

Оптические соединения в радиофотонике

Александр Ворожцов

ОАО «ЦКБА»

Ключевые понятия

Радиофотоника – объединяющий обширный комплекс областей науки и техники, связанных главным образом с проблемами передачи, приёма и преобразования информации с помощью электромагнитных волн и фотонных приборов.

Оптический волновод – обладает определенной геометрией и показателем преломления и окружен средой с более низкими показателями преломления. Основным свойством оптического волновода является способность канализовать электромагнитную энергию оптического диапазона

Оптическое соединение осуществляется с использованием сращиваний (неразъемные соединения) и коннекторов (разъемные соединения)

Виды оптических волноводов и их соединений

Оптические волноводы

(по геометрии поперечного сечения волновода):

Полосковые:

- Внедренные
- Гребенчатые

Цилиндрические:

- оптоволокно

Оптические соединения

Разъемные:

- Коннекторы

Квазиразъёмные:

- Сплайсы (механические сrostки)

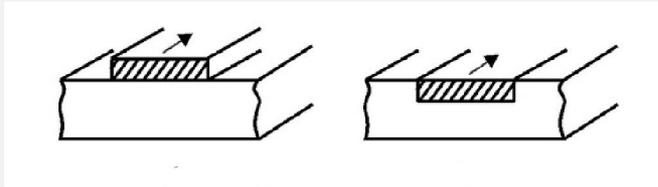
Неразъёмные:

- Сварные
- Клеевые

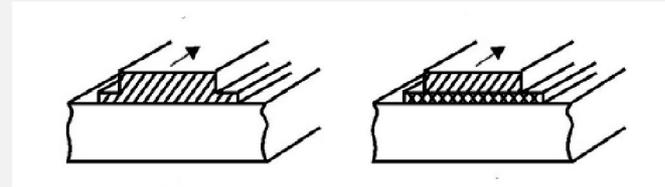
Оптические волноводы

Основные параметры:

Геометрия волновода в поперечном сечении (планарные, полосковые (на рисунке) и цилиндрические (оптоволокно))

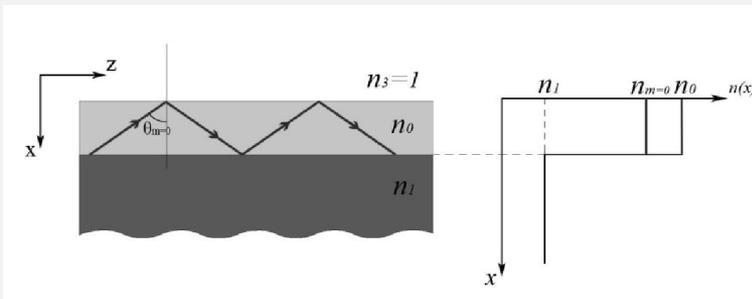


Приподнятый Внедренный

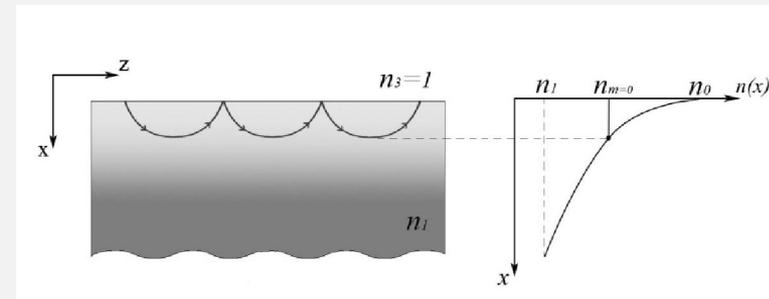


Гребенчатый Нагруженный

Пространственный профиль показателя преломления (или диэлектрической проницаемости) волновода в поперечном сечении.



