

Министерство образования и науки РФ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.Н.ТУПОЛЕВА

Кафедра радиоэлектронных и квантовых устройств

Методические указания к лабораторной работе №716

Исследование характеристик оптического разветвителя 1х2

по дисциплине «Оптические направляющие среды и
пассивные компоненты ВОЛС»
для студентов специальности 210401.65 «Физика и
техника оптической связи»

Составил: старший преподаватель
Д.Л.Айбатов,
доцент
Л.Р.Айбатов

Казань 2013

Определены задачи лабораторных исследований и порядок их выполнения. Приведены контрольные вопросы.

Пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину СД.Ф.3 "Оптические направляющие среды и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи (ВОЛС)", специальности 210401.65 «Физика и техника оптической связи» направления 210400 «Телекоммуникации» очной и заочной форм обучения технических университетов

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

В данных методических указаниях описана лабораторная работа:

Исследование характеристик оптического разветвителя 1х2.

Выполнение лабораторной работы позволяет:

- получить практические навыки по использованию измерителя оптической мощности и произвести с его помощью измерение затухания, вносимого оптическими элементами, градуировку переменного аттенюатора, осуществить требуемые коммутации в модели оптической линии связи;
- произвести исследования характеристик пассивных элементов оптического тракта: оптических соединителей различного типа (розеток, коннекторов, постоянных и переменных аттенюаторов) и влияния на величину затухания, вносимого соединением в оптическую линию значения числовой апертуры стыкуемых световодов.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Блок-схема лабораторной установки изображена на рис. Л0.1 и Л0.2. В ее состав входят следующие элементы.

1. *Универсальная кассета (сплайс-пластина)*, которая служит для фиксации мест термического соединения (сварки) волоконных световодов.

2. *Два отрезка четырехволоконного одномодового кабеля* (желтый цвет защитной оболочки), оконцованный с одной стороны коннекторами типа SC/SPC (четыrehволоконная полувилка SC/SPC-4, SC/SPC-4, DST/4/SM 9/125). Неоконцованные стороны трех (из четырех) световодов этих отрезков попарно соединены между собой с помощью сварки. Термоусадочные трубки, защищающие места сварки зафиксированы в кассете 1.

3. *Два отрезка четырехволоконного многомодового кабеля* (оранжевый цвет защитной оболочки), оконцованный с одной стороны коннекторами типа SC/PC (четыrehволоконная полувилка SC/PC-4, SC/PC-4, DST/4/MM 50/125). Неоконцованные стороны трех (из четырех) световодов этих отрезков попарно соединены между собой с помощью сварки. Термоусадочные трубки, защищающие места сварки зафиксированы в кассете 1.

4. *Две коммутационные коробки серии W902 (настенный кросс)*, рассчитанные на 8 розеточных портов. В коробках установлены:

- четыре соединительных розетки типа SC-SC/UPC в верхнем ряду (для соединения одномодовых световодов, оконцованных коннекторами типа FC) ;
- четыре соединительных розетки типа SC-SC/PC в нижнем ряду (для соединения многомодовых световодов, оконцованных коннекторами типа FC).

Оконцованные стороны четырехволоконных кабелей закреплены в коробках и коннекторы их световодов соединены с соответствующими розетками с внутренней стороны коробок.

