



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ
Сибирского отделения Российской Академии наук
(ИАиЭ СО РАН)**

**Микротехнологическое прототипирование
в ЦКП как основа для разработки нового
научного и технологического
оборудования**

В.П. Корольков

Руководитель ЦКП «Спектроскопия и оптика»





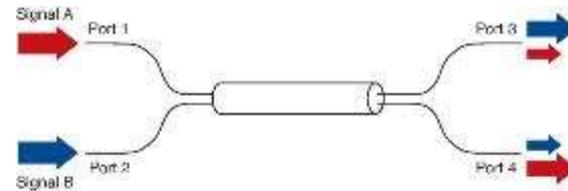
1. Комплекс для создания нанокompозитных сред и исследования их оптических и нелинейно-оптических свойств .
2. Комплекс для исследования структуры материалов на нанометровых масштабах.
3. Комплекс для исследований материалов методами терагерцовой спектроскопии.
4. Комплекс для изучения ультрахолодных атомов.
- 5. Комплекс изготовления и тестирования оптоволоконных компонентов.**
- 6. Комплекс микроструктурирования поверхности оптических материалов.**



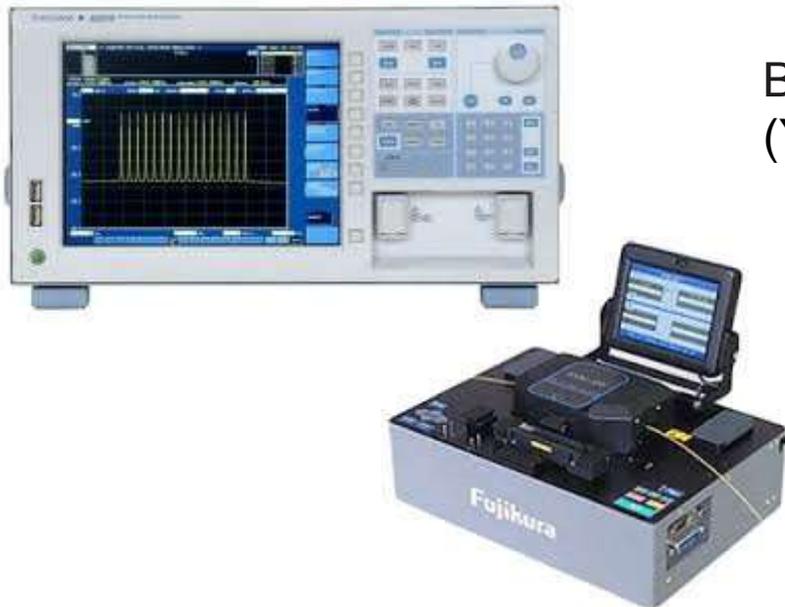
Комплекс изготовления и тестирования ВОЛОКОННЫХ КОМПОНЕНТ



Установка по изготовлению волоконных
ответвителей (Lighttel CW-200-B)

