

ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

Студент группы 21614
Михайлов Е.В.

Устройство оптического волокна

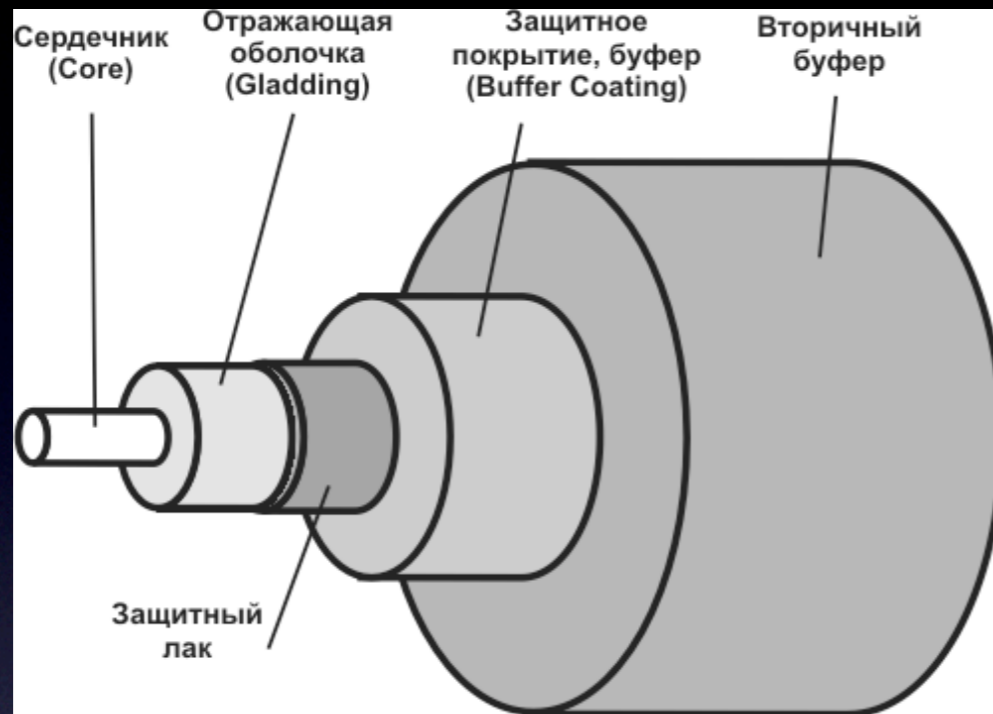


Рисунок 1 - Структура световода

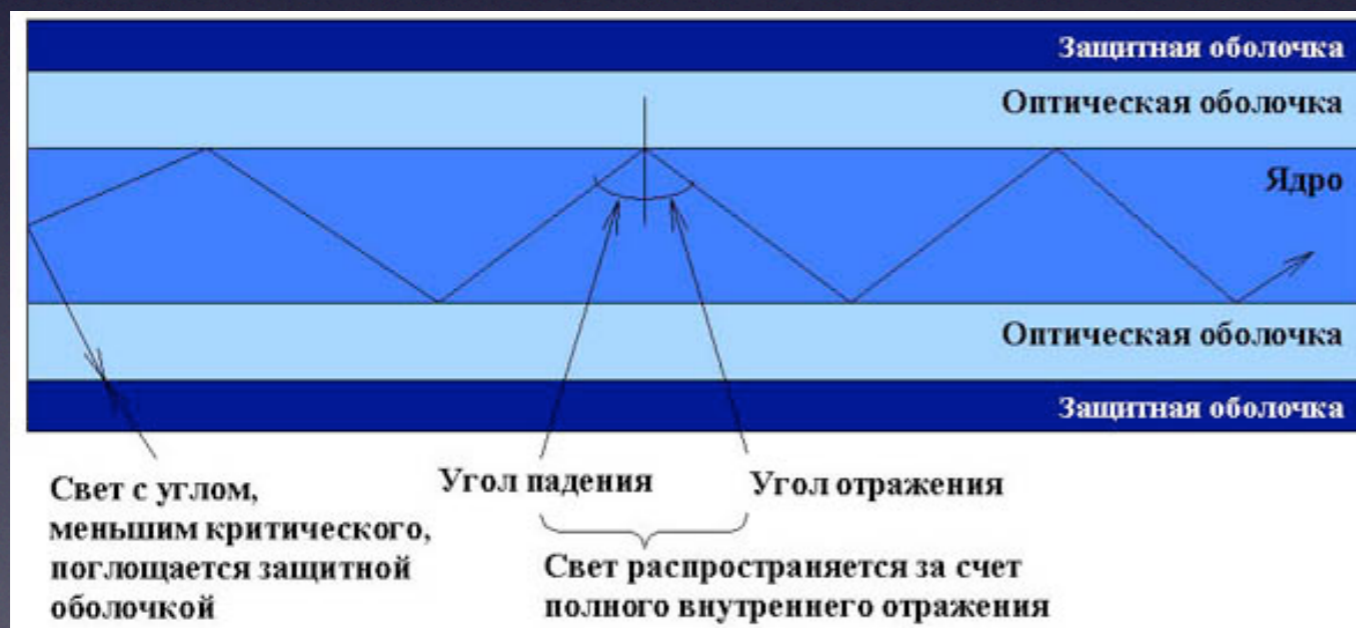


Рисунок 2 - Полное внутреннее отражение в оптическом волокне

Диаметры ядра и оптической оболочки

Для сравнения:

Человеческий волос
имеет диаметр около
100 микрон

| Диаметр ядра, мкм | Диаметр оболочки, мкм |
|----------------------|--------------------------|
| 8 | 125 |
| 50 | 125 |
| 62,5 | 125 |
| 100 | 140 |

Материалы

- Стеклянные волокна. Ядро и оболочка изготовлены из диоксида кремния или плавленного кварца
- Стеклянные волокна. Стеклоядро и пластиковая оптическая оболочка
- Пластиковые волокна. Пластиковое ядро и пластиковая оптическая оболочка

Виды оптических волокон

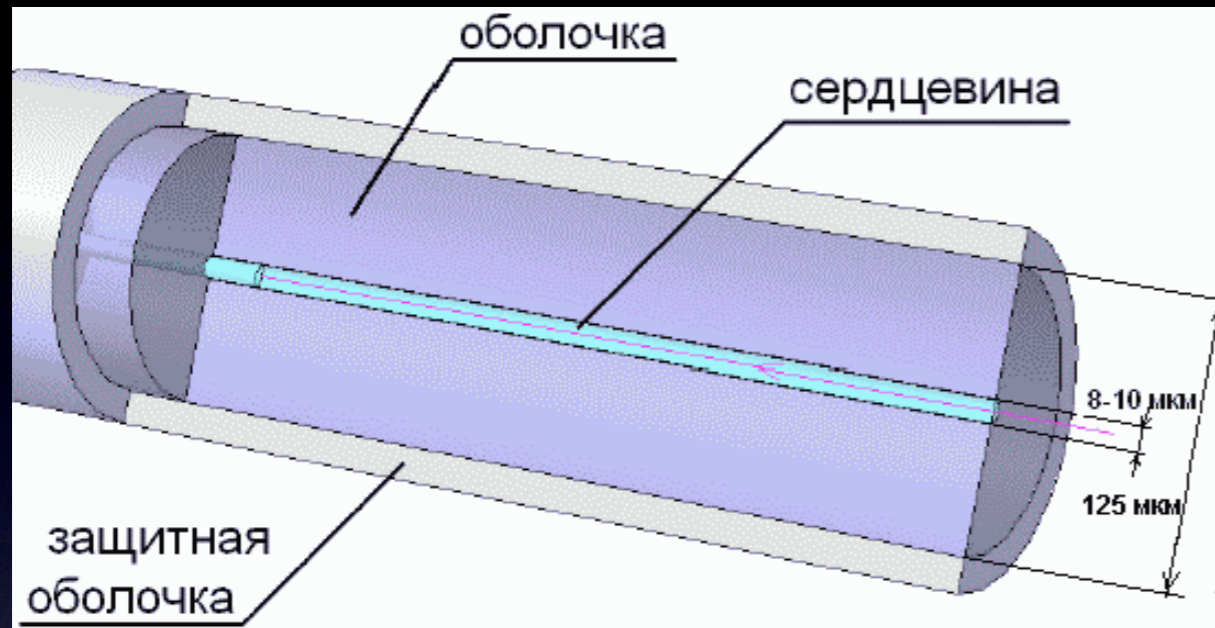


Рисунок 3 - Одномодовое волокно

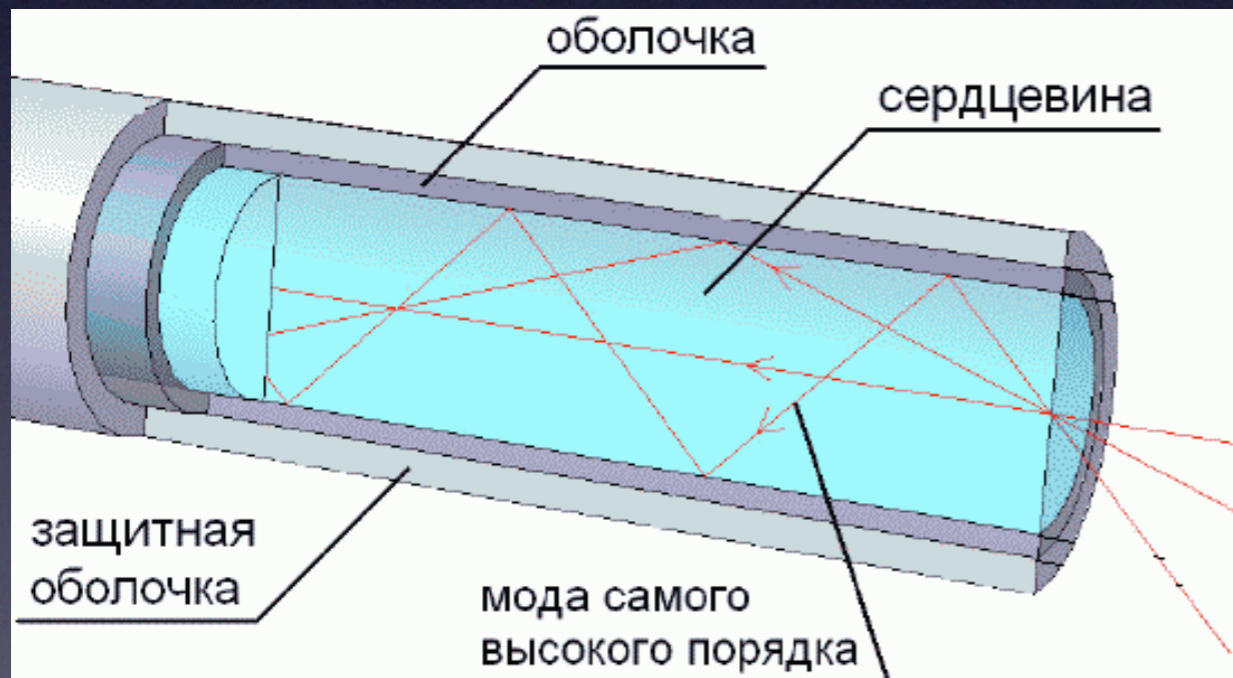
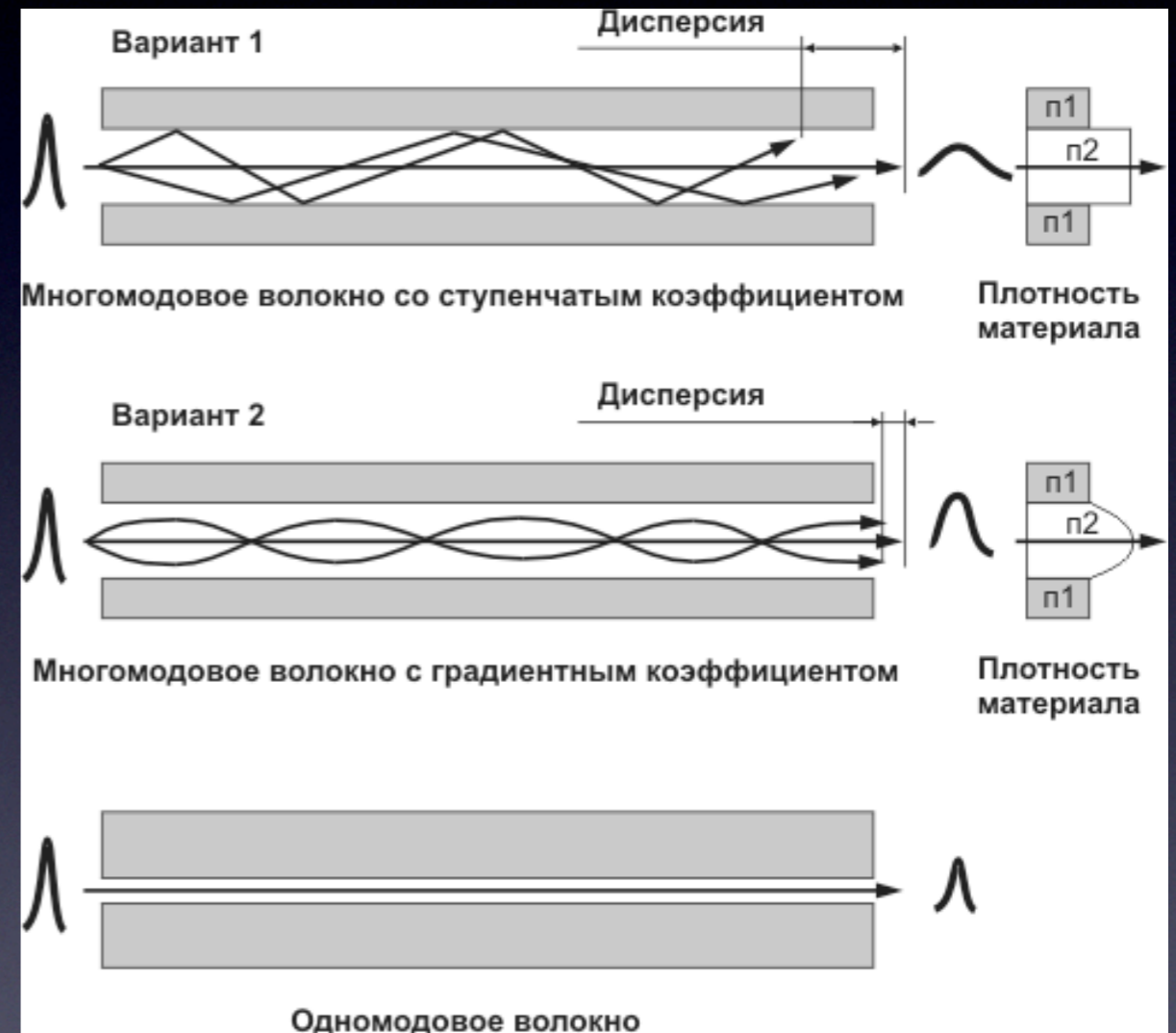


