

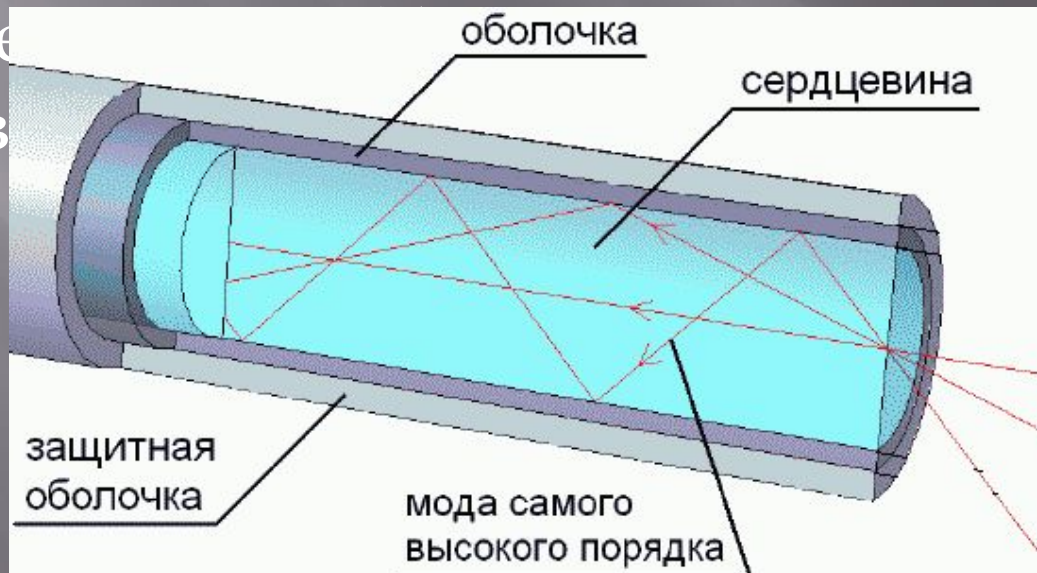
# ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

# История

- 1958 г – создание лазера русскими учеными Басовым и Прохоровым и, независимо, американцами Шавловым и Таунсом.
- 1970 г – создание компанией Corning первого оптического волокна со ступенчатым профилем показателя преломления на длине волны 633нм и с коэффициентом затухания 20дБ/км.
- 1988 г – проложен первый стандартный подводный волоконно-оптический кабель через Атлантический океан.

# Оптическое волокно

- Принцип действия оптического волокна основан на эффекте полного внутреннего отражения.
- Показатель преломления сердцевины больше показателя преломления оболочки
- менее
- соотв



# Материалы для изготовления оптоволокон

- Стеклянные волокна, ядро и оптическая оболочка которых изготовлены из сверхчистого диоксида кремния. Для изменения показателя преломления в стекло добавляют примеси (к примеру германий и фосфор увеличивают показатель преломления, а бор и фтор – уменьшают).
- Стеклянные волокна с пластиковой оболочкой.
- Пластиковые волокна.
- Волокна с сердцевинкой из селенида цинка.

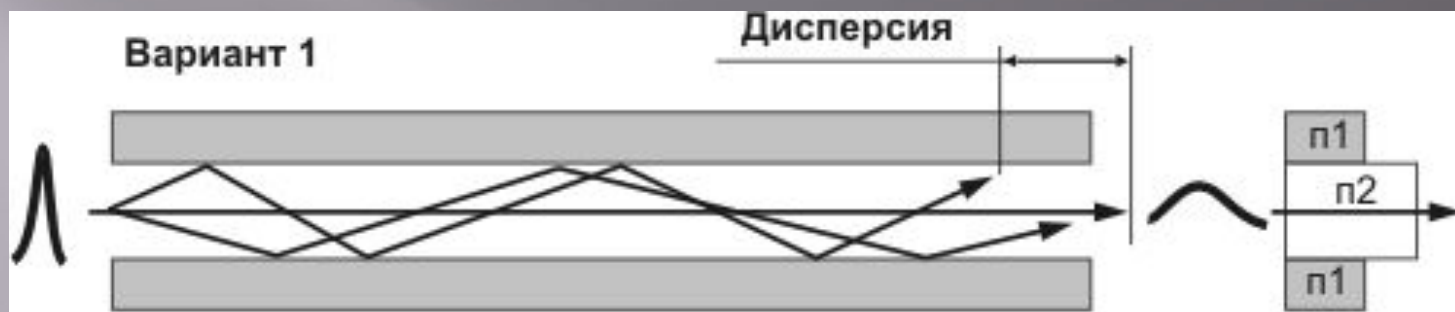
# Классификация оптоволокна

По профилю показателя преломления:

- ▣ Ступенчатый
- ▣ Градиентный
- ▣ Треугольный
- ▣ Ломаный

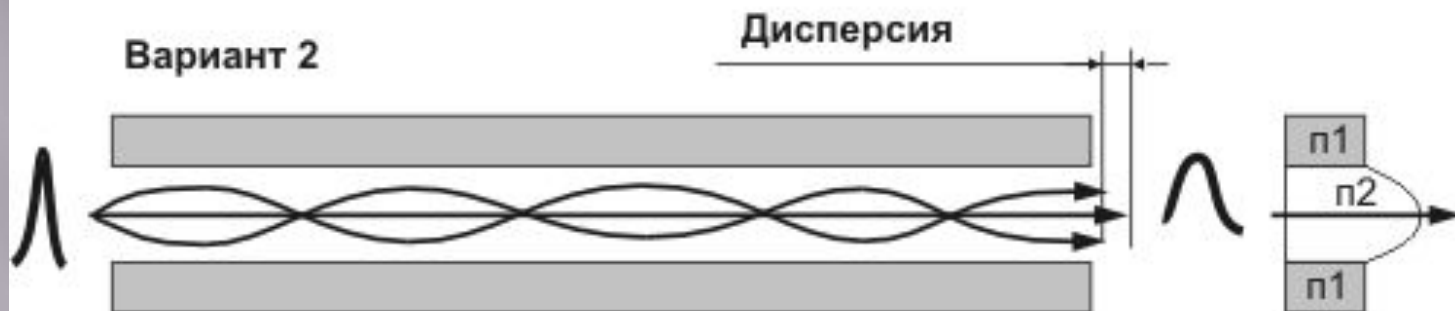
По количеству передаваемых одновременно мод:

- ▣ Одномодовые (диаметр сердцевины 7-9мкм)
- ▣ Многомодовые (диаметр сердцевины 50, 62.5, выше – полимерные волокна)



Многомодовое волокно со ступенчатым коэффициентом

Плотность материала



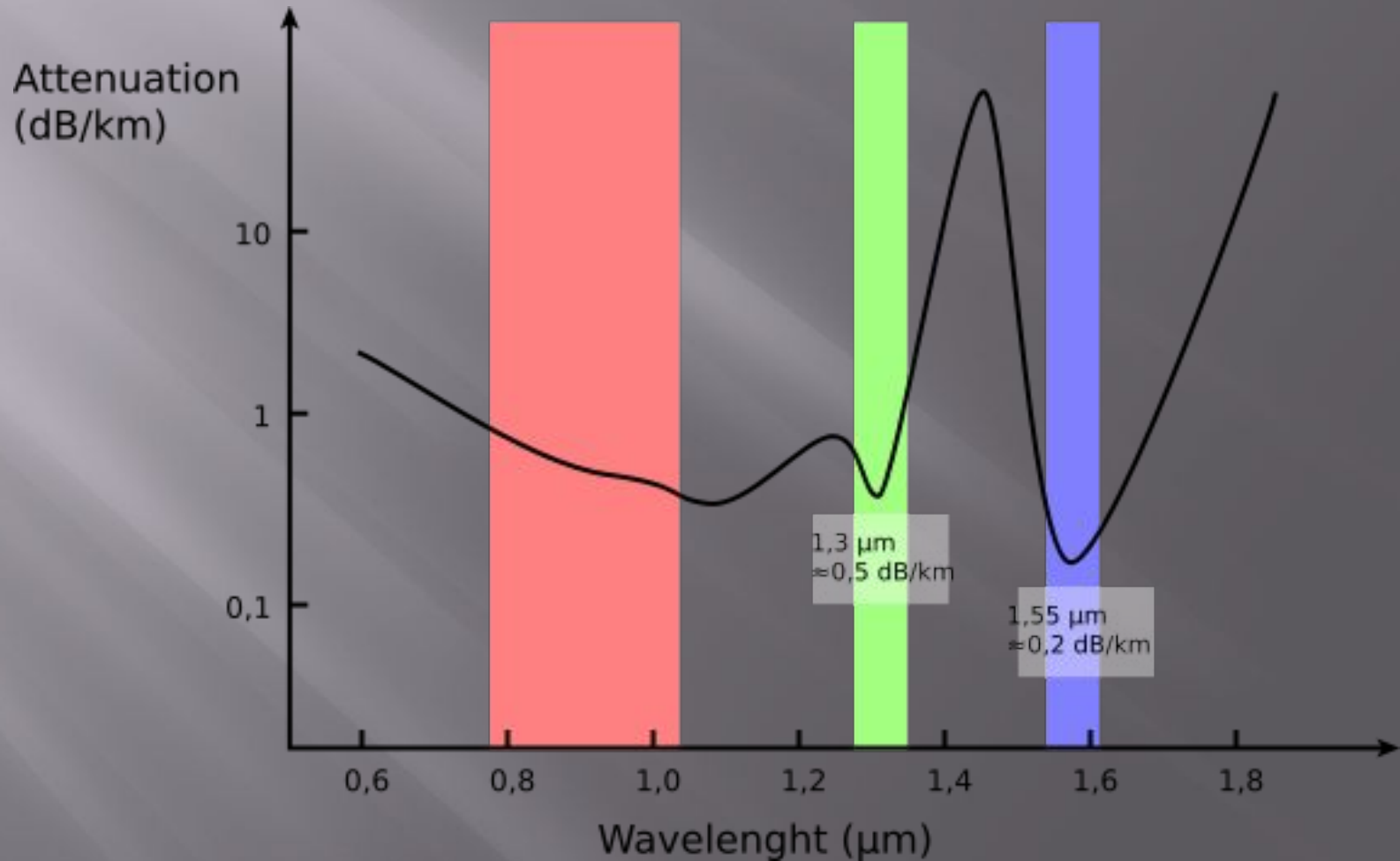
Многомодовое волокно с градиентным коэффициентом