Ступенчатый профиль



Градиентный профиль

Оптические волокна

Одномодовые



Многомодовые



Основные типы одномодовых волокон нормируются международными стандартами ITU-T Rec. G. 652...G. 655

Существует также несколько специальных типов одномодовых волокон применяемых в радиофотонике:

Волокна с примесью редкоземельных элементов,

применяемые в оптических усилителях, например, в EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier.

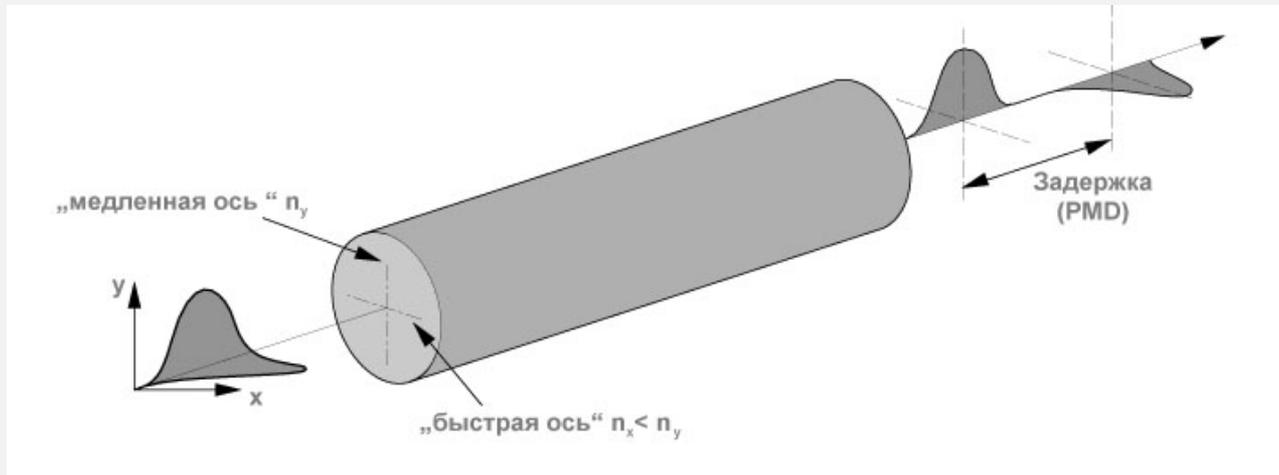
Волокна, сохраняющие состояние поляризации излучения

(PM – Polarization Maintaining), применяемые в гироскопах, модуляторах поляризационных делителей и смесителях

Оптические волокна

Поляризационная Модовая дисперсия PMD

для одномодового оптического волокна



$V = \lambda / L_b$, где V – ДЛП, равное $\Delta n = n_{\text{медл.}} - n_{\text{быст.}}$,

L_b – длина биения на длине волны λ , ДЛП – двулучепреломление

ОВ, сохраняющие поляризацию излучения:

- волокна с малым ДЛП (большой длиной биения)
- волокна с большим ДЛП, которое значительно больше ДЛП, свойственного обычному волокну

