

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

А.С. Перин, С.Н. Шарангович

**ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

**Лабораторный практикум на основе стенда
«Волоконно-оптическая связь»**

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам
для студентов направления 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и
системы связи»

Томск 2018

Оптические системы связи и обработки информации. Лабораторный практикум на основе стенда «Волоконно-оптическая связь». Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов направления 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» // А.С. Перин, С.Н. Шارانгович. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2018. – 23 с.

Данное учебно-методическое пособие является частью учебно-методического комплекса дисциплины и предназначено для подготовки и проведения лабораторных работ по дисциплине «Оптические системы связи и обработки информации». В пособии содержится необходимый теоретический материал, методические рекомендации для выполнения лабораторных работ. Пособие содержит описание пяти лабораторных работ.

Предназначено для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлению подготовки магистров 11.04.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", профиль "Оптические системы связи и обработки информации".

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Описание типового комплекта	5
Лабораторная работа № 1. Исследование основных характеристик полупроводникового лазерного излучателя ИК-диапазона	12
Лабораторная работа № 2. Исследование основных характеристик полупроводникового фотоприемника ИК-диапазона	14
Лабораторная работа № 3. Изучение работы детектора повреждений оптического волокна и его использование для поиска неисправностей в оптической линии, визуального определения критического изгиба волокна. ..	17
Лабораторная работа № 4. Определение зависимости потерь волоконного световода от его длины. Расчет коэффициента затухания оптоволокна на разных длинах волн.	19
Список литературы	21

Введение

Дисциплина «Оптические системы связи и обработки информации» изучается студентами направления 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиля подготовки «Оптические системы связи и обработки информации» во 2 семестре и относится к блоку специальных дисциплин. В рамках лекционного курса осваивается теоретический материал по учебной литературе [1], приобретаются навыки практических расчетов.

Данное учебно-методическое пособие является частью учебно-методического комплекса и предназначено для подготовки и проведения лабораторных работ. В пособии содержится необходимый теоретический материал, методические рекомендации для выполнения лабораторных работ.

Пособие содержит описание четырех лабораторных работ. Работы выполняются при использовании лабораторного стенда «Волоконно-оптическая связь» производства ООО НПП «Учтех-Профи».

Стенд предназначен для изучения и получения практического навыка работы с различными компонентами волоконно-оптических систем передачи данных и измерительным оборудованием.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлению подготовки магистров 11.04.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", профиль "Оптические системы связи и обработки информации".

Описание типового комплекта.

Лабораторный стенд «Волоконно-оптическая связь» ВОЛС-04 (далее - стенд) предназначен для изучения и получения практического навыка работы с различными компонентами волоконно-оптических систем передачи данных и измерительным оборудованием.

Лабораторный стенд состоит из лабораторной установки и дополнительного оборудования.