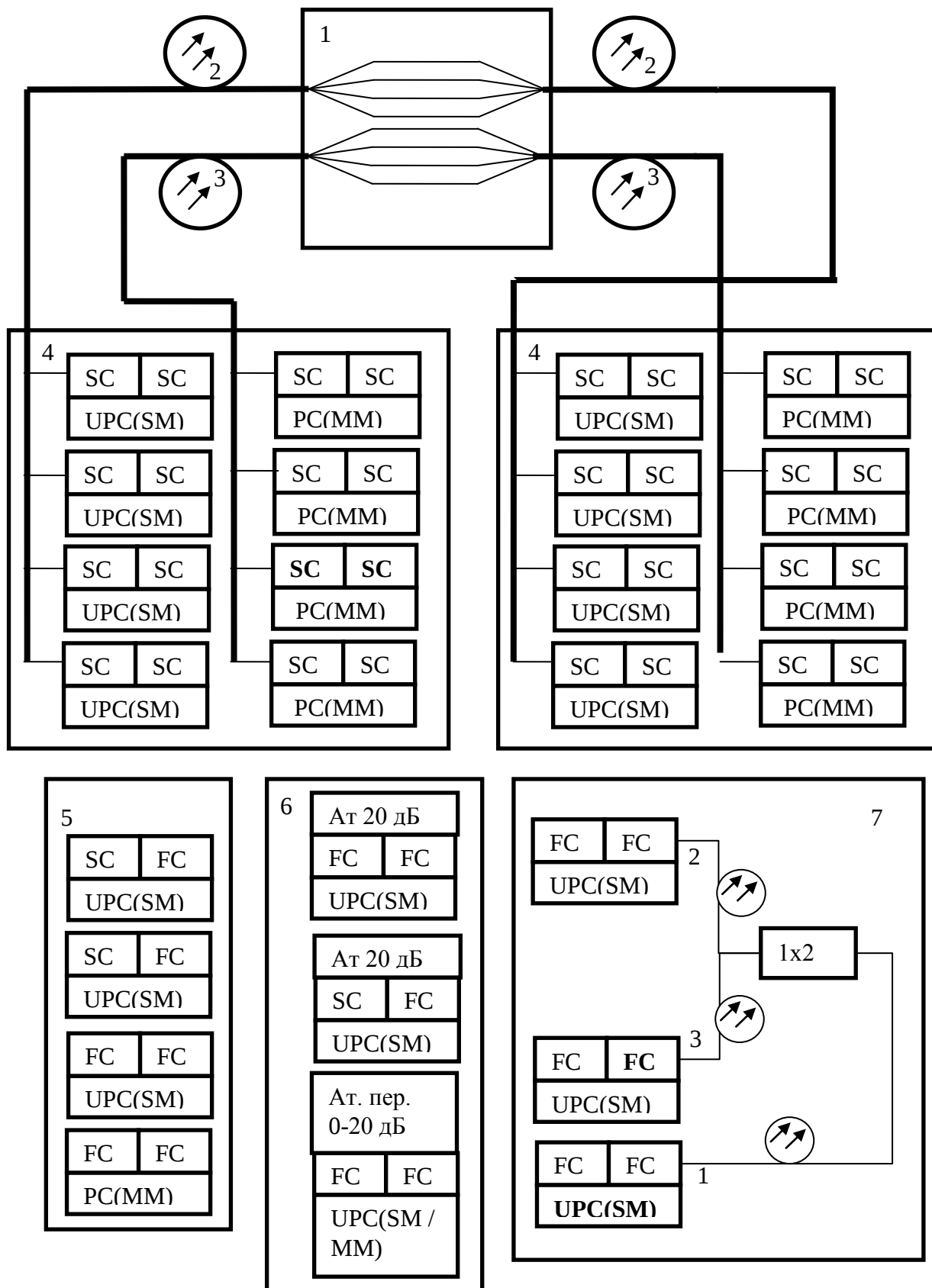


Рис. Л0.1.

