**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Материалы интегральной оптики

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 20 | 20 | часов |
| 2 | Практические занятия | 20 | 20 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 14 | 14 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 54 | 54 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 30 | 30 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 18 | 18 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 72 | 72 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9864

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от « 1 » 7 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 2015-09-03 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. ЭП _____ Кистенева М. Г.

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф. ЭП _____ Шандаров С. М.

Эксперты:

профессор кафедра ЭП _____ Орликов Л. Н.

Согласована на портале № 9864

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование представлений об основных типах оптических материалов, используемых в интегральной оптике, сравнивая их по эксплуатационным параметрам, физико-химическим свойствам.

### 1.2. Задачи дисциплины

– научить студентов ориентироваться в областях применения материалов интегральной оптики и их свойств,

– знать природу специфики материалов интегральной оптики,

– уметь формулировать основные физико-химические принципы разработки кристаллов для интегрально-оптических приборов и устройств.

–

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Материалы интегральной оптики» (Б1.В.ДВ.9.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Введение в фотонику и оптоинформатику, Интегральная оптика, Материалы нелинейной оптики, Нелинейная оптика, Оптическая физика, Оптическое материаловедение.

Последующими дисциплинами являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-3 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат;

– ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Основные классы материалов интегральной оптики,физико-химические особенности различных типов кристаллов, используемых в интегральной оптике,природу анизотропии оптических и физико-химических свойств кристаллов

– **уметь** Уметь: строить математические и физические модели процессов распространения оптического излучения в материалах интегральной оптики; проводить комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения;

– **владеть** Терминологией, методиками исследования основных физико-химических свойств материалов интегральной оптики; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем интегральной оптики.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 54 | 54 |
| Лекции | 20 | 20 |
| Практические занятия | 20 | 20 |
| Лабораторные занятия | 14 | 14 |

Согласована на портале № 9864

| | | |
|---|---|---|
| Из них в интерактивной форме | 30 | 30 |
| Самостоятельная работа (всего) | 18 | 18 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | 4 |
| Проработка лекционного материала | 5 | 5 |
| Написание рефератов | 6 | 6 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | 3 |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| № | Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Введение. Классификация материалов интегральной оптики | 2 | 4 | 0 | 1 | 7 | ОПК-3 |
| 2 | Распространение света в диэлектрических волноводах и элементы кристаллооптики | 4 | 4 | 6 | 3 | 17 | ОПК-3, ПК-3 |
| 3 | Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | ОПК-3, ПК-3 |
| 4 | Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | 6 | 4 | 4 | 5 | 19 | ОПК-3, ПК-3 |
| 5 | Материалы для генерации когерентного излучения | 4 | 4 | 0 | 5 | 13 | ОПК-3 |
| | Итого | 20 | 20 | 14 | 18 | 72 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |

Согласована на портале № 9864

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение. Классификация материалов интегральной оптики | Классификация материалов интегральной оптики и нелинейно-оптических эффектов. Линейные и нелинейные оптические материалы. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в интегральной оптике | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Распространение света в диэлектрических волноводах и элементы кристаллооптики | Прохождение света через границу раздела двух сред. Формулы Френеля. Особенности распространения света в тонких слоях. Волноводы. Диэлектрический волновод. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Электрооптические эффекты. Магнитооптические эффекты. Пьезооптические и акустооптические эффекты | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | 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. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | Планарный оптический волновод: моды волновода. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов. Связь между волноводами. Основы оптического согласования. Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы. Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана. Кристаллы силленитов. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах | 6 | ОПК-3 |

Согласована на портале № 9864

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 6 | |
| 5 Материалы для генерации когерентного излучения | Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов: алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий- недим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| № | Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | |
| 1 | Введение в фотонику и оптоинформатику | | + | + | | |
| 2 | Интегральная оптика | | + | + | | |
| 3 | Материалы нелинейной оптики | | | | + | + |
| 4 | Нелинейная оптика | | | + | | |
| 5 | Оптическая физика | | + | + | | |
| 6 | Оптическое материаловедение | | | | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | |
| 1 | Взаимодействие оптического излучения с веществом | | + | + | + | + |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |

Согласована на портале № 9864

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-3 | + | + | + | + | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии |
| ПК-3 | | | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |

## 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 | | | | |
| Мозговой штурм | | | 2 | 2 |
| Решение ситуационных задач | 2 | | 2 | 4 |
| Презентации с использованием видеофильмов с обсуждением | | | 2 | 2 |
| Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением | | | 2 | 2 |
| Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением | 4 | | | 4 |
| Исследовательский метод | 2 | 4 | 2 | 8 |
| Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением | 2 | | | 2 |
| Работа в команде | | 6 | | 6 |
| Итого за семестр: | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого | 10 | 10 | 10 | 30 |

## 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 9864

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

| Названия разделов | Содержание лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Распространение света в диэлектрических волноводах и элементы кристаллооптики | Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов | 4 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Электрооптическая модуляция оптического излучения | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| 3 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах | 4 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | Исследование оптических свойств кристаллов ниобата лития | 4 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 14 | |

## 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов | Содержание практических занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Введение. Классификация материалов интегральной оптики | Линейные и нелинейные оптические материалы | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Распространение света в диэлектрических волноводах и элементы кристаллооптики | Электрооптические, акустооптические и магнитооптические эффекты и кристаллы | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | Генерация второй гармоники. Кристаллы семейства титанилфосфата калия | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | Нелинейные фоторефрактивные кристаллы | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 9864

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Материалы для генерации когерентного излучения | Лазерные материалы | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Введение. Классификация материалов интегральной оптики | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-3 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Распространение света в диэлектрических волноводах и элементы кристаллооптики | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-3, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 3 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | Написание рефератов | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 1 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | Написание рефератов | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 5 Материалы для генерации когерентного излучения | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Написание рефератов | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 5 | | |

Согласована на портале № 9864

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Итого за семестр | | 18 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 54 | | |

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Конспект самоподготовки | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Опрос на занятиях | 10 | 12 | 12 | 34 |
| Отчет по лабораторной работе | | 6 | 6 | 12 |
| Итого максимум за период | 18 | 26 | 26 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 18 | 44 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

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 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |

Согласована на портале № 9864

| | | |
|---|---|---|
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2059, свободный.
2. Оптическое материаловедение: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2013. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2992, свободный.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Шандаров С.М., Шандаров В.М., Мандель А.Е., Буримов Н.И. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография. Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 241[1] с. - ISBN 978-5-86889-426-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 62 экз.)
2. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : Учебное пособие / Шандаров В. М., Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2012. 244 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1553, свободный.
3. Акустические кристаллы: Справочник / А. А. Блистанов [и др.]; ред.: М. П. Шаскольская. - М.: Наука, 1982. - 632 с.: ил. - Библиогр.: с. 589-632. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)
4. Шандаров В. М. Основы физической и квантовой оптики: учебное пособие для вузов /В. М. Шандаров; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 258 с. - ISBN 5-86889-228-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)
5. Гейко П. П. Прикладная нелинейная оптика: учебное пособие / П. П. Гейко; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2007. - 109 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.)

### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания к практическим занятиям / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1093, свободный.
2. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания по самостоятельной работе / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1094, свободный.
3. Электрооптическая модуляция оптического излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 -«Фотоника и оптоинформатика» / Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3499, свободный.
4. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5970, свободный.
5. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986, свободный.

Согласована на портале № 9864

6. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах : Методические указания к лабораторной работе / Шандаров С. М., Бородин М. В. - 2012. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1893, свободный.

### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета
2. Библиотека университета

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные стенды для исследования оптических свойств нелинейных оптических материалов.

Демонстрационные плакаты.

Переносные макеты для демонстрации на лекциях и проведения лабораторных работ.

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

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 9864

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Материалы интегральной оптики

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- Доцент каф. ЭП Кистенева М. Г.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9864

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) 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 (практике) 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 компетенций |
|---|---|---|
| ОПК-3 | способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат | Должен знать Основные классы материалов интегральной оптики,физико-химические особенности различных типов кристаллов, используемых в интегральной оптике,природу анизотропии оптических и физико-химических свойств кристаллов ;<br>Должен уметь Уметь: строить математические и физические модели процессов распространения оптического излучения в материалах интегральной оптики; проводить комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения;;<br>Должен владеть Терминологией, методиками исследования основных физико-химических свойств материалов интегральной оптики; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем интегральной оптики. ; |
| ПК-3 | способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике | |

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 фактическими и теоретическими знаниями 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 |
| Удовлетворительн | Обладает базовыми | Обладает основными | Работает при прямом |