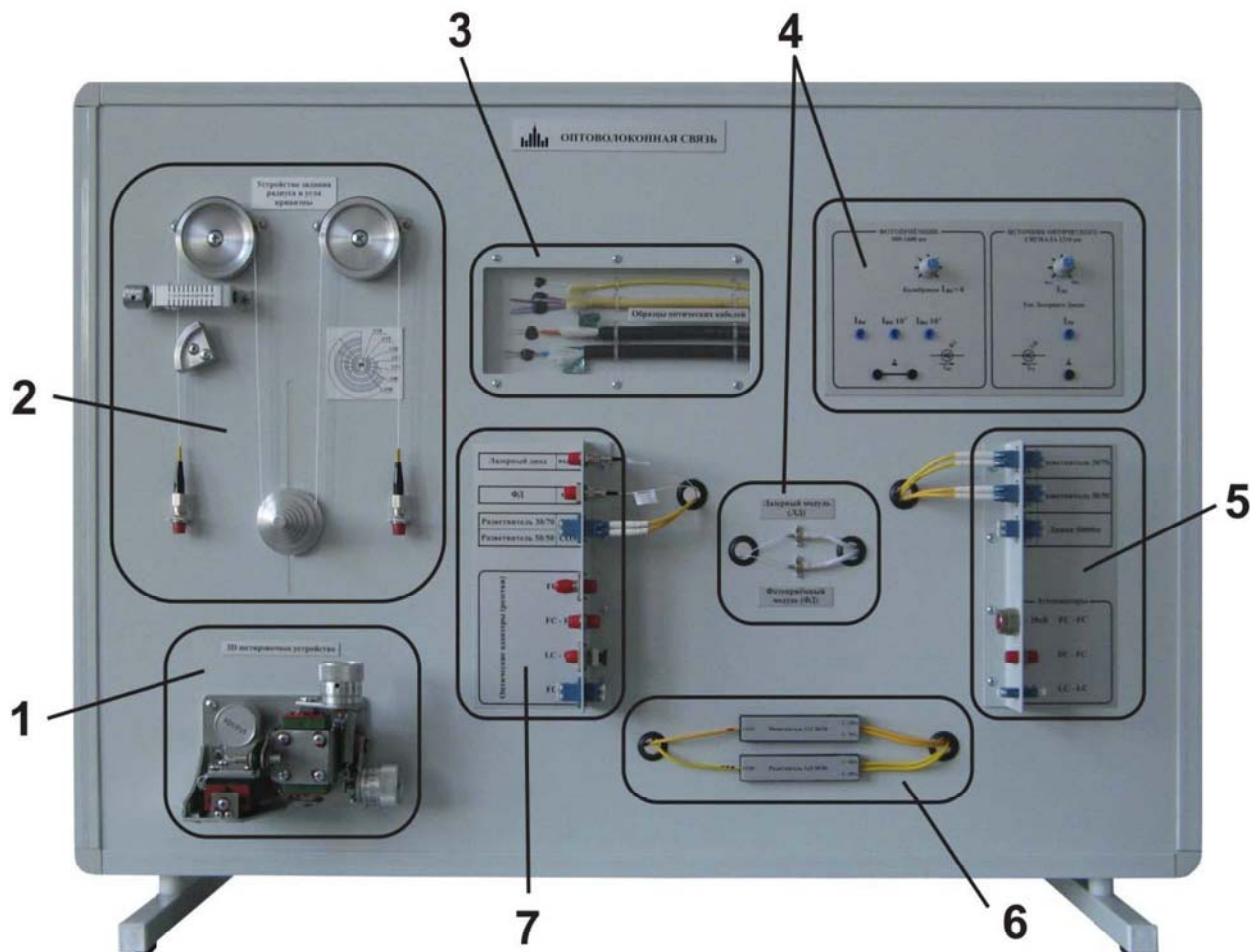


Рис. 1. Внешний вид лицевой панели лабораторной установки.

На рис. 1 лицевая панель лабораторной установки разбита на области разного функционального назначения:

1. Трехкоординатное юстировочное устройство для внесения неоднородностей встык оптоволоконка.
2. Устройство задания радиуса и угла кривизны оптоволоконка.
3. Образцы оптических кабелей для внутренней и внешней прокладки.
4. Блок активных компонентов волоконно-оптической системы передачи данных, включающий блок «источник оптического сигнала», блок «фотоприемник».
5. Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов.
6. Пассивные компоненты ВОЛС: разветвитель 70/30, разветвитель 50/50.
7. Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов.

Блок активных компонентов ВОЛС.



Рис. 2. Панель блока активных элементов.



Рис. 3. Лазерный модуль и модуль фотодиода.

Активные элементы представлены блоками «Источник оптического сигнала» и «Фотоприемник».

«Источник оптического сигнала» состоит из лазерного модуля с длиной волны 1310 нм и электрической части, представляющей собой регулируемый источник тока, ограниченный в районе 45 мА. Ручка регулировки тока лазерного диода «I_{ЛД}» находится на лицевой панели.

Блок «фотоприемник» состоит из фотоприемного модуля с чувствительным элементом InAsGa и электрической части.

Оба модуля (лазерный и фотоприемный) снабжены LC-коннекторами, которые присоединены к розеткам на планке.

Параметры лазерного модуля:

- Возможность использования в сетях до 1Gbit
- Пороговый ток, мА, 5.0
- Мощность излучения, мВт, не менее 1.0
- Рабочий ток, мА, до 70
- Макс. мощность излучения, мВт, 10
- Ток лазера (P=1.5мВт), мА, 41
- Длина волны, нм 1310
- Напряжение смещения ФД, В, 5±0.5
- Управляющий фототок, мкА, не менее 305

- Параметры оптического волокна, мкм 9/125
- Длина оптического волокна, м, не менее 0.5
- Тип оптического разъема FC

Параметры фотоприемного модуля:

- Возможность использования фотомодуля в сетях до 622Мбит/с
- Спектральная чувствительность ($U_R=5V$, $\lambda=1310nm$), А/Вт 0.9
- Темновой ток ($U_R=5V$), нА, не более 1
- Типовой темновой ток, пА 100
- Емкость ($U_R=5V$, $F=1MГц$), пФ, не более 1.7
- Полоса пропускания, ГГц, не менее 2
- Длина оптического волокна, м, не менее 0.5
- Параметры оптического волокна, мкм 9/125
- Тип оптического разъема FC
- Максимальная входная оптическая мощность, мВт, 2.0
- Максимальное напряжение смещения, В, не менее 15
- Максимальный допустимый обратный ток, мА, не менее 1.0

Электрическая схема источника оптического сигнала представлена на рис. 4. Миллиамперметр (тестер) подключается к гнездам на лицевой панели. Сопротивление шунта тестера составляет около 3.2Ом, что дает систематическую погрешность около 10%. Реальный ток через лазерный диод на 10% выше, чем показания на приборе. Схема позволяет снять зависимость мощности излучения от тока лазерного диода (см п.8).