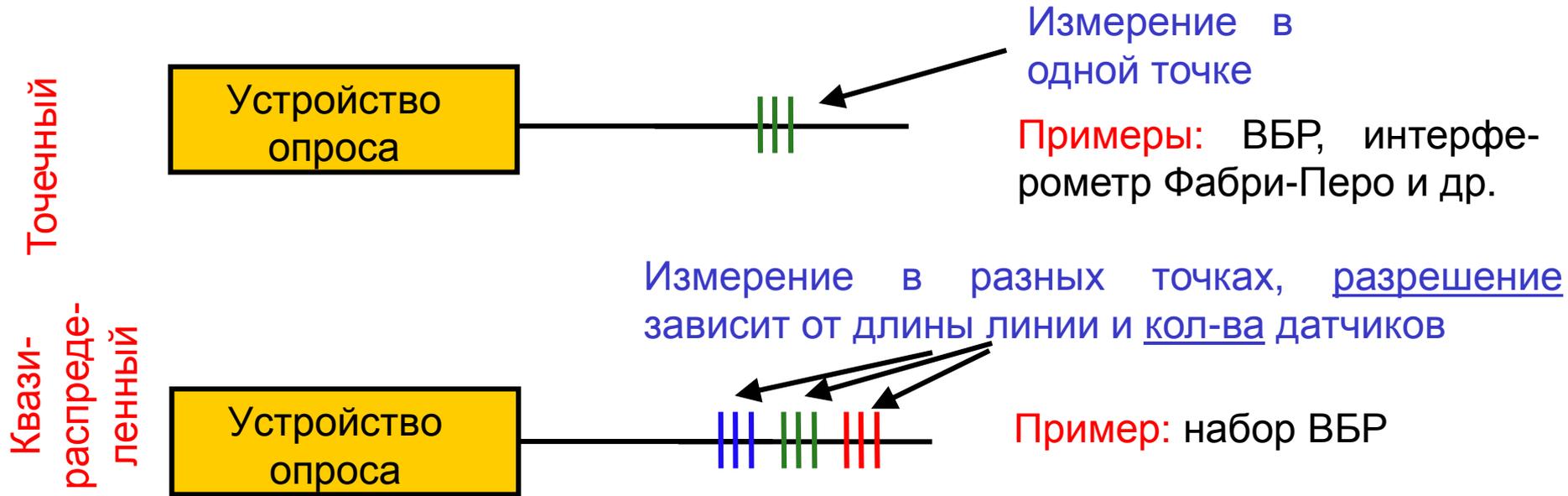


Волоконный анализатор оптического спектра
(Yokogawa AQ6370, 600-1700 нм)



Сварочный аппарат для оптических
волокон (Fujikura FSM-45PM)

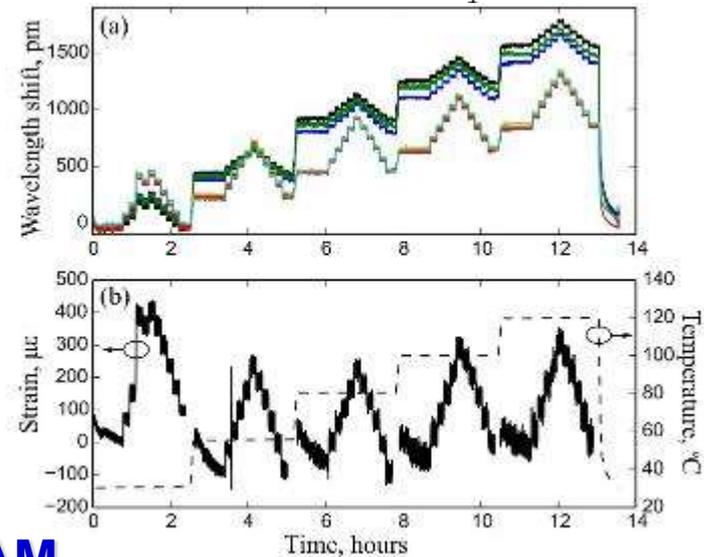
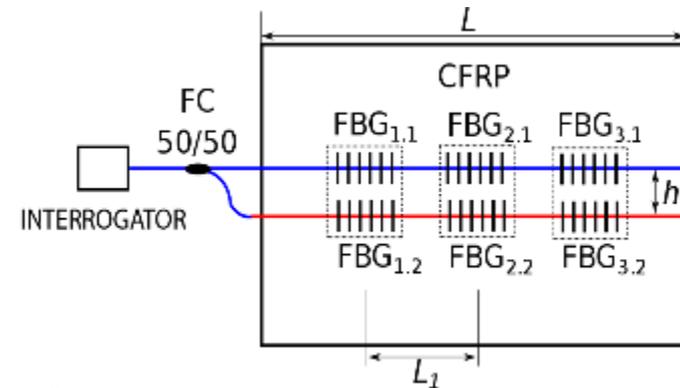
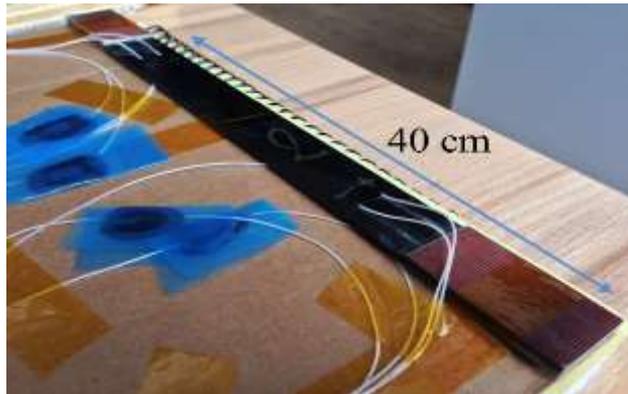
Волоконно-оптические датчики