Плотность материала



Одномодовое волокно

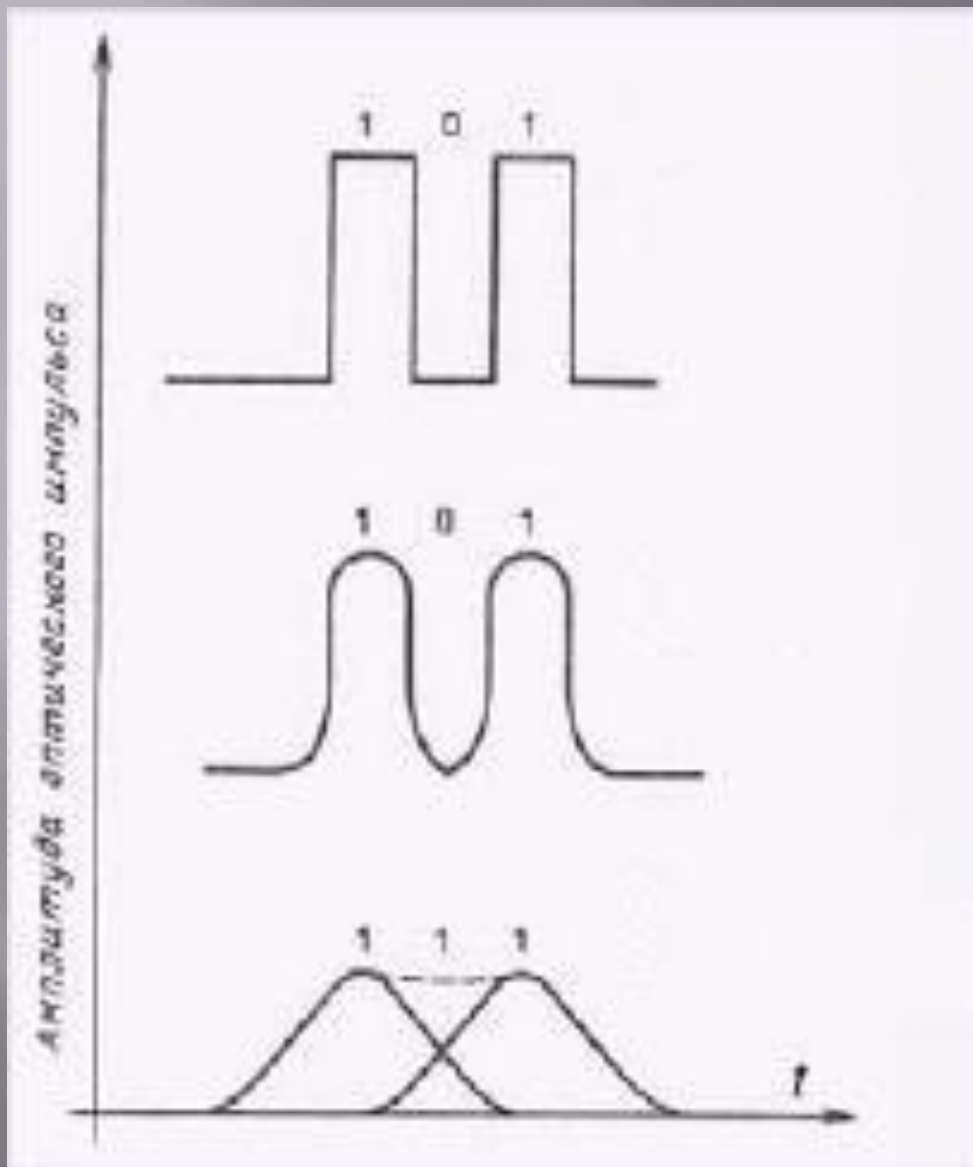
# Окна прозрачности оптоволокна



# Потери в оптоволокне

- ▣ Поглощение света материалом волновода.
- ▣ Рассеяния в микро-(технологический дефект) и макроизгибах(неправильность прокладки кабелей).
- ▣ Отражения на концах волновода.
- ▣ Затухание.
- ▣ Межмодовая дисперсия(в многомодовом волокне, а также в одномодовом вследствие появления дополнительных мод из-за температурных колебаний, влияющих на коэффициенты преломления сердцевины и оболочки ).
- ▣ Появление структурной неоднородности за счет воздействия на волокно ионизирующего излучения.





Сигнал на входе  
оптоволокна

Выходной сигнал с  
допустимыми  
искажениями

Выходной сигнал с  
искажениями,  
приводящими к потере  
информации

Рис. Искажение передаваемого сигнала в следствие межмодовой дисперсии

# Сферы применения

- Среда передачи данных на волоконно-оптических телекоммуникационных сетях различных уровней.
- Датчик для измерения напряжения, температуры, давления и других параметров.
- В гидрофонах, сейсмических, гидролокационных приборах, лазерных микроскопах, гироскопах и лазерах.
- В медицине для освещения труднодоступных мест.