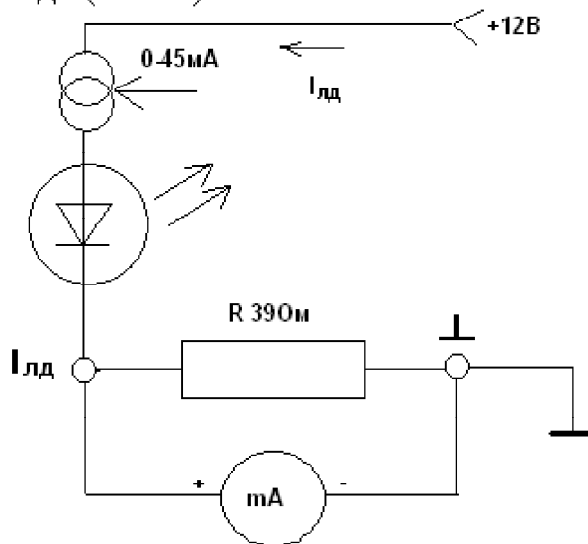


Рис. 4. Электрическая схема блока «Источник оптического сигнала».

Электрическая часть блока «Фотоприемник» представляет собой каскад усилителей с гнездами « $I_{фд}$ », « $I_{фд} \cdot 10^3$ », « $I_{фд} \cdot 10^5$ ». Набор гнезд позволяет измерять токи от единиц нА до 10 мА. Выводы используются для измерения чувствительности фотодиода и темнового тока фотодиода.

Измерение темнового тока фотодиода.

Для измерения темнового тока от момента включения стенда до начала измерений должно пройти не менее 10 минут.

Произведите калибровку измерительной схемы методом последовательных приближений. Для этого переключкой из комплекта замкните гнездо « $I_{\text{Фд}}$ » и « \perp », подключите мультиметр к гнездам « $I_{\text{Фд}} \cdot 10^4$ » и « \perp », выберите диапазон 20 мА постоянного тока и, поворачивая регулятор «Калибровка» добейтесь показаний около 0 мА. Переключите мультиметр на диапазон 2000 мкА и, поворачивая регулятор «Калибровка», добейтесь показаний около 0. Переключите мультиметр на диапазон 200 мкА и, поворачивая регулятор «Калибровка» добейтесь показаний в районе от +10 до -10 мкА. Подождите 5 мин. Зафиксируйте показания прибора. Снимите переключку. Зафиксируйте показания прибора. Разница показаний равна темновому току фотодиода. Повторите измерения не менее 3 раз. Измерения чувствительности фотодиода описано в п.8.

Блок оптических розеток представляет собой набор разных типов оптических розеток для UPC полированного оптоволокна. Представлены проходные и переходные розетки для одномодового и многомодового волокна. Каждая розетка снабжена соответствующей ей подписью слева от нее.

Блок аттенуаторов состоит из трех аттенуаторов с различными типами разъемных соединений. Изменение затухания переменного аттенуатора производится с помощью двух гаек, одна из которых задает расстояние между торцами оптических коннекторов, а вторая фиксирует подвижную FC розетку в соосном положении относительно неподвижной розетки. Постоянные аттенуаторы предназначены для одномодового волокна.

Пассивные компоненты представлены компонентами со следующими характеристиками:

- 1) Оптический разветвитель 50/50, оконцованный LC/UPC коннекторами для соединения с LC-LC розетками - 1 шт.:
 - ✓ Конфигурация 1*2
 - ✓ Длины волн 1310, 1550
 - ✓ Коэффициент деления 50%/50%
 - ✓ Вносимые потери, дБ, 3.18/3.29 на 1310 3.12/3.19 на 1550
 - ✓ Поляризационные потери, дБ, 0.12 на 1310 0.07 на 1550
 - ✓ Направленность, дБ ≥ 55
 - ✓ Тип оптического волокна, 3мм Corning SMF-28 в буфере
 - ✓ Длина оптического волокна, м, 1.5
 - ✓ Тип разъемов LC
- 2) Оптический разветвитель 70/30, оконцованный LC/UPC коннекторами для соединения с LC-LC розетками - 1 шт.:
 - ✓ Конфигурация 1*2
 - ✓ Длины волн 1310, 1550
 - ✓ Коэффициент деления 30%/70%

✓ Вносимые потери, дБ,	5.34/1.62 на 1310 5.39/1.58 на 1550
✓ Поляризационные потери, дБ,	0.06 на 1310 0.07 на 1550
✓ Направленность, дБ	≥55
✓ Тип оптического волокна, 3мм	Corning SMF-28 в буфере
✓ Длина оптического волокна, м,	1.5
✓ Тип разъемов	LC



Рис. 5. Дополнительное оборудование.

