

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
 И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»



УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью
 Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
 Владелец: Троян Павел Ефимович
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА**

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника
Профиль: Квантовая и оптическая электроника
Форма обучения Очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)
Кафедра электронных приборов (ЭП)

Курс 4 **Семестр** 7

Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени:

| № | Виды учебной работы | Семестр 7 | Всего | Единицы |
|----|--|------------------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 18 | 18 | час |
| 2 | Лабораторные работы | 12 | 12 | час |
| 3 | Практические занятия | 12 | 12 | час |
| 4 | Курсовая работа (КРС) (аудиторная) | не предусмотрена | | час |
| 5 | Всего аудиторных занятий (сумма 1 - 4) | 42 | 42 | час |
| 6 | Из них в интерактивной форме | 30 | 30 | час |
| 7 | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 30 | 30 | час |
| 8 | Всего (без экзамена) (Сумма 5, 7) | 72 | 72 | час |
| 9 | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | - | - | час |
| 10 | Общая трудоемкость (Сумма 8, 9) | 72 | 72 | час |
| | (в зачетных единицах) | 2 | 2 | ЗЕТ |

Зачет – 7 (седьмой) семестр

Томск 2017

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г. N 218.

Профиль: Квантовая и оптическая электроника

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « » 2016 г., протокол №

Разработчик: _____ В.М. Шандаров

Зав. кафедрой, профессор каф.ЭП _____ С.М. Шандаров

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки 210100.62 – Электроника и нанoeлектроника

Декан ФЭТ _____ А.И. Воронин

Зав. обеспечивающей кафедрой СВЧиКР _____ С.Н. Шарангович

Зав. выпускающей кафедрой ЭП _____ С.М. Шандаров

Эксперты:

Проф. каф. СВЧиКР _____ А.Е. Мандель

Председатель методической комиссии каф ЭП _____ Л.Н. Орликов

1. Цели и задачи дисциплины «Интегральная оптика»

Цель дисциплины - усвоение студентами физических основ функционирования, фундаментальных пределов и ограничений устройств интегральной оптики, находящихся все более широкое применение в современной науке и технике.

Задачи дисциплины - формирование ясной физической картины распространения оптического излучения в планарных световодах; комплексный анализ механизмов акусто-, электро- и магнито-оптического взаимодействий излучения со средой распространения; сравнительный анализ методов модуляции излучения, ограничения накладываемые этими методами на оптико – электронные устройства и устройства интегральной оптики; ознакомление с уровнем современного развития интегральной оптики, тенденциями ее дальнейшего развития.

2. Место дисциплины в структуре ООП

«Интегральная оптика» – дисциплина по выбору (Б1.В.ДВ.9.2) подготовки студентов по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

– способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: физические основы функционирования, фундаментальные пределы и ограничения устройств интегральной оптики.

уметь: строить математические и физические модели процессов распространения оптического излучения в волноводных средах; проводить комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения, дисперсионных характеристик волноводов; проводить сравнительный анализ методов модуляции излучения.

владеть: терминологией, используемой в интегральной оптике; навыками моделирования и исследования процессов распространения световых волн в оптических волноводах; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем интегральной оптики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет две зачетных единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |
|---------------------------------------|-------------|---------|
| | | 7 |
| Аудиторные занятия (всего) | 42 | 42 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 18 | 18 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 12 | 12 |
| Практические занятия (ПЗ) | 12 | 12 |
| Курсовая работа (КРС) (аудиторная) | - | - |
| Из них в интерактивной форме | 30 | 30 |
| | 30 | 30 |
| Самостоятельная работа (всего) | | |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |
| Общая трудоемкость час | 72 | 72 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 2 | 2 |

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекц. | Лаб. зан. | Практ. зан. | КРС (аудиторная) | СРС | Всего час | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|-------|---|-------|-----------|-------------|------------------|-----|-----------|----------------------------------|
| 1 | Введение | 1 | | | | 1 | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | 3 | - | 6 | - | 5 | 14 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Планарные и канальные оптические волноводы | 4 | 4 | 2 | - | 6 | 16 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 4 | Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | 3 | 4 | - | - | 6 | 13 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 5 | Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | 3 | 4 | - | - | 6 | 13 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы | 4 | - | 4 | - | 6 | 14 | ОПК-1; ОПК-2 |
| | Итого | 18 | 12 | 12 | - | 30 | 72 | |