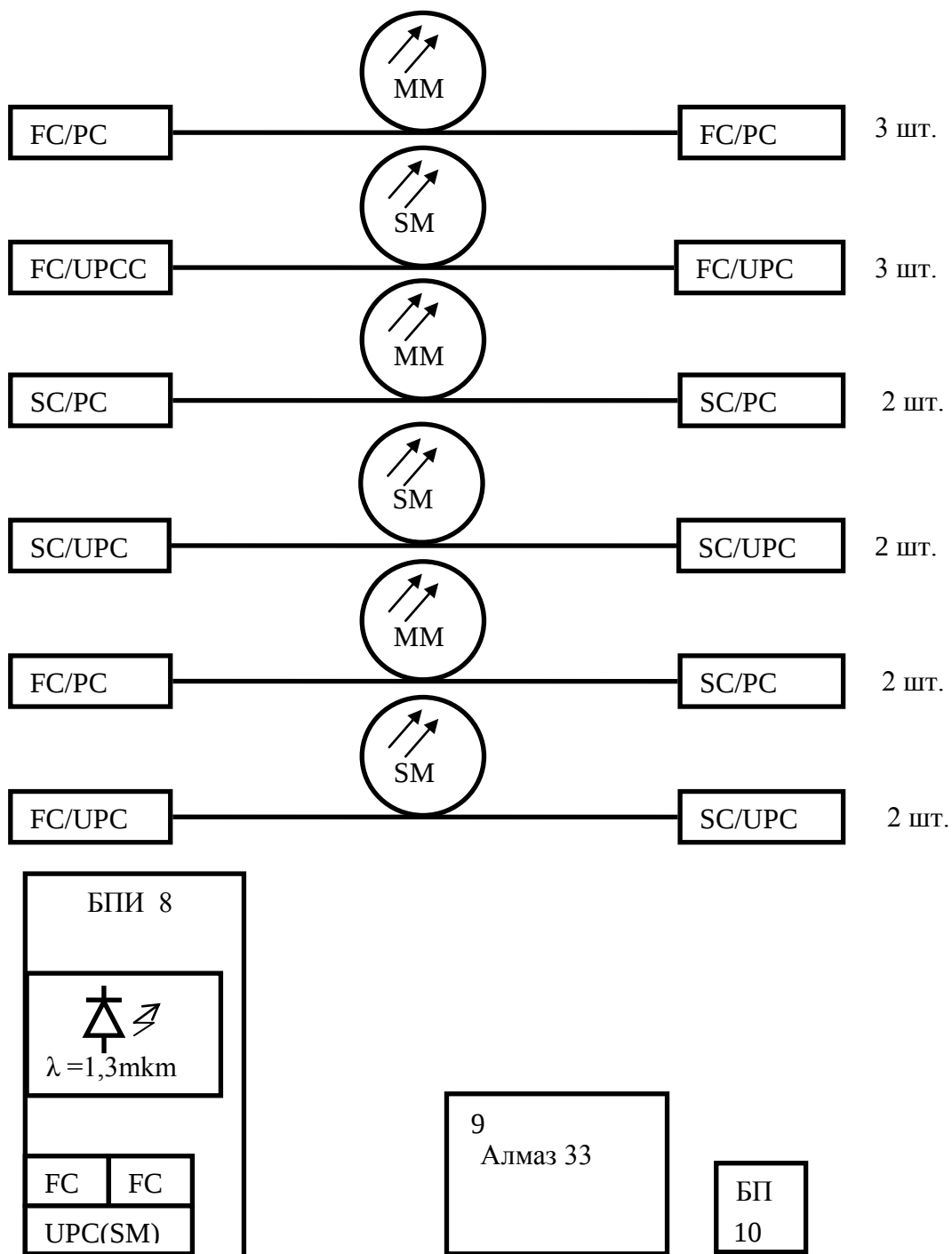


Рис. Л0.2.

5. Плата с оптическими пассивными элементами, на которой установлены:

- переходная одномодовая розетка FC-SC/UPC с керамическим центратором;
- переходная многомодовая розетка FC-SC/PC с бронзовым центратором;

- соединительная одномодовая розетка FC-D/UPC с керамическим центратором;
- соединительная многомодовая розетка FC-D/PC с керамическим центратором.

6. Плата с оптическими пассивными элементами, на которой установлены:

- фиксированный аттенюатор-розетка для одномодового волокна FC/SM. Вносимое затухание – 20 дБ;
- фиксированный аттенюатор-розетка для многомодового волокна FC/MM. Вносимое затухание – 20 дБ;
- переменный аттенюатор – розетка для одномодового и многомодового волокна FC/SM. Вносимое затухание 0 – 20 дБ.

7. Плата с оптическими пассивными элементами, на которой установлены:

- одномодовый (SM) делитель 50/50, 1x2. Световоды делителя оконцованы коннекторами типа FC/SPC;
- три соединительных розетки FC-D/UPC с керамическим центратором.

Все розетки и аттенюаторы закреплены в стойках, которые крепятся к соответствующим платам. Сами платы установлены на две общие П-образные направляющие. На противоположных концах направляющих размещены крышки, с помощью которых они соединяются с боковыми стенками экрана. На центральной части экрана укреплены кассета (1) и четыре отрезка кабеля (2,3). Вся конструкция размещается на верхней полке лабораторного стола.



