

Лабораторная работа

Методическая разработка проф. Никитина Б.К., ст. преподавателя Сергеева А.Н. и ст. преп. Смирнова Г.М.

Название работы:

Исследование параметров передачи оптических разветвляющих устройств.

Цель работы: знакомство с параметрами передачи волоконно-оптических разветвителей и других разветвляющих устройств, а также приобретение навыков работы с измерительными приборами оптического диапазона.

Литература:

1. Убайдуллаев Р.Р., Петренко И.И. «Пассивные оптические сети PON» Часть 3 «Проектирование оптимальных сетей». Журнал «LIGHTWAVE russian edition» №3 2004.
2. Г. Агравал «Применение нелинейной волоконной оптики» Глава 2 «Волоконные разветвители» СПб, изд. «Лань» 2011 г.

Подготовка к работе:

1. Знакомство с техникой безопасности при работе с источниками оптического излучения и оптическим волокном;
2. Изучение параметров разветвителей и методов их измерения;
3. Изучение порядка работы с измерительными приборами и вспомогательными устройствами;
4. Подготовка бланков протоколов измерений.

Контрольные вопросы для оценки знаний:

1. Области применения оптических разветвителей;
2. Технические характеристики разветвителей;
3. Виды оптических разветвительных устройств;
4. Методы измерения параметров оптических разветвителей;
- 5.

Материалы, приборы и инструменты, необходимые для проведения лабораторной работы:

1. Жидкость для очистки торцов коннекторов (**ЯД! ОПАСНО!**)
2. Оптические шнуры;
3. Источник оптического излучения 1310 нм;
4. Источник оптического излучения 1550 нм;
5. Измеритель оптической мощности;
6. Сплавной оптический разветвитель;
7. Оптическая розетка FC/APC;
8. Разветвитель WDM;
9. Оптический циркулятор.

Теоретические сведения.

Оптические разветвители давно используются в технике измерений. Но наибольшее применение они нашли в области связи при построении сетей абонентского доступа. Их

назначение при этом – подключение большого количества абонентов к удалённой станции с помощью одного оптического волокна. Пример такого подключения приведён на Рис.1

