

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧиКР)

Волоконно-оптические устройства технологического назначения

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВОДА СВЕТА В
ВОЛОКОННЫЙ СВЕТОВОД**

Методические указания к лабораторной работе
для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и
системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи")

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧиКР)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. каф. СВЧиКР

_____ С.Н.Шарангович

“ ____ “ _____ 2013 г.

Волоконно-оптические устройства технологического назначения

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВОДА СВЕТА В
ВОЛОКОННЫЙ СВЕТОВОД**

Методические указания к лабораторной работе
для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и
системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи")

Разработчик:

профессор кафедры СВЧиКР
_____ В.М.Шандаров

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Элементы теории	4
3. Описание экспериментальной установки.....	5
4. Порядок выполнения работы	6
5. Содержание отчета	7
6. Контрольные вопросы	7
7. Рекомендуемая литература	7

1. ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: Экспериментальное исследование зависимостей эффективности ввода света в волоконный световод от его параметров и параметров возбуждающих световых пучков.

2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Волоконные световоды в настоящее время широко применяются как в системах оптической связи, так и в разного рода волоконно-оптических приборах и устройствах, таких как датчики физических воздействий, волоконные лазеры и т.д. С точки зрения практических приложений волоконно-оптических компонентов важными являются вопросы их межсоединений, стыковки волокна с источниками излучения, фотоприемниками и планарными или канальными оптическими волноводами [1 - 4]. Эффективная работа волоконно-оптических компонентов и устройств, в значительной степени зависит от величины оптических потерь в таких соединениях. В связи с этим, вопрос об эффективности ввода света в волоконные световоды является принципиально важным. Эта эффективность в первую очередь зависит от взаимного расположения торца волоконного световода и возбуждающего светового, от распределения модового светового поля на торце световода и распределения амплитуды поля в возбуждающем световом пучке. Оценить величину оптических потерь при возбуждении световода или эффективность ввода можно, определяя величину оптического пропускания системы «световой пучок – световод», которая существенно зависит от величины интеграла перекрытия амплитудного распределения возбуждающего светового поля на входном торце приемного световода $U(x)$ и суммарного распределения полей направляемых мод приемного световода в плоскости входного торца $V(x)$:

$$\eta = \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} U(x) \cdot V(x) dx \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} U^2(x) dx \cdot \int_{-\infty}^{\infty} V^2(x) dx},$$

где x – поперечная координата. Данное соотношение для простоты записано для одномерного случая, когда световое поле считается однородным в направлении одной из поперечных координат, в реальных ситуациях необходимо учитывать зависимости этих полей от двух поперечных координат. Кроме того, в случае ограниченных возбуждающих световых пучков величина данного интеграла перекрытия изменяется как при поперечных, так и при продольных смещениях этих распределений. Действительно, если

распределение $V(x)$ зависит только от характеристик световода, то функция $U(x)$ может быть смещена относительно $U(x)$ в поперечном направлении или меняет свои форму и масштаб при продольном сдвиге.

Для лазерных пучков, соответствующих основной моде гауссова пучка, распределение интенсивности света по поперечной и продольной координатам определяется соотношением:

$$I = I_0 \cdot \left[1 + \frac{z^2}{z_0^2} \right]^{-1} \exp\left(-\frac{2x^2}{w^2} \right)$$

где $z_0 = \frac{kw_0^2}{2} = \frac{\pi w_0^2}{\lambda}$ – продольный размер перетяжки пучка;

$w^2(z) = w_0^2 \left(1 + \frac{z^2}{z_0^2} \right)$; w_0 – полуширина пучка в перетяжке (при $z=0$); z –

продольная координата (для простоты будем рассматривать одномерные гауссовы пучки).

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Схема экспериментальной установки для исследования эффективности ввода света в волоконный световод представлена на рис. 1. Здесь излучение He-Ne лазера (Лазер) вводится в волоконный световод (ВС) путем фокусировки света на входной его торце линзой (Л) либо без фокусировки, в зависимости от типа световода. Излучение с выходного торца световода поступает на фотоприемный элемент (Ф), величина фототока которого измеряется с помощью цифрового микроамперметра.

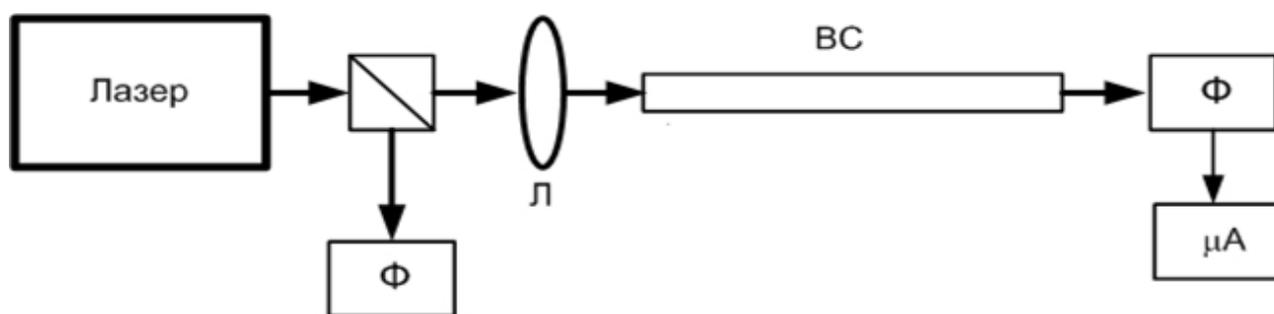


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

И – источник излучения; ОВ – оптическое волокно; Л – фокусирующая линза; ФД – фотодиод.