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Раздел дисциплины | Содержание раздела | Трудоемкость (час) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|-------|---|---|--------------------|----------------------------------|
| 1 | Введение | Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, историческая справка о возникновении и развитии интегральной оптики, основная и дополнительная литература. | 1 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | Система уравнений электромагнитного поля для диэлектрической среды. Волновое уравнение. Структура поля плоской световой волны в безграничной среде. Поляризация света. Поляризационные элементы. Отражение света от плоской границы. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок. | 3 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Планарные и канальные оптические волноводы | Планарный оптический волновод: моды волновода - направляемые, вытекающие, излучательные; ТЕ и ТМ моды; формирование направляемых мод с позиций геометрической оптики и дисперсионное уравнение планарного волновода. Электромагнитная теория планарного диэлектрического волновода. Вывод дисперсионного уравнения и дисперсионные кривые; нормированные параметры и обобщенные дисперсионные кривые. Планарные волноводы со ступенчатым и градиентным профилями показателя преломления. Дисперсионное уравнение для градиентного планарного волновода. Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 4 | Материалы и методы формирования | Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы. Методы эпитаксии в | 3 | ОПК-1; ОПК-2 |

| | | | | |
|-------|---|--|----|--------------|
| | планарных и канальных волноводно-оптических элементов | формировании полупроводниковых волноводно-оптических элементов. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах. Типичные характеристики волноводно-оптических элементов при использовании разных методов формирования. | | |
| 5 | Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | Поляризация диэлектрика в электрическом поле. Среды с квадратичной и кубической оптической нелинейностью - возможные нелинейно-оптические эффекты в таких средах. Уравнение нелинейных волн. Нелинейно - оптические материалы. Генерация второй гармоники. Самомодуляция. Самовоздействие световых пучков в нелинейной среде. Временные и пространственные оптические солитоны. Вынужденное комбинационное рассеяние и вынужденное рассеяние Мандельштама - Бриллюэна. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах | 3 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы | Пассивные интегрально-оптические компоненты: линзы, призмы, зеркала, расщепители пучков, направленные ответвители, поляризаторы. Методы формирования, характеристики. Управляющие элементы интегральной оптики на основе электрооптического и акустооптического эффектов: модуляторы, дефлекторы, преобразователи частоты и поляризации света. Интегрально-оптические лазеры и датчики физических величин. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| Итого | | | 18 | |

5.3 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | |
|----------------------------------|---|--|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| | Физика | + | + | + | + | + | + |
| | Физические основы электроники | - | + | + | + | + | + |
| | Специальные разделы физики | - | + | + | + | + | + |
| | Оптические методы обработки информации | - | + | + | + | + | + |
| | Нанoeлектроника | - | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| | Квантовые приборы и устройства | - | + | + | + | + | + |
| | Основы технологии электронной компонентной базы | - | + | + | + | + | + |
| | Взаимодействие оптического излучения с веществом | - | + | + | + | + | + |
| | Микроволновые приборы и устройства | - | + | + | + | + | + |

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | | | Формы контроля |
|----------------------|--------------|-----|----|----|-----|--|
| | Л | Лаб | Пр | КР | СРС | |
| ОПК-1 | + | + | + | - | + | Отчет по лабораторным работам. Проверка заданий на практических занятиях. Зачет. |
| ОПК-2 | + | + | + | - | + | Отчет по лабораторным работам. Проверка заданий на практических занятиях. Зачет. |

Л-лекция, Пр - практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------|
| 7 семестр | | | | |
| «Разминка», Лекция с ошибками» | - | - | 10 | 10 |
| «Мозговой штурм» | 10 | - | - | 10 |
| «Групповая работа» | - | 10 | - | 10 |
| Итого за семестр: | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого | 10 | 10 | 10 | 30 |

7. Лабораторный практикум

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (час) | Компетенции ОК, ПК |
|--------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| 1 | 3 | Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | 5 | Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | 6 | Исследование планарных оптических волноводов | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| всего | | | 12 | |

8. Практические занятия (семинары)

