

РАЗНОВИДНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Тажибаев И.Б

Ферганский филиал ТУИТ кафедры «Телекоммуникационный инженеринг», ассистент.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5571838>

ARTICLE INFO

Received: 05th October 2021

Accepted: 10th October 2021

Online: 15th October 2021

KEY WORDS

Виды оптического
волокон, оптоволокно,
ВОЛС, затухание,
дисперсия

ABSTRACT

Существует огромное количество различных оптических волокон, поэтому сразу сделаем оговорку, что мы не будем касаться так называемых специальных волокон, используемых в научных исследованиях и разных специфических применениях, а также волокон, которые пока являются скорее технологиями будущего. Мы сосредоточимся на тех типах оптических волокон, которые уже сегодня широко используются в телекоммуникациях. А таких типа четыре.

Количество распространяющихся мод. В зависимости от геометрических размеров сердцевинки и оболочки и величины показателя преломления в оптическом волокне может распространяться только одна или же большое количество пространственных мод. Поэтому все оптические волокна делят на два больших класса: одномодовые и многомодовые.

Таким образом, можно выделить четыре больших класса оптических волокон

1. Кварцевое многомодовое волокно.
2. Кварцевое одномодовое волокно.
3. Пластиковое, или полимерное, оптическое волокно (POF).
4. Кварцевое волокно с полимерной оболочкой (HCS).

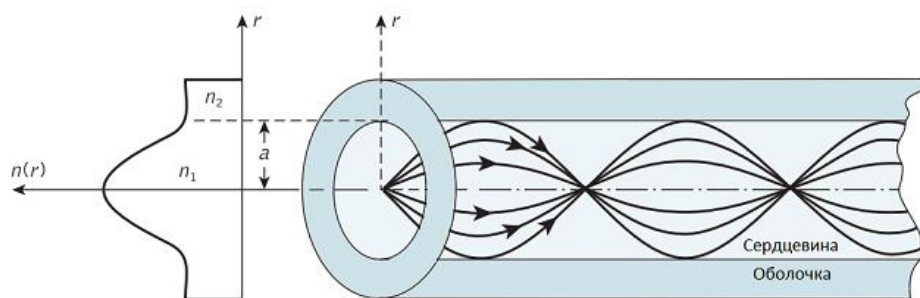
1. Кварцевое многомодовое волокно

Кварцевые волокна являются самым известным и распространенным типом оптических волокон. Поскольку многомодовые и одномодовые кварцевые волокна сильно отличаются по своим характеристикам и применению, удобнее рассмотреть их по отдельности.

Многомодовое кварцевое волокно имеет и сердцевину, и оптическую оболочку из кварцевого стекла. Как правило, такое оптоволокно имеет градиентный профиль показателя преломления. Это необходимо, чтобы снизить влияние межмодовой дисперсии. Как было показано выше, моды распространяются в оптическом

волокне по разным траекториям, а значит, время распространения каждой моды также отличается. Это приводит к уширению передаваемого импульса. Градиентный профиль уменьшает разницу во времени распространения мод. За счет плавного изменения показателя преломления моды высшего порядка, которые попадают в волокно

под бóльшим углом и распространяются по более длинным траекториям, имеют и бóльшую скорость, чем те, которые распространяются вблизи сердцевины. Полностью устранить влияние межмодовой дисперсии невозможно, поэтому многомодовое волокно уступает одномодовому по дальности и скорости передачи информации.



Рабочими для многомодового волокна обычно являются длины волн 850 и 1300 (1310) нм. Типичное затухание на этих длинах волн – 3,5 и 1,5 дБ/км соответственно.

Общепринятая классификация многомодовых кварцевых волокон приводится в стандарте ISO/IEC 11801. Этот стандарт выделяет четыре класса многомодовых волокон (OM – Optical Multimode), отличающиеся шириной полосы пропускания (параметр, характеризующий межмодовую дисперсию и определяющий скорость передачи информации):

OM1 – стандартное многомодовое волокно 62,5/125 мкм;

OM2 – стандартное многомодовое волокно 50/125 мкм;

OM3 – многомодовое волокно 50/125 мкм, оптимизированное для работы с лазером;

OM4 – многомодовое волокно 50/125 мкм, оптимизированное для работы с лазером, с улучшенными характеристиками.