Рисунок 4 - Многомодовое волокно

Виды оптических волокон

- Многомодовое ступенчатое оптоволокно
- Многомодовое градиентное оптоволокно
- Одномодовое оптоволокно



Характеристики волокна

Дисперсия - расплывание светового импульса по мере его движения по оптическому волокну

- Модовая дисперсия
- Молекулярная дисперсия
- Волноводная дисперсия

Характеристики волокна

Затухание - потеря оптической энергии по мере движения света по волокну



AllWave ZWP (zero water peak)

Характеристики волокна

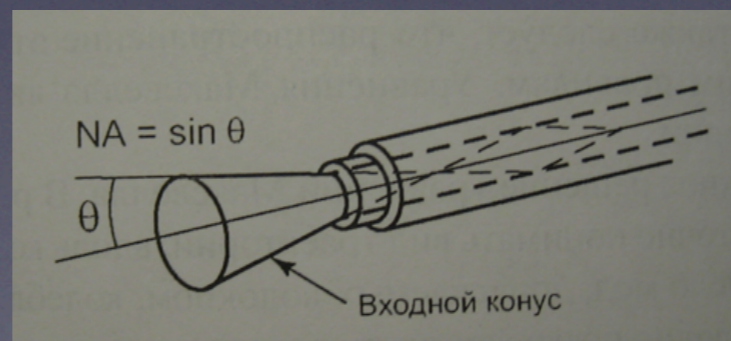
Затухание обуславливается следующими факторами:

- *Рассеяние* оптической энергии происходит из-за микроскопических неоднородностей в волокне
- *Поглощение* - преобразование энергии света в тепловую
- *Микроизгибные потери*

Характеристики волокна

Численная апертура (NA) - способность волокна собирать лучи

- зависит от свойств материала волокна
- определяется показателями преломления ядра и оптической оболочки $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
- можно определить величину углов, при которых свет распространяется вдоль волокна $\theta = \arcsin(NA)$
 $NA = \sin \theta$