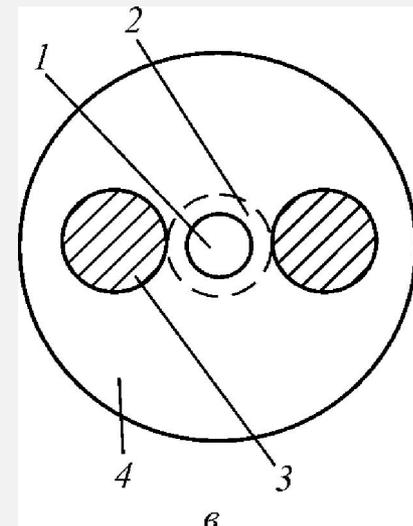
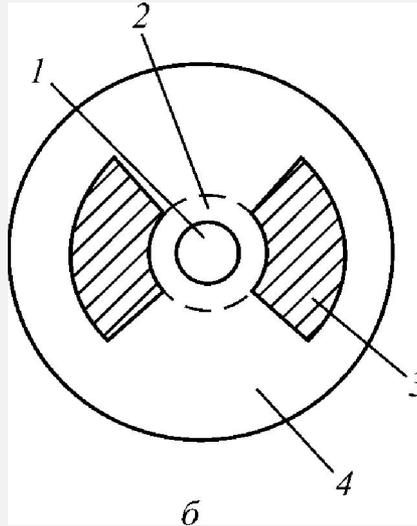
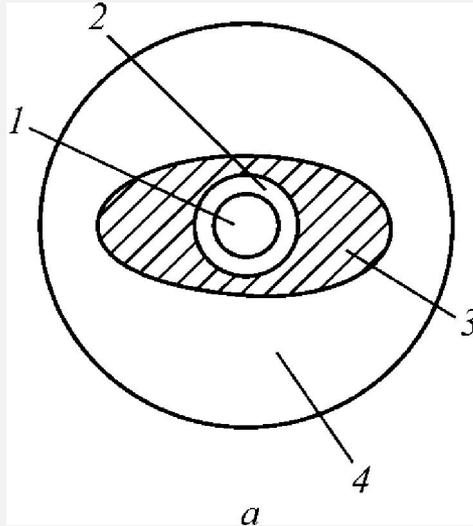
Оптические волокна

Структура волокон с большим ДЛП с круглой сердцевиной:

а – с «напрягающей» эллиптической оболочкой,

б – типа «bow-tie» (галстук-бабочка),

в – типа «PANDA»:



1 – германосиликатная сердцевина; 2 –буферная оболочка;
3 – напрягающие элементы; 4 – технологическая кварцевая оболочка

Проблемы оптического соединения

Затухание – потери световой энергии в процессе соединения, вызванных рядом факторов:

- Поперечная невыравненность сердечников волноводов (волокон)
- Различия в диаметрах волноводов
- Несовпадение осей волноводов
- Различие числовой апертуры волноводов
- Отражение от конца волновода
- Зазор между волноводами
- Конечная отделка и чистота волноводов

Оптические разъёмы

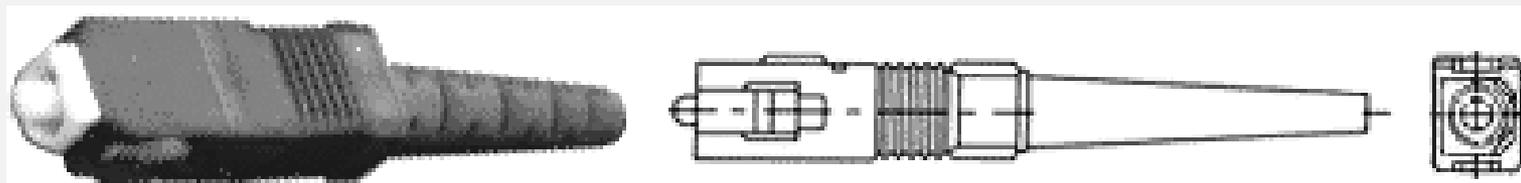
ST-коннектор



Керамический наконечник имеет цилиндрическую форму диаметром 2.5 мм со скругленным торцом. Фиксация производится за счет поворота оправы вокруг оси коннектора. Пружинный элемент обеспечивает необходимое прижатие. Слабым местом ST-технологии является вращательное движение оправы при подключении/отключении коннектора. Минимальные изменения положения последнего влекут рост потерь в оптических соединениях. Наконечник выступает из основы конструкции на 5-7 мм, что ведет к его загрязнению.