Деревянный ящик для дополнительного оборудования поставляется только при отсутствии лабораторного стола в комплекте поставки.

Модовый скремблер (смеситель мод) соответствует спецификации TIA/EIA-568-B.1 и представляет собой катушку диаметром 22мм, на которую требуется намотать 5 витков многомодового оптического кабеля в буфере 3мм. Для фиксации витков на катушке необходимо использовать винт М3, закрепленный на ней.



Рис. 6. Модовый скремблер.

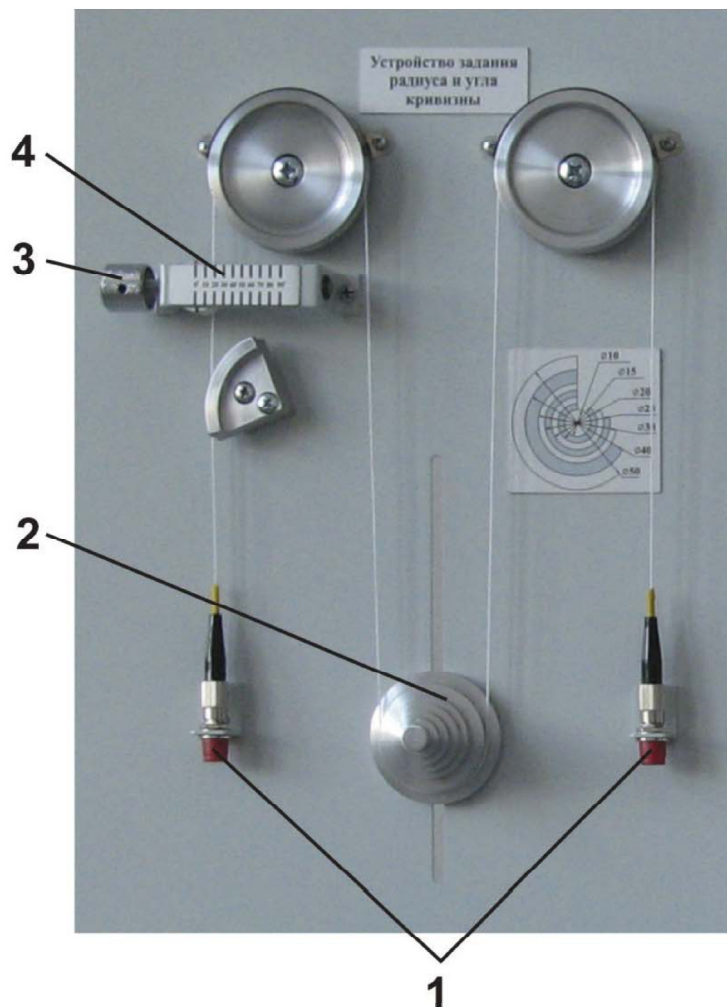


Рис 7. Устройство задания радиуса и угла кривизны оптоволокна.

На рис. 7 представлено устройство задания радиуса и угла кривизны. Состав:

1. Две оптические розетки FC-FC.
2. Пирамида для задания радиуса кривизны с диаметрами от 50мм до 10мм.
3. Винт для задания угла кривизны на диаметре 3мм.
4. Шкала с углами изгиба оптического волокна.

На рисунке представлен вариант пол-оборота (180°) на диаметре 40мм. Таблица диаметров присутствует в левой части устройства.

Внимание! При намотке больших углов следите, чтобы витки не пересекались. Не прилагайте значительных усилий (более 1 кг) при изгибах оптоволокна.

Правила работы с оптическим оборудованием.