Рис. Л0.3

8. *Блок питания излучателя (БПИ).* Его лицевая панель изображена на рис. Л0.3. Он обеспечивает генерацию оптического излучения в диапазоне длин волн $\lambda=1,33$ мкм с помощью лазерного диода (полупроводникового лазера) типа LFO-14-ir с выходной мощностью 1 мВт. Диод состыкован с отрезком одномодового волокна, которое оконцовано коннектором типа FC/SPC. Подключение его к внешним оптическим цепям осуществляется с помощью оптической розетки типа FC «**ОПТИЧЕСКИЙ ВЫХОД**», выведенной на лицевую панель (рис. Л0.3). На лицевую панель выведена ручка потенциометра «**РЕГУЛИРОВКА**», с помощью которого изменяется ток, протекающий через лазерный диод (ток накачки) и, соответственно, его мощность.

Для контроля тока накачки и мощности излучения на лицевой панели БПИ имеется цифровой индикатор «**ТОК ИЗЛУЧАТЕЛЯ, ОПТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ**». Переключение режимов измерения производится кнопочным переключателем «**РЕЖИМ**». Нажатие кнопок «**ТОК**» или «**МОЩНОСТЬ**» на лицевой панели приводит к тому, что значение соответствующего параметра отображается на цифровом индикаторе.

Измерение мощности производится с помощью встроенного в корпус лазера фотодиода, ток которого и отображается на цифровом табло в режиме «**МОЩНОСТЬ**». Следует помнить, что показания индикатора в этом режиме имеют относительный характер. Данный режим используется для контроля работоспособности лазерного диода.

Питание БПИ осуществляется от сети 220v / 50Hz. Включение блока осуществляется тумблером с подсветкой «**СЕТЬ**» на лицевой панели.

9. *Измеритель оптической мощности «Алмаз 33»*, который используется в качестве эталонного измерителя оптической мощности. Оптическая мощность подается на его вход с помощью волоконного шнура. Прибор имеет автономный источник питания и сетевой адаптер (10). Работа с прибором производится на основании его технического описания, входящего в комплектацию лабораторной установки.

Кроме того, в состав лабораторной установки входят волоконные соединительные и переходные шнуры (ВС), служащие для соединения элементов установки между собой. В комплект установки входят:

- 3 соединительных многомодовых шнура (оранжевый или оранжевый цвет защитной оболочки) с коннекторами FC/PC;
- 3 соединительных одномодовых (желтый цвет защитной оболочки) шнура с коннекторами FC/SPC;
- 2 соединительных многомодовых шнура (оранжевый цвет защитной оболочки) с коннекторами SC/PC;
- 2 соединительных одномодовых шнура (желтый цвет защитной оболочки) с коннекторами SC/SPC;

- 2 переходных многомодовых шнура (оранжевый цвет защитной оболочки)с коннекторами FC/ PC-SC/PC;
- 2 переходных одномодовых шнура (оранжевый цвет защитной оболочки)с коннекторами FC/ SPC-SC/SPC.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 716. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ 1Х2

Л4.1. Теоретическая часть

Неселективные разветвители подразделяют на два основных типа: Т-образные, построенные по принципу ответвления оконечных устройств от главного ствола линии, и звездообразные.

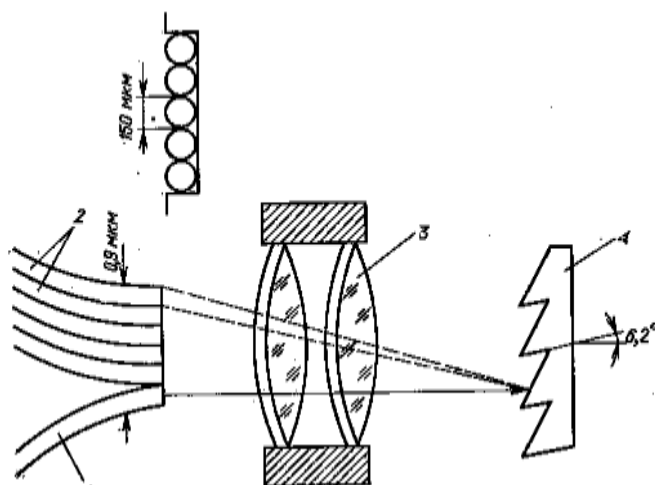


Рис. Л.4.1. Устройство пятиканального демультиплексора:

1 – входной ВС; 2 – выходные ВС; 3 – объектив; 4 – дифракционная решетка

Потери при распределении мощности излучения в системе с Т-образными соединителями возрастают пропорционально числу абонентов, а в системе со звездообразными ответвителями – пропорционально логарифму числа оконечных устройств N . Так, в системе с 20 оконечными устройствами общие потери составляют в первом случае 130 дБ, а во втором – 28 дБ. Поэтому в системах с большим числом абонентов целесообразно применение звездообразных соединительных устройств.