Ширина полосы пропускания и дисперсия

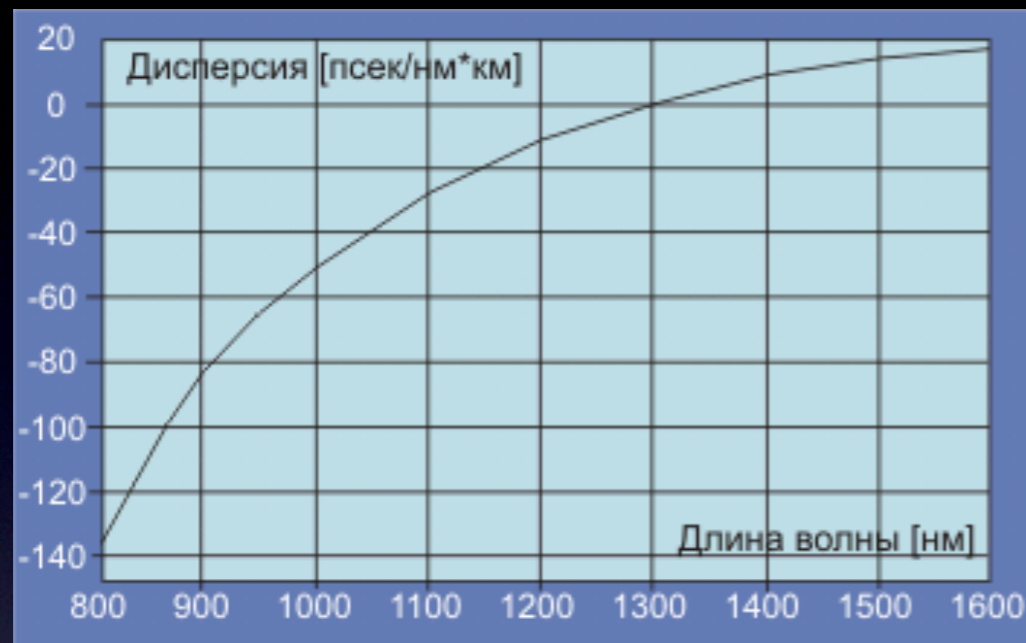


Рисунок 5 - Зависимость дисперсии от длины волны

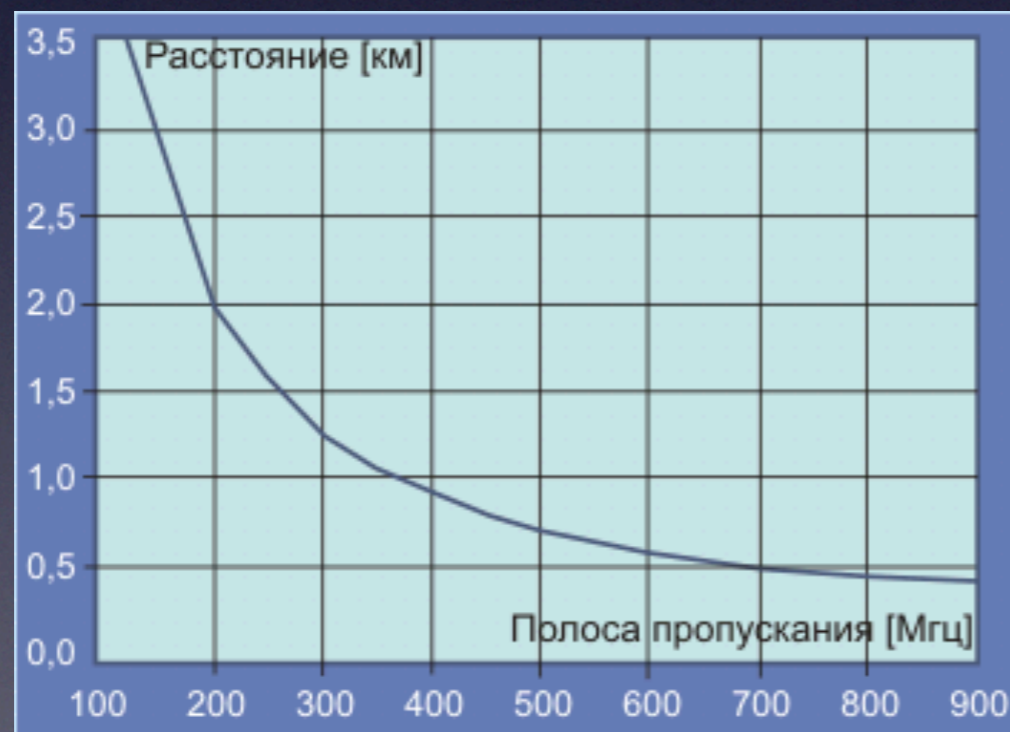
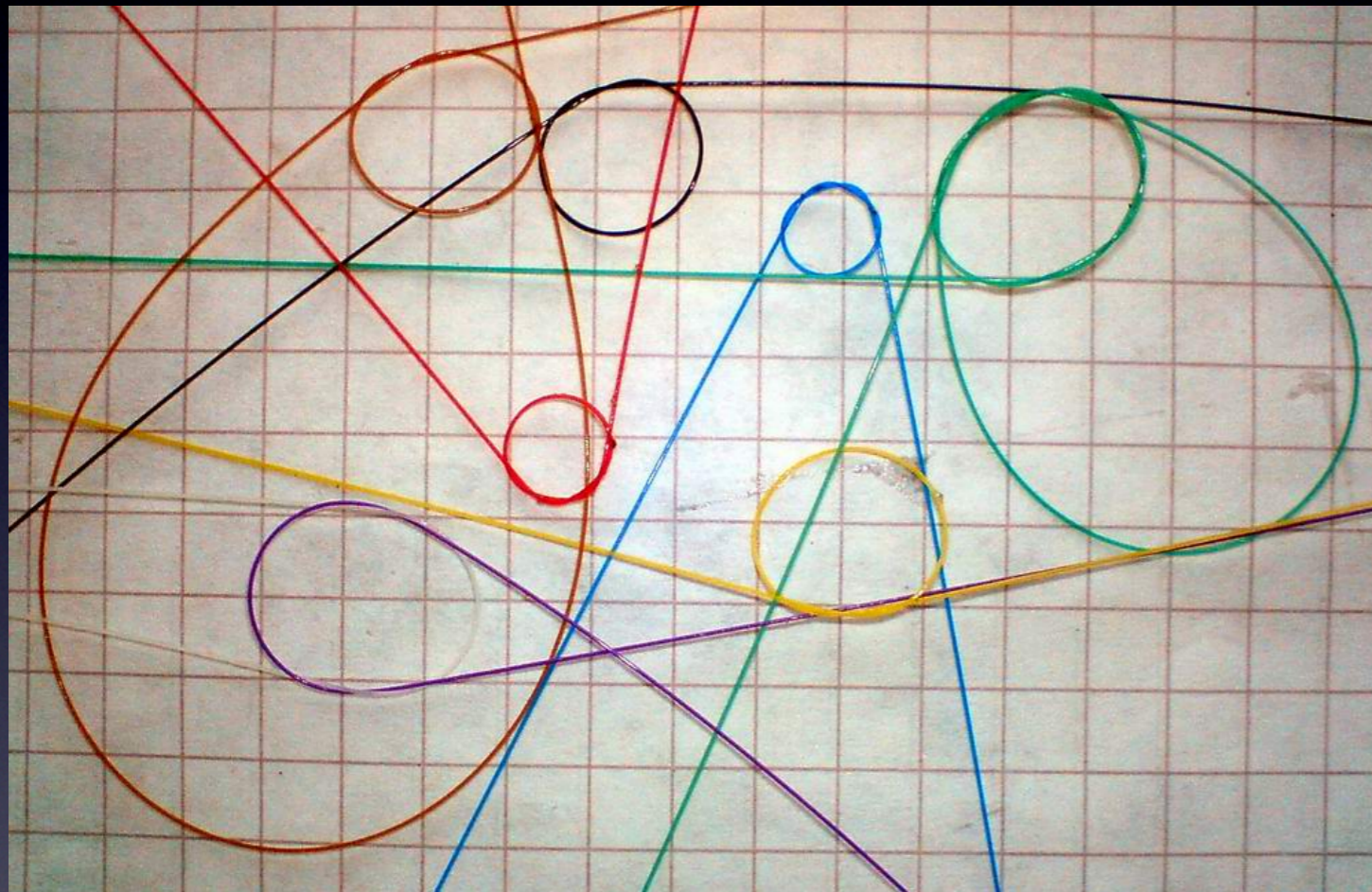


