUO Engineering Co., Ltd., Япония ф. CSRayzer Optical Technology, КНР ф. Yangtze Optical Electronic Co., Ltd., КНР ф. HongKong Liocrebif Technology Co., Ltd., Гонконг		ООО «Штурмовик»
Разработка оптических рефлектометров высокого разрешения	Отработка технологии OFDR. Разработка опытных образцов.	Серийный выпуск	Разработан функциональный прототип OFDR рефлектометра. Ведутся работы по разработке экспериментального образца.	ф. LUNA Innovations, США ф. APEX, Франция ф. SANTEC, Япония ф. Anritsu Corporation, Япония ф. ETSC, КНР	ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН Т8 ООО "Лаборатория оптической рефлектометрии метрологии и сенсорики"	

Спасибо за внимание!



24, 25 Июня 2025 г.