- ✘ **Энергетика:** Мониторинг состояния турбогенераторов, трансформаторов, ЛЭП, и т. д. **ОАО «Силловые машины»**
- ✘ **Мониторинг строительных объектов:** измерение деформаций и вибраций в критических точках мостов, дамб, высотных зданий и т. д. **новостройки Новосибирска**
- ✘ **Нефтегазовая отрасль:** измерение распределения температуры по глубине нефтяных скважин, мониторинг вибраций и деформаций и т. д. **ИНГГ СО РАН, ОАО «Роснефть»**
- ✘ **«Умные» композиты:** внедрение датчиков в композитные материалы для онлайн мониторинга состояния изделий **ВИАМ**



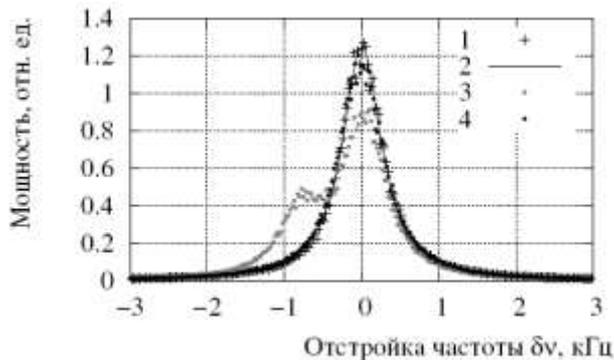
«Умные» композиты с ВБР-датчиками



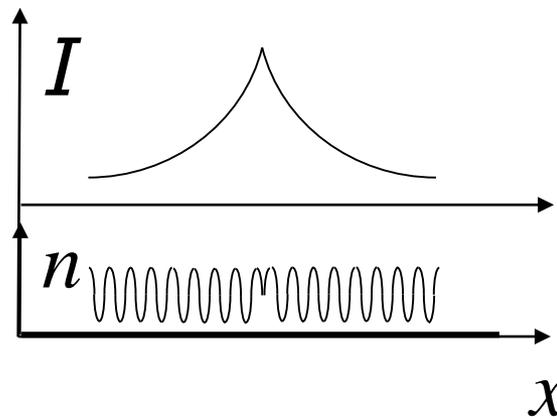
с ВИАМ

он-лайн мониторинг (Т, ϵ) композитных панелей для авиатехники

Лазер с распределенной обратной связью

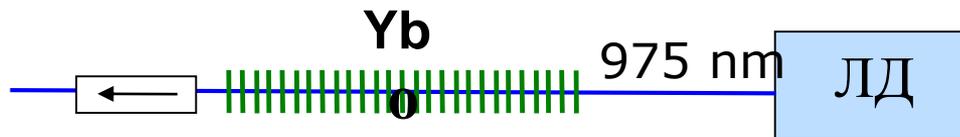


1030-1100
nm



РОС-лазер =

ВБР
с π -сдвигом



$L \sim 1$ см

компактный,
стабильный

мощность (МОРА) > 1 Вт
ширина 100 кГц -> <1 кГц с АПЧ

с ИЛФ СО РАН

компактные стабильные источники для
стандартов частоты нового поколения
(ГЛОНАСС)



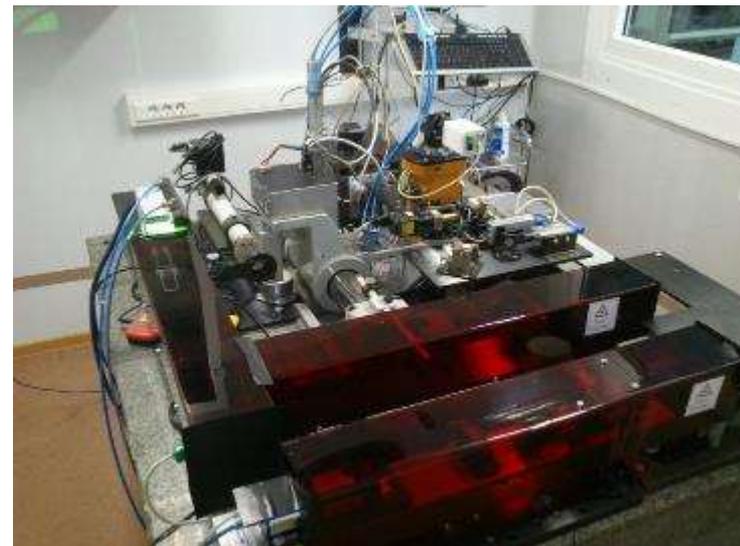
Комплекс микроструктурирования поверхности оптических материалов