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК |
|--------------|-----------------------------------|--|---------------------|--------------------|
| 1 | 2 | Расчет характеристик поля и поляризации плоских световых волн | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | 3 | Расчет параметров и дисперсионных характеристик планарных оптических волноводов | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | 6 | Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волноводов | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| всего | | | 12 | |

9. Самостоятельная работа

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК | Контроль выполнения работы (опрос, тест, дом. задание и т.д.) |
|--------------|-----------------------------------|--|---------------------|--------------------|---|
| 1 | 1 – 6 | Проработка лекционного материала | 8 | ОПК-1; ОПК-2 | Опрос, семинары, зачет. |
| 2 | 2, 3, 6 | Подготовка к практическим занятиям | 7 | ОПК-1; ОПК-2 | Опрос и проверка на практических занятиях. |
| 3 | 3, 5, 6 | Подготовка отчетов по лабораторным работам | 8 | ОПК-1; ОПК-2 | Допуск к лабораторной работе. Отчет. |
| 4 | 1 - 6 | Самостоятельное изучение тем теоретической части | 7 | ОПК-1; ОПК-2 | Опрос, семинары, зачет. |
| Итого | | | 30 | | |

10. Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Оценка объема и качества знаний студентов при внутрисеместровой и промежуточной аттестации определяется в соответствии с «Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов (приказ ректора от 25.02.2010 № 1902). Семестровая балльная раскладка по дисциплине приведена в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Балльная раскладка по дисциплине «Интегральная оптика», седьмой семестр (зачет, лекции, лабораторные занятия, практические занятия)

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--|--|---|---|------------------|
| Посещение занятий | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Тестовый контроль | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Практические занятия | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Выполнение и защита результатов лабораторных работ | 6 | 8 | 8 | 22 |
| Компонент своевременности | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Итого максимум за период: | 32 | 34 | 34 | 100 |
| Нарастающим итогом | 32 | 66 | 100 | 100 |

Рейтинг выставляется полностью, если работа сдана в срок (на текущей неделе); 50% рейтинга выставляется, если текущая неделя просрочена. За более позднюю сдачу заданий рейтинг не ставится. При пропусках по уважительным причинам оценка выставляется по самостоятельному заданию.

Составляющая балльной оценки входит в итоговую сумму баллов. Методика выставления баллов за ответы на экзамене определяется преподавателем (например, до 15 баллов за каждый из 2-х вопросов в билете).

Таблица 11.2– Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70 % до 89 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60 % до 69 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

Таблица 11.3– Пересчет итоговой суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|--|--|-------------------------|
| 5 (отлично) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 65 – 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно), (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

Преобразование суммы баллов в традиционную оценку и в международную буквенную оценку происходит один раз в конце семестра только после подведения итогов изучения дисциплины.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. - 197 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/750>

12.2 Дополнительная литература

1. Б.А.Красюк, Г.И.Корнеев. Оптические системы связи и световодные датчики (вопросы технологии). - М.: Радио и связь, 1985. - 192 с. (6)

2. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 230 с. (30)

3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - СПб.: Лань, 2011.- 528 с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/view/book/690>

12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам

1. Куш Г. Г., Шандаров В. М. Исследование планарных оптических волноводов: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 20 с: Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5117>

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/72>

3. Шандаров В. М., Круглов В. Г. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/62>

4. Шандаров В.М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления: [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям 2012. - 31 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/742>

Методические указания по самостоятельной работе студентов приведены в Учебно-методическом пособии [4], Главы 1, 2, Стр. 4 - 28.

12.3 Программное обеспечение

Microsoft PowerPoint для проведения лекций, операционные системы Windows и Unix для проведения лабораторных и практических работ.

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Образовательный портал университета, библиотека университета.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютерный класс, оборудованный компьютерами класса Pentium II и выше, включенный в сеть Internet.

