

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



Документ подписан электронной подписью
 Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
 Владелец: Троян Павел Ефимович
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019
 «__» _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки 12.03.03 "Фотоника и оптоинформатика"
Профиль: Фотоника нелинейных, волноводный и периодических структур
Форма обучения Очная

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

Курс 4 **Семестр 7**

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени:

| № | Виды учебной работы | Семестр 7 | Всего | Единицы |
|----|--|------------------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 20 | 20 | 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) | 44 | 44 | час |
| 6 | Из них в интерактивной форме | 30 | 30 | час |
| 7 | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 28 | 28 | час |
| 8 | Всего (без экзамена) (Сумма 5, 7) | 72 | 72 | час |
| 9 | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | 36 | 36 | час |
| 10 | Общая трудоемкость (Сумма 8, 9) | 108 | 108 | час |
| | (в зачетных единицах) | 3 | 3 | ЗЕТ |

Экзамен – 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 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г. N 958.

Профиль: Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур

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 12.03.03 "Фотоника и оптоинформатика"

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 «Волоконная оптика»

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

Задачи дисциплины - формирование ясной физической картины распространения оптического излучения в волноводных средах; комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения, дисперсионных характеристик волноводов; сравнительный анализ методов модуляции излучения и ограничения, накладываемые этими методами на устройства волоконной оптики; ознакомление с современным уровнем волоконной оптики, тенденциями ее дальнейшего развития.

2. Место дисциплины в структуре ООП

«Волоконная оптика» – дисциплина по выбору (Б1.В.ДВ.6.1) подготовки студентов по направлению подготовки бакалавров 12.03.03 " Фотоника и оптоинформатика".

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 волоконной 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 волоконной оптике; навыками моделирования и исследования процессов распространения световых волн в оптических волокнах; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем волоконной 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) | 44 | 44 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 20 | 20 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 12 | 12 |
| Практические занятия (ПЗ) | 12 | 12 |
| Из них в интерактивной форме | 30 | 30 |
| Самостоятельная работа (всего) | 28 | 28 |
| В том числе: | | |
| Проработка лекционного материала | 8 | 8 |
| Подготовка к практическим занятиям | 6 | 6 |
| Подготовка к контрольным работам | - | - |
| Подготовка к лабораторным работам | 8 | 8 |
| Самостоятельное изучение тем теоретической части | 6 | 6 |
| Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа) | - | - |
| Подготовка к экзамену и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | | экзамен |
| Общая трудоемкость | 108 | 108 |
| в зачетных единицах | 3 | 3 |

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекц. | Лаб. зан. | Практ. зан. | КРС (ауди-торная) | СРС | Всего (без экз.) | Формируемые компетенции (ОПК) |
|-------|--|-------|-----------|-------------|-------------------|-----|------------------|-------------------------------|
| 1 | Введение | 1 | | | | 2 | 3 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | 5 | 4 | 4 | - | 4 | 17 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Волоконные световоды и волоконно-оптические элементы | 4 | 4 | 4 | - | 8 | 20 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 4 | Методы изготовления волоконных световодов и волоконно-оптических элементов | 2 | - | | - | 6 | 8 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 5 | Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах | 2 | - | 2 | - | 6 | 10 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Волоконно-оптические датчики и волоконные лазеры | 4 | 4 | 2 | - | 4 | 14 | ОПК-1; ОПК-2 |
| | Итого | 20 | 12 | 12 | - | 30 | 72 | |

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Раздел дисциплины | Содержание раздела | Трудо-емкость (час) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|-------|---|---|---------------------|----------------------------------|
| 1 | Введение | Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, историческая справка о возникновении и развитии волоконной оптики, основная и дополнительная литература | 1 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | Система уравнений Максвелла для диэлектрической среды. Волновое уравнение. Плоские световые волны в безграничной среде. Поляризация света. Поляризационные элементы. Прохождение света через границу раздела. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок. | 5 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Волоконные световоды и волоконно-оптические элементы | Планарный оптический волновод, моды и дисперсионное уравнение планарного волновода. Волоконные световоды, скалярное волновое уравнение, поля мод для световода со ступенчатым профилем показателя преломления. Числовая апертура и число мод волоконного световода. Дисперсия и механизмы потерь света в волоконном световоде. Типы оптических волокон. Особенности физических свойств и характеристик световодов для волоконно-оптических устройств и приборов. Волоконно-оптические соединители, разветвители, поляризаторы, разъемы, сварные соединения, волоконно-оптические брэгговские решетки. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |

| | | | | |
|-------|--|--|----|-----------------|
| 4 | Методы изготовления волоконных световодов и волоконно-оптических элементов | Основные материалы волоконной оптики: стекла, кристаллические и полимерные материалы. Подготовка заготовок для производства волоконных световодов. Методы вытягивания оптического волокна. | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 5 | Нелинейно-оптические эффекты в волоконных световодах | Поляризация диэлектрика в электрическом поле. Среды с квадратичной и кубичной 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. Оптические солитоны в волоконном световоде. | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Волоконно-оптические датчики и волоконные лазеры | Классификация волоконно-оптических датчиков по назначению волоконного тракта и методам модуляции оптического излучения. Датчики амплитудного, поляризационного и интерферометрического типов. Датчики на основе волоконных брэгговских решеток. Волоконные лазеры: типовые схемы, характеристики, области применения. Рамановские волоконные лазеры: принцип работы, характеристики, области использования и перспективы. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| Итого | | | 20 | |

