

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 ПРИНЦИПА ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО СМЕЩЕНИЯ ТОРЦА
МНОГОМОДОВОГО ОПТОВОЛОКНА**

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 ПРИНЦИПА ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО СМЕЩЕНИЯ ТОРЦА
МНОГОМОДОВОГО ОПТОВОЛОКНА**

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

Разработчики:

Ст. преп. кафедры СВЧиКР
_____ П.А.Карпушин

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 | 6 |
| 7. Рекомендуемая литература | 7 |

1. ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: Экспериментальное исследование принципа измерения микроперемещений волоконно – оптическим датчиком амплитудного типа на основе полимерного оптического волокна; отработка методики расчета амплитудной характеристики датчика; определение участка характеристики, обеспечивающего заданную величину нелинейности.

2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Амплитудные волоконно-оптические датчики (ВОД) представляют собой волоконно-оптические устройства, в которых внешнее воздействие приводит к непосредственному изменению интенсивности света в приемном волоконном световоде [1 - 4]. Такие ВОД имеют наиболее простую конфигурацию, в то же время они могут обеспечить достаточно высокие характеристики измерительного преобразователя. Один из принципов построения амплитудных ВОД пропускающего типа основан на изменении величины связи между отдельными волоконными световодами, торцы которых разделены воздушным промежутком, или эффективности возбуждения света в световоде, при наличии внешних воздействий, приводящих к смещению торцов передающего или приемного световодов. Многие физические воздействия (температура, линейное ускорение, электрическое напряжение, магнитное поле и т.д.) могут быть преобразованы в продольные или поперечные смещения торца световода относительно другого торца либо относительно возбуждающего светового пучка. Оптическое пропускание систем «световой пучок – световод» или «световод – световод» существенно зависит в этом случае от величины интеграла перекрытия амплитудного распределения возбуждающего светового поля на входном торце приемного световода $U(x)$ и суммарным распределением 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 записано для одномерного случая, когда световое поле считается однородным в направлении одной из поперечных координат).

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 свой 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).

Измерительные приборы должны обеспечивать заданные метрологические характеристики, к числу которых относится нелинейность рабочей характеристики прибора. В идеале связь между входным воздействием и выходной величиной измерителя должна описываться линейной функцией. В реальных приборах этого достичь невозможно и одной из важнейших характеристик измерительных приборов является нелинейность рабочей характеристики $\delta_{\text{нел}}$, измеряемая в процентах. Она определяется соотношением:

$$\delta_{\text{нел}} = \left| (U_p - U_{\text{ид}}) / U_{\text{ид}} \right| \cdot 100\% ,$$

Где U_p и $U_{\text{ид}}$ – реальные и идеальные (определяемые линейной зависимостью) значения выходной величины при некотором значении входного воздействия. Смысл этих величин поясняет рис. 2.1, на котором схематично изображена рабочая характеристика измерительного устройства.

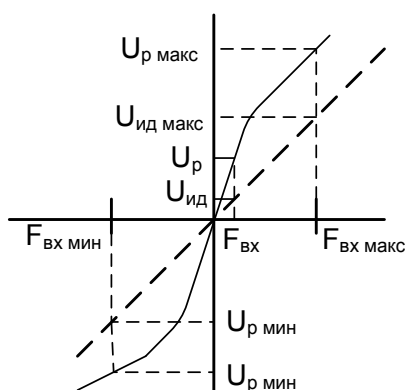


Рис. 2.1. Идеальная и реальная характеристики измерительного устройства.

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Обобщенная схема экспериментальной установки для исследования принципа измерения микроперемещений (или макроперемещений) с помощью волоконно-оптического датчика (ВОД) амплитудного типа с оптическим волокном представлена на рис. 1. Здесь излучение He-Ne лазера (И) вводится в приемный волоконный световод (ОВ) с помощью промежуточного передающего световода (ОВ) или непосредственно путем фокусировки света на входной его торец. Излучение с выходного торца приемного световода поступает на фотоприемный элемент (ФД). При необходимости, выходное излучение собирается на фотоприемном элементе с помощью фокусирующей линзы (Л). Величина фототока, генерируемого фотоприемным элементом, прямо пропорциональна величине световой мощности, воспринимаемой фотоприемником.

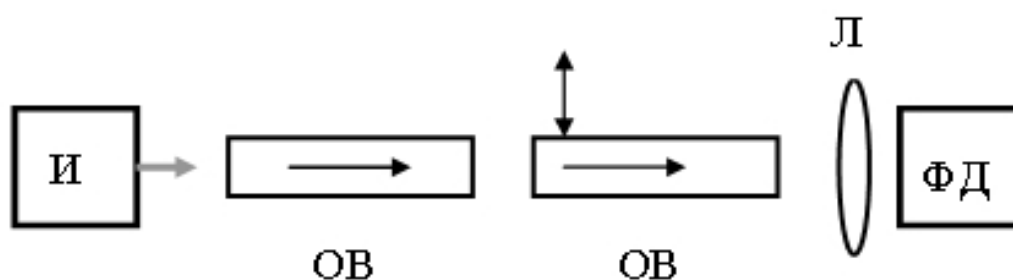


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

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

Задание на работу

Реальная экспериментальная установка включает полимерный волоконный световод с диаметром сердцевины 0,9 мм, возбуждаемый фокусированным или нефокусированным излучением He – Ne лазера 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 полимерного 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 (на схеме этот фотодиод не показан).

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 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 смещения его входного торца относительно светового пучка. В процессе измерений контролировать мощность излучения лазера с помощью вспомогательного фотодиода. 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. Используя построенный на основе результатов усреднения график, определить величину линейного участка характеристики, позволяющего обеспечить величину ее нелинейности не более 5%.

4.8. 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 датчиков?
- 6.2. Что понимается под ВОД с амплитудной модуляцией?
- 6.3. Какие физические воздействия могут измеряться с помощью ВОД амплитудного типа?
- 6.4. Для чего в ВОД амплитудного типа контролируется мощность источника излучения?
- 6.5. Как определяется нелинейность характеристики ВОД?
- 6.6. Поясните суть понятия «интеграл перекрытия»?

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.**