Деление мощности с помощью Т-образного разветвителя характеризуют следующими величинами затухания:

- в прямом направлении $\alpha_1 = -10 \lg (P_1/P_2)$, $P_4=0$;
- вносимым $\alpha_2 = -10 \lg (P_2+P_3)$, $P_4=0$;
- при ответвлении $\alpha_3 = -10 \lg (P_1/P_3)$;
- связи $\alpha_4 = -10 \lg (P_4/P_2)$, $P_1=0$;
- в обратном направлении $\alpha_5 = -10 \lg (P_4/P_1)$.

В звездообразном ответвителе к каждому из входных ВС подведена мощность P_e , ($i=1, 2, \dots, n$), которая передается выходным ВС. Пусть P_a , ($j=1, 2, \dots, m$) — мощность, поступающая в j -и выходной ВС. При равномерном распределении входной мощности между выходными ВС ответвитель характеризуют следующие величины:

- потери на расщепление $\alpha_n = 10 \lg m$;
- вносимые потери $\alpha_{i,i} = -10 \lg P_e / (P_{a1} + P_{a2} + \dots + P_{am})$;
- ослабление в обратном направлении $\alpha_{r,l} = -10 \lg P_{ei=l} / P_{ei}$, где $l=1, 2, \dots, n$.

При конструировании оптического разветвителя желательно достичь малых вносимых потерь, малой модовой зависимости конструкции, хорошей воспроизводимости параметров, простоты конструкции, малых размеров и массы. Конструкция разветвителя зависит от типа ВС, приемного угла, отношения радиуса сердцевинки к толщине оболочки, возбуждаемого медового распределения на вводе ВС.

По своей конструкции разветвители разделяют на две основные группы — *биконические*, в которых излучение передается через боковую поверхность, и *торцевые*, в которых излучение передается через торец. В обеих группах передача излучения может осуществляться либо при непосредственном контакте ВС, либо через вспомогательные элементы — зеркала, линзы, смесители. В биконических разветвителях свет может быть извлечен через боковую поверхность при преобразовании направляемой моды в моду излучения или при связи со вторым ВС через исчезающее поле (рис. Л.4.2). Преобразование распространяющейся волны в моды излучения получают при изгибе ВС, при снятии оболочки или коническом сужении сердцевинки. Биконические разветвители легко изготовить, однако они обладают плохой воспроизводимостью параметров. Вносимые потери 0,2...1 дБ.

Из разветвителей торцевого типа наиболее распространены такие, в которых торцы выходных ВС непосредственно состыковываются с торцом входного ВС и ническим способом или заливаются каплей клея. Изменяя взаимное положение закрепляются каким-либо механическим способом или заливая каплей клея.