Все оптические шнуры снабжены коннекторами разных типов. Торцы коннекторов защищены специальными колпачками. Любой коннектор рассчитан по крайней мере на 500 коммутаций при соблюдении правил обращения с ними. По внешнему виду и принципу функционирования LC коннектор похож на коннектор RJ-45. С одной стороны он снабжен защелкой, которая надежно удерживает его в розетке. FC коннектор снабжен ключом, который должен попасть в прорезь на оптической розетке, после чего фиксироваться резьбовым

соединением. ST коннектор снабжен поворотной защелкой байонет. SC коннектор необходимо присоединять и отсоединять держась за корпус коннектора. Механизм внутри SC коннектора фиксирует в розетке либо освобождает направляющую оптоволоконна при сдвиге корпуса вперед или назад относительно направляющей.

Для присоединения оптического шнура с LC коннектором к розетке необходимо:

- Вытащить заглушку из оптической розетки и поместить её в чистый контейнер
- Снять защитный колпачок с коннектора и поместить его в чистый контейнер
- Вставить коннектор в оптическую розетку без усилий до щелчка

Для отсоединения оптического шнура необходимо:

- Нажать на защелку и вынуть коннектор из розетки
- Взять защитный колпачок из чистого контейнера и надеть на торец коннектора
- Взять заглушку из чистого контейнера и защитить оптическую розетку

При работе с оптоволоконными компонентами необходимо соблюдать чистоту оптических коннекторов. Не допускается прикасаться руками и предметами к торцам коннекторов. В случае загрязнения необходимо очистить коннекторы специализированными средствами, которые можно приобрести в магазинах, торгующих оптоволоконным оборудованием.

Указания мер безопасности.

К работе на комплексе допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.

Шнур питания лабораторной установки должен быть подключен к сетевой розетке с заземляющим контактом.

Наладочные работы, осмотры и ремонт производить только после отключения лабораторной установки от сети питания с помощью сетевой вилки.

Выполнение лабораторной работы производится бригадой количеством не менее двух человек, один из которых является наблюдателем и при возникновении опасности обесточивает лабораторную установку.

Активное оптическое оборудование снабжено передающими лазерами с относительно высокой мощностью излучения. В целях безопасности рекомендуется:

- **Во время коммутации подключать активное оборудование к схеме в последнюю очередь.**
- **Не заглядывать в оптические розетки, коннекторы источников оптической мощности, расположенные на лабораторной установке и источнике оптического излучения**
- **Не направлять коннекторы оптических шнуров в лицо и особенно глаза.**

Лабораторная работа №1

Исследование основных характеристик полупроводникового лазерного излучателя ИК-диапазона

Цель работы: изучить работу лазерного диода, построить ватт-амперную характеристику.

Основные требования к генераторам излучения - обеспечение требуемой мощности в волоконном световоде и долговременной стабильности параметров излучения. Обычно в качестве источников используются полупроводниковые лазерные диоды или светодиоды. Лазерные диоды с длинами волн в диапазоне 1250-1600нм используются в основном в одномодовых системах, а светодиоды в многомодовых линиях малой протяженности. Лазерные диоды большой мощности позволяют передавать сигнал на расстояния 250т и более. Для больших протяженностей необходимо рассчитывать оптический бюджет диода с учетом материальной дисперсии в световоде для используемой длины волны, а также чувствительности приемника. Стоимость лазерных источников выше, что влияет и на конечную стоимость приемо-передающей аппаратуры. В работе используется лазерный модуль с диодом 1310 нм. Лазерный модуль может быть использован в системах передачи данных до 1.25 Gbit.

Порядок проведения работы.

1. Соберите схему, изображенную на рис.5. Используйте SM FC-FC оптический шнур для соединения измерителя оптической мощности с лазерным диодом, расположенным на стенде.
2. Подключите мультиметр к клеммам для измерения тока лазерного диода, соблюдая полярность. Переключите прибор в положение «измерение постоянного тока» с диапазоном 200мА.
3. Регулятор тока на стенде выставьте в положение «0мА».
4. Измерить оптическую мощность в ваттах.
5. Добавляя ток по 1-3 мА замерять выходную оптическую мощность. Перед каждым замером дать системе выйти на стабильный режим не менее 2-х минут.
6. Достигнув максимального значения тока, повторить измерения, уменьшая ток по 1-3мА.
7. Повторить опыт, увеличивая ток от 0мА до максимального значения.
8. Построить точки и аппроксимированный график зависимости мощности излучения от тока накачки лазерного диода.
9. Для всех значений посчитать крутизну характеристики.
10. Построить точки и аппроксимированный график крутизны характеристики в зависимости от тока накачки.
11. Построить точки и аппроксимированный график крутизны характеристики в зависимости от мощности излучения.
12. Определить по графикам рабочий диапазон токов лазерного

диода и рабочую точку (среднюю).

13. Сделать выводы относительно применимости и ограничениях лазерных диодов.