Оптические разъёмы

SC-коннектор

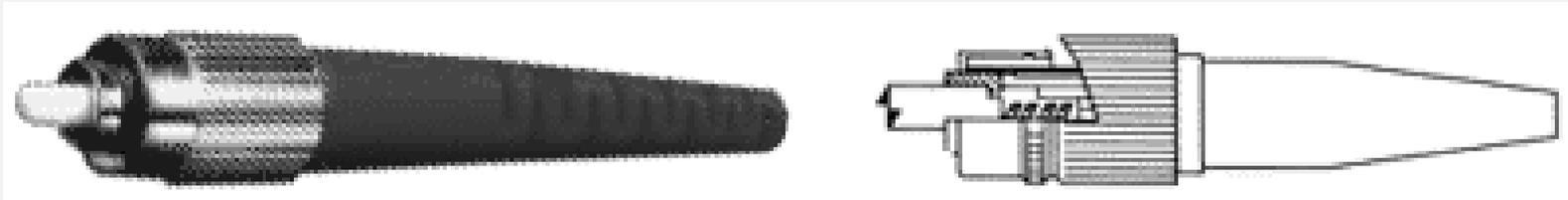


Подключение/отключение коннектора осуществляется поступательным движением по направляющим и фиксируется защелками. Керамический наконечник также имеет цилиндрическую форму диаметром 2.5 мм со скругленным торцом. Наконечник почти полностью покрывается корпусом и потому менее подвержен загрязнению нежели в ST-конструкции. Отсутствие вращательных движений обуславливает более осторожное прижатие наконечников.

Коннекторы с одномодовым волокном обычно имеют голубой цвет, а с многомодовым серый.

Оптические разъёмы

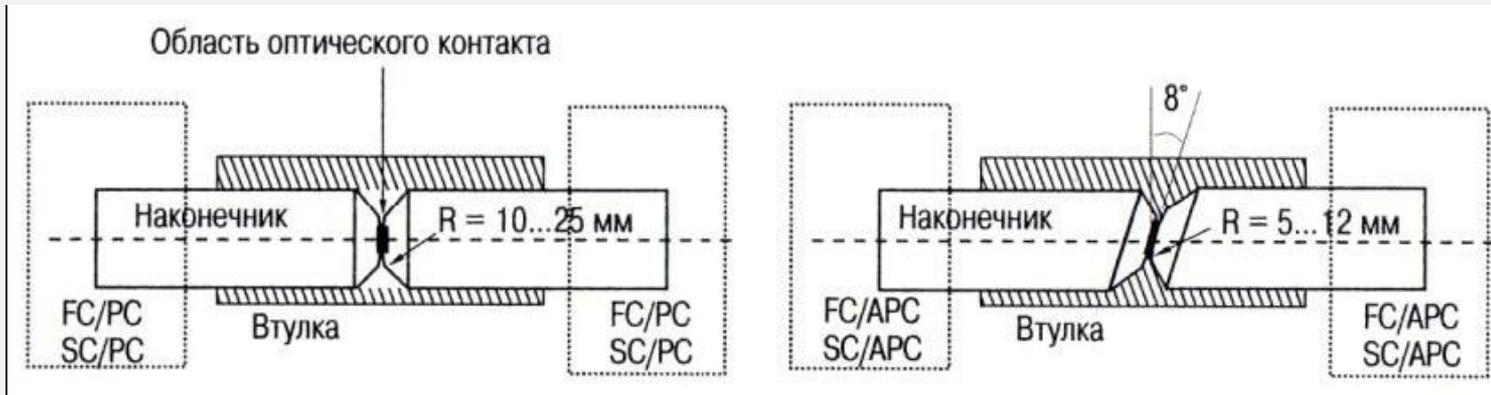
FC-коннектор



Наконечники оптических коннекторов

Тип	Потери	Тип	Потери
PC	менее 30 дБ	Ultra PC	менее 50 дБ
Super PC	менее 40 дБ	Angled PC	менее 60 дБ