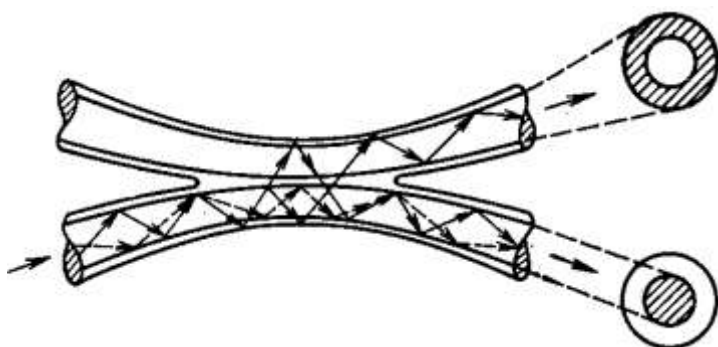


Рис. Л.4.2. Биконический разветвитель со связью через затухающее поле

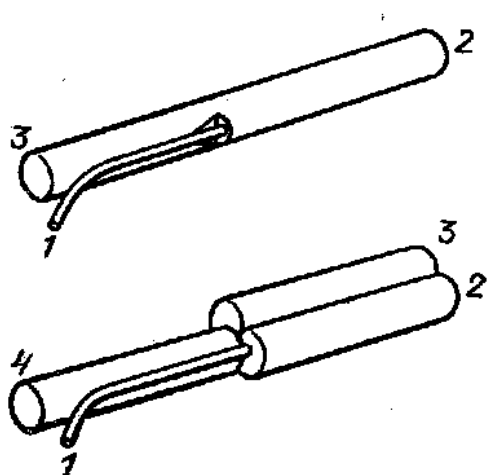


Рис. Л.4.3. Разветвители торцевого типа: 1 – входной ВС; 2,3,4 – выходные ВС

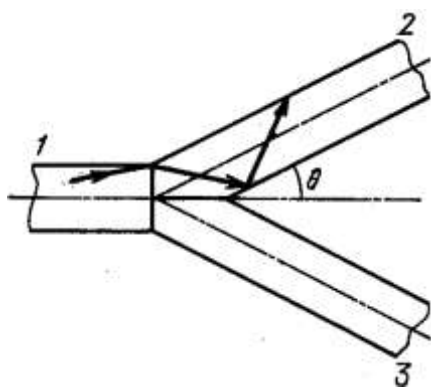


Рис. Л.4.4. Разветвитель с ветвящейся структурой: 1 – входной ВС; 2,3 – выходные ВС

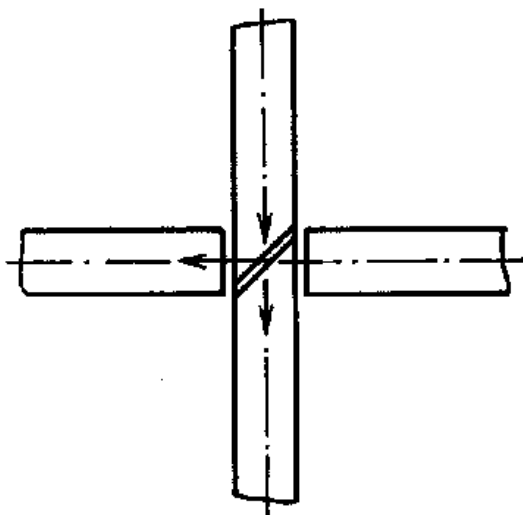


Рис. Л.4.5. Разветвитель с расщеплением пучка.

Изменяя взаимное положение торцов ВС и подбирая их поперечное сечение (рис. Л.4.3), можно изменять в широких пределах отношение мощностей в разных выходных каналах. Вносимые потери составляют 0,3...1,2 дБ. Для их уменьшения, а также для снижения возбуждения мод оболочки стравливают или сошлифовывают. На рис. Л.4.4 изображен разветвитель с ветвящейся структурой, сформированный путем склеивания или оплавления выходных ВС вдоль сошлифованных под малым углом сердцевин и соединения с торцом входного ВС. Хотя принцип разветвителя простой, изготовление затруднительно, вносимые потери составляют 0,5...1,2 дБ. Эта конструкция подходит как для градиентных, так и для ступенчатых ВС. Разделение мод и потери растут с ростом угла, под которым соединены ВС.

Разветвитель с расщеплением пучка показан на рис. Л.4.5. ВС разрезан под углом 45° к оси, торцы его отполированы и покрыты частично отражающими металлическими и диэлектрическими зеркалами.

Теоретическая величина потерь 0,5 дБ. Практически для всех типов ВС вносимые потери равны 1...1,5 дБ в зависимости от коэффициента разделения.

Для разветвления мощности также применяют:

- формирование на конце входного ВС, очищенного от оболочки, шариковой линзы с отражающим пятном на полюсе и двумя "окнами" в местах вывода отраженного излучения в боковые выходные ВС, введение бокового ВС в V-образную канавку, сформированную в основном ВС (потери 0,5... 1,2 дБ);
- формирование глубокого надреза в основном ВС, благодаря которому часть сигнала ответвляется в боковые ВС, закрепленные над надрезом перпендикулярно основному.

В разветвителях со вспомогательными элементами широко используют диэлектрические цилиндрические линзы, представляющие собой отрезок градиентного ВС с параболическим профилем показателя преломления.