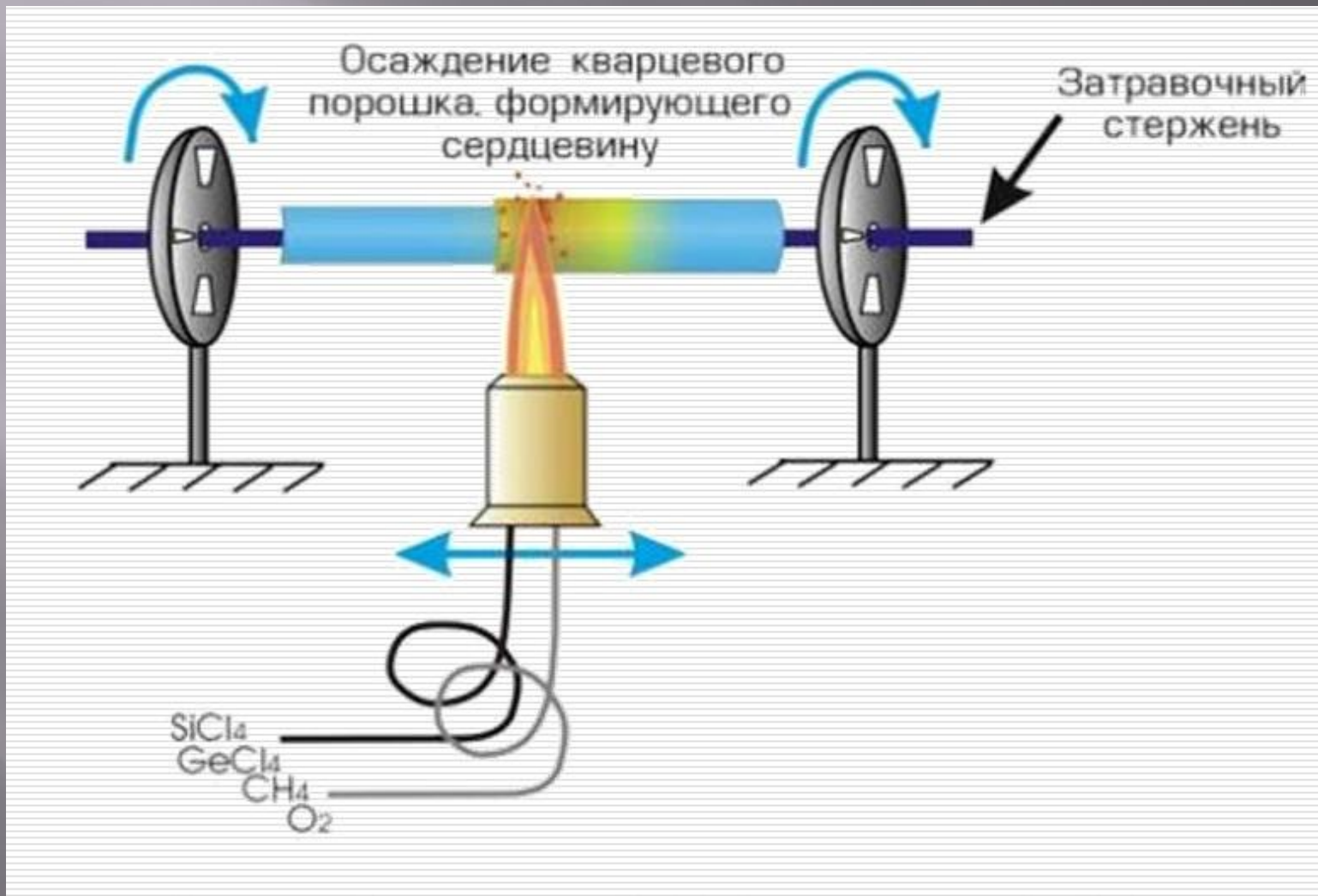
# Технологии изготовления

- Стандартная последовательность технологического процесса производства оптических волноводов:
  - Изготовление заготовки сердцевины оптоволокна
  - Нарращивание оптической оболочки
  - Вытяжка заготовки в волокно
  - Испытание на соответствие качества волокна (испытания на прочность, проверка геометрических параметров и оптические испытания)

