

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники  
(СВЧиКР)

**Волоконно-оптические устройства и системы технологического  
назначения**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАНАРНОГО  
ОПТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА В НИОБАТЕ ЛИТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО  
МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ**

Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности  
210401 - Физика и техника оптической связи

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.

**Волоконно-оптические устройства и системы технологического  
назначения**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАНАРНОГО  
ОПТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА В НИОБАТЕ ЛИТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО  
МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ**

Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности  
210401- Физика и техника оптической связи

Разработчики:

асистент кафедры СВЧиКР  
\_\_\_\_\_ В.Г.Круглов

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 поляризационных свойств планарного оптического волновода, полученного в ниобате лития методом имплантации протонов.

## 2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Планарные и каналные волноводные структуры на основе электрооптических кристаллов используются при реализации элементов и устройств управления характеристиками лазерного излучения, в том числе для волоконно-оптических датчиков физических воздействий. Характеристики таких элементов в значительной степени зависят от технологии их формирования. В частности, подобные волноводы на основе кристаллических материалов могут поддерживать распространение только одного типа мод (ТЕ или ТМ). Примером являются протонообменные оптические волноводы в ниобате лития.

В данной работе предлагается исследовать возможность возбуждения мод разной поляризации в планарном волноводе, полученном в ниобате лития путем имплантации протонов с высокой энергией в приповерхностную область подложки.

## 3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Установка включает He – Ne лазер ЛГН – 207-А (длина волны излучения  $\lambda=633$  нм), фазовую пластинку (ФП), поляризатор (П), фокусирующую линзу (Л); изображающую линзу (ИЛ); планарный волновод (ОВ), видеокамеру (ВК), фотодиод (ФД) и персональный компьютер (ПК). Планарный волновод создан на поверхности пластины ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) X среза путем имплантации ионов водорода (протонов). Волноводный эффект возникает вследствие того, что внедряемые в материал протоны со средней энергией 500 кэВ проникают в него на некоторую глубину, где их столкновение с ионами приводит к изотропизации оптических свойств среды. Результатом в случае имплантации протонов в  $\text{LiNbO}_3$  является понижение его необыкновенного показателя преломления. Слой с пониженным показателем преломления «изолирует» приповерхностную область кристалла от подложки и в этой области становится возможным волноводное распространение света за счет его полного внутреннего отражения от границы поверхностного слоя с воздухом и с изолирующим слоем. Обыкновенный показатель преломления  $\text{LiNbO}_3$  при имплантации протонов не изменяется, поэтому для световой волны с обыкновенной поляризацией волноводный эффект не может наблюдаться. При распространении света в кристалле в направлении, перпендикулярном

оптической оси (ось Z) ТЕ поляризация соответствует необыкновенной волне, а ТМ – обыкновенной.

Планарный оптический волновод установлен на столике с микрометрическим позиционированием по трем пространственным координатам. Излучение лазера фокусируется линзой (Л) на входной торец волновода, изображение выходного торца формируется на видеокамере с помощью изображающей линзы. Положение плоскости поляризации входного лазерного излучения может изменяться с помощью поляризатора. Для измерения интенсивности света на выходе планарного волновода используется фотодиод (ФД) с дополнительным зеркалом.

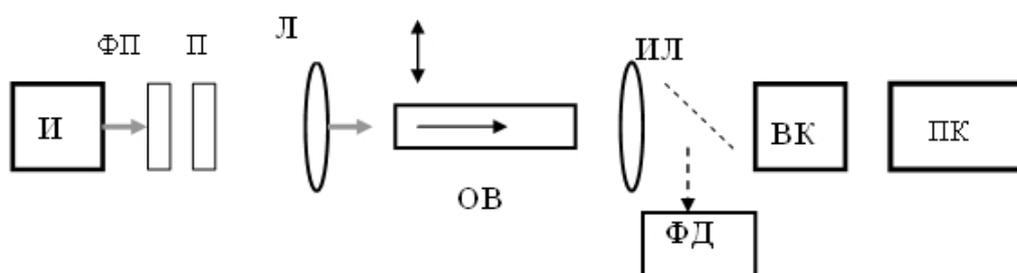


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. И – источник излучения; ФП – фазовая пластинка; П – поляризатор; ОВ – оптический волновод; Л – фокусирующая линза; ИЛ – изображающая линза; ВК – видеокамера; ПК – персональный компьютер; ФД - фотодиод.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и ее отдельными элементами.

4.2. Получить от преподавателя конкретное задание на работу и консультации по методике ее выполнения.

4.3. Ответить на контрольные вопросы преподавателя.

4.4. После допуска к работе:

А) Установить поляризацию излучения лазера, соответствующую возбуждению в оптическом планарном волноводе ТЕ моды. Добиться ввода излучения в волновод через его полированный торец путем позиционирования столика. С помощью видеокамеры убедиться, что в волноводе действительно возбуждается волноводная мода. Сохранить изображение выходного торца волновода в файл. С помощью фотодиода измерить отношение световой мощности на выходе планарного волновода к ее величине на его входе, добившись максимальной величины интенсивности света на выходе путем позиционирования волновода относительно фокусируемого светового пучка.

Б) Изменить поляризацию входного излучения с помощью поляризатора (величина угла поворота плоскости поляризации задается преподавателем). Повторить измерения предыдущего пункта (сохранение изображения

выходного торца волновода, измерение световой мощности на его входе и выходе).

В) Установить поляризацию света на входе, соответствующую ТМ моде волновода. Повторить эксперимент. Убедиться, что в волноводе не может распространяться ТМ мода.

Г) Повторить (по возможности) п. 4.4 В для планарного волноводного образца, полученного в ниобате лития путем диффузии титана.

Д) Используя закон Малюса, оценить ожидаемую величину изменения оптического пропускания планарного волновода при заданном в пункте Б) угле поворота плоскости поляризации входного излучения.

4.5. Оформить отчет по работе.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть представлены:

- схема экспериментальной установки;
- задание на работу;
- результаты экспериментального исследования;
- выводы по работе.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Каково расположение векторов поля для направляемых волн планарного волновода ТЕ и ТМ типа?

6.2. Почему в рассматриваемом волноводе меняется мощность на его выходе при изменении поляризации входного излучения?

6.3. Какие физические воздействия могут измеряться с помощью такого элемента?

6.5. Как определяется нелинейность характеристики датчика (в том числе - оптического)?

## 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 радиоэлектроники, 2007. – 190с. ISBN 978-5-86889-377-3.