Фраза «оптимизированное для работы с лазером» напоминает о том, что

изначально для передачи сигнала по многомодовому волокну использовались светодиоды (LED). С появлением полупроводниковых лазеров стали разрабатываться волокна более совершенной структуры, названные оптимизированными для работы с лазерами.

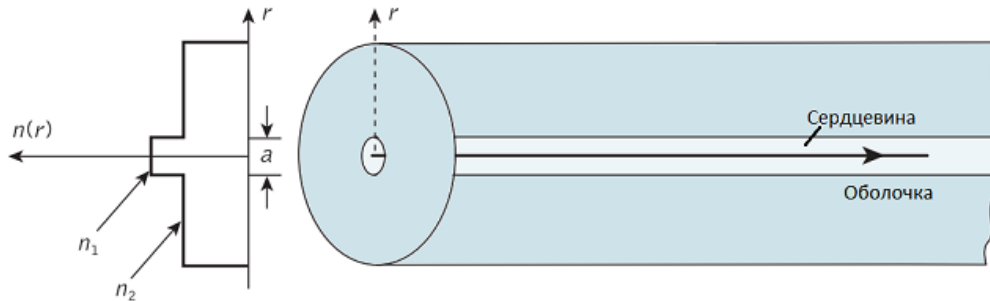
Применение. Многомодовое волокно применяется в непротяженных линиях связи (обычно сотни метров), причем волокно 50/125 мкм (OM2, OM3, OM4) используется в основном в локальных сетях и дата-центрах, а волокно 62,5/125 мкм часто применяется в промышленных сетях. В гигабитных приложениях рекомендуется применять волокна классов OM3 и OM4. Причина, по которой многомодовое волокно до сих пор не вытеснено одномодовым волокном, обладающим лучшими характеристиками, заключается в меньшей стоимости компонентов линии (активное оборудование, соединительные изделия). Цена снижается из-за большего диаметра сердцевины многомодового волокна, и,

соответственно, меньших требований к точности изготовления и монтажа компонентов.

2. Кварцевое одномодовое волокно

В одномодовом волокне, как следует из названия, распространяется только одна (основная) мода излучения. Это достигается за счет очень маленького диаметра сердцевинки (обычно 8-10 мкм). Диаметр оптической оболочки такой же, как и у многомодового волокна – 125 мкм.

Отсутствие других мод положительно сказывается на характеристиках оптоволокну (нет межмодовой дисперсии), увеличивая дальность передачи без ретрансляции до сотен километров и скорость до десятков Гбит/с (приводим стандартные значения, а не те «рекордные», которые достигаются в исследовательских лабораториях). Затухание в одномодовом волокне также крайне низкое (менее 0,4 дБ/км).



Диапазон длин волн для одномодового волокна достаточно широк. Обычно передача осуществляется на длинах волн 1310 и 1550 нм. При использовании технологии спектрального уплотнения каналов используются и другие длины волн (об этом чуть ниже).

В таблице ниже представлена краткая характеристика этих волокон и их применение. Но прежде – пара

комментариев. Межмодовая дисперсия, отсутствующая в одномодовом волокне, является не единственным механизмом уширения оптического импульса. В одномодовом волокне на первый план выходят другие механизмы, прежде всего, хроматическая дисперсия, связанная с тем, что ни один источник излучения (даже лазер) не испускает строго монохроматичное излучение.

Тип волокна	Описание	Применение
G.652. Одномодовое волокно с несмещенной дисперсией	Наиболее распространенный тип одномодового волокна с точкой нулевой дисперсии на длине волны 1300 нм. Различают 4 подкласса (A, B, C и D). Волокна G.652.C и G.652.D отличаются низким затуханием вблизи «водного пика» («водным пиком»	Стандартные области применения.