Оптические разъёмы



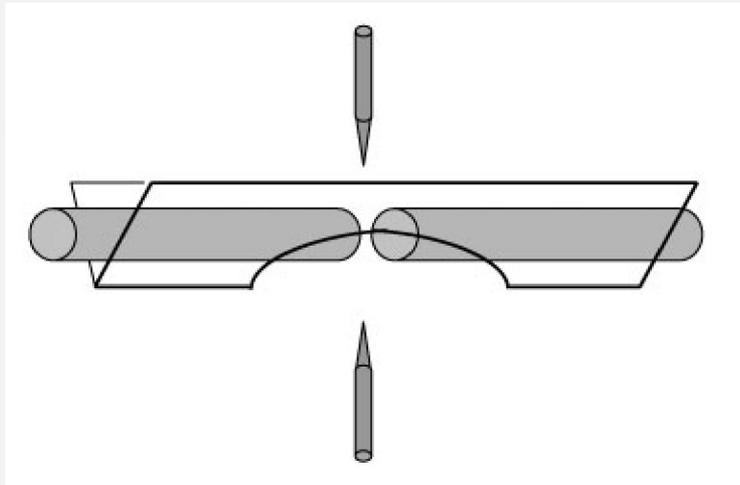
Торцевые поверхности волокон в оптических разъёмах имеют сферическую форму с радиусом закругления 10...25 мм для PC разъемов (PC – Physical Contact) и 5...12 мм для APC разъемов (APC – Angled Physical Contact). В соединенном состоянии торцы стыкуемых наконечников прижимаются друг к другу с определенным усилием (обычно 8...12 Н). Возникающая при этом эластичная деформация наконечников приводит к появлению оптического контакта. Две поверхности считаются находящимися в оптическом контакте, если расстояние между ними много меньше длины волны света.

Сварные оптические соединения

Критерий оценки волокна в сварочных приборах:

- По внешней оболочке
 - V-образная канавка
- По сердцевине
 - Система PAS (Profile Alignment System по внешнему профилю преломления)
 - Система LID (Local Light Injection and Detection по анализу прохождения света)
 - Система RTC (Real Time Control по тепловому изображению сердцевины канала)

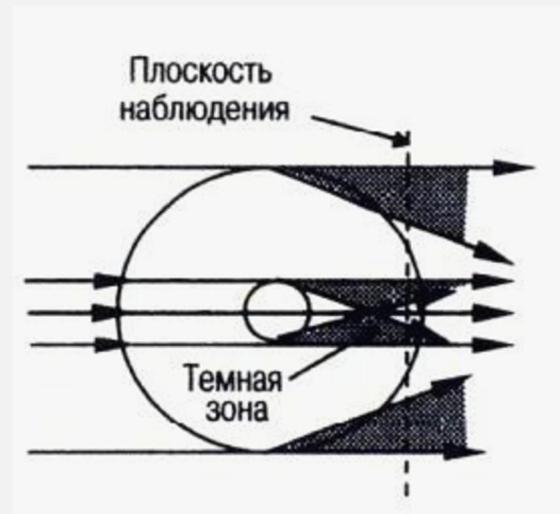
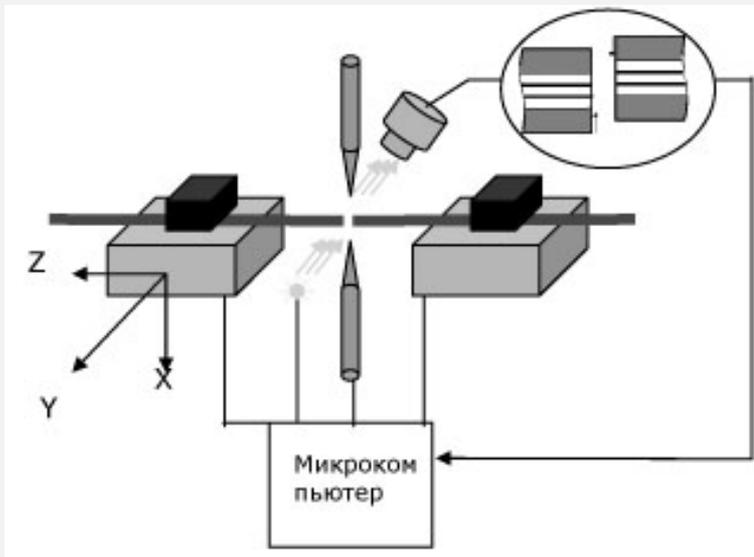
Выравнивание в V-образной канавке



