# Лабораторная работа №5

# Изучение принципа работы WDM сплиттеров

Выполнила: Величкина А. С.

Цель работы: изучить принцип работы WDM сплиттеров, представленных на лабораторном стенде. Построение матрицы передачи сплиттера.

Описание оборудования и методики эксперимента: оптические кабели (ВОК), патч-корды с различными комбинациями разъемов, WDM сплиттеры, представленные на стенде, многофункциональный оптический тестеррефлектометр ТОПАЗ-7315-AR.

# Теоретическая часть

WDM – Wavelength Division Multiplexing (Спектральное уплотнение каналов). Это технология, которая позволяет собирать в одно оптическое волокно несколько «потоков» оптического сигнала. Каждый поток транслируется на своей длине волны.

Существует три способа передачи сигнала по одному волокну:

1. разделение мощности сигнала на концах линии;
2. за счет учета поляризации излучения;
3. с использованием WDM-систем – наиболее распространенный способ.

Принципиальная схема разделителя:

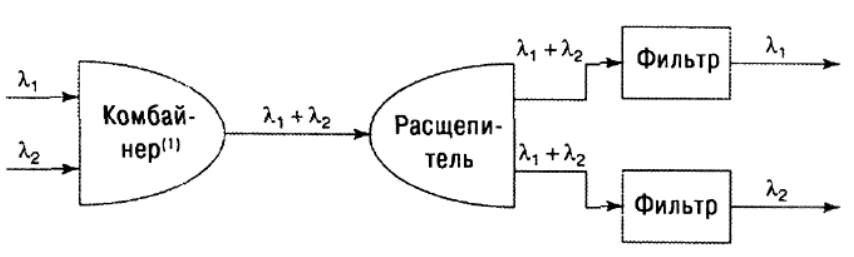


Рис. 1. Принципиальная схема WDM-разделителя

Оптические свойства волоконно-оптических устройств ветвления могут быть определены в терминах матрицы коэффициентов пxп, где n - число портов, а коэффициенты представляют часть мощности, передаваемой между назначенными портами.

Коэффициентом передачи является элемент tij матрицы передачи. Каждый коэффициент tij определяет минимальную часть мощности, переданную от порта *i* к порту *j*, для любого состояния, при условии, что путь *ij* включен.

# Экспериментальная часть

1. Измерение уровня мощности

Для длины волны 1310 нм результаты измерений приведены в таблицах:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| λ = 1310 нм | **Вывод для подключения измерителя** | | | | | | | **Избыточные потери ELi** |
| **Вывод для подключения источника** |  | COM | | 1310&1490 нм | | 1550 нм | |
| COM | 0,00 | дБ | -0,61 | дБ | -67,60 | дБ | -2,715240891 |
| -0,42 | дБм | -1,04 | дБм | -68,10 | дБм |
| 907,40 | мкВт | 788,20 | мкВт | 0,00 | мкВт |
| 1310&1490 нм | -0,48 | дБ | 0,00 | дБ | -85,60 | дБ | -2,770721089 |
| -0,89 | дБм | -0,42 | дБм | -86,00 | дБм |
| 810,00 | мкВт | 907,40 | мкВт | 0,00 | мкВт |
| 1550 нм | -68,42 | дБ | -85,70 | дБ | 0,00 | дБ | -1,14867E-07 |
| -68,84 | дБм | -86,10 | дБм | -0,42 | дБм |
| 0,00 | мкВт | 0,00 | мкВт | 907,40 | мкВт |

Матрица переключения сплиттера T была вычислена из результатов измерений по формуле:

где – элементы матрицы переключения Т.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Матрица переключения | | |
| 1 | 0,868633212 | 1,10205E-07 |
|  |
|  |
| 0,89265783 | 1 | 1,32246E-08 |  |
|  |
|  |
| 1,32246E-08 | 1,32246E-08 | 1 |  |
|  |
|  |

Логарифмическая матрица переключения сплиттера А была вычислена из результатов измерений по формуле:

где – элементы матрицы А.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Логарифмическая матрица переключения | | |
| 0 | 0,611635695 | 69,578 |
|  |
|  |
| 0,493149811 | 0 | 78,78618754 |  |
|  |
|  |
| 78,78618754 | 78,78618754 | 0 |  |
|  |
|  |

Избыточные потери вычислялись по формуле: .

Проанализируем полученный результат. Как и ожидалось, при длине волны излучения источника 1310 нм большая часть энергии проходит на выход 1310&1490нм, однако при этом наблюдаются потери порядка 120 мкВт, что и видно из избыточных потерь в тракте. Стоит отметить хорошую развязку между выходами устройства: на соседние выходы проходит минимальное количество мощности сигнала, значения составляли пВт.

Результаты измерений для длины волны 1550 нм приведены в таблицах:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| λ = 1550 нм | **Вывод для подключения измерителя** | | | | | | | **Избыточные потери ELi** |
| **Вывод для подключения источника** |  | COM | | 1310&1490 нм | | 1550 нм | |
| COM | 0,00 | дБ | -30,18 | дБ | -0,94 | дБ | -2,570462982 |
| -0,59 | дБм | -30,74 | дБм | -1,52 | дБм |
| 873,98 | мкВт | 0,82 | мкВт | 704,80 | мкВт |
| 1310&1490 нм | -30,12 | дБ | 0,00 | дБ | -46,83 | дБ | -2,942796067 |
| -30,71 | дБм | -0,59 | дБм | -47,30 | дБм |
| 847,00 | мкВт | 873,98 | мкВт | 0,02 | мкВт |
| 1550 нм | -1,02 | дБ | -46,88 | дБ | 0,00 | дБ | -2,524575867 |
| -1,62 | дБм | -47,00 | дБм | -0,59 | дБм |
| 689,00 | мкВт | 0,02 | мкВт | 873,98 | мкВт |

По аналогичным формулам были вычислены матрица переключения и логарифмическая матрица переключения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Матрица переключения | | |
| 1 | 0,00093824 | 0,806428551 |
|  |
|  |
| 0,969133063 | 1 | 2,05955E-05 |  |
|  |
|  |
| 0,788350272 | 2,05955E-05 | 1 |  |
|  |
|  |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Логарифмическая матрица переключения | | |
| 0 | 30,27686148 | 0,934341046 |
|  |
|  |
| 0,136165897 | 0 | 46,86227495 |  |
|  |
|  |
| 1,032807781 | 46,86227495 | 0 |  |
|  |
|  |

Проанализируем полученный результат. Также как и для сигнала с длиной волны 1330 нм, большая часть энергии проходит на выход устройства с соответствующей длинной волны: 1550 нм, потери составили порядка 170 мкВт. Стоит отметить худшую по сравнению с предыдущим случаем развязку устройства: между выходами проходит значительно больше мощности сигнала, значения составляют уже десятки нВт. Также наблюдаются большие избыточные потери. Возможное объяснение ухудшения результатов может быть объяснено особенностями распространения сигнала с большей длиной волны в сплиттере. Большие отражения для сигналов с большей длиной волны приводят к ухудшению развязки и, следовательно, увеличению потерь.

# Вывод

В ходе лабораторной работы были исследованы оптические WDM-сплиттеры. Было подтверждено основное свойство устройства, связанное с разделением сигналов с разными длинами волн и частотами. Было замечено, что устройство обладает худшими параметрами при большей длине волны сигнала.

# Ответы на контрольные вопросы

1. В чем состоит принцип работы WDM сплиттеров?

Ответ. Принцип работы заключается в следующем: оптический сигнал проходит по одному волокну, после чего разделяется на два, при этом мощность обычно также делится поровну. Разделение информационных потоков производится либо в частотной области, когда частотные подканалы изолированы друг от друга, а сигналы не пересекаются, либо по временной области, когда информация поступает в виде последовательно передающихся блоков, где в каждый отдельно взятый интервал времени передается часть отдельного сигнала, в этом случае необходима синхронизация передатчика с приемником.

1. Какова конструкция WDM сплиттеров?

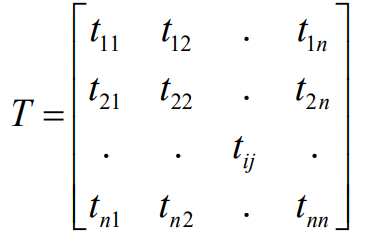
Ответ. Применяется оптоволокно с буфером 0.9 мм. Диаметр кабеля составляет 3 мм. WDM сплиттеры могут быть оконечены оптическими коннекторами требуемого типа. Принцип работы заключается в следующем: оптический сигнал проходит по одному волокну, после чего разделяется на два, при этом мощность обычно также делится поровну. Разделение информационных потоков производится либо в частотной области, когда частотные подканалы изолированы друг от друга, а сигналы не пересекаются, либо по временной области, когда информация поступает в виде последовательно передающихся блоков, где в каждый отдельно взятый интервал времени передается часть отдельного сигнала, в этом случае необходима синхронизация передатчика с приемником.

1. Что такое коэффициент передачи?

Ответ. Коэффициентом передачи является элемент tij матрицы передачи. Каждый коэффициент tij определяет минимальную (в расчете на худший случай) часть мощности, переданную от порта *i* к порту *j*, для любого состояния, при условии, что путь *ij* включен.

1. Что такое матрица передачи?

Ответ. Оптические свойства волоконно-оптических устройств ветвления могут быть определены в терминах матрицы коэффициентов пxп, где n - число портов, а коэффициенты представляют часть мощности, передаваемой между назначенными портами. В общем случае матрица передачи Т имеет вид:



1. Что такое логарифмическая матрица передачи?

Ответ. Логарифмической матрицей передачи называется матрица передачи, единицы которой переведены в дБ \

1. Что такое избыточные потери WDM сплиттера?

Ответ. Избыточные потери – это общая мощность, потерянная в устройствах ветвления, когда оптический сигнал подается в порт *i*. Они определяются как:

где суммирование осуществляется только по тем значениям *j*, для которых *i* и *j* – проводящие порты. Для устройства ветвления с N входными портами будет существовать массив из N значений избыточных потерь, по одному значению для каждого входного порта *i*.