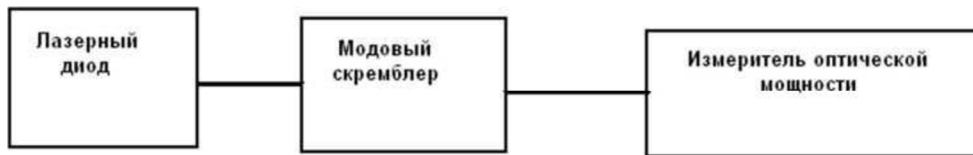


Рис. 5. Схема измерения ватт-амперной характеристики лазерного диода

Содержание отчета.

- Электрическая и оптическая схема исследований.
- Таблицы с измерениями.
- Графики.
- Выводы относительно ограничений применимости лазерных диодов.

Контрольные вопросы:

- 1) Что такое "оптический бюджет"? Что влияет на оптический бюджет? На что влияет оптический бюджет?
- 2) Почему перед измерением мощности оптического излучения диода требуется подождать некоторое время даже при условии, что измерительная аппаратура готова к измерениям?
- 3) Является ли ватт-амперная характеристика лазерного диода линейной?
- 4) Накладывает ли ограничение характеристика лазерного диода на допустимые протоколы вышестоящих уровней?

Лабораторная работа №2

Исследование основных характеристик полупроводникового фотоприемника ИК-диапазона

Цель работы: исследовать основные характеристики фотоприемного модуля ИК-диапазона.

Основные положения

Приемники в оптических сетях должны обеспечивать низкий порог чувствительности, большой динамический диапазон для регистрации оптического сигнала. При использовании в измерительной аппаратуре добавляются требования высокой линейности, широкого спектрального диапазона измерений, равномерной чувствительности в заданном спектральном диапазоне или на длинах волн калибровки.

На практике применяются различные типы полупроводниковых материалов в качестве чувствительного элемента. Кремний (Si) - хорошо работает в диапазоне 500-1 ЮОнм. Германий (Ge) перекрывает диапазон 500-1550нм. У него выше чувствительность, чем у кремния, но и нелинейность выше, чем у кремния. InGaAs - тройная система, обладающая высокой чувствительностью в диапазоне 800-1600нм и линейностью чувствительности в рабочем диапазоне.

В лабораторной работе используется фотоприемный модуль InGaAs. Данный модуль можно использовать в системах передачи данных до 600 Мбит/с.

В электрической части схемы применены усилители постоянного тока, включенные последовательно. По мере увеличения тока через фотодиод, усилители последовательно входят в режим насыщения, который ограничен током порядка 3мА. Это означает, что при токе фотодиода 1 нА на последнем усилителе $I_{ФД} * 10^4$ будет ток 1 ОмкА (=1 нА * 10000).

При измерениях чувствительности фотодиода рекомендуется использовать $I_{ФД}$, меняя диапазон измерений на приборе от 200мкА до 20мА.

Измерение темнового тока фотодиода.

Для измерения темнового тока от момента включения стенда до начала измерений должно пройти не менее 10 минут.

Произведите калибровку измерительной схемы методом последовательных приближений. Для этого переключкой из комплекта замкните гнездо «1ФД» и «±», подключите мультиметр к гнездам «Wio⁴» и «±», выберите диапазон 20мА постоянного тока и, поворачивая регулятор «калибровка», добейтесь показаний около 0 мА. Переключите мультиметр на диапазон 2000 мкА и, поворачивая регулятор «калибровка», добейтесь показаний около 0 мА. Переключите мультиметр на диапазон 200 мкА и, поворачивая регулятор «калибровка»,

добиться показаний около 0 мкА (от +5 до -5 мкА). Подождите 5 мин. Зафиксируйте показания прибора. Снимите перемычку. Зафиксируйте показания

прибора. Разница показаний равна темновому току фотодиода. Повторите измерения не менее 3 раз с перерывами между замерахми 2-3 минуты.

Порядок выполнения работы.

1. Собрать схему по рисунку 6. В качестве источника оптического излучения использовать лазер, расположенный на стенде.
2. Выставить регулятор тока лазерного диода на 0мА.
3. Выставить мультиметр на измерение постоянного тока до 200мкА и присоединить к общей клемме и 1 фд.
4. Увеличивая ток лазера, снимать значения мощности с помощью измерителя мощности, а ток фотодиода с помощью мультиметра. В случае необходимости, менять диапазон измерений на мультиметре.
5. Повторить измерения не менее 2 раз.
6. Провести корректировку данных с учетом результатов лабораторной работы по разветвителям оптической мощности.
7. Рассчитать чувствительность фотоприемника в зависимости от мощности излучения.
8. Построить измеренные точки и аппроксимированные графики: зависимость тока фотодиода от мощности излучения, зависимость чувствительности фотоприемника от мощности излучения, зависимость чувствительности фотоприемника от тока через него.
9. Выставить регулятор тока лазерного диода в 0мА. Определить значение темнового тока фотодиода по изложенной выше методике.
10. Сделать выводы относительно диапазона применимости и ограничений применения фотоприемника.
11. Заменить лазерный модуль на источник оптического излучения «Топаз». Выставить длину волны 1550нм. Отметить значение для длины волны 1550нм на графиках из п. 8.