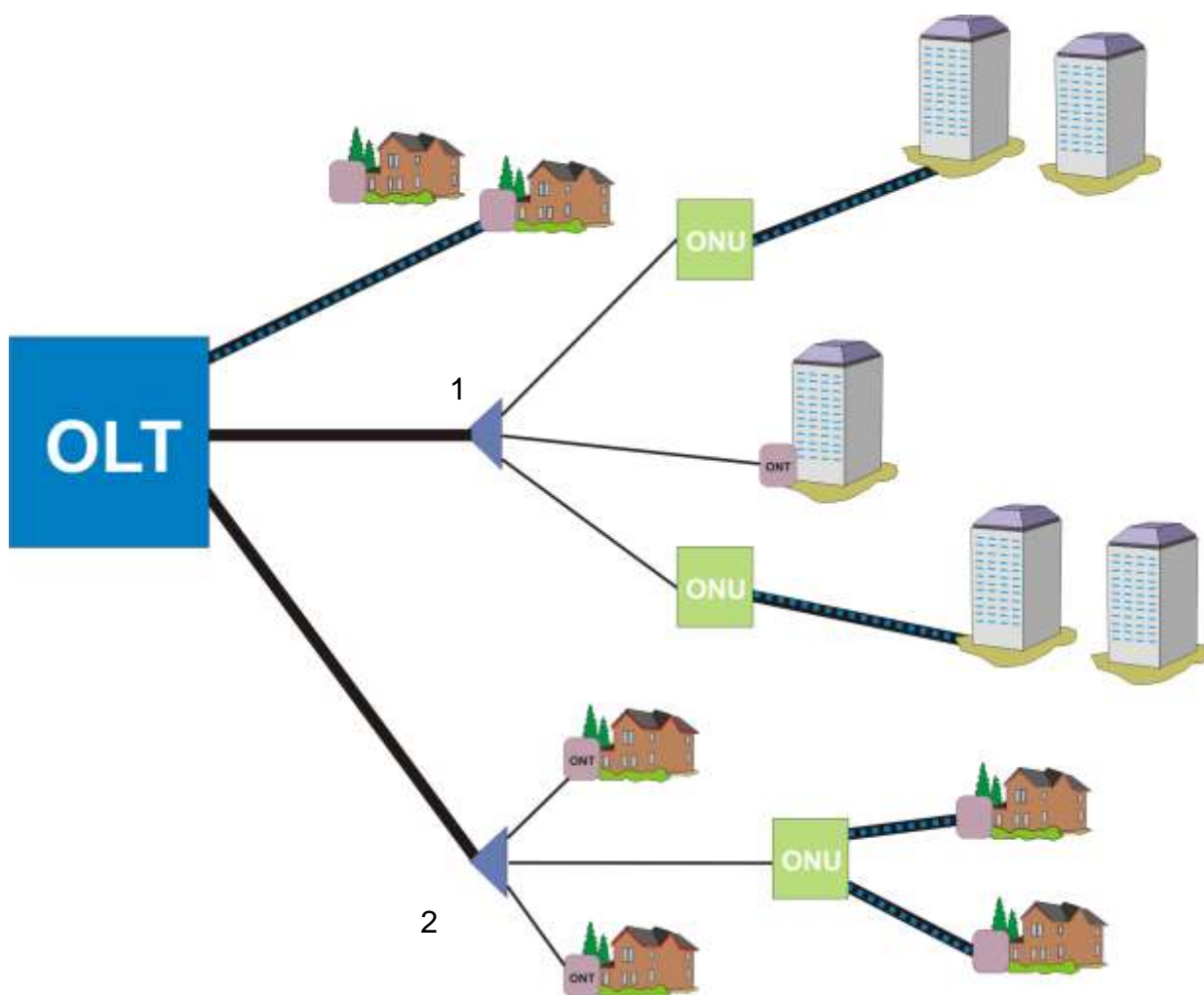


Рис.1 Применение сплиттеров в пассивной оптической сети.

OLT – Optical Line Terminal – оптическое линейное окончание; 1, 2 – волоконно-оптические разветвители; ONU – Optical Network Unit – оптическая сетевая ячейка; ONT – Optical Network Terminal – оптическое сетевое окончание.

С появлением оптического волокна разветвители стали делать путём склейки или сплавания оптических волокон друг с другом. Такие сплиттеры называются сплавными или FBT (Fusion Biconic Tube) разветвителями. Наряду с FBT разветвителями в период массового построения пассивных оптических сетей абонентского доступа изготовители стали выпускать и так называемые планарные или PLC сплиттеры, выполненные по планарной технологии. Этот вид разветвителей особенно хорош при подключении большого количества абонентов к одному оптическому волокну и имеет при этом более ровные характеристики, нежели FBT-сплиттер.

Кроме разветвителей, разделяющих передаваемую оптическую мощность на все выходные порты поровну, существуют разветвители, делящие её не поровну, а в соответствии с заранее установленными правилами. Такие разветвители называются асимметричными разветвителями или согласующими ответвителями и выполняются на основе FBT-сплиттеров. Большая часть энергии в таких устройствах передаётся на главный порт, а небольшая её часть (от 1% и более) – на порт ответвления.