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 квантовой и оптической электроники | - | + | + | + | + | + |
| | Основы фотоники | - | + | + | + | + | + |
| | Оптические методы обработки информации | - | + | + | + | + | + |
| | Методы математической физики | - | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| | Физика фотонных кристаллов | - | + | + | + | + | + |
| | Взаимодействие оптического излучения с веществом | - | + | + | + | + | + |
| | Голографические методы в фотонике и оптоинформатике | - | + | + | + | + | + |

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

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------|
| Мозговой штурм | 10 | - | 10 | 20 |
| Работа в группах | - | 10 | - | 10 |
| Итого | 10 | 10 | 10 | 30 |

7. Лабораторный практикум

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Наименование лабораторных работ | Трудо-емкость (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 | 3 | Исследование эффективности ввода света в волоконный световод | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | 6 | Исследование волоконно-оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| всего | | | 12 | |

8. Практические занятия (семинары)

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК |
|-------|-----------------------------------|---|----------------------|--------------------|
| 1 | 2 | Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | 2, 3 | Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков. Семинар. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | 3 | Расчет характеристик планарных волноводов и волоконных брэгговских решеток. Семинар. | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| всего | | | 12 | |

9. Самостоятельная работа

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудо-емкость (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 |
| 2 | 2, 3 | Подготовка к практическим занятиям | 6 | ОПК-1; ОПК-2 | Опрос и проверка на практических занятиях. |
| 3 | 3, 6 | Подготовка отчетов по лабораторным работам | 8 | ОПК-1; ОПК-2 | Отчет. Допуск к лабораторной работе |
| 4 | 1 - 6 | Самостоятельное изучение тем теоретической части | 6 | ОПК-1; ОПК-2 | Опрос, семинары |
| Итого | | | 28 | | |

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 «Волоконная 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. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2012. - 198 с. Режим доступа <http://edu.tusur.ru/training/publications/741>

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. Фриман, Роджер. Волоконно-оптические системы связи : Пер. с англ. / Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2006. - 495[1] с. : ил., табл. - (Мир связи ; IX-03). (14)

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. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование волоконно - оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/59>

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/120>

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 PoweRoint для проведения лекций, операционные системы Windows и Unix для проведения лабораторных работ.

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Образовательный портал университета, библиотека университета

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1 Общие требования

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

13.2 Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением

слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

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
ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА**

Уровень основной образовательной программы _____ бакалавриат _____
Направление подготовки _____ Направление подготовки 12.03.03 " Фотоника и
оптоинформатика "

Профиль _____ Фотоника нелинейных, волноводный и периодических структур

Форма обучения _____ очная _____

Факультет _____ Электронной техники (ФЭТ)

Кафедра _____ Электронных приборы (ЭП)

Курс _____ четвертый _____ Семестр _____ седьмой

Учебный план набора 2013 года

Экзамен – седьмой семестр

Разработчик
Проф. каф. СВЧКР
_____ 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 волоконно-оптических элементов. |
| 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 волоконно-оптических элементов и устройств; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании оптических приборов, сопоставляя особенности характеристик таких материалов и элементов. Должен владеть навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы волоконной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических и волоконно-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и волоконно-оптических элементов, с оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой. |

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

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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

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 волоконно-оптических направляющих структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; принципы построения, особенности и характеристики волоконно-оптических элементов и приборов. | Объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; применять на практике известные методы экспериментального исследования волоконно-оптических элементов и устройств; выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик оптических и волоконно-оптических компонентов и устройств. | Навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и волоконной оптики. |
| Виды занятий | Лекции. Практические занятия. | Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов. | Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов. |
| Используемые средства оценивания | Задачи. Экзамен. | Задачи. Оформление отчетности и защита лабораторных работ. | Защита лабораторных работ. Экзамен. |

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 цилиндрических оптических волноводов; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной волоконной оптики; принципы построения, особенности и характеристики оптических и волоконно-оптических элементов и приборов. | Умеет объяснять физику работы оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; применять методы их экспериментального исследования; выполнять расчеты по определению параметров и характеристик оптических и волоконно-оптических компонентов и устройств. | Свободно владеет навыками чтения и изображения схем оптических приборов и систем на основе современной элементной базы оптики и волоконной оптики. |
| Хорошо (базовый уровень) | Понимает связи между различными понятиями в области физической оптики. Понимает принципы построения оптических и волоконно-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 волоконной оптики. | Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с оптическими явлениями. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Дает определения основных понятий в области волоконной оптики. | Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы. | Может корректно представить информацию, связанную с оптическими явлениями. |