Рисунок 6 - Зависимость дистанции передачи от ширины пропускания

Механическая прочность



Одномодовое волокно, в виде
кварцевого стекла диаметром 125 мкм

Технология изготовления оптических волокон

Процесс изготовления световодов на основе кварцевого стекла делится на два этапа:

1. Получение заготовки в виде стеклянного стержня длиной порядка метра и диаметром около 10-80 мм
2. Конец заготовки размягчают в печи и тянут из него волокно. После остывания волокна на него наносится защитная пленка полимера

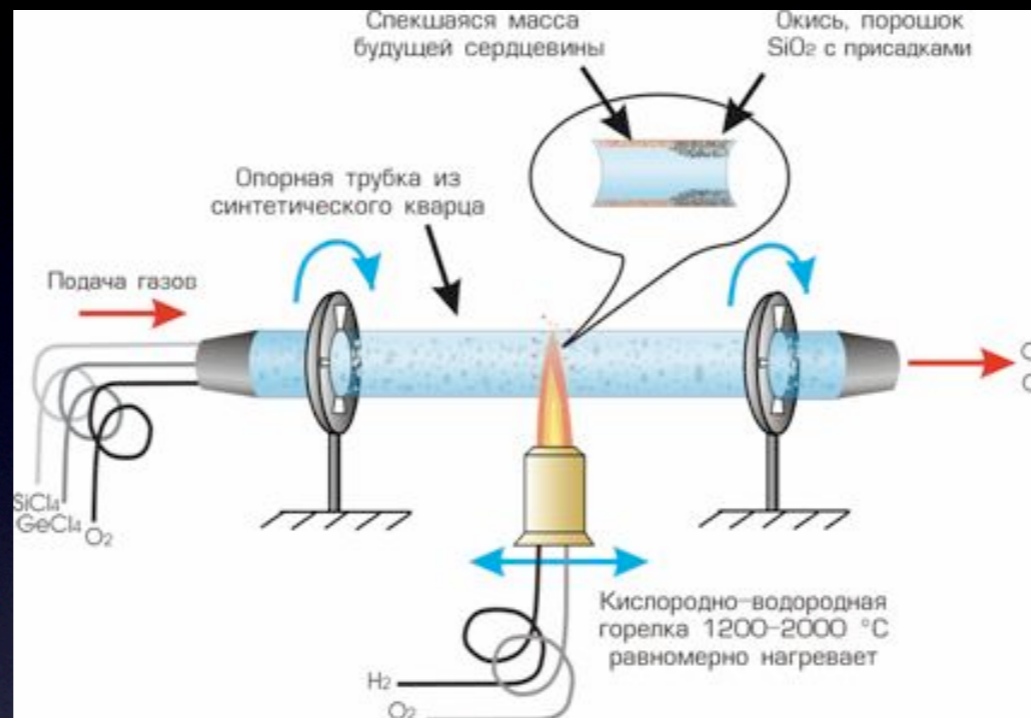
Методы производства волокон из кварцевого стекла

- Модифицированное химическое осаждение из газовой фазы на внутренней поверхности кварцевой трубки (MCVD)
- Метод осаждения из газовой фазы, полученной путем плазменного распыления (PCVD)
- Внешнее осаждение из газовой фазы на внешней поверхности стержня (OVD)
- Осевое осаждение из газовой фазы на торце стержня (VAD)

Методы производства волокон из других материалов

- Способ двойного тигля - для комбинированных стекол
- Вытяжка с покрытием - для волокон с ядром из кварцевого стекла и оболочкой из пластика
- Метод формирования выдавливанием - для получения пластиковых оптоволокон
- Золь-гелевая технология