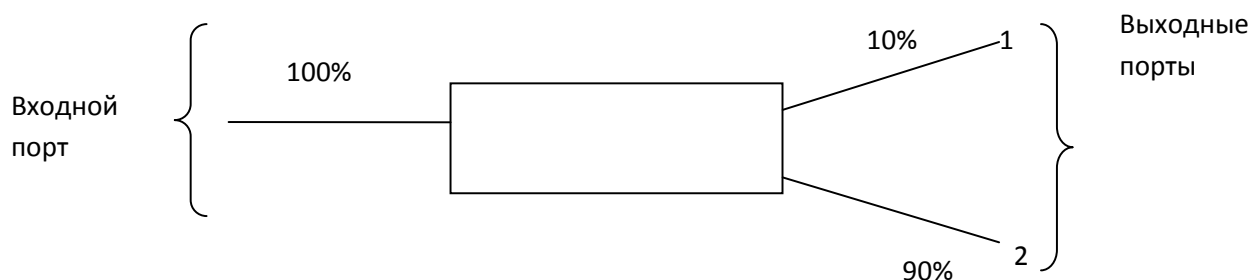


Рис.2 Работа асимметричного разветвителя.

Третьей разновидностью волоконно-оптических разветвителей являются разветвители WDM, изготавливаемые по технологии FBT. Это избирательные по длине волны разветвители, у которых в зависимости от проходящей длины волны, сигналы могут передаваться на разные выходные порты.

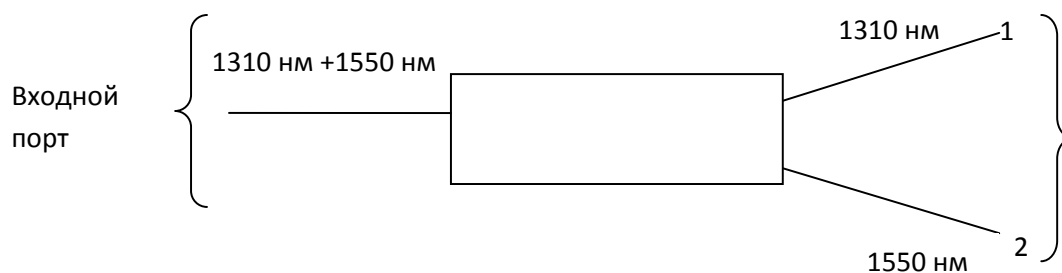


Рис.3. Работа разветвителя WDM.

Такие устройства могут применяться в случае необходимости увеличения пропускной способности волоконно-оптической линии связи. Для этого между оптическим передатчиком и кабельным волокном вставляют разветвитель WDM, который одним из входных портов подключается к передатчику на рабочей длине волны, а в другой входной порт вводится излучение с другой длиной волны. Таким образом, в кабельном волокне распространяются одновременно два сигнала на разных длинах волн. При достижении противоположного конца линии эти сигналы при помощи того же устройства – разветвителя WDM - передаются в разные выходные порты, как это показано на Рис.4

λ_1

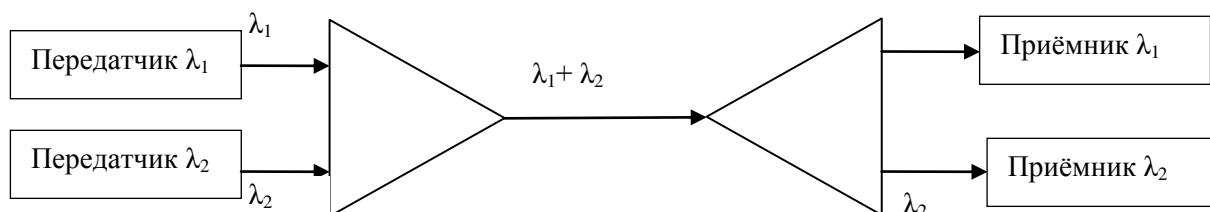


Рис.4 Работа WDM-разветвителя при уплотнении линии дополнительным каналом, работающим на другой длине волны.

Ещё одной разновидностью разветвительных устройств представляют циркуляторы – устройства последовательно передающие сигнал из одного порта в другой и также изготавливаемые по технологии FBT. Существуют трёхпортовые и многопортовые циркуляторы. Работа 3-портового циркулятора изображена на Рис.5.