Компетенция ОПК-2: способностью 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 волоконно-оптических элементов и приборов. | Выполнять расчеты характеристик волоконно-оптических компонентов; проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических приборов; пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов. | Навыками проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств различного назначения; навыками практической работы с лабораторными образцами оптических и волоконно-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. Экзамен. | Оформление отчетности и защита лабораторных работ. | Защита лабораторных работ. Экзамен. |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – 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 волоконно-оптических элементов и приборов. | Умеет проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических и волоконно-оптических элементов и устройств; имеет представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов. | Свободно владеет навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических приборов и систем; навыками проектирования и компьютерного моделирования оптических элементов и устройств; навыками работы с реальными волоконно-оптическими приборами и с контрольно-измерительной аппаратурой. |
| Хорошо (базовый уровень) | Понимает связи между различными понятиями в области волоконной оптики. Имеет представление о принципах построения интегрально-оптических элементов и приборов. | Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик волоконно-оптических элементов и приборов; умеет пользоваться справочными данными по оптическим материалам и элементам при проектировании волоконно-оптических приборов. Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования. | Владеет навыками работы с литературными источниками в области волоконной оптики. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Имеет представление о принципах построения волоконно-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 волоконно-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:

$$\vec{E} = \bar{x}_0 E_{mx} \cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 E_{my} \cos(\omega t - kz - \gamma)$$
 . Поскольку фазовый сдвиг между составляющими вектора \vec{E} вдоль этих осей равен 90°, а $E_{my} = 0,5 E_{mx}$ то это соотношение принимает окончательный вид:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \bar{x}_0 E_{mx} \cos(\omega t - kz) + \bar{y}_0 \cdot 0,5 E_{mx} \sin(\omega t - kz) = \\ &= E_{mx} \cdot [\bar{x}_0 \cos(\omega t - kz) + 0,5 \bar{y}_0 \sin(\omega t - kz)] \end{aligned}$$

Таким образом, рассматриваемый случай соответствует плоской световой волне с эллиптической поляризацией, причем большая ось эллипса параллельна оси Y (поскольку $E_{my} = 0,5 E_{mx}$).

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.

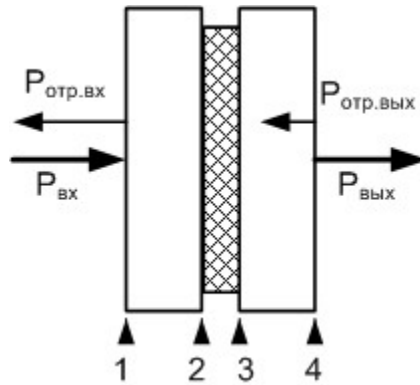


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

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 $P_{пр} = P_{над} \cdot (1-r)(1-r) = P_{над} \cdot (1-r)^2$. Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

$P_{пр} = P_{над} \cdot (1-r)^2 \cdot \cos^2 \theta$, 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 световодов, 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 волоконных 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 эффективности ввода света в волоконный световод.
3. Исследование волоконно-оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна

6. Экзаменационные вопросы

1. Поляризация плоских волн. Линейная, круговая, эллиптическая поляризация. Выражения 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. Волоконные световоды: одномодовые и многомодовые, со ступенчатым и градиентным профилями показателя преломления. Понятие числовой апертуры световода. Дисперсия в волоконных световодах: межмодовая, хроматическая, поляризационно-модовая дисперсия. Фотонно-кристаллические волоконные световоды. Инфракрасные световоды.
6. Планарный оптический волновод. TE и TM моды, дисперсионное уравнение планарного волновода со ступенчатым профилем.
7. Скалярное волновое уравнение для цилиндрического диэлектрического волновода. Моды волоконных световодов.
8. Волоконно-оптические брэгговские решетки. Соотношение для связи резонансной длины волны с пространственным периодом. Методы и схемы формирования волоконных решеток.
9. Модуляторы оптического излучения: фазовый электрооптический модулятор, электрооптический модулятор интенсивности.
10. Волоконные лазеры – основная схема, конструктивные элементы, особенности схем накачки мощных волоконных лазеров.
11. Суть эффекта комбинационного рассеяния (Рамановского рассеяния) и вынужденного комбинационного рассеяния света. Рамановские лазеры. Типовая схема рамановского лазера.
12. Структурная схема преобразования физической величины в волоконно – оптических датчиках. Классификация датчиков по типу модуляции световой волны.
13. Волоконно-оптические датчики с амплитудной модуляцией: датчики температуры зондового типа и датчика с оптическим преобразователем.
14. Волоконно-оптические датчики механических величин (ускорения, давления).

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):

12.1 Основная литература

1. В.М. Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. - Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2012. - 198 с. Режим доступа <http://edu.tusur.ru/training/publications/741>

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. Фриман, Роджер. Волоконно-оптические системы связи : Пер. с англ. / Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2006. - 495[1] с. : ил., табл. - (Мир связи ; IX-03). (14)

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. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование волоконно - оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/59>

2. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе - 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/120>

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.