Установка
магнетронного
напыления металлов
ATC-2200H



Установка реактивного
ионного травления
Plasmalab 80Plus



Круговая лазерная записывающая
система CLWS-300IAE



Чистая комната участка
фотолитографии

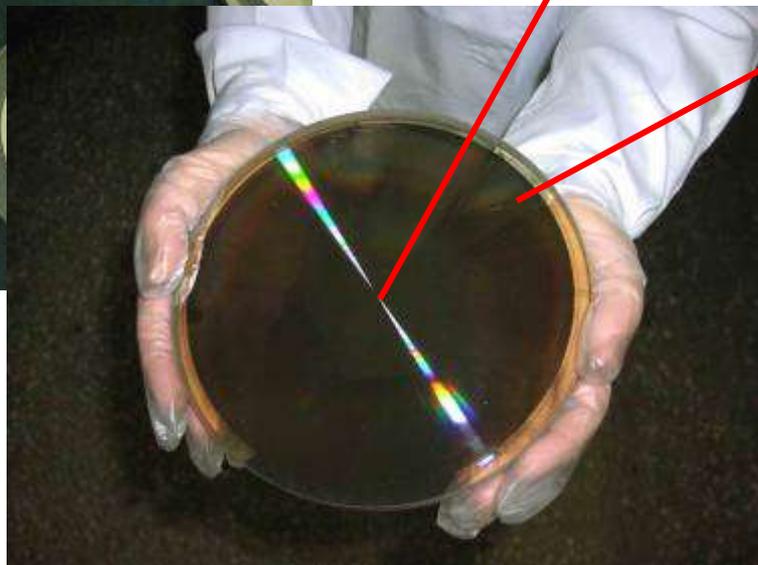
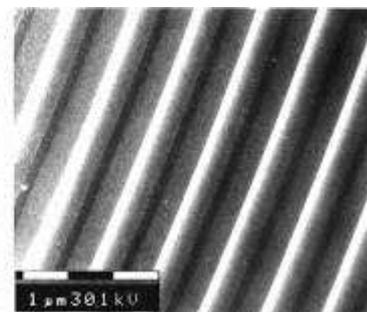
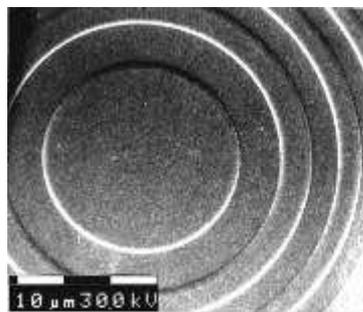
Экспериментальные образцы микроструктурированных элементов



Применение:
Амплитудные
дифракционные
элементы, угловые
шкалы, сетки,
лимбы, фотошаблоны
общего назначения.

Center: 8 μm spacing

Edge: 1.2 μm spacing



175 mm CGH for test of 6.5-
m primary mirror of Magellan
telescope.

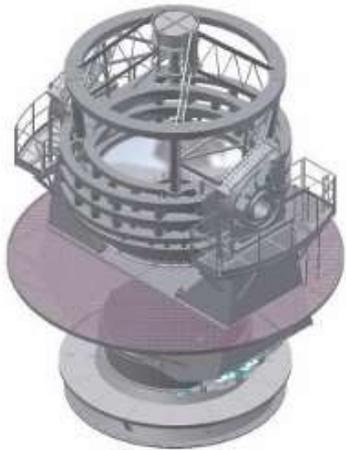
CGH was fabricated at IAE
SR RAS by direct laser
writing.