Fujikura FSM-18S

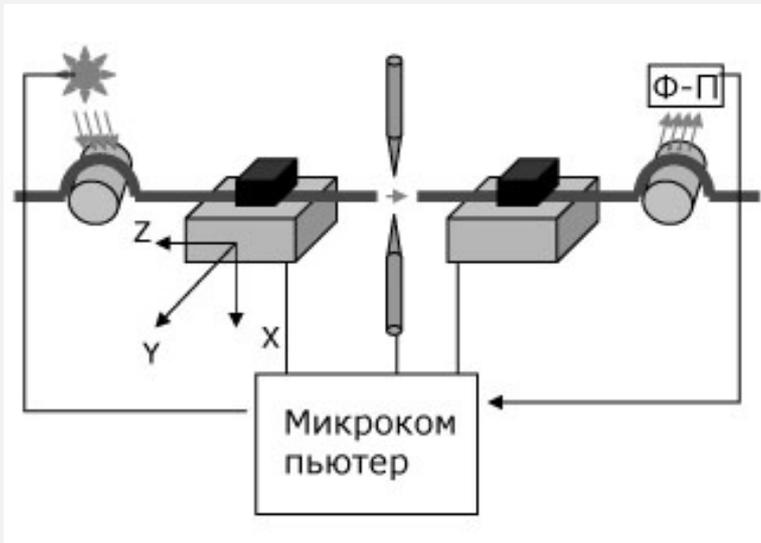
- Выравнивание осуществляется за счет плотного прилегания оболочек ОВ к стенкам канавки
- Метод очень чувствителен к качеству (геометрии) ОВ и попаданию пыли.

Метод PAS (Profile Alignment System)



- Выравнивание ОВ осуществляется по изображению, полученному при поперечном просвечивании параллельным пучком видимого излучения
- Оценка потерь производится по геометрическим характеристикам стыка.

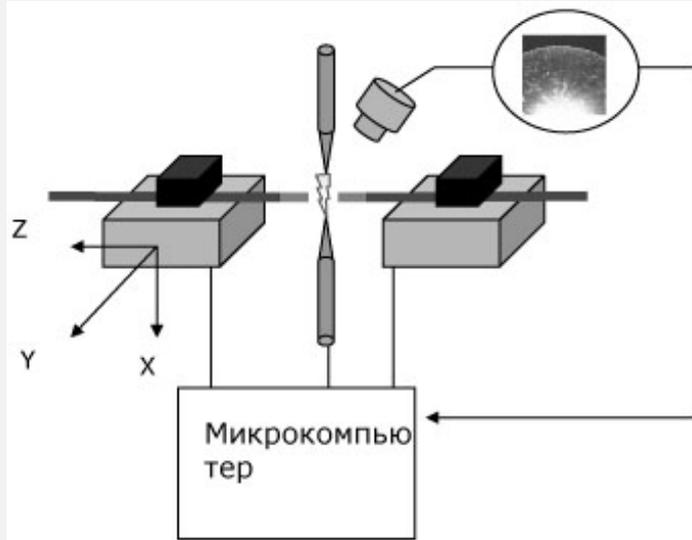
Метод LID (Light Injection and Detection)



Corning M90e

- Выравнивание волокон осуществляется по уровню прошедшего через стык оптического сигнала. Излучение вводится в ОВ на изгибе под малым радиусом.
- Оценка потерь производится прямым измерением прошедшего через стык излучения.