Реальная экспериментальная установка включает полимерный либо стеклянный многомодовый волоконные световоды. Диаметр сердцевины полимерного световода составляет 0,9 мм, стеклянного – 0,05 мм. Источником

излучения служит He – Ne лазер ЛГН – 207-А (выходная мощность ~1 мВт, длина волны излучения 633 нм). Входной конец волоконного световода закреплен на столике с микрометрической подвижкой, так что его торец может смещаться на заданную величину (с точностью до 5 мкм) в поперечном (или продольном) направлении относительно некоторого поперечного сечения светового пучка. Излучение с выходного конца световода поступает на фотодиод ФД-24К, фототок которого линейно зависит от световой мощности, падающей на него, и измеряется с помощью цифрового микроамперметра. Для исключения влияния нестабильности выходной мощности лазера на результаты измерений, величина мощности излучения лазера контролируется с помощью второго фотодиода (Ф), на который подается часть световой мощности с помощью светоделительного кубика.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и ее отдельными элементами.

4.2. Получить от преподавателя конкретное задание на работу, которое включает:

- тип исследуемого световода;
- фокусные расстояния линз, используемых для согласования распределения интенсивности в поперечном сечении светового пучка с модовым распределением на торце волоконного световода;
- данные по показателям преломления материалов световодов для учета френелевских потерь света на отражение от торцов при теоретической оценке ожидаемой эффективности ввода света в световод.

4.3. Ответить на контрольные вопросы преподавателя.

4.4. Получить допуск к выполнению работы.

4.5. Исключив из экспериментальной установки (рис. 1) волоконный световод, измерить величину фототока, соответствующую прямому прохождению светового пучка от источника излучения до фотодиода.

4.6. Введя волоконный световод в экспериментальную установку, провести экспериментальное исследование зависимости оптической мощности на выходе световода от величины поперечного и продольного смещения его входного торца относительно светового пучка (в эксперименте исследуется зависимость величины фототока от положения торца волоконного световода). В процессе измерений контролировать мощность излучения лазера с помощью вспомогательного фотодиода.

4.7. Оценить величину максимальной эффективности ввода, которая будет определяться отношением максимальной величины фототока при наличии световода к фототоку при его отсутствии в экспериментальной установке. Результаты измерений занести в таблицу 1:

Таблица 1

Смещение, мкм				
$I_{\text{вых}}$				
$I_{\text{лаз}}$				
$(I_{\text{вых}}/I_{\text{лаз}})/$ $(I_{\text{вых макс}}/I_{\text{лаз}})$ ср)				

4.8. Построить график полученной зависимости с учетом нормировки сигнала с выхода световода относительно выходной мощности лазера.

4.9. Повторить измерения п. 4.6 три раза, провести усреднение результатов измерений.

4.10. В предположении гауссовых распределения поля светового пучка и модового поля на торце световода построить расчетную зависимость оптического пропускания системы от поперечного смещения. Сравнить результаты моделирования с экспериментальными результатами.

4.11. Оформить отчет по работе.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть представлены:

- схема экспериментальной установки;
- задание на работу;
- результаты экспериментального исследования в виде таблицы и графика;
- результаты численного моделирования величины интеграла перекрытия для заданных экспериментальных параметров;
- выводы по работе.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1. Каковы основные достоинства волоконно-оптических элементов?
- 6.2. Для чего в работе необходим контроль мощности источника излучения?
- 6.3. Поясните суть понятия «интеграл перекрытия»?
- 6.4. Дайте определение понятия «эффективность ввода света в световод».
- 6.5. Только ли интегралом перекрытия определяется эффективность ввода света в световод?
- 6.6. Каковы геометрические параметры полимерного и стеклянного волоконных световодов?

7. Рекомендуемая литература

1. В.И.Бусурин, Ю.Р.Носов. Волоконно - оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. - М.: Энергоатомиздат, 1990 г.
2. Т.Окиси и др. Волоконно - оптические датчики / Под ред. Т.Окиси. Л.: Энергоатомиздат, 1990 г.
3. Ю.Н.Кульчин. Распределенные волоконно – оптические измерительные системы. – М.: Физматлит, 2001 г., 272 с.
4. В.М.Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: учеб. пособие. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиозлектроники, 2007. – 190с. **ISBN 978-5-86889-377-3.**