**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Интегральная оптика

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 20 | 20 | часов |
| 2 | Практические занятия | 12 | 12 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 12 | 12 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 44 | 44 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 64 | 64 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е. |

Зачет: 7 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 23781

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 8 от «26» 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

| | | |
|---|---|---|
| доцент каф. СВЧиКР | _____ | А. С. Перин |
| Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР | _____ | С. Н. Шарангович |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан ФЭТ | _____ | А. И. Воронин |
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| доцент каф. СВЧ и КР | _____ | А. Ю. Попков |
| профессор каф. ЭП | _____ | Л. Н. Орликов |

Согласована на портале № 23781

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

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

### 1.2. 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 ОПОП

Дисциплина «Интегральная оптика» (Б1.В.ДВ.8.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом, Методы математической физики, Наноэлектроника, Оптические методы обработки информации, Твердотельная электроника, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Квантовые приборы и устройства, Когерентная оптика и голография, Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

В результате изучения дисциплины обучающийся 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 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) | 44 | 44 |
| Лекции | 20 | 20 |

Согласована на портале № 23781

| | | |
|---|---|---|
| Практические занятия | 12 | 12 |
| Лабораторные работы | 12 | 12 |
| Самостоятельная работа (всего) | 64 | 64 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 16 | 16 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 16 | 16 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 16 | 16 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость, ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 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 | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | | | |
| 1 Введение | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | ОПК-2, ПК-3 |
| 2 Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | 5 | 4 | 0 | 12 | 21 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| 3 Планарные и канальные оптические волноводы | 4 | 4 | 4 | 17 | 29 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | 3 | 0 | 0 | 7 | 10 | ОПК-2, ПК-3 |
| 5 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | 3 | 0 | 4 | 12 | 19 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| 6 Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы | 4 | 4 | 4 | 15 | 27 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| Итого за семестр | 20 | 12 | 12 | 64 | 108 | |
| Итого | 20 | 12 | 12 | 64 | 108 | |

Согласована на портале № 23781

**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 | | | |
| 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-2 |
| | Итого | 1 | |
| 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. | 5 | ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 5 | |
| 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-2, ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | Основные материалы интегральной оптики: аморфные диэлектрики, полупроводниковые материалы, электрооптические кристаллы. Методы эпитаксии в 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 | 3 | ПК-3 |

Согласована на портале № 23781

| | | | |
|---|---|---|---|
| | формирования. | | |
| | Итого | 3 | |
| 5 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. 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-2, ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 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-2, ПК-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 представлены 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 | 6 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | |
| 1 Взаимодействие оптического излучения с веществом | | + | + | + | + | + |
| 2 Методы математической физики | | + | + | + | + | + |
| 3 Наноэлектроника | | + | + | + | + | + |
| 4 Оптические методы обработки информации | | + | + | + | + | + |
| 5 Твердотельная электроника | | + | + | + | + | + |
| 6 Физика | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | |
| 1 Квантовые приборы и устройства | | + | + | + | + | + |

Согласована на портале № 23781

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 Когерентная оптика и голография | | + | + | + | + | + |
| 3 Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники | | + | + | + | + | + |

**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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест |
| ПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 3 Планарные и канальные оптические волноводы | Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Пассивные и управляющие интегрально-оптические | Исследование планарных отпических волноводов | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 23781

| | | | |
|---|---|---|---|
| элементы; интегрально-оптические приборы | | | |
| Итого за семестр | | 12 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | Расчет характеристик поля и поляризации плоских световых волн | 4 | ОПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Планарные и канальные оптические волноводы | Расчет параметров и дисперсионных характеристик планарных оптических волноводов | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы | Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волноводов | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 12 | |

## 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 | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-2, ПК-3 | Зачет, Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Основные соотношения для описания плоских световых волн и световых пучков | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | ОПК-2, ПК-3, ПК-1 | Зачет, Опрос на занятиях, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного | 3 | | |

Согласована на портале № 23781

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | материала | | | |
| | Итого | 12 | | |
| 3 Планарные и канальные оптические волноводы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 | Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 5 | | |
| | Итого | 17 | | |
| 4 Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | ОПК-2, ПК-3 | Зачет, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 5 Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | ОПК-2, ПК-3, ПК-1 | Зачет, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 5 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 6 Пассивные и управляющие интегрально-оптические элементы; интегрально-оптические приборы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-2, ПК-1, ПК-3 | Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 15 | | |
| Итого за семестр | | 64 | | |
| Итого | | 64 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные 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 | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|

Согласована на портале № 23781

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | конец семестра | |
| 7 семестр | | | | |
| Зачет | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Контрольная работа | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | 6 | 16 |
| Отчет по лабораторной работе | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Тест | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 33 | 33 | 34 | 100 |
| Нарастающим итогом | 33 | 66 | 100 | 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) |
| 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. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / Шандаров В. М. - 2012. 197 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750, дата обращения: 21.05.2018.