Приложение к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян
«__» _____ 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат _____
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Квантовая и оптическая электроника

Форма обучения _____ очная _____

Факультет _____ Электронной техники (ФЭТ) _____

Кафедра _____ Электронных приборы (ЭП) _____

Курс _____ четвертый _____ Семестр _____ седьмой _____

Учебный план набора 2014 года

Зачет – седьмой семестр

Разработчик
Проф. каф. СВЧиКР
_____ В.М. Шандаров

Заведующий кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров

Томск 2017

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|-------|---|---|
| ОПК-1 | способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики | Должен знать основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы работы, построения и характеристики интегрально-оптических элементов и приборов. |
| ОПК-2 | способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат | Должен уметь объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы интегрально-оптических элементов и устройств; проводить компьютерное моделирование и проектирование интегрально-оптических элементов и устройств; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов и элементов. Должен владеть навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе элементной базы интегральной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования интегрально-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами интегрально-оптических элементов, с оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой. |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------|---|--|--|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическим и теоретическим знанием в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости. | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем. | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы. |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области. | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования. | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в |

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|
| | | | решении проблем. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями. | Обладает основными умениями, требуемыми для решения простых задач. | Работает при прямом наблюдении. |

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-1

Компетенция ОПК-1: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|---|---|
| Содержание этапов | Основные законы и соотношения волновой оптики, оптики ограниченных световых пучков и теории интегрально-оптических направляющих структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы построения, особенности и характеристики интегрально-оптических элементов и приборов. | Объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы оптических и интегрально-оптических элементов и устройств; применять на практике известные методы экспериментального исследования интегрально-оптических элементов и устройств; выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик оптических и интегрально-оптических компонентов и устройств. | Навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и интегральной оптики. |
| Виды занятий | Лекции. Практические занятия. | Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов. | Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов. |
| Используемые средства оценивания | Задачи. Зачет. | Задачи. Оформление отчетности и защита лабораторных работ. | Защита лабораторных работ. Зачет. |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 2 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|--|--|--|--|
| Отлично (высокий уровень) | Знает основные законы и соотношения волновой оптики, оптики ограниченных световых пучков, теории диэлектрических оптических волноводов; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной интегральной оптики; принципы построения, особенности и характеристики оптических и интегрально-оптических элементов и приборов. | Умеет объяснять физику работы оптических и интегрально-оптических элементов и устройств; применять методы их экспериментального исследования; выполнять расчеты по определению параметров и характеристик оптических и интегрально-оптических компонентов и устройств. | Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и интегральной оптики. |
| Хорошо (базовый уровень) | Понимает связи между различными понятиями в области физической оптики. Понимает принципы построения оптических и интегрально-оптических элементов и приборов. | Умеет выполнять поиск информации в области оптики, используя ресурсы отечественных и зарубежных источников. Умеет самостоятельно выбирать методы решения задач в области интегральной оптики. | Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с оптическими явлениями. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Дает определения основных понятий в области интегральной оптики. | Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы. | Может корректно представить информацию, связанную с оптическими явлениями. |

Компетенция ОПК-2: способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|-------------------|--|---|---|
| Содержание этапов | Основные законы и соотношения волновой теории направляющих структур; характеристики интегрально-оптических элементов и приборов. | Выполнять расчеты характеристик интегрально-оптических компонентов; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и интегрально-оптических приборов; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов. | Навыками проектирования и компьютерного моделирования интегрально-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и интегрально-оптических элементов, с оптическими приборами и контрольно-измерительной аппаратурой. |

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--|---|
| Виды занятий | Лекции. Практические занятия. | Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов. | Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов. |
| Используемые средства оценивания | Задачи. Зачет. | Оформление отчетности и защита лабораторных работ. | Защита лабораторных работ. Зачет. |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|--|--|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Знает основные законы и соотношения волновой теории направляющих оптических структур; принципы построения, особенности и характеристики интегрально-оптических элементов и приборов. | Умеет проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и интегрально-оптических элементов и устройств; имеет представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов. | Свободно владеет навыками чтения и изображения схем интегрально-оптических приборов и систем; навыками проектирования и компьютерного моделирования оптических элементов и устройств; навыками работы с реальными интегрально-оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой. |
| Хорошо (базовый уровень) | Понимает связи между различными понятиями в области интегральной оптики. Имеет представление о принципах построения интегрально-оптических элементов и приборов. | Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик интегрально-оптических элементов и приборов; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании интегрально-оптических приборов. Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования. | Владеет навыками работы с литературными источниками в области интегральной оптики. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Имеет представление о принципах построения интегрально-оптических элементов и приборов, об основных понятиях в области волоконной оптики. | Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы. | Может корректно представить знания и информацию, связанную с оптическими явлениями. |

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

Контрольные задачи (типовые) по элементарным знаниям и практическим навыкам по темам:

3.1. ТЕМА: Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов интегрально-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок.