Тип волокна	Описание	Применение
	называют область большого затухания в стандартном волокне около длины волны 1383 нм).	
G.653. Одномодовое волокно с нулевой смещенной дисперсией	Точка нулевой дисперсии смещена на длину волны 1550 нм.	Передача на длине волны 1550 нм.
G.654. Одномодовое волокно со смещенной длиной волны отсечки	Длина отсечки (минимальная длина волны, при которой волокно распространяет одну моду) смещена в область длин волн около 1550 нм.	Передача на длине волны 1550 нм на очень большие расстояния. Магистральные подводные кабели.
G.655. Одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией	Это волокно имеет небольшое, но не нулевое, значение дисперсии в диапазоне 1530-1565 нм (ненулевая дисперсия уменьшает нелинейные эффекты при одновременном распространении нескольких сигналов на разных длинах волн).	Линии передачи со спектральным уплотнением каналов (DWDM).
G.656. Одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией для широкополосной передачи	Ненулевая дисперсия в диапазоне длин волн 1460-1625 нм.	Линии передачи со спектральным уплотнением каналов (CWDM/DWDM).
G.657. Одномодовое волокно, не чувствительное к потерям на макроизгибе	Волокно с уменьшенным минимальным радиусом изгиба и с меньшими потерями на изгибе. Выделяют несколько подклассов.	Для прокладки в ограниченном пространстве.



Применение. Одномодовое кварцевое волокно, безусловно, является самым распространенным типом оптоволокну. С его помощью можно организовать передачу высокоскоростного сигнала на очень большие расстояния, а применение технологии спектрального уплотнения каналов (CWDM/DWDM) позволяет в разы увеличить пропускную способность линии связи. Одномодовое волокно часто применяется и на коротких дистанциях, например, в локальных сетях.

3. Пластиковое оптическое волокно (POF)

О кварцевом оптическом волокне знают практически все. Но помимо него существует еще два типа оптических волокон, заслуживающие внимания. Прежде всего, речь идет о пластиковом, или полимерном, оптическом волокне (POF – Plastic/Polymer Optical Fiber). Это многомодовое волокно большого диаметра со ступенчатым показателем преломления, сердцевина и оболочка которого изготовлены из полимерных материалов, прежде всего, из полиметилметакрилата (по-простому, оргстекла). Чаще всего можно встретить POF с соотношением диаметров сердцевины и оболочки 980/1000 мкм.

В сравнении с кварцевым волокном POF имеет очень большие потери (100-200 дБ/км). С другой стороны, минимум потерь находится в видимом диапазоне (520, 560 и 650 нм). Это, а также очень большой размер поперечного сечения, позволяет использовать в качестве источников излучения дешевые светодиоды. Большой диаметр также

значительно упрощает процесс работы с пластиковым волокном. Процесс изготовления патч-корда (оптического шнура) требует меньших навыков и времени, а все необходимые приспособления имеют значительно меньшую стоимость. На рисунке ниже представлены пластиковые патч-корды с коннекторами семейства Versatile Link (VL) от компании Broadcom Limited (ранее Avago Technologies).

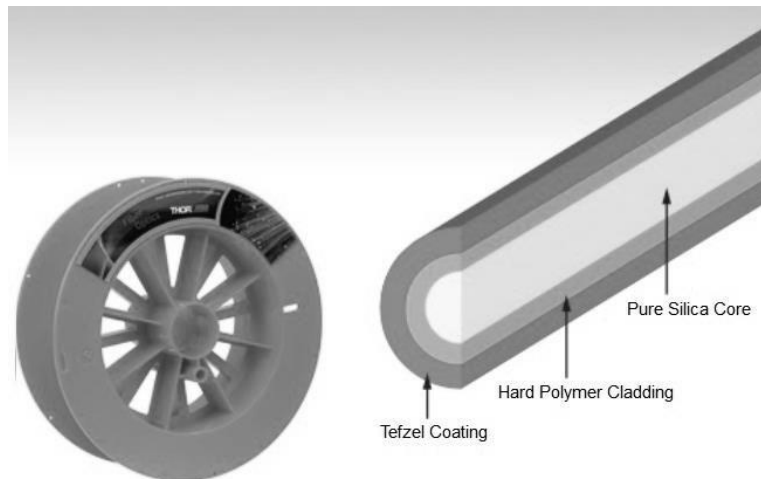
Таким образом, главные преимущества пластикового волокна – это низкая стоимость компонентов и простота работы с ним. При этом POF присущи все те особенности оптического волокна, которые дают ему преимущества перед другими видами связи. В их числе невосприимчивость к электромагнитному излучению и изолирующие свойства (защита от высоких напряжений), меньшие габариты и вес.