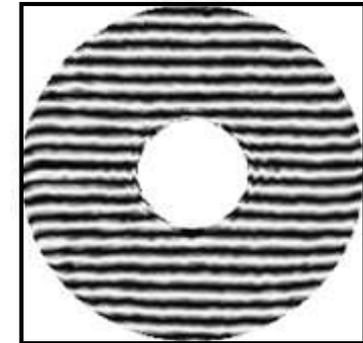
ПРИМЕР: КОНТРОЛЬ АСФЕРИЧЕСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ



Контроль крупногабаритных зеркал и компенсаторов астрономических телескопов

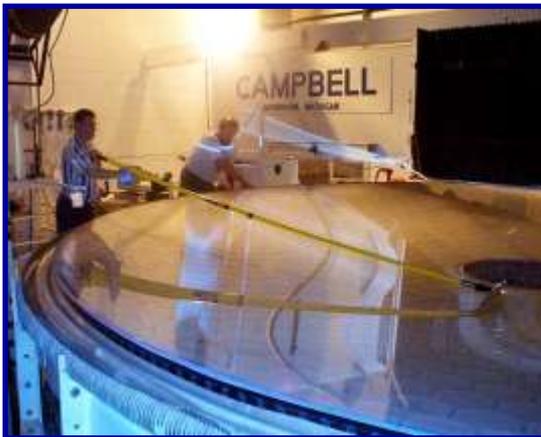


ДОЭ



Результат контроля
 $0,07 \lambda$ (СКО)

Телескопы ММТ (США), Magellan (Chili), зеркало $\varnothing 6.5$ м, $f/1.25$



Полировка 6.5-метрового зеркала



ДОЭ №1. Проверка компенсатора в ИК (10.6 мкм) диапазоне: 0.02λ



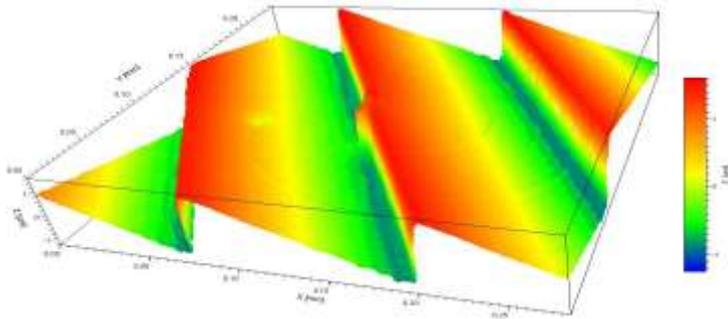
ДОЭ №2. Проверка компенсатора на 633 нм: ошибки 0.027λ rms

Выявлена ошибка ($\Delta n \sim 10^{-5}$) в коэффициенте преломления оптического стекла компенсатора

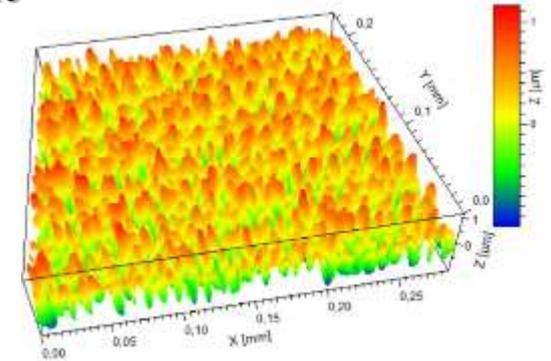
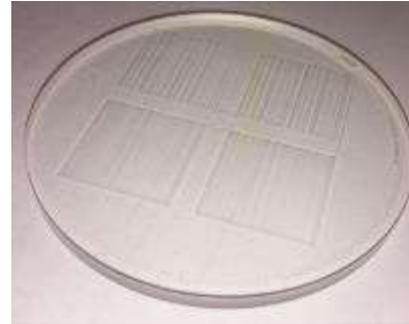