Задача 1.

Запишите выражение для напряженности электрического поля плоской световой волны, распространяющейся в среде вдоль оси Z, если в плоскости XOY фазовый сдвиг между компонентами вектора E вдоль осей X и Y составляет 90°, а отношение их амплитуд $E_{mx}/E_{my}=0,5$.

Решение:

Согласно условиям задачи, плоская световая волна распространяется вдоль оси z. Тогда, исходя из поперечной структуры ее поля, вектор \vec{E} может располагаться лишь в плоскости XOY и имеет составляющие E_x и E_y . Изменение величины напряженности электрического поля плоской световой волны во времени и пространстве определяется выражением:

$$\vec{E} = [\bar{x}_0 E_{mx} \cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 E_{my} \cos(\omega t - kz - \varphi)].$$
 Поскольку фазовый сдвиг между составляющими вектора \vec{E} вдоль этих осей равен 90°, а $E_{my} = 2E_{mx}$ то это соотношение принимает окончательный вид:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= [\bar{x}_0 E_{mx} \cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 \cdot 2E_{mx} \sin(\omega t - kz)] = \\ &= E_{mx} \cdot [\bar{x}_0 \cos(\omega t - kz) + 2\bar{y}_0 \sin(\omega t - kz)] \end{aligned}$$

Таким образом, рассматриваемый случай соответствует плоской световой волне с эллиптической поляризацией, причем большая ось эллипса параллельна оси Y (поскольку $E_{my} = 2E_{mx}$).

Задача 2.

На пленочный поляроид падает линейно поляризованный световой пучок мощностью 1 мВт, плоскость поляризации света отклонена от направления главной оси поляроида на 30°. Какова величина световой мощности, прошедшей через поляризатор, если поляризующий материал заключен между двумя стеклянными пластинками (для стекла $n=1,51$), а френелевскими отражениями на границе между стеклом и этим материалом можно пренебречь?

Решение:

Уменьшение мощности световой волны, прошедшей через поляроид, обусловлено в реальных элементах эффектами частичного отражения света на границах раздела сред с разными свойствами, поглощения света в материале структуры, а также собственно поляризующим действием такого элемента.

Для наглядности представим схему данного элемента (рис. 1.2). Частичное отражение света может наблюдаться здесь на границах раздела 1 – 4 (отмечены стрелками). Согласно условиям задачи, можно пренебречь эффектом отражения света на границах 2 и 3. Поскольку условиями не определена величина оптического поглощения в материале поляроида, им также пренебрегаем. В итоге, для определения прошедшей световой мощности учитываем эффект частичного отражения света на входной и выходной

границах структуры (границы 1 и 4), а также отклонением плоскости поляризации света от главного направления поляроида, определяемым законом Малюса.

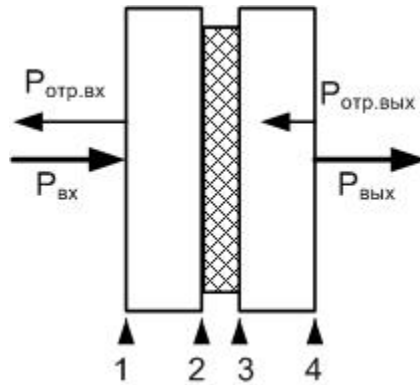


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления n и воздуха определяется соотношением $r = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$, то интенсивность (или мощность) прошедшего пучка при полном пропускании поляроида была бы равна $P_{i\delta} = P_{i\delta\delta} \cdot (1-r)(1-r) = P_{i\delta\delta} \cdot (1-r)^2$. Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

$P_{i\delta} = P_{i\delta\delta} \cdot (1-r)^2 \cdot \cos^2 \theta$, где $\theta=30^\circ$. Для $n=1,51$ в итоге получаем:

$$r=0,0413; P_{пр}=1 \cdot (1-0,0413)^2 \cdot \cos^2(30^\circ)=0,9178 \cdot 0,75=0,6884 \text{ мВт.}$$

Таким образом, мощность прошедшего через поляроид светового пучка в данном случае составляет 0,6884 мВт.

