

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники  
(СВЧиКР)

**“Волоконная оптика (по выбору)”**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВОДА СВЕТА В  
ВОЛОКОННЫЙ СВЕТОВОД**

Методические указания к лабораторной работе для студентов  
направления подготовки бакалавров **200600**  
**ФОТОНИКА И ОПТОИНФОРМАТИКА**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники  
(СВЧиКР)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. каф. СВЧиКР

\_\_\_\_\_ С.Н.Шарангович

“ \_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 2011 г.

**“ Волоконная оптика (по выбору)”**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВОДА СВЕТА В  
ВОЛОКОННЫЙ СВЕТОВОД**

Методические указания к лабораторной работе для студентов  
направления подготовки бакалавров **200600**  
**ФОТОНИКА И ОПТОИНФОРМАТИКА**

Разработчики:

асп. кафедры СВЧиКР

\_\_\_\_\_ П.А. Тренихин

профессор кафедры СВЧиКР

\_\_\_\_\_ В.М.Шандаров

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение .....	4
2. Элементы теории .....	4
3. Описание экспериментальной установки.....	5
4. Порядок выполнения работы .....	5
5. Содержание отчета .....	6
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  $V(x)$  в поперечном направлении или меняет свои форму и масштаб при продольном сдвиге.

### 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 торец 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.

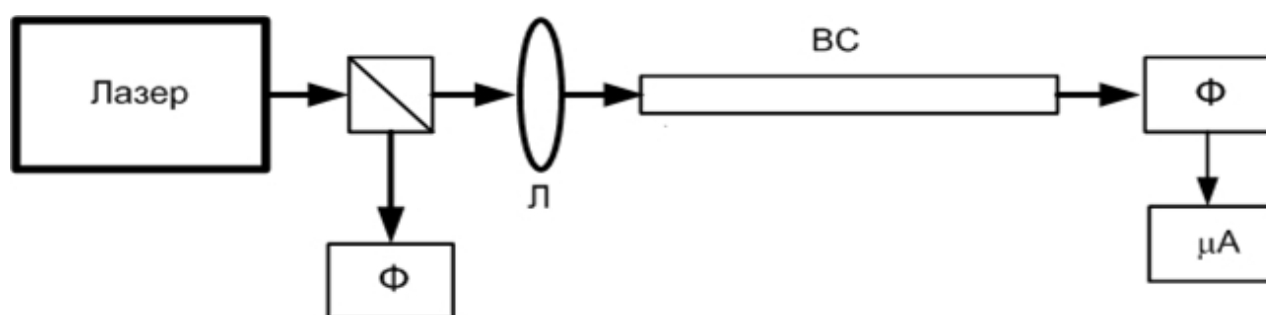


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

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

Реальная экспериментальная установка включает полимерный либо стеклянный многомодовый волоконные световоды. Толщина сердцевины полимерного световода 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 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 (разные варианты включают тип световода, фокусировку светового пучка на входной

торец световода линзами с разными фокусными расстояниями либо использование нефокусированного лазерного луча для возбуждения света в волоконном световоде).

4.3. Ответить на контрольные вопросы преподавателя.

4.4. После допуска к работе провести экспериментальное исследование зависимости оптической мощности на выходе световода от величины поперечного или продольного (по указанию преподавателя) смещения его входного торца относительно светового пучка. В процессе измерений контролировать мощность излучения лазера с помощью вспомогательного фотодиода. После проведения данных измерений провести измерение фототока в данной схеме при отсутствии световода. Величина максимальной эффективности ввода будет определяться отношением максимальной величины фототока при наличии световода к фототоку при его отсутствии. Результаты измерений занести в таблицу:

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

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

4.6. Повторить измерения п. 4.4 три раза, провести усреднение результатов измерений.

4.7. 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.

4.9. 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?

## 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.Окоси и др. Волоконно - оптические датчики / Под ред. Т.Окоси. 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 радиоэлектроники, 2007. – 190с. **ISBN 978-5-86889-377-3.**