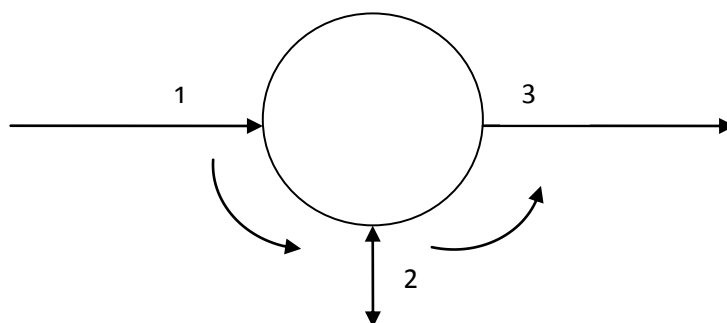


Рис.5. Работа 3-портового волоконно-оптического циркулятора. Сигнал из порта 1 проходит только в порт 2 и не проходит в порт 3. Сигнал, поданный в порт 2, проходит только в порт 3.

В данной лабораторной работе будут исследоваться параметры симметричных FBT разветвителей, волоконно-оптических циркуляторов и WDM-сплиттеров.

Схемы проведения измерений.



Рис.6. Волоконно-оптический разветвитель 2:N.

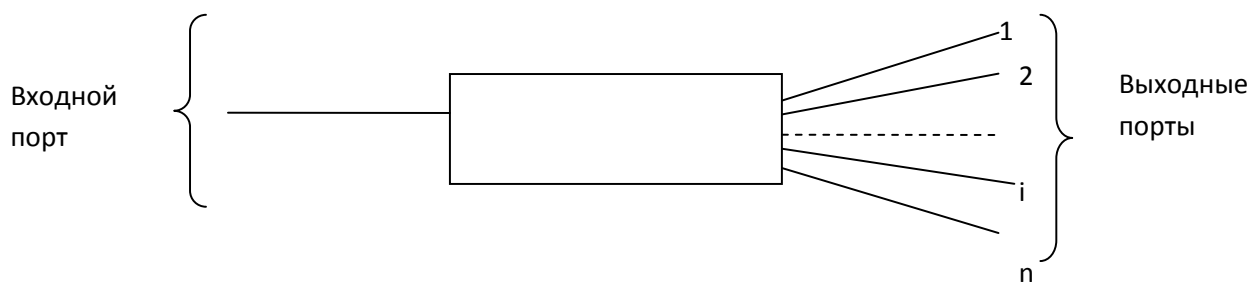


Рис.7. Волоконно-оптический разветвитель 1:N.

Основные характеристики волоконно-оптических разветвителей.

Коэффициент деления разветвителя:

$$K_r = \frac{P_k}{\sum_{i=1}^n P_{\text{вых } i}} \quad (1)$$

Где

$$\sum_{i=1}^n P_{\text{вых } i} = P_{\text{out}} \quad (2)$$

Вносимые потери: $IL = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых } i}$, дБ (3)

Дополнительные (избыточные) потери: $EL = P_{\text{вх}} - \sum_{i=1}^n P_{\text{вых } i}$, дБ (4)

Оптические возвратные потери: $ORL = P_{\text{вх}} - P_{\text{вх обр.}}$, дБ (5)

Неравномерность: $U = IL_{\text{max}} - IL_{\text{min}}$, дБ (6)

Подготовка к проведению измерений



Рис.8. Подготовка измерительных приборов к проведению измерений. Измерение уровня мощности, вводимой во входной порт оптического разветвителя.

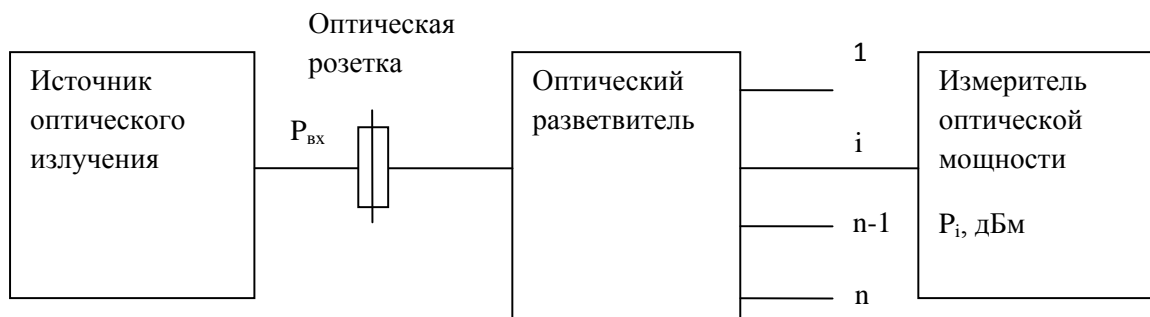
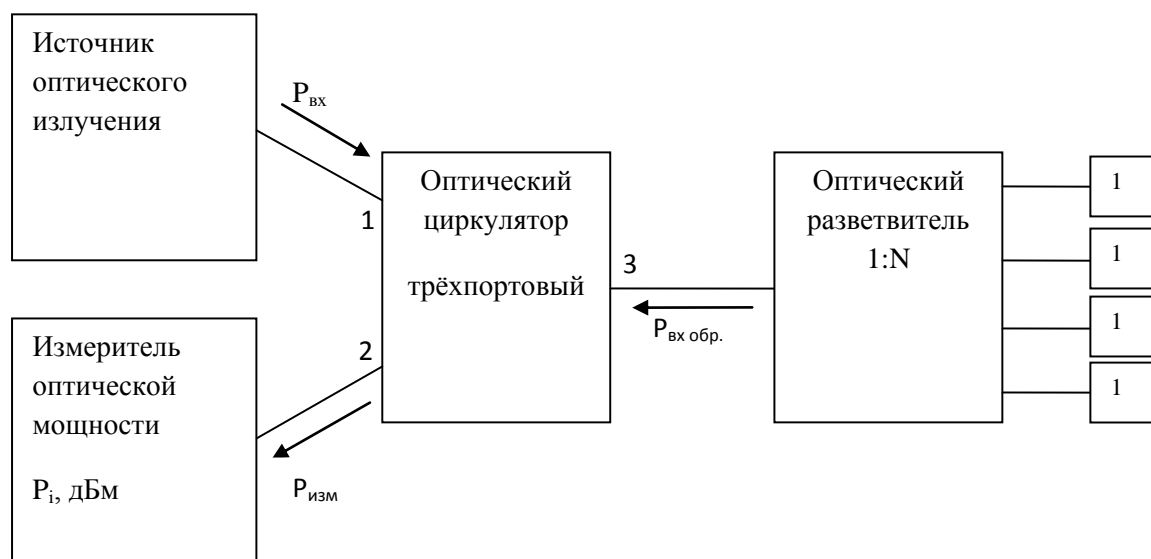


Рис.9. Схема для измерения вносимых потерь в выходных портах разветвителя.



1 – устройство для подавления отражений от торца волокна.

Рис.10. Схема для измерения возвратных потерь.

Порядок выполнения работы.

А. Подготовительный этап.

1. Включите измерительные приборы и источники оптического излучения. **ВНИМАНИЕ!!!** При включенных источниках оптического излучения направлять излучение в сторону глаз **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ!!!** Время прогрева измерительных приборов должно быть не менее 3 минут.
2. Подготовьте оптический шнур для проведения тестирования источника оптического излучения:
 - 2.1. Снимите с коннекторов защитные колпачки;

- 2.2. Протрите торцы оптических волокон безворсовой салфеткой, смоченной пропанолом (**Яд!**);
- 2.3. Подключите оптический шнур к источнику излучения и к измерителю оптической мощности.
3. Снимите показания измерителя оптической мощности в дБ на двух длинах волн – 1310 нм и 1550 нм.
4. Запишите полученные данные в таблицу 1.
5. Отключите шнур от измерителя оптической мощности.

Проведение измерения вносимых потерь в оптическом разветвителе.

1. Отключите оптический шнур от измерителя и подключите его к входу разветвителя.
2. Подключите шнуром первый выходной порт разветвителя к измерителю оптической мощности.
3. Снимите показания измерителя и запишите их в таблицу 1.
4. Проведите измерение уровня оптической мощности на других выходных портах оптического разветвителя.
5. Запишите полученные данные в таблицу 1.
6. Проведите такие же измерения на длине волны 1310 нм и 1550 нм.
7. Рассчитайте вносимые потери, избыточные потери, неравномерность и коэффициент деления оптического разветвителя по формулам (1) ÷ (6)
8. Занесите данные в таблицу 1.

Таблица 1. Исследование основных технических характеристик оптического разветвителя.

№п/п	$P_{вх}$, дБм	$P_{вых i}$, дБм	$K_{дел.}$ %	$П$, дБ	EL , дБ	U , дБ
$\Lambda = 1310$ нм						
1						
2						
3						
4						

№п/п	$P_{вх}$, дБм	$P_{вых i}$, дБм	$K_{дел.}$ %	$П$, дБ	EL , дБ	U , дБ
$\Lambda = 1550$ нм						
1						
2						
3						
4						

Измерение технических характеристик циркулятора.

Для исследования оптических возвратных потерь волоконно-оптического разветвителя необходимо измерить параметры циркулятора. Эти устройства применяются

- a) в оптических усилителях;
- b) в мультиплексорах/демультиплексорах совместно с решётками Брэгга;
- c) в компенсаторах дисперсии;
- d) в измерительных приборах и устройствах;
- e) в мультиплексорах ввода-вывода;
- f) в двунаправленных системах, работающих по одному волокну на одной длине волны;
- g) волоконно-оптические датчики.

Циркуляторы (далее Ц) бывают трёхпортовые и многопортовые. Наиболее часто применяется 3-портовый Ц. Трёхпортовый Ц – это устройство, предающее световой поток из порта 1 в порт 2, а из порта 2 в порт 3. Порт 3 обычно оптически изолирован от порта 2, но в некоторых случаях может быть связан с ним. Эти устройства работают на одной длине волны, которая задаётся при изготовлении.

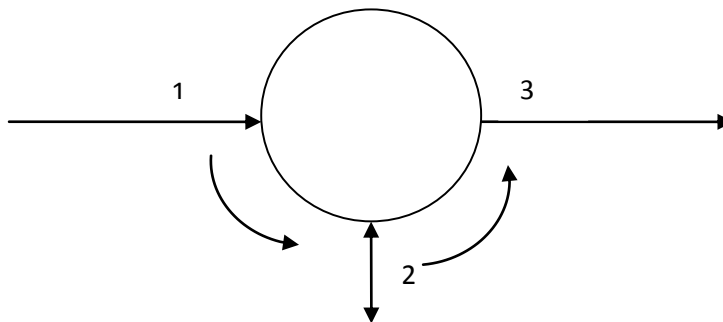


Рис.11. Схематическое обозначение трёхпортового оптического циркулятора.

Основными характеристиками оптического циркулятора являются:

- 1. Вносимые потери между портами 1 и 2 на центральной длине волны;
- 2. Вносимые потери между портами 2 и 3 на центральной длине волны;
- 3. Изоляция между каналами (рабочими длинами волн) в портах Ц;

Проведение измерений.

- 1. Проведите измерение входной мощности в соответствии с Рис.3
- 2. Соедините оптическим шнуром выход источника оптического излучения со входным портом (портом 1) циркулятора. Входной коннектор шнура отключать от источника недопустимо(!).
- 3. Соедините выходной порт 2 с измерителем оптической мощности.
- 4. Произведите снятие показаний измерительного прибора. Результаты измерения занесите в Таблицу 2.
- 5. Соедините оптическим шнуром выход источника оптического излучения со портом 2 циркулятора.
- 6. Соедините выходной порт 2 с измерителем оптической мощности.

7. Произведите снятие показаний измерительного прибора. Результаты измерения занесите в Таблицу 2.
8. Полученные данные будут необходимы при проведении измерений оптических возвратных потерь.

Измерение оптических возвратных потерь.

1. Перед измерением оптических возвратных потерь подготовьте к работе оптический циркулятор. Для этого проведите измерение вносимых потерь между портами 1 и 3, а также между портами 3 и 2.
2. Данные измерений запишите в таблицу 2.
3. Подключите порт 1 к выходу источника оптического излучения, а порт 2 к измерителю оптической мощности.
4. Подключите к порту 3 вход тестируемого разветвителя.
5. С помощью коннекторов APC подавите отражения от границы «стекло-воздух» в выходных портах тестируемого разветвителя.
6. Проведите измерение оптической мощности на выходе 2 порта калибровочного разветвителя (на входе измерителя оптической мощности).
7. Запишите показания измерительного прибора в таблицу 3.
8. Проведите измерения на другой длине волны.
9. Рассчитайте оптические возвратные потери по формуле (5). При расчёте ORL учитывайте потери, добавленные вспомогательным разветвителем.

Таблица 2. Результаты исследования циркулятора.

№п/п	$P_{вх.}$	$P_{вых3}$	$P_{вых2}$	$П_{1-3}$	$П_{3-2}$
$\Lambda = 1310 \text{ нм}$					
1					
$\Lambda = 1550 \text{ нм}$					
2					

Таблица 3. Результаты измерения оптических возвратных потерь (ORL).

№п/п	$P_{вх.}, \text{ дБм}$	$P_{изм.}, \text{ дБм}$	$\Delta P = P_{вх} - П_{1-3} - П_{3-2}$	ORL, дБ
$\Lambda = 1310 \text{ нм}$				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
$\Lambda = 1550 \text{ нм}$				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Измерение технических характеристик разветвителя WDM (WDM-сплиттера).

Разветвителем WDM (часто называемым WDM-сплиттером или мультиплексором WDM, WDM расшифровывается как Wavelength-division multiplexing – спектральное разделение каналов) называется устройство, разделяющее групповой поток, состоящий из двух длин волн (двух каналов) на два одноволновых (одноканальных) направления и выполняющее функцию объединения длин волн (каналов) в обратном направлении. То есть использование данной технологии позволяет объединять два сигнала с различными длинами волны для отправки по одному передающему волокну, объединение выполняется оптическим разветвителем WDM (в этом случае он иногда называется комбайнером). По прохождении сигналы вновь разделяются WDM-сплиттером на исходные, для разделения используется фильтрация по длине волны.

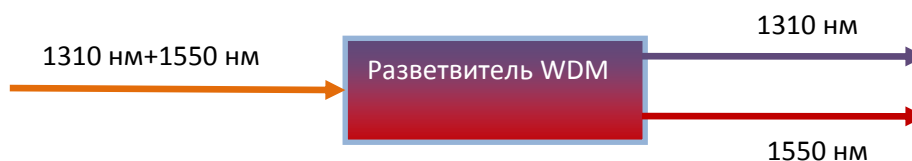


Рис.6. Схема WDM-сплиттера. Работа при разделении каналов.

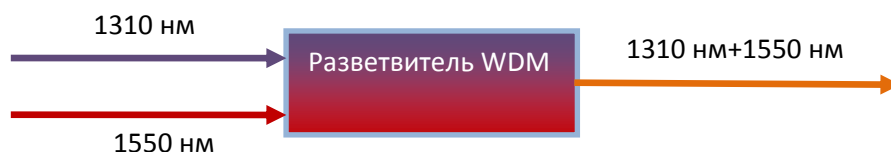


Рис.12. Схема WDM сплиттера. Работа при объединении каналов.

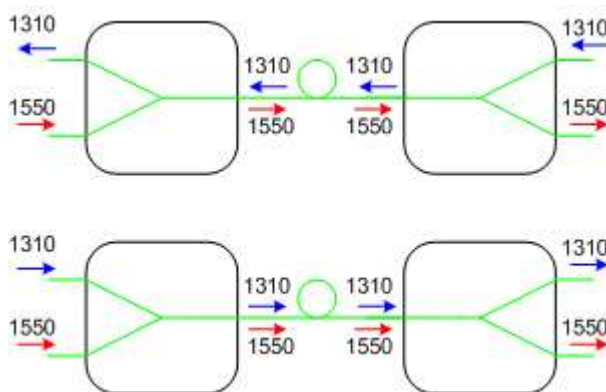


Рис.13. Работа WDM-сплиттеров при спектральном уплотнении каналов в одном направлении и во встречных направлениях.

Особенностью такого устройства при разделении каналов является то, что часть мощности из одного канала на выходе попадает в другой канал. Если провести измерения в любом выходном порте WDM-сплиттера, то окажется, что в порт 1310 нм попадает часть излучения с длиной волны 1550 нм, и наоборот – в выходном порту 1550 нм присутствует часть мощности 1310 нм. Логарифмическое отношение мощностей каналов

в выходном порту называется изоляцией каналов. Изоляция рассчитывается по следующей формуле:

$$a_{из} = 10 \lg \frac{P_{1550, \text{ мВт}}}{P_{1310, \text{ мВт}}}, \text{ дБ}$$

Кроме изоляции каналов к техническим характеристикам относятся:

1. рабочие длины волн;
2. ширина канала (обычно ± 10 нм);
3. коэффициент деления оптического сигнала (от 50/50 до 1/99);
4. вносимые потери ($\leq 1,2$ дБ);
5. направленность (≥ 50 дБ);
6. поляризационно-зависимые потери (обычно $\leq 0,1$ дБ);
7. рабочая температура ($-40^\circ\text{C} \dots +70^\circ\text{C}$)

Проведение измерений.

1. Соедините источник оптического излучения с измерителем оптической мощности.
2. Включите источник и измеритель на одной длине волны.
3. Запишите показания измерителя в таблицу 4.
4. Переключите измерительные приборы для работы на другой длине волны и проведите измерения в соответствии с п.п. 1-3
5. Подключите источник оптического излучения к входному порту WDM-сплиттера.
6. К одному из выходных портов подключите измеритель уровня оптической мощности.
7. Включите источник оптического излучения и измеритель для работы на одинаковой длине волны (1310 или 1550 нм) и дайте им прогреться в течение 1 минуты.
8. Снимите показания с табло измерителя оптической мощности и запишите их в таблицу 4.
9. Переключите измерительные приборы для работы на другой длине волны.
10. Снимите показания с табло измерителя и занесите их в таблицу 4.
11. Отключите измеритель от проверенного выходного порта и подключите его к другому выходному порту.
12. Проведите измерения в соответствии с п.п. 4-8.
13. Данные измерений занесите в таблицу 4.
14. Подключите источник к порту 2 и проведите измерения в соответствии с п.п. 4-13.

№ входного/ выходного	$P_{вх1310}$, дБм	$P_{вх1550}$, дБм	$P_{вых 1310}$ дБм	$P_{вых 1550}$ дБм	$a_{из}$, дБ	Вносимые потери П, дБ
-----------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------	--------------------------

порта						
Измерения по схеме на рис.6 (источник подключен к порту 1)						
1/2						
1/3						
Измерения по схеме на рис.7 (источник подключается последовательно к портам 2 и 3)						
2/1						
3/1						

Содержание отчёта:

1. Параметры, соответствующие номеру Вашего варианта
2. Теоретический расчет с указанием всех использованных формул и комментариями
3. Таблицу 1 с результатами предварительных измерений
4. Таблицу 2 с результатами измерений и расчетов
5. Таблицу 3 с результатами измерений и расчетов
6. Таблицу 4 с результатами измерений и расчетов
7. Формулы и комментарии, относящиеся к обработке результатов измерений
8. Гистограммы исследований на двух длинах волн.