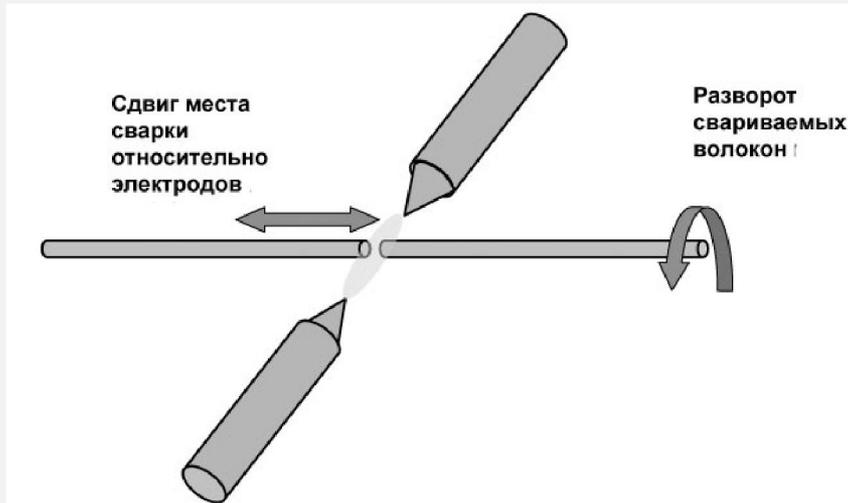
Метод RTC (Real Time Control) или метод «тепловых фотографий»



Ericsson FSU 15 FI

- Предварительный разогрев ОВ при помощи короткой дуги дает возможность видеть сердцевину волокна и по полученной «тепловой фотографии» выровнять волокна
- Оценка потерь производится по геометрии стыка (последней «тепловой фотографии»).

Сварка специальных волокон



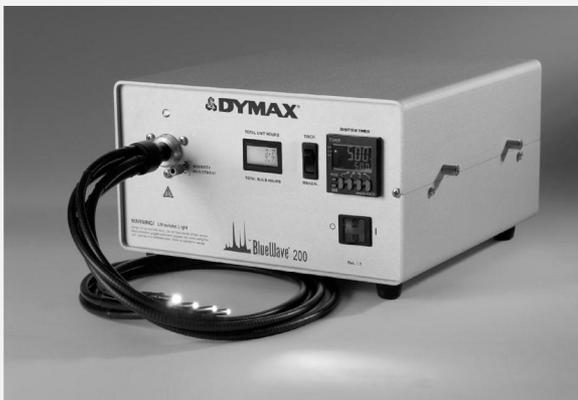
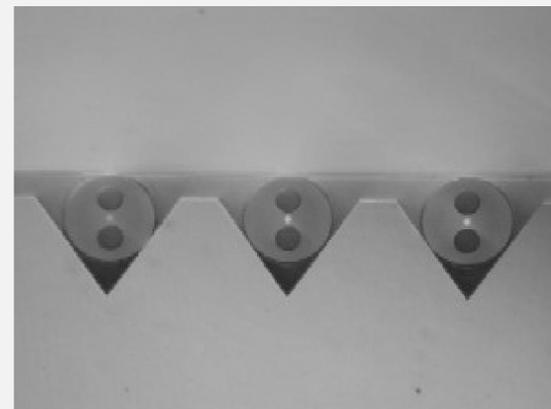
Fujikura FSM-100P

- Выравнивание волокон по аксиальному изображению
- POL (Polarization Observation by Lens Effect)
- IRA (Interrelation Profile Analysis).

Монтаж V-groove



V-groove
PANDA
OZ-optics



Источник
УФ-излучения
Dymax
BlueWave 200



Литература:

1. Волноводная оптоэлектроника. / под ред. Т. Тамира, М. «МИР» 1991
2. Рефлектометрия оптических волокон /А.В. Листвин, В.Н. Листвин М.: ЛЕСАРарт 2005
3. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон / Г.А. Иванов, Пермь ПНИПУ, 2011
4. Волоконная оптика: Теория и практика / Д. Бейли, Э. Райт М.:Кудиц-образ 2006

Спасибо за внимание!