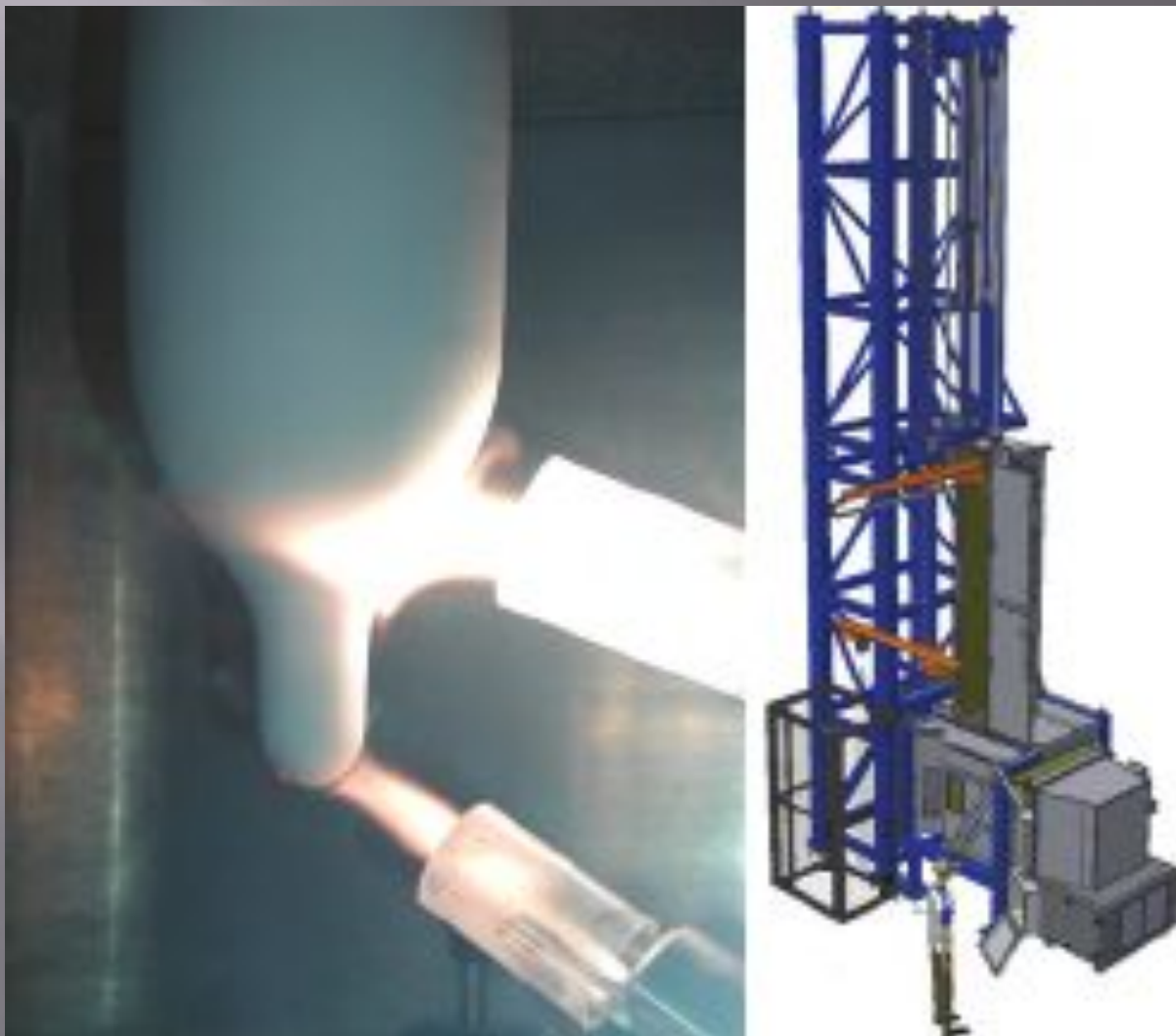
# Изготовление заготовки волокна методом OVD

- ▣ Метод наружного парофазного осаждения, представляет собой химический процесс гидролиза в пламени, при котором в результате реакции паровой фазы формируются наночастицы стекла, образующие окиси. Частицы  $\text{SiO}_2$  и  $\text{GeO}_2$  осаждаются в осевом направлении на вращающемся кварцевом стержне путем термофорезного осаждения. Затем заготовка дегидратируется и остекловывается, а потом вытягивается в стержень, готовый к наращиванию оболочки.
- ▣ Применяются металлические горелки.