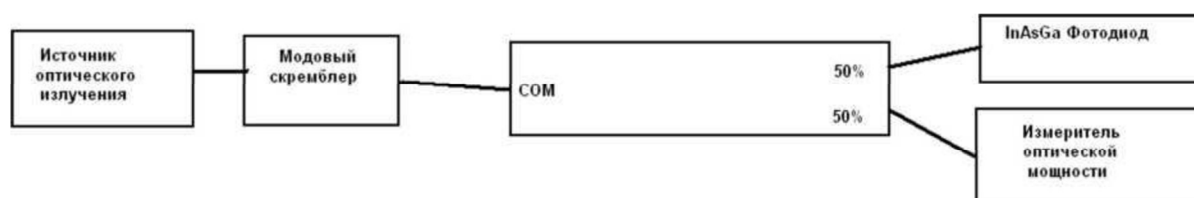


Рис. 6. Схема измерений чувствительности полупроводникового фотоприемника ИК-диапазона

Содержание отчета.

- Схема измерений.
- Таблицы с измерениями, корректировками и расчетом чувствительности фотоприемника.
- Графики.

Контрольные вопросы:

- 1) Что такое "темновой ток" приёмника? Чем он определяется?
- 2) Является ли ватт-амперная характеристика ИК-приёмника линейной?
- 3) Накладывает ли характеристика ИК-приёмника ограничение на допустимые протоколы вышестоящих уровней?

Лабораторная работа №3

Изучение работы детектора повреждений оптического волокна и его использование для поиска неисправностей в оптической линии, визуального определения критического изгиба волокна

Цель работы: ознакомиться с работой визуального локатора дефектов, получить навыки работы с прибором.

Визуальный локатор дефектов (VFL) - источник видимого излучения, которые используется для локализации местных дефектов волокна и одножильных оптических кабелей, и обнаружения обрывов в мертвой зоне рефлектометров.

Принцип работы локатора дефектов основан на том, что в местах дефектов волокна, обрывов оптическая мощность покидает волокно и светится ярким красным светом даже через оболочку 3мм.

В визуальном локаторе дефектов используется лазер с длиной волны около 650нм (красный свет) и мощностью около 1мВт. В локаторе дефектов используется непрерывное излучение и модулированное с частотой 1Гц. Модуляция помогает определить дефекты по контрасту даже при ярком освещении.

Порядок проведения работы.

1. Соедините выход визуального локатора дефектов с устройством задания радиуса кривизны с помощью одномодового оптического шнура FC-FC.
2. Сделайте полтора оборота оптического шнура на пирамиде на диаметре 50мм.
3. Включите визуальный локатор дефектов на непрерывное излучение.
4. Определите места утечки мощности излучения по всей длине оптической линии. Отметьте в отчете.
5. Переведите локатор в режим модуляции. Повторите наблюдения за потерями мощности. При обнаружении дополнительных источников потерь добавьте их в отчет.
6. Измените диаметр кривизны оптического шнура на 40мм, 30мм, 25мм, 20мм. Наблюдайте за изменением интенсивности свечения оптического шнура на пирамиде. Оцените интенсивность свечения по всей длине изгиба.
7. Вращая ручку устройства задания угла изгиба, увеличивайте угол, начиная с 0°. Наблюдайте за интенсивностью свечения в месте изгиба.
8. Дополнительно наблюдайте за изменением интенсивности свечения на диаметре 20мм.
9. Увеличивая угол изгиба, добейтесь существенного ослабления