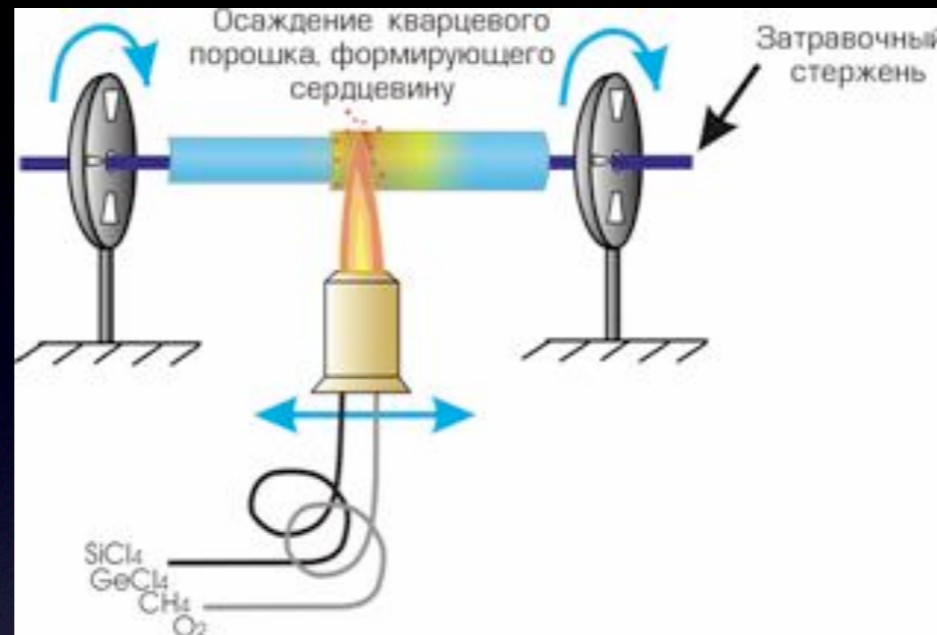
MCVD-метод



Трубка из сверхчистого высококачественного кремнезема (диоксида кремния, синтетический кварц) промывается в кислотной ванне, а затем зажимается в устройстве, напоминающем токарный станок. Газовая горелка движется вдоль трубки взад и вперед, нагревая трубку. Входной конец трубки через муфту присоединен к устройству подачи газов. Из резервуаров поступают химические реактивы, которые путем нагрева переводятся из жидкой фазы в газообразную и подаются в трубку. Из другого (выходного) конца трубки удаляется избыточный материал. Окись, образующаяся в виде мелкого порошка (оксиды кремния и германия) уносится потоком газа вдоль трубки, потом происходит ее осаждение. Когда тепло от горелки достигает осажденного порошка, то он плавится и превращается в сплошной, прозрачный слой диоксида кремния. Путем последовательного осаждения одного слоя диоксида кремния за другим и тщательного дозирования примесей можно получить оптическое волокно с различными профилями показателя преломления.

Основным преимуществом процесса MCVD является то, что и структура, и свойства световода можно обеспечить еще в заготовке, а потом сохранить в готовом волокне. Относительные размеры и профиль показателя преломления заготовки передаются готовому волокну в процессе вытягивания.

OVD - метод

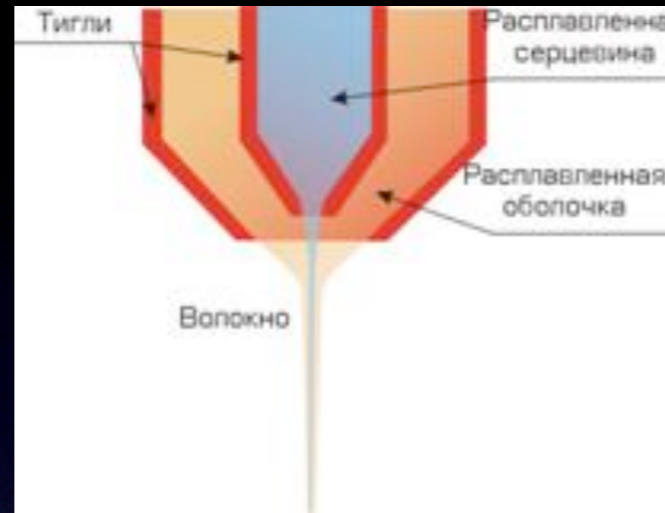


На этапе 1 происходит осаждение порошкообразной двуокиси кремния на тонком стержне. Горячий поток частиц порошкообразной двуокиси кремния движется над поверхностью стержня, при этом некоторые частицы осаждаются на стержне. А сам стержень в это время вращается и одновременно движется в осевом направлении, проходя через горелку. Некоторые из частиц окажутся при этом в спекшемся состоянии. Когда произойдет осаждение такого количества стекла, которого будет достаточно для образования и сердцевины, и оболочки, процесс остановится, а исходный стержень будет аккуратно извлечен из заготовки.

Этап 2 – процесс спекания. Прежде всего, пористая заготовка нагревается в среде газообразного хлора (при этом удаляется вода), а затем нагревается еще сильнее, до температуры 1400/1600, при которой частицы белой сажи спекаются в сплошной стеклянный стержень без пузырьков воздуха – заготовку. Все это происходит в печи, в контролируемых условиях. На этом этапе пористый исходный стержень обычно усаживается и плавится.

Этап 3 – вытягивание волокна.