Применение. Область применения POF – короткие низкоскоростные линии связи (до 200 Мбит/с на несколько десятков метров). Преимущества POF проявляются в тех случаях, когда простота эксплуатации и низкая стоимость линии связи важнее, чем характеристики самой передачи. POF часто используется в промышленных линиях связи, автомобильной электронике, медицине и разного рода датчиках. Кроме того, пластиковое волокно может с успехом применяться и в различных специальных/корпоративных сетях передачи данных, например, для связи в пределах квартиры или офиса (к слову, эта область применения в России пока только начинает развиваться).

4. Кварцевое волокно с полимерной оболочкой (HCS)

И, наконец, последний тип оптического волокна, с которым мы бы хотели познакомить читателей, представляет собой нечто среднее (во всех отношениях) между кварцевым и пластиковым волокном. У этого типа волокна много названий, но мы привыкли называть его кварцевым волокном с полимерной (жесткой) оболочкой и обозначать HCS (Hard Clad Silica). Также распространена аббревиатура PCS (Polymer Clad Silica).

HCS-волокно – это многомодовое оптическое волокно большого диаметра с сердцевиной из кварцевого стекла и оболочкой из полимерного материала. Наибольшее распространение в телекоммуникациях получило HCS-волокно с диаметром сердцевины и оболочки 200/230 мкм и ступенчатым показателем преломления. В других областях, таких как медицина и научные исследования, могут использоваться HCS-волокна с большим диаметром сердцевины (300, 400, 500 мкм...).



По своим оптическим характеристикам HCS-волокно также занимает промежуточное положение между кварцевым оптоволокном и POF. Минимум затухания стандартного HCS-волокна приходится на длину волны 850 нм и составляет единицы-десятки дБ/км. Для работы с HCS-волокном часто можно использовать те же активные компоненты, что и для POF (с длиной волны 650 нм) или для многомодового кварцевого волокна (светодиоды с длиной волны 850 нм).

Применение. В целом, области применения HCS схожи с областями

применения POF, с той лишь только разницей, что расстояние передачи при использовании HCS-волокна увеличивается до нескольких километров (благодаря меньшему затуханию).

Зачастую выбор оптического волокна для создания линии связи не ограничивается выбором одномод и многомодовым. Ассортимент оптических волокон достаточно разнообразен, и в зависимости от ситуации наилучшим решением может оказаться использование того или иного типа волокна.



References:

1. Брэгг, Р. Безопасность сетей: полное руководство / Р. Брэгг, М. Родс-Оусли, К. Страссберг. - М.: Эком, **2017**. - 912 с.
2. Волоконно-оптическая связь: Приборы, схемы и системы. - М.: Радио и связь, **2018**. - 272 с.
3. Волоконно-оптические датчики / Под редакцией Э. Удда. - М.: Техносфера, **2017**. - 520 с.
4. Волоконно-оптические датчики. - М.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, **2014**. - 256 с.
5. Волоконно-оптические сети и системы связи. - Москва: ИЛ, **2018**. - 272 с.
6. Галицкий, А.В. Защита информации в сети - анализ технологий и синтез решений / А.В. Галицкий, С.Д. Рябко, В.Ф. Шаньгин. - М.: ДМК Пресс, **2013**. - 615 с.
7. Голик, В.С. Интернет-реклама или как делаются деньги в сети / В.С. Голик, А.И. Толкачев. - М.: Деловая и учебная литература, **2016**. - 160 с.
8. Дмитриев, С.А. Волоконно-оптическая техника: современное состояние и новые перспективы. Сборник статей / С.А. Дмитриев. - М.: Техносфера, **2015**. - 452 с.
9. Карцев, М.А. Вычислительные системы и синхронная арифметика / М.А. Карцев, В.А. Брик. - М.: Радио и связь, **2017**. - 360 с.