# Изготовление заготовки волокна методом OVD



# Изготовление заготовки волокна методом OVD

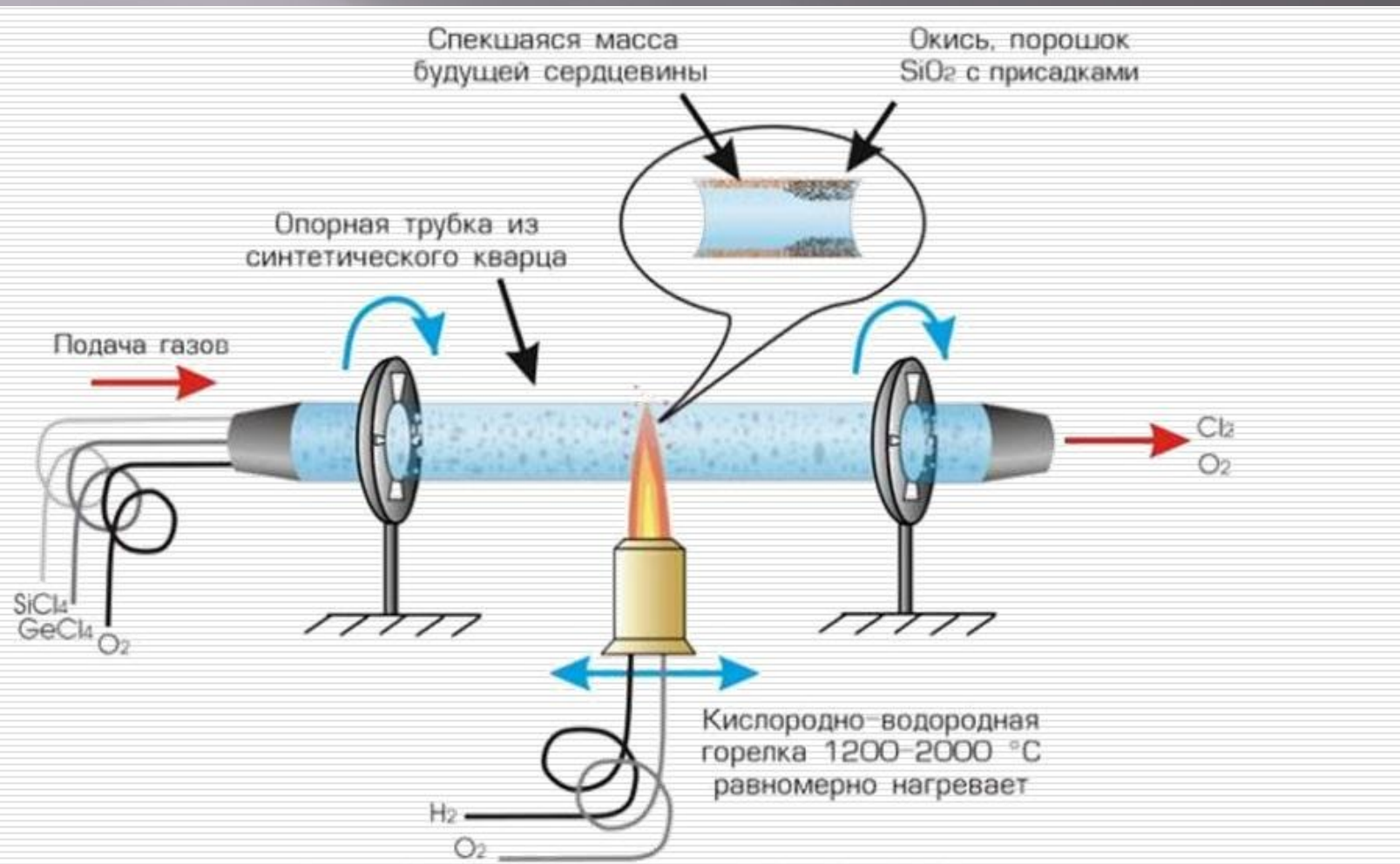


# Процесс изготовления заготовки волокна методом MCVD

- ▣ Модифицированный метод химического парофазного осаждения заключается в процессе образования субмикронных частиц кварца в результате окисления  $\text{SiCl}_4$  и последующем осаждении ультрадисперсного порошка  $\text{SiO}_2$  и  $\text{GeO}_2$  внутри высококачественно вращающейся опорной трубы.
- ▣ Источником тепла являются расположенные снаружи кислородно-водородные горелки.
- ▣ После осаждения трубка схлопывается в стержень.
- ▣ Метод не дает возможность изготавливать большие заготовки, длина зоны осаждения ограничивается 1 метром, кроме того горелки не позволяют производить волокна с низким содержанием гидроксильных групп(OH).



# Процесс изготовления заготовки волокна методом MCVD





# Процесс изготовления заготовки волокна методом FCVD

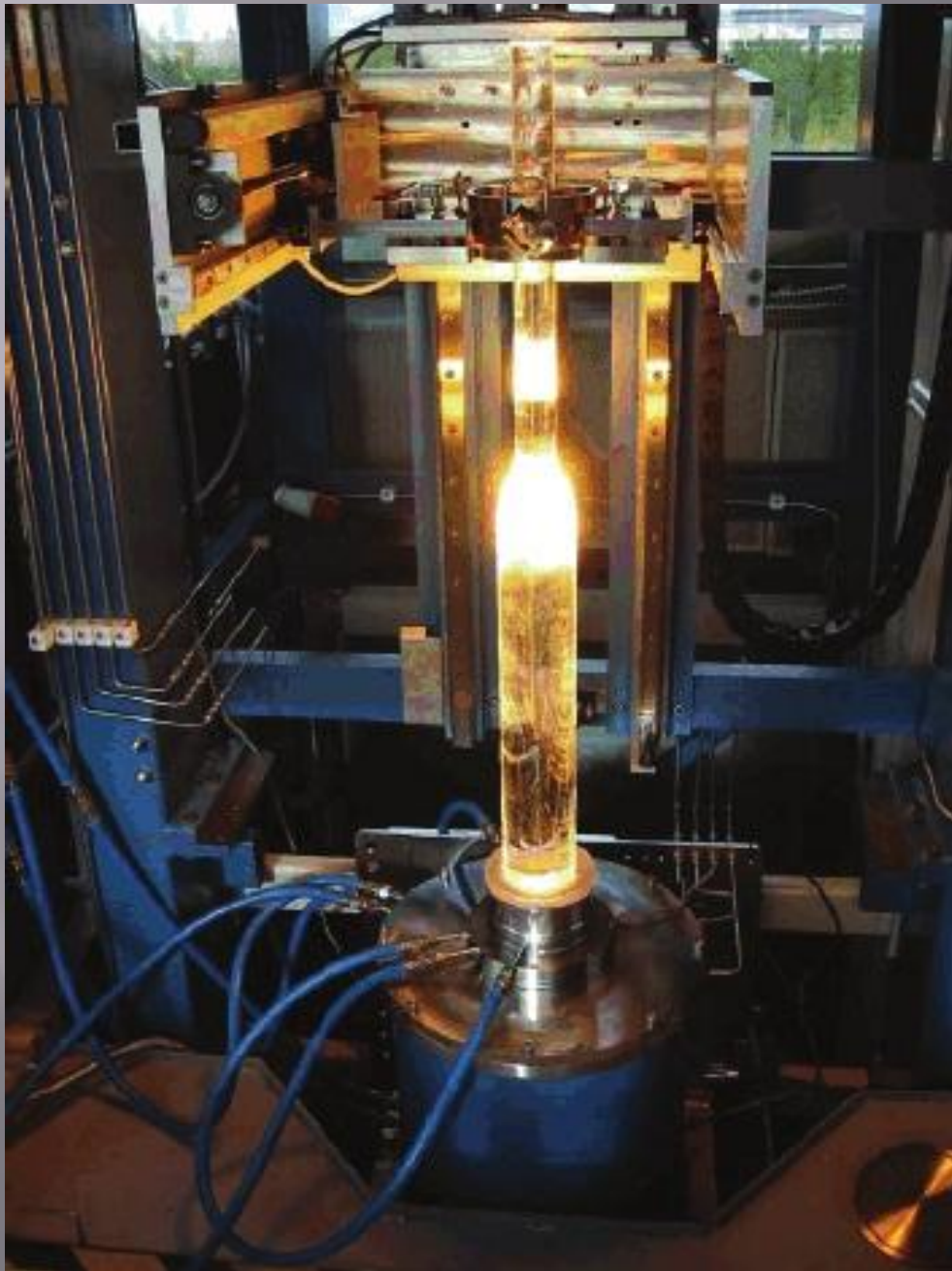
- Этот метод является усовершенствованным MCVD.
- Используется нагревательная печь вместо горелок, что позволяет сократить содержание гидроксильных групп в заготовке.