Согласована на портале № 9864

| | | | |
|---|---|---|---|
| о (пороговый уровень) | общими знаниями | умениями, требуемыми для выполнения простых задач | наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения 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 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | Основные классы материалов интегральной оптики, физико-химические особенности различных типов кристаллов, используемых в интегральной оптике, природу анизотропии оптических и физико-химических свойств кристаллов | Строить математические и физические модели процессов распространения оптического излучения в материалах интегральной оптики; проводить комплексный анализ причин и механизмов потерь оптического излучения | Терминологией, методиками расчета основных параметров материалов интегральной оптики; современными методами и подходами при разработке и эксплуатации устройств и систем интегральной оптики. |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; |

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

Согласована на портале № 9864

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Может анализировать связи между различными физическими понятиями и моделями, представляет способы и результаты использования различных физико-математических моделей материалов интегральной оптики ; | • Умеет решать задачи повышенной сложности, корректно выражать и аргументированно обосновывать результаты; | • Самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование. Владеет разными способами представления результатов в графической, математической форме, в форме физических моделей ; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Понимает связи между различными физическими понятиями, имеет представление о физико-математических моделях в данной области знаний, аргументирует выбор метода решения задачи, составляет план решения и графически иллюстрирует задачу ; | • Умеет решать типовые задачи, математически выражать и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа экспериментальных и теоретических исследований материалов интегральной оптики; | • Самостоятельно работает на исследовательских установках. Может интерпретировать и иллюстрировать полученные экспериментальные и теоретические результаты ; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Дает определения основных понятий, воспроизводит основные физические факты, идеи; знает основные алгоритмы решения типовых задач. ; | • Умеет работать со справочной литературой и рассчитывать основные параметры материалов нелинейной оптики. ; | • Правильно использует приборы, указанные в описании лабораторной работы, понимает терминологию и сущность процессов; |

**2.2 Компетенция ПК-3**

ПК-3: способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике.

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 | Этапы технологических процессов и оборудование для выращивания различных типов кристаллов, используемых в интегральной оптике; методы послеростовой | Рационально выбирать процессы послеростовой обработки кристаллов, с учетом результатов входного контроля параметров выращенного кристалла и требований к | Методиками исследования основных физико-химических свойств материалов интегральной оптики; современными методами и подходами при разработке и |

Согласована на портале № 9864

| | | | |
|---|---|---|---|
| | обработки выращенных кристаллов для получения материалов с заданными свойствами. | изготавливаемым из него элементам; организовать процесс входного контроля параметров выращенного кристалла и выходного контроля параметров оптических элементов изготовленных из него | эксплуатации устройств и систем интегральной оптики |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен; |

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

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Знать основные экспериментальные методы и приборы для исследования материалов интегральной оптики. Может анализировать связи между различными физическими понятиями и моделями, представляет способы и результаты использования различных физико-математических моделей материалов нелинейной оптики ; | • Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать результаты исследований свойств материалов нелинейной оптики; | • Владеет навыками измерения, анализа исследуемых характеристик и моделирования физических процессов в материалах нелинейной оптики; |
| Хорошо (базовый | • Понимает связи | • Умеет математически | • Владеет основами |

Согласована на портале № 9864

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | между различными физическими понятиями, имеет представление о физико-математических моделях в данной области знаний, аргументирует выбор метода решения задачи, составляет план решения и графически иллюстрирует задачу. ; | выражать и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа экспериментальных и теоретических исследований свойств материалов нелинейной оптики; | измерения и анализа исследуемых характеристик материалов нелинейной оптики; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Дает определения основных понятий, воспроизводит основные физические факты, идеи; знает основные методики исследования свойств материалов нелинейной оптики; | • Умеет работать со справочной литературой. Умеет объяснить результаты своей работы; | • Может эффективно работать под наблюдением преподавателя; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые 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 следующем составе.

### 3.1 Вопросы на самоподготовку

– Как классифицируются материалы интегральной оптики? Где применяются материалы интегральной оптики? Как классифицируются нелинейно-оптические эффекты? Каковы физико-механические свойства материалов интегральной оптики и методы их измерения? Каковы принципы отбора веществ, перспективных для применения в интегральной оптике Каковы современные тенденции развития материалы интегральной оптики? Особенности распространения света в тонких слоях. Что такое волноводы? Виды волноводов. Диэлектрический волновод. Распространение излучения в анизотропных средах. Какие нелинейно-оптические эффекты наблюдаются в средах с квадратичной и кубичной оптической нелинейностью? Уравнение нелинейных волн. Какие материалы относятся к нелинейно - оптическим материалам? Генерация второй гармоники. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах. Что такое планарный оптический волновод? Что такое моды волновода? Основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов. Связь между волноводами. Основы оптического согласования. Аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы для интегральной оптики. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах. Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов: алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий- неодим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров.

### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Классификация материалов интегральной оптики и нелинейно-оптических эффектов. Линейные и нелинейные оптические материалы. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в интегральной оптике

– Прохождение света через границу раздела двух сред. Формулы Френеля. Особенности распространения света в тонких слоях. Волноводы. Диэлектрический волновод. Оптика

Согласована на портале № 9864

анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Электрооптические эффекты. Магнитооптические эффекты. Пьезооптические и акустооптические эффекты

– 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. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах

– Планарный оптический волновод: моды волновода. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов. Связь между волноводами. Основы оптического согласования. Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы. Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана. Кристаллы силленитов. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах

– Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов: алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий- недим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров

### 3.3 Темы докладов

– Материалы интегральной оптики. Классификация. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в динамической голографии. Оптические и голографические методы и схемы решения задач распознавания образов. Методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров материалов интегральной оптики. Оптические эффекты в нелинейных оптических материалах, обусловленные анизотропией. Материалы для диэлектрических волноводов. Магнитооптические материалы. Пьезооптические материалы. Акустооптические материалы. Нелинейные оптические эффекты, обусловленные квадратичной нелинейностью. Нелинейные оптические эффекты, обусловленные кубической нелинейностью. Материалы для генерации второй гармоники. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах. Свойства и применение кристаллов ниобата лития. Свойства и применение кристаллов силленитов. Аморфные диэлектрики, применяемые в интегральной оптике. Формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах. Кристаллы для генерации лазерного излучения. Оптические преобразователи частоты. Кристаллы нитрата натрия и нитрата бария для преобразования излучения твердотельных лазеров на основе эффекта вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР).

### 3.4 Экзаменационные вопросы

– Классификация материалов интегральной оптики и нелинейно-оптических эффектов. Линейные и нелинейные оптические материалы. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в интегральной оптике. Прохождение света через границу раздела двух сред. Формулы Френеля. Особенности распространения света в тонких слоях. Волноводы. Диэлектрический волновод. Оптика анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости. Оптическая индикатриса. Электрооптические эффекты. Магнитооптические эффекты. Пьезооптические и акустооптические эффекты. 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. Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических структурах. Планарный оптический волновод: моды волновода. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов. Связь между волноводами. Основы оптического согласования. Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы. Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана. Кристаллы силленитов. Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах. Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов:

Согласована на портале № 9864

алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий-недим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров.

### 3.5 Темы лабораторных работ

– Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов

– Электрооптическая модуляция оптического излучения

– Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах

– Исследование оптических свойств кристаллов ниобата лития

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2059, свободный.

2. Оптическое материаловедение: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2013. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2992, свободный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. Шандаров С.М., Шандаров В.М., Мандель А.Е., Буримов Н.И. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография. Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 241[1] с. - ISBN 978-5-86889-426-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 62 экз.)

2. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : Учебное пособие / Шандаров В. М., Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2012. 244 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1553, свободный.

3. Акустические кристаллы: Справочник / А. А. Блистанов [и др.]; ред.: М. П. Шаскольская. - М.: Наука, 1982. - 632 с.: ил. - Библиогр.: с. 589-632. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

4. Шандаров В. М. Основы физической и квантовой оптики: учебное пособие для вузов /В. М. Шандаров; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 258 с. - ISBN 5-86889-228-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

5. Гейко П. П. Прикладная нелинейная оптика: учебное пособие / П. П. Гейко; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2007. - 109 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.)

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания к практическим занятиям / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1093, свободный.

2. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания по самостоятельной работе / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1094, свободный.

3. Электрооптическая модуляция оптического излучения: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 -«Фотоника и оптоинформатика» / Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3499, свободный.

4. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению

Согласована на портале № 9864

11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5970, свободный.

5. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986, свободный.

6. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах : Методические указания к лабораторной работе / Шандаров С. М., Бородин М. В. - 2012. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1893, свободный.

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета
2. Библиотека университета

Согласована на портале № 9864