3.2. ТЕМА: Расчет основных параметров волоконных волноводов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков.

Задача 1.

1. Выведите соотношение, определяющее числовую апертуру NA волоконного световода со ступенчатым профилем показателя преломления и параметрами волоконного световода n_1 – показатель преломления материала сердцевины, n_2 - показатель преломления материала оболочки световода.

Решение:

Представим на рисунке геометрию задачи, определим понятие числовой апертуры. Затем, используя закон Снеллиуса при прохождении световой волны через торцевую поверхность оптического волокна и понятие критического угла полного внутреннего отражения света на границе раздела «сердцевина световода – оболочка световода», получим выражение для синуса угла падения света на торцевую поверхность световода.

3.3. ТЕМА: Расчет характеристик планарных волноводов и волноводных брэгговских решеток.

Задача 1.

Найдите критическую толщину волноводного слоя для направляемой TE_3 моды тонкопленочного асимметричного волновода, если он представляет собой пленку стекла с показателем преломления $n_1=1,6$, нанесенную на подложку из стекла с показателем преломления $n_1=1,5$. Длина волны света $\lambda=1,5$ мкм.

Решение:

Используя соотношение, найдем:

$$h_{кр} = \frac{3\pi + \arctg \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_0^2 - n_1^2}}}{k_0 \sqrt{n_0^2 - n_1^2}} = \frac{3\pi + \arctg \sqrt{\frac{1,5^2 - 1}{1,6^2 - 1,5^2}}}{2\pi \sqrt{1,6^2 - 1,5^2}} \lambda = \frac{3,352\pi}{2\pi \cdot 0,557} \lambda = 3\lambda .$$

Таким образом, критическая толщина волноводного слоя для TE₃ моды равна 4,5 мкм.

5. Темы лабораторных работ

1. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации
2. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.
3. Исследование планарных оптических волноводов

6. Экзаменационные вопросы

1. Поляризация плоских волн. Линейная, круговая, эллиптическая поляризация. Выращения для полей плоских световых волн с заданной поляризацией.
2. Поляризационные элементы: пленочные поляризаторы, кристаллические поляризаторы, фазовые пластинки. Изменение состояния поляризации плоской световой волны, прошедшей через фазовую пластинку.
3. Отражение и преломление света на границе раздела. Горизонтальная и вертикальная поляризация. Закон Снеллиуса. Угол Брюстера.
4. Полное внутреннее отражение света на границе раздела диэлектрических сред. Структура поля световой волны при полном внутреннем отражении.
5. Планарный оптический волновод. TE и TM моды, дисперсионное уравнение планарного волновода со ступенчатым профилем.
6. Волноводные брэгговские решетки. Соотношение для связи резонансной длины волны с пространственным периодом. Методы и схемы формирования решеток.
7. Модуляторы оптического излучения: фазовый электрооптический модулятор, электрооптический модулятор интенсивности.
8. Волноводные лазеры – основная схема, конструктивные элементы, особенности схем интегрально-оптических лазеров.
9. Суть эффекта комбинационного рассеяния (Рамановского рассеяния) и вынужденного комбинационного рассеяния света. Рамановские лазеры. Типовая схема рамановского лазера.
10. Волноводно-оптические датчики (принципы построения и схемы оптической модуляции).

7. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций (согласно пункту 12 рабочей программы):

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Основы физической и квантовой оптики. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. - 197 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/750>

12.2 Дополнительная литература

1. Б.А.Красюк, Г.И.Корнеев. Оптические системы связи и световодные датчики (вопросы технологии). - М.: Радио и связь, 1985. - 192 с. (6)

2. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 230 с. (30)

3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - СПб.: Лань, 2011.- 528 с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/view/book/690>

12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам

1. Куц Г. Г., Шандаров В. М. Исследование планарных оптических волноводов: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 20 с: Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5117>

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/72>

3 . Шандаров В. М., Круглов В. Г. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/62>

4. Шандаров В.М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления: [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям 2012. - 31 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/742>

Методические указания по самостоятельной работе студентов приведены в Учебно-методическом пособии [4], Главы 1, 2, Стр. 4 - 28.