# Процесс изготовления заготовки волокна методом FCVD



# Процесс изготовления заготовки и вытяжки волокна методом RIC/RIT

- Стержень в трубе/ стержень в цилиндре
- Стержень сердцевины вводится внутрь трубки из материала высокой чистоты, далее стержни проходят через печь расположенную на башне и происходит непосредственная вытяжка волокна.
- Этот метод представляет собой простейший способ наложения оболочки на сердцевину и вытяжки волокна.



# Печь для ВЫТЯЖКИ заготовок

- Позволяет вытягивать волокно из заготовок длиной до 150мм

# Вытяжка волокна



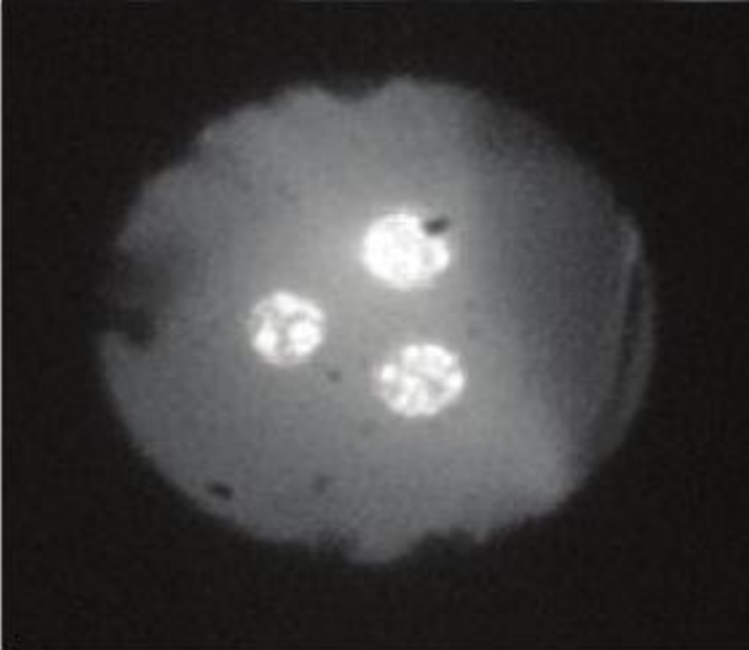
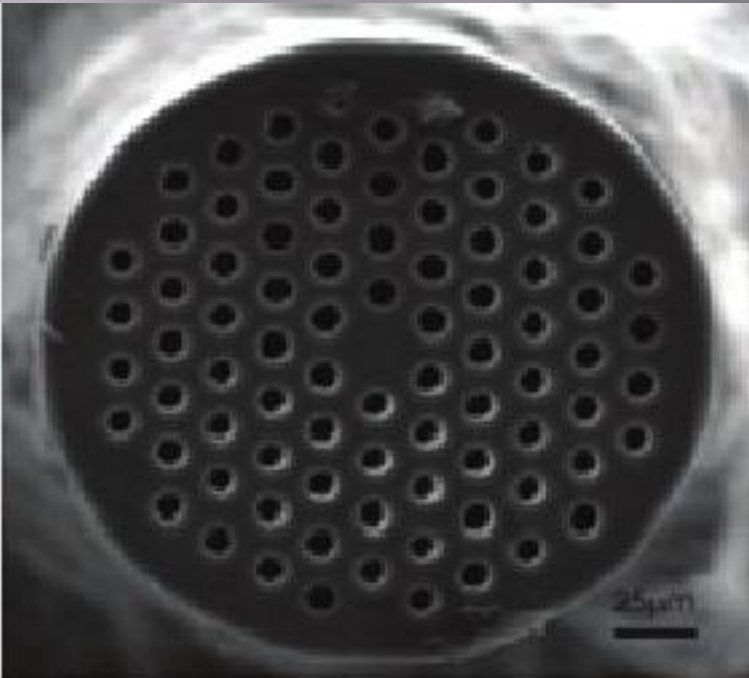
# Изготовление заготовок сердцевины для волокон специального назначения

- ▣ Используются технологии MCVD и OVD.
- ▣ Возникает проблема легирования сердцевины материалами Er, Yb и др.
- ▣ Для решения проблемы применяется жидкое легирование



# Оболочка для волокон специального назначения

- Для производства заготовок оптоволоконна типа Панда(несколько сердцевин в волокне) в заготовке сверлят отверстия и вставляют в них легированные бором стрежни.
- Микроструктурированные фотонокристаллические волокна изготавливаются методом компоновки и вытяжки многочисленных капилляров вокруг сплошной сердцевины или полый трубки.