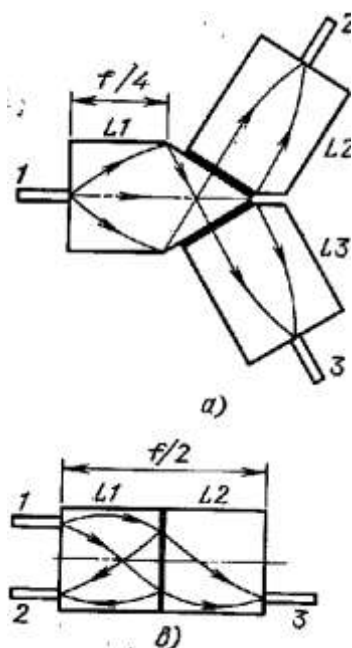


Рис. Л.4.6. Разветвители с градиентными диэлектрическими линзами: $L1$, $L2$, $L3$ – линзы; 1 – входной ВС; 2,3 – выходные ВС; f – фокусное расстояние линзы

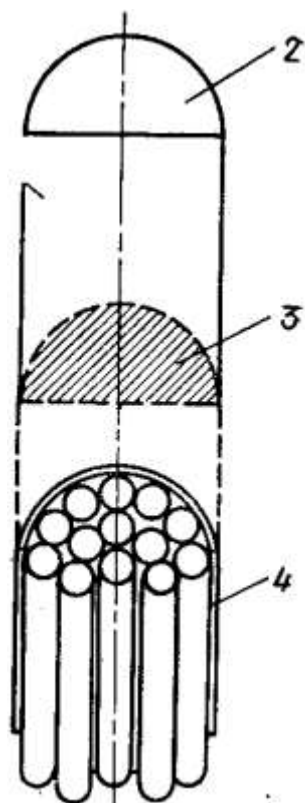


Рис. Л.4.7. Звездообразный разветвитель со сферическим зеркалом

Лучи периодически фокусируются на оси линзы в точках, расстояние между которыми определяется длиной волны сигнала. Некоторые типы разветвителей с линзами показаны на рис. Л.4.6. На торцы линз наносятся частично (рис. Л.4.6, в) или полностью (рис. Л.4.6,а) отражающие покрытия, которые на рисунке показаны утолщенными линиями. Измеренные вносимые потери, например, для разветвителя составляют 0,99 дБ для $P_3/P_\alpha = 0,03$.

На рис. Л.4.7 изображен звездообразный ответвитель. Он состоит из цилиндрического корпуса со стеклянным смесительным стержнем. Один из концов смесительного стержня представляет собой сферическое зеркало 2, на другой конец нанесено просветляющее покрытие 3. Излучение, выходящее из какого-либо ВС пучка 4, отражается от зеркала и равномерно распределяется по всем ВС. Это дает возможность каждому терминалу в системе передавать и принимать данные от любого другого терминала.

Л4.2. Экспериментальная часть.

Л4.2.1. Цель работы

- получение навыков работы с измерителем оптической мощности «Алмаз 33» при обнаружении обрыва в волоконно-оптической линии связи получение навыков работы с измерителем оптической мощности «Алмаз 33»;
- измерение переходных ослаблений между световодами оптического разветвителя.

Л.4.2.2. Порядок выполнения работы.

Внимание! Перед каждым использованием в измерениях волоконных шнуров необходимо снять защитные колпачки с их торцов. После окончания работы с волоконным шнуром обязательно установить на его торцы снятые защитные колпачки. Перед каждым использованием в измерениях оптического тестера «Алмаз 33» необходимо отвернуть защитный колпачок с торца его коннектора и немедленно соединить его с коннектором волоконного шнура. После окончания измерения обязательно установить защитный колпачок на прежнее место.

1. Установите органы управления электронного блока «Блок питания излучателя» в исходное положение:

- ручку потенциометра «регулировка» – в крайнее положение против часовой стрелки;
- кнопочный переключатель «режим» - в положение «мощность», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью;
- включите тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка.

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на оптическом выходе. Его мощность регулируется потенциометром «регулировка». На цифровом табло отображаются показания, пропорциональные фототоку встроенного в лазерный модуль контрольного фотодиода.

2. Проверьте работоспособность лазера. Для этого поверните по часовой стрелке ручку потенциометра «регулировка». Показания на цифровом табло должны увеличиваться, что свидетельствует об исправности лазера.

3. Установите кнопочный переключатель «режим» в положение «ток», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью. При этом на цифровом табло отображается значение тока, протекающего через лазерный диод (ток накачки).

4. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33».