- свечения на диаметре 20мм. Отметьте значение получившегося угла.
10. Обоснуйте наблюдения п.п. 7,8,9.
 11. Вращая ручку устройства задания угла кривизны, постепенно уменьшите угол до 0° . Проведите наблюдения.
 12. Задайте угол изгиба 90° (два с половиной оборота) на диаметре 20мм. Оцените интенсивность свечения оптоволокна по всей длине изгиба (на протяжении двух с половиной оборотов).
 13. Сделайте полтора оборота на диаметре 50мм.
 14. Присоедините к выходу устройства задания кривизны одномодовый оптический шнур FC-FC. Сделайте наблюдение потерь в получившейся оптической системе.
 15. Сделайте присоединенным шнуром 5 витков на модовом скремблере и зафиксируйте с помощью винта.
 16. Смените вход и выход получившейся оптической системы (ввод через шнур с модовым скремблером). Проведите наблюдения.
 17. Смените одномодовый оптический шнур на выходе на многомодовый. Проведите наблюдения.
 18. Отсоедините модовый скремблер от входного оптического шнура и используйте его на выходном многомодовом шнуре.
 19. Изменяя угол изгиба от 0° до 90° проведите наблюдения.
 20. Поменяйте вход и выход оптической системы (ввод через многомодовое волокно со скремблером).
 21. Изменяя угол изгиба от 90° до 0° , проведите наблюдения.
 22. Уберите скремблер из оптической системы.
 23. Изменяя угол изгиба от 0° до 90° проведите наблюдения.

Содержание отчета.

- Оптические схемы исследований.
- Таблицы с наблюдениями за потерями в ходе экспериментов.
- Выводы относительно визуального наблюдения оптических потерь.

Контрольный вопрос:

Объясните причины возникновения/исчезновения, наличия/отсутствия потерь для каждого из проведенных выше экспериментов.

Лабораторная работа №4

Определение зависимости потерь волоконного световода от его длины. Расчет коэффициента затухания оптоволокна на разных длинах волн

Цель работы: определить потери на длинном участке оптоволокна на разных длинах волн, рассчитать затухание оптического волокна для разных длин волн.

Для определения потерь на участках оптических линий наиболее грамотным решением является использование оптического рефлектометра в комбинации с нормализующими катушками. Это позволяет **отдельно увидеть:** потери по длине, потери в каждом стыке, потери при обрывах и дефектах оптоволокна. Это позволяет точно рассчитать затухание оптоволокна по длине. Использование оптического тестера по методике ГОСТ 26814-86 вносит коррективы в определение затухания, так как позволяет измерить только общие потери на участке, куда войдут потери на самом участке и на стыках. Для проведения эксперимента в стенде использован эквивалент одномодовой линии 50 000м. Это позволит с достаточно большой точностью определить затухание, т.к. ошибки значений средних потерь на стыках будут меньше влиять на результаты замеров.

Порядок проведения работы.

1. Собрать схему, представленную на рис. 1, соблюдая правила техники безопасности и правила работы с оптическим оборудованием. В качестве исследуемого волокна использовать эквивалент 50000м.
2. Включить источник излучения на длине волны 1550нм и измеритель оптической мощности.
3. Настроить приемник на измеряемую длину волны и выбрать измерение в ваттах.
4. Дать схеме выйти на стационарный режим в течение 5 минут.
5. Снять значение мощности излучения на измерителе оптической мощности.
6. Убрать из схемы измеряемый оптический кабель и провести измерения оптической мощности.
7. Повторить пункты 1-6, перевернув измеряемый кабель.
8. Повторить пункты 1-6, перевернув измеряемый кабель.
9. Убедиться, что ошибка измерений не превышает 20% для серии замеров пп 6-8.
10. Обработать результаты в соответствии с ГОСТ 8.207-76 и ГОСТ 8011-72.
11. Оформить протокол измерений.
12. Повторить замеры для длины волны 1310нм.
13. Опираясь на результаты измерений, рассчитать затухание оптического волокна в дБ/км для 1550нм и 1310нм.

14. Сделайте выводы о затухании на разных длинах волн.

Содержание отчета:

- Схема лабораторной установки для измерений.
- Таблицы с замерами для двух длин волн. Расчеты и протоколы измерений.
- Выводы относительно применимости метода вносимых потерь для расчета затухания коротких оптических шнуров.

Контрольные вопросы:

1. Нужно ли использовать при измерении модовый скремблер?
2. Каким должен быть модовый скремблер для одномодового волокна в соответствии со спецификацией TIA/EIA-568-B.1?
3. Можно ли для определения затухания оптоволоконного кабеля использовать оптический шнур 1 м и почему?
4. Почему рефлектометр лучше подходит для измерения затухания оптоволоконного кабеля?

Список литературы

1. Дубнищев Ю.Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/698>, дата обращения: 25.11.2018.

Учебное издание

А.С. Перин, С.Н. Шарангович

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Лабораторный практикум на основе стенда
«Волоконно-оптическая связь»

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам
для студентов направления 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и
системы связи»

Формат --.

Усл. печ. л. --. Тираж -- . Заказ -- .

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.

634050, Томск, пр. Ленина, 40.

Тел. (3822) 533018.