## Микроструктурированные волновод



Волокно  
«Панда»

Волновод с несколькими  
сердцевинами

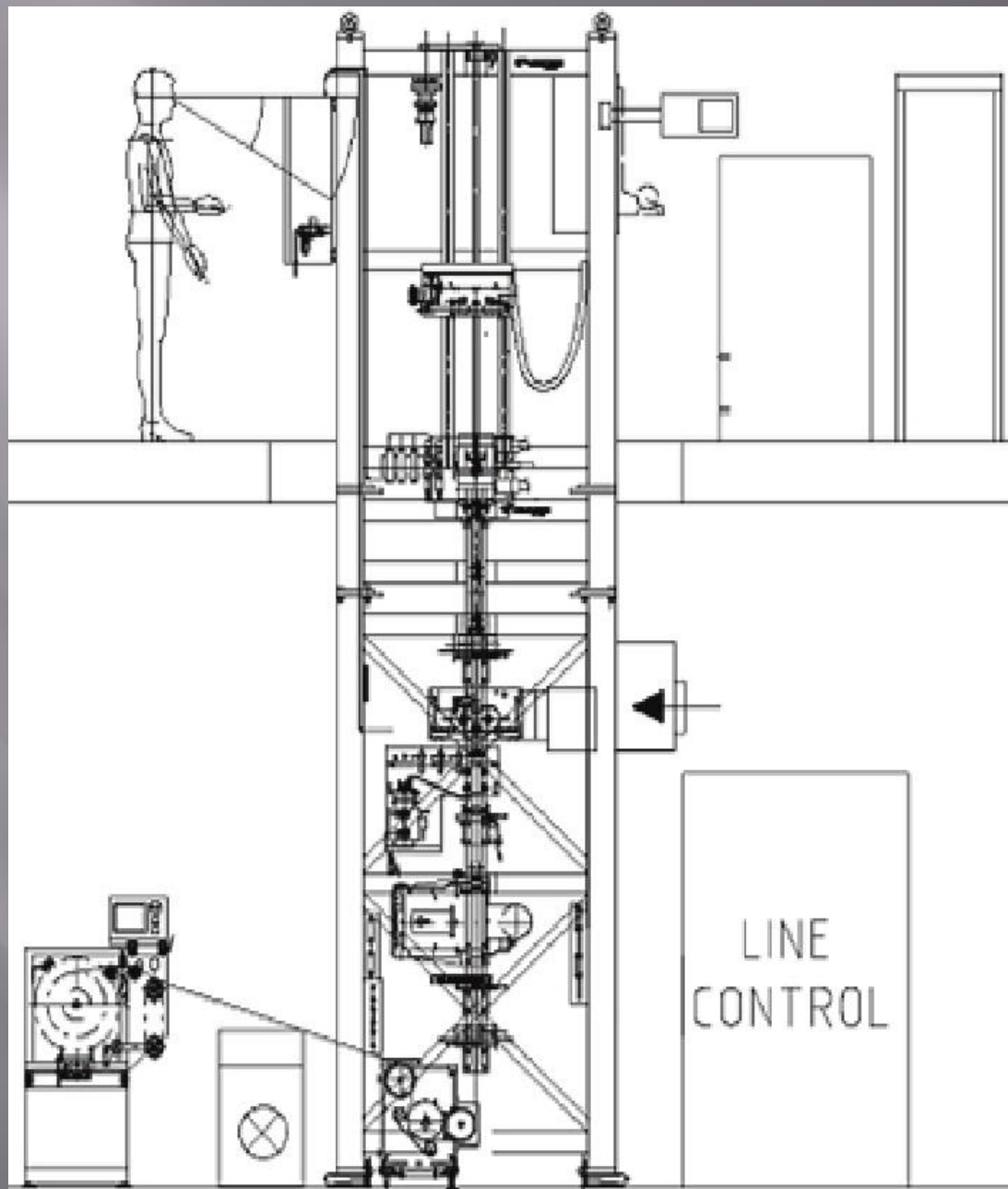




*Заготовки с несколькими сердцевинами  
и фотокристаллические заготовки,  
изготовленные методом засыпки кварцевой крошки*

# Вытяжка волокон специального назначения

- ▣ Требуются универсальные башни, пригодные для работ с широким диапазоном заготовок, разнообразными материалами покрытий, а также рассчитанные на различные методы отверждения.
- ▣ Для производства поликристаллических волокон необходима вытяжка капилляров с точными размерами.



*Рис. 14. Башня для вытяжки оптических волокон*