Двойные тигли



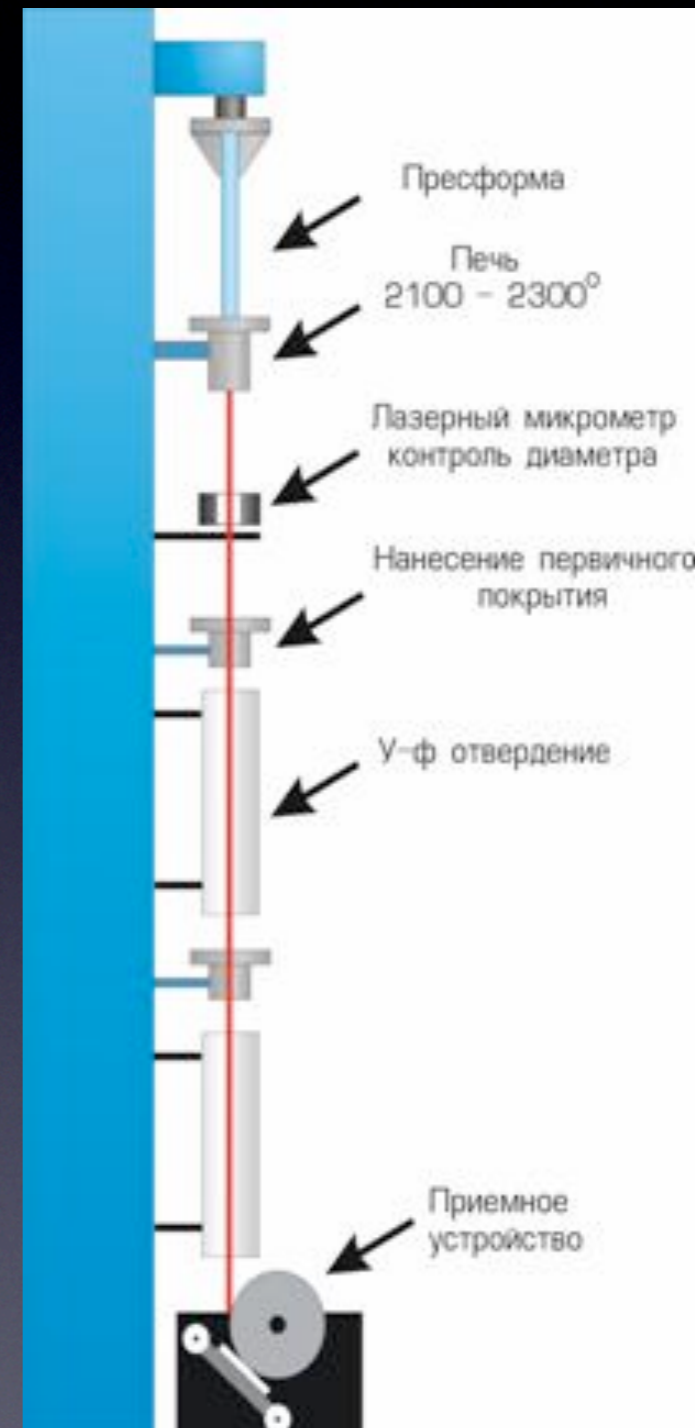
Два тигля помещаются на печь. Внутренний тигль содержит стекло с более высоким показателем преломления, чем внешний тигль. После вытекания стекла из сопла тиглей его быстро остужают, получая волокно.

- Достоинства: волокна могут быть сколь угодно большой длины
- Недостатки: ограниченное применение из-за того, что при производстве таких волокон не удастся обеспечить низкое затухание, как в других методах, не достигается чистота исходных материалов
- Область применения: передача информации на расстояния до нескольких сотен метров в первом окне прозрачности на длинах 800-900 нм

Вытяжка волокна

Готовая стержневая заготовка (независимо от способа ее изготовления) вытягивается в волокно. Это происходит в специальной вытяжной башне высотой около 12 м.

Процесс вытягивания начинается наверху башни, где стержневая заготовка зажимается в центрирующем патроне. Нижний конец заготовки подается в электрическую печь, где он нагревается до температуры 2000 градусов. Заготовка медленно опускается в печь, а в это же самое время из нее вниз выходит вытягиваемое из заготовки волокно. Диаметр волокна проверяется находящимся сразу же под печью измерительным прибором с лазерным управлением. Волокно покрывается защитным слоем акрилата, так же используют для тех же целей силикон. Сразу же после нанесения покрытия оно отверждается под воздействием УФ-излучения. При второй проверке диаметра волокна проверяется диаметр покрытия. Волокно теперь получило свой окончательный диаметр.



Контрольные испытания

На этом этапе проверяется прочность на растяжение всего волокна, проверяется, нет ли в волокне каких-либо трещин или каких-либо других повреждений. Такая проверка называется контрольным испытанием, которое заключается в том, что волокно в течение примерно одной секунды подвергается воздействию определенного растягивающего усилия. Если в волокне имеются какие-либо трещины, то оно оборвется. После контрольного испытания прошедшее его волокно отправляется в лабораторию, где оно подвергается другим, очень серьезным испытаниям. Из одной заготовки обычно получают 50-150 км волокна.

Список используемой литературы

1. <http://optictelecom.kz/old/000000/lib/htm/foc01.htm>
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_волокно
3. http://ru.wikipedia.org/wiki/Окно_прозрачности_оптического_волокна
4. http://www.lanberry.ru/opticheskie-sistemy/volonno_opticheskie_tehnologii
5. <http://www.izmer-ls.ru/opsp.html>
6. Гуртов В.А. Оптоэлектроника и волоконная оптика: Учебное пособие. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005.

Спасибо за внимание