5. Включите оптический тестер «Алмаз 33» и переведите его в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку mvt, dbm, db на его лицевой панели. Установите тестер в режим измерений на длине волны $1,3 \text{ мкм}$, нажимая кнопку λ на его лицевой панели. При необходимости используйте описание прибора «Алмаз 33».

6. Установите с помощью потенциометра «регулировка» электронного блока «Блок питания излучателя» величину оптической мощности в районе $0,5 \text{ мВт}$ по прибору «Алмаз 33». Зафиксируйте это значение в соответствующей графе табл. Л.4.1. При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

7. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению мощности в относительных единицах (измерение затухания), нажав необходимое количество раз кнопку mvt, dbm, db . После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности, поступающий на вход прибора, принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0 дБ .

8. Отсоедините оптический разъем волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC от входа оптического тестера «Алмаз 33» и соедините его с соединительной розеткой 1 FC/SPC – FC/SPC на плате 7 (рис. Л.0.2), к которой присоединен коннектор входного световода оптического делителя. Относительный уровень мощности, поступающий в первый световод в этом случае $P_1 = 0 \text{ дБ}$.

9. Соединяя попеременно розетки 2 и 3 на плате 7 с помощью одномодового волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) со входом оптического тестера проведите измерение относительного уровня мощности во втором и третьем световоде (P_2 и P_3 соответственно). Измеренные значения занесите в табл. Л.4.1.

Таблица Л.4.1. Результаты измерения относительных уровней мощности в выходных световодах разветвителя.

$P_1 = 0 \text{ дБ}$.	$P_2 =$	$P_3 =$
$P_1 =$	$P_2 = 0 \text{ дБ}$.	$P_3 =$
$P_1 =$	$P_2 =$	$P_3 = 0 \text{ дБ}$.

10. Подавая мощность во второй ($P_2 = 0 \text{ дБ}$) и третий ($P_3 = 0 \text{ дБ}$) световоды разветвителя проведите измерение относительного уровня мощности в остальных двух световодах разветвителя. Данные измерений занесите в табл. Л.4.1.

Л4.2.3. Содержание отчета

Отчет должен содержать блок-схему экспериментальной установки, основные этапы проведения работы, полученные результаты и их объяснение, таблицы, графики, выводы по работе.

Л.4.4. Контрольные вопросы

1. Какими величинами затухания характеризуют деление мощности с помощью Т-образного разветвителя?
2. Как возрастают потери при распределении мощности излучения в системе с Т-образными соединителями?
3. Как возрастают потери при распределении мощности излучения в системе со звездообразными соединителями?
4. Как классифицируются разветвители по конструкции?
5. Как происходит ответвление оптического излучения в биконическом ответвителе?
6. Как происходит ответвление оптического излучения в биконическом разветвителе?
7. Как происходит ответвление оптического излучения в разветвителе торцевого типа?
8. Как устроен разветвитель с ветвящейся структурой? Объясните принцип его работы.
9. Как происходит ответвление оптического излучения в разветвителе с расщеплением луча?
10. Как происходит ответвление оптического излучения в разветвителе с градиентными стержневыми линзами?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.А., Бурдин В.А., Попов Б.В., Попов В.Б. Технология строительства ВОСП: Учебное пособие для вузов / под ред. В.А. Андреева – Самара, СРТТЦ ПГАТИ, 2006. – 374 с.: ил.
2. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 512 с.: ил.
3. Гауэр Дж. Оптические системы связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 504 с.: ил.
4. Гитин В.Я., Кочановский Л.Н. Волоконно-оптические системы передачи. Учебное пособие для техникумов связи. – М.: Радио и связь, 2003. – 128 с.: ил.

5. Залялов Р.Г., Потапова О.В., Лаврушев В.Н. Проектирование оптоволоконных направляющих систем электросвязи: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2002. – 118 с.
6. Скларов О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М.: СОЛОН-Пресс, 2001. – 237 с: ил. – (Серия “Библиотека инженера”)
7. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 266 с.
8. Унгер Х.-Г. Планарные и волоконные оптические волноводы. – М.: Мир, 1981. – 516 с.
9. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи, 2-е дополнительное издание. – М.: Техносфера, 2004. – 496 с.
10. Чео П.К. Волоконная оптика: Приборы и системы: Пер. с англ. М.: Энергоатом издат, 1988. – 280 с.: ил.