### 12.2. Дополнительная литература

1. 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: https://edu.tusur.ru/publications/1553, дата обращения: 21.05.2018.

Согласована на портале № 23781

2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - СПб.: Лань, 2011.- 528 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/690, дата обращения: 21.05.2018.

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование планарных отпических волноводов: Методические указания к лабораторной работе / Шандаров В. М., Кущ Г. Г. - 2011. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/117, дата обращения: 21.05.2018.
2. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: Методические указания к лабораторной работе для студентов / Шандаров В. М., Тренихин П. А. - 2011. 7 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/72, дата обращения: 21.05.2018.
3. Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации: Методические указания к лабораторной работе / Шандаров В. М., Круглов В. Г. - 2011. 6 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/62, дата обращения: 21.05.2018.
4. Волоконно-оптические устройства и приборы: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе / Шандаров В. М. - 2018. 40 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7347, дата обращения: 21.05.2018.

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии: www.elibrary.ru (доступ свободный)
2. Интернет библиотека с доступом к реферативным и полнотекстовым статьям и материалам конференций: www.ieeexplore.ieee.org (бессрочно без подписки)
3. 88 естественно-научных журналов, включая старейший и один из самых авторитетных научных журналов Nature: www.nature.com (доступ свободный)
4. SpringerLink. Более 3 000 журналов Springer 1997 – 2018 гг. Более 80 000 электронных книг Springer 2005 – 2010 гг. и 2011 – 2017 гг., включая монографии, справочники и труды конференций: rd.springer.com (ресурс доступен по IP-адресам ТУСУРа)

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются

Согласована на портале № 23781

демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

**13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебно-вычислительная лаборатория им. Е.С. Коваленко «Лаборатория волоконно-оптических линий связи и измерений»

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 333б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (8 шт.);
- Генератор оптических и электрических импульсов комбинированный ОГ5-87 (3 шт.);
- Ваттметр поглощаемой мощности оптический ОМ3-65 (4 шт.);
- Ваттметр поглощаемой мощности оптический ОМ3-66 (1 шт.);
- Генератор импульсов Г5-54 (1 шт.);
- Осциллограф С1-75 (2 шт.);
- Осциллограф С1-73 (1 шт.);
- Измеритель коэффициента ошибок 832 (1 шт.);
- Генератор сигналов оптический ОГ4-162 (1 шт.);
- Генератор высокочастотный СПТГ4-102 (1 шт.);
- ФПУ (1 шт.);
- Комплект для сварки оптического волокна КСС-111 (1 шт.);
- Комплект для сварки оптического волокна КСС-121 (1 шт.);
- Блок индикации ОМК3 (2 шт.);
- Источник постоянного тока Б5-21 (1 шт.);
- Источник питания постоянного тока Б5-45 (1 шт.);
- Рефлектометр оптических погрешностей OFT-12 (2 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проектор 1 шт., экран 1 шт.) ;
- Лабораторный стенд "Компоненты волоконно-оптической линии связи";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая линия связи";
- Лабораторный комплекс "Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая связь";
- Типовой комплект учебного оборудования "Монтаж и эксплуатация волоконно-оптических структурированных кабельных систем";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Reader
- Google Chrome
- LibreOffice
- Microsoft Imagine
- Microsoft Office 2007
- Mozilla Firefox
- PTC Mathcad 15

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория ГПО «Оптоэлектроника»

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского

Согласована на портале № 23781

типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (6 шт.);
- Аппаратура ЦВОЛТ Транспорт-8х30 (2 крейта в стойке 19”);
- Осциллограф цифровой Tektronix TSD 2012B (1 шт.);
- Генератор сигналов SFG-2110 (1 шт.);
- Вольтметр цифровой GDM-8145 (1 шт.);
- Осциллограф GOS 620FG (1 шт.);
- Источник питания GPS-4251 (1 шт.);
- Стенд для записи голографических дифракционных решёток на фотополимерных материалах (1 шт.);
- Стол оптический Standa (опоры (4 шт.), столешница (1 шт.));
- Анализатор лазерных пучков BS-FW-FX33 (1 шт.);
- Лазер LSD-DTL-317 (1 шт.);
- Лазер He-Ne ЛГН - 207 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Adobe Acrobat Reader
– Google Chrome
– Microsoft Windows (Imagine)
– PTC Mathcad 15

### 13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся

Согласована на портале № 23781

с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Какая длина волны соответствует инфракрасному излучению?
а) 0,3 мкм
б) 0,6 мкм
в) 0,5 мкм
г) 1 мкм

2. Какая длина волны соответствует ультрафиолетовой области спектра?
а) 0,3 мкм
б) 0,7 мкм
в) 0,9 мкм
г) 12 мкм

3. Какие частицы переносят оптическую энергию?
а) фотоны
б) фононы
в) электроны
г) дырки

4. Какой длине волны соответствует максимальная чувствительность глаза?
а) 0,41 мкм
б) 0,56 мкм
в) 0,63 мм
г) 0,72 мм

5. Какой механизм генерации излучения реализуется в полупроводниках?
а) эффект термоэлектронной эмиссии
б) эффект генерации электронно-дырочных пар
в) эффект рекомбинации
г) эффект фотолюминесценции

6. Какой параметр характеризует среду распространения электромагнитной волны?
а) длина волны
б) показатель преломления
в) напряженность электрического поля
г) начальная фаза

7. Какова скорость света в вакууме?

Согласована на портале № 23781

а) 340 м/с
б) 3х10е8 м/с
в) 3х10е6 м/с
г) 3х10е9 м/с

8. Какова скорость распространения электромагнитной волны в волноводе, имеющем показатель преломления n = 3:
а) 340 м/с
б) 3х10е8 м/с
в) 10е8 м/с
г) 10е5 м/с

9. Каким должен быть показатель преломления сердцевины оптического волновода n1 относительно показателя преломления оболочки n2?
а) n1= 1
б) n 1> n2
в) n 1< n2
г) n1= n2

10. На каком эффекте основана работа полупроводниковых фотоприемников
а) рекомбинации электронов и дырок
б) генерации электронов и дырок за счет электрического тока
в) разделения электронно-дырочных пар под действием фотонов
г) образования электронно-дырочных пар под действием фотонов

11. Существуют следующие виды поляризации световых волн:
а) линейная, сферическая, круговая
б) плоская, выпуклая
в) линейная, эллиптическая, круговая
г) линейная, тангенсальная

12. Геометрическое место точек, в которых фаза волны одинакова, называется…
а) волновым фронтом
б) амплитудным фронтом
в) поляризационным фронтом
г) плоским фронтом

13. Световая волна с векторами $\bar{E}$ и $\bar{H}$, направление которых может быть однозначно определено в любой момент времени в любой точке пространства, называется…
а) определенной
б) фазовой
в) поляризованной
г) интегральной

14. Элементом, преобразующим состояние поляризации световой волны, является…
а) линза
б) фазовая пластинка
в) светофильтр
г) призма

15. Угол падения, при котором отражённый луч полностью поляризован, называется …
а) углом Гаусса
б) углом Брюстера
в) углом Фарадея

Согласована на портале № 23781

г) углом Снеллиуса

16. Закон, описывающий преломление света на границе двух прозрачных сред, носит имя
а) Снеллиуса
б) Фарадея
в) Брюстера
г) Гаусса

17. Интерферометр, представляющий собой два плоских зеркала с высоким коэффициентом отражения и с параллельными плоскостями, расположенных на расстоянии L друг от друга, называется интерферометром…
а) Фабри-Перо
б) Маха-Цендера
в) Майкельсона
г) Юнга

18. Электрооптический эффект - это …
а) изменение показателя преломления среды под действием изменения температуры
б) изменение показателя преломления среды под действием приложенного физического воздействия
в) изменение показателя преломления среды под действием приложенного постоянного или переменного электрического поля
г) изменение показателя преломления среды под действием магнитного поля

19. Эффект фоторефракции заключается в изменении…
а) оптического поглощения
б) показателя преломления
в) оптического пропускания
г) коэффициента связи мод

20. Среда, свойства которой в различных направлениях различны, например, среда, которая для разных направлений световой волны имеет разные значения показателя преломления, называется…
а) изотропной
б) анизотропной
в) однородной
г) неоднородной

### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

Типичные характеристики волноводно-оптических элементов при использовании разных методов формирования.

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

Поляризационные элементы. Отражение света от плоской границы. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок.

Интегрально-оптические лазеры и датчики физических величин.

Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.

### 14.1.3. Зачёт

Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации

Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.

Исследование планарных отпических волноводов.

Типичные характеристики волноводно-оптических элементов при использовании разных

Согласована на портале № 23781

методов формирования.

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

Поляризационные элементы. Отражение света от плоской границы. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок.

История развития развития интегральной оптики. Современное состояние интегральной оптики, ее перспективы.

Интегрально-оптические