Микрооптические компоненты

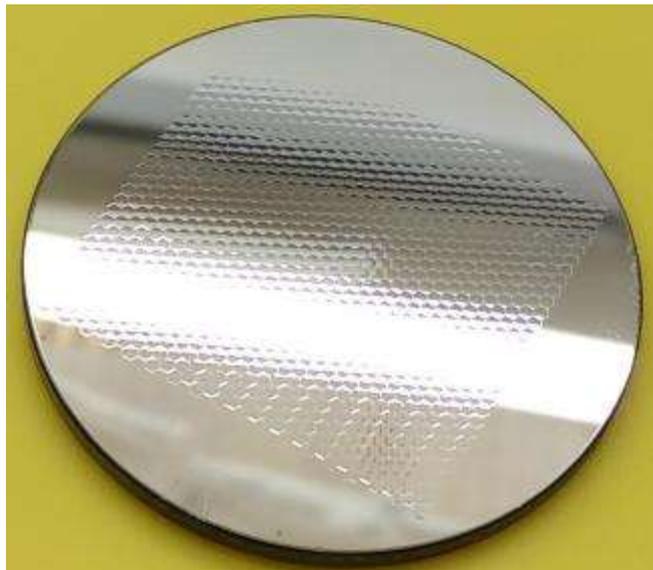
Многоуровневые дифракционные элементы



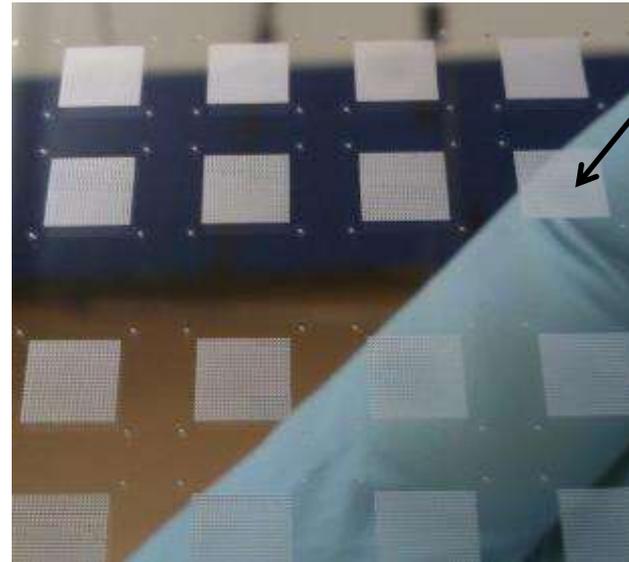
Линейная решетка с периодом 100 мкм



4 многоуровневые синтезированная голограмма для $\lambda=1.064$ мкм. Материал - кварц



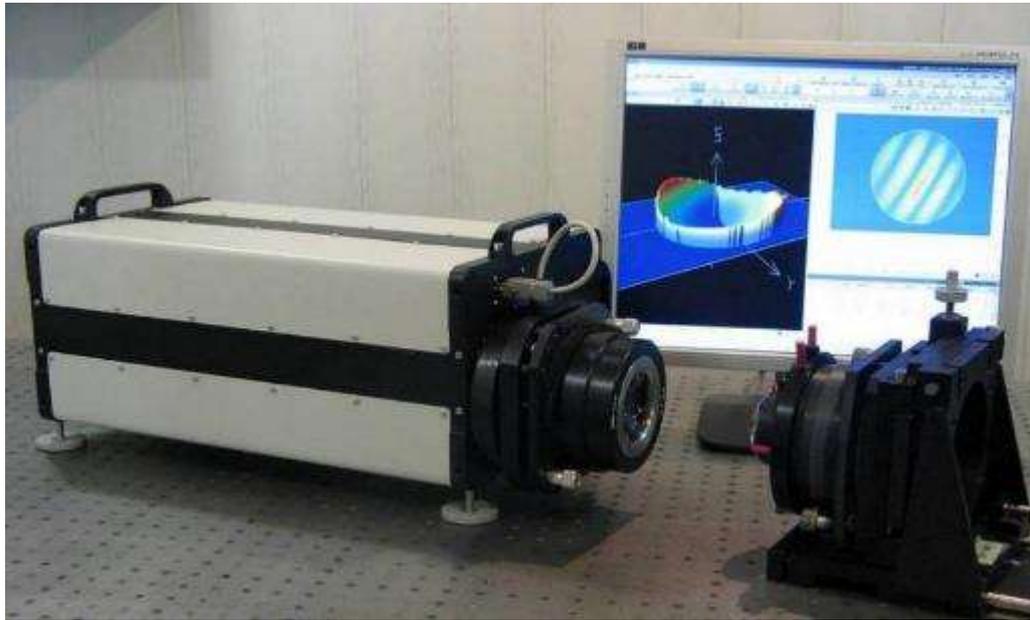
625 кремниевые микролинзы ($\varnothing 1\text{mm}$)



484 микролинзы
в одном растре
Материал:
плавленный
кварц

Применение: датчики волнового фронта, специализированные опто-электронные приборы для измерения геометрических характеристик

Интерферометр ФТИ-100: контроль плоских, сферических и асферических поверхностей



Внешний вид интерферометра ФТИ-100



Дифракционный эталонный объектив (патент № 2534435)

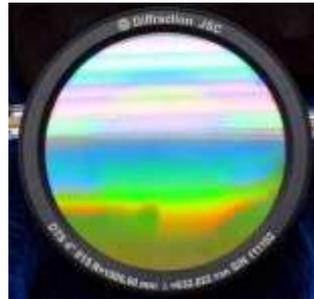
Основные технические характеристики:

- ✓ Лазер: $\lambda = 632.8 \text{ nm}, 532 \text{ nm}$, длина когерентности $> 30 \text{ м}$
- ✓ Световое поле: 102 mm
- ✓ Погрешность измерения: не хуже $\lambda/100 \text{ (PV)}$, $\lambda/1000 \text{ rms}$ (собственная)
- ✓ Разрешение: 1380×1024
- ✓ Методы измерения: фазовый сдвиг, трассировка полос, спектральный метод



IA&E SB RAS

Сравнение дифракционных и рефракционных эталонный объектив



ДИФРАКЦИОННЫЙ ОБЪЕКТИВ



ЛИНЗОВЫЙ ОБЪЕКТИВ

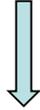
Достоинства	Недостатки
Малый вес и габариты	Требуется высокая точность наводки
Большое световое поле $\varnothing_{вх} = \varnothing_{вых}$	Сложная технология производства
Низкая стоимость	Ограниченная апертура $f/\#$
Одновременно $\pm f$	Ограниченная точность
Контроль сферических и асферических деталей	Ограниченная эффективность (40%)
Хороший волновой фронт ($< 0.1 \lambda$)	Наличие паразитных порядков дифракции

Достоинства	Недостатки
Простота юстировки	Большой вес и габариты, (особенно для $\varnothing > 6'' - 8''$)
Массовое производство (> 10 фирм)	Большая стоимость ($> 10000\$$)
Хорошее качество измерений (до $\lambda/50$)	Малое выходное световое поле $\varnothing_{вх} > \varnothing_{вых}$
	Только сферический волновой фронт
	Выходной волновой фронт искажен ($\sim 0.5-1.5 \lambda$)

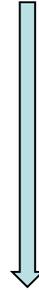


Технологическая база высокоточного изготовления механических узлов и деталей

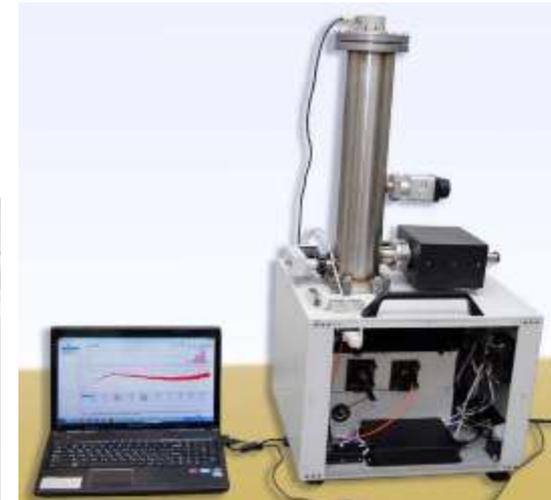
Обработывающий центр с ЧПУ ВХ 300



Лазерная трехканальная рабочая станция 3d микрообработки



Первый российский 3D принтер по металлу



Баллистический абсолютный лазерный гравиметр



Заключение

1. В ЦКП «Спектроскопия и оптика» ИАиЭ СО РАН создана технологическая база для микропрототипирования волоконных и микрооптических компонентов, для высокоточного изготовления механических узлов и деталей экспериментальных образцов приборов и систем. Наличие в ЦКП уникальных возможностей по прототипированию на микро- и макроразмерах позволило ИАиЭ СО РАН занять передовые позиции в области научных исследований и прикладных разработок волоконно-оптических лазерных систем, систем оптического контроля, лазерной микрообработки, а также терагерцовой спектроскопии.
2. Институт стал многолетним незаменимым партнером для широкого ряда российских научно-производственных организаций, ограниченных в возможностях использования импортных высокотехнологичных компонентов и систем.
3. Сосредоточение высокотехнологического и прецизионного метрологического оборудования в ЦКП при академическом институте в сочетании с высочайшей квалификацией операторов – инженеров и научных сотрудников – создает центры компетенции, которые становятся базой для сотрудничества с российскими научно-производственными предприятиями и помогают им перейти на новые технологии и выпуск новой продукции. Сначала предприятия тестируют новые компоненты, а потом осваивают их производство.