

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 «поточков» 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:

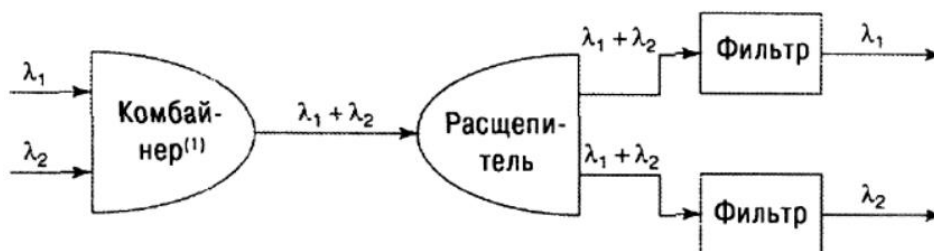


Рис. 1. Принципиальная схема WDM-разделителя

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

Коэффициентом передачи является элемент t_{ij} матрицы передачи. Каждый коэффициент t_{ij} 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:

$\lambda = 1310 \text{ нм}$	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 Т была вычислена из результатов измерений по формуле:

$$t_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i},$$

где t_{ij} – 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:

$$a_{ij} = -10 * \lg(t_{ij})$$

где a_{ij} – 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: $EL_i = -10lg(\sum_j t_{ij})$.

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:

$\lambda = 1550$ 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 длиной 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.

2. 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.

3. Что такое коэффициент передачи?

Ответ. Коэффициентом передачи является элемент t_{ij} матрицы передачи. Каждый коэффициент t_{ij} 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.

4. Что такое матрица передачи?

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

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \cdot & t_{2n} \\ \cdot & \cdot & t_{ij} & \cdot \\ t_{n1} & t_{n2} & \cdot & t_{nn} \end{bmatrix}$$

5. Что такое логарифмическая матрица передачи?

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

6. 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:

$$EL_i = -10 \lg \left(\sum_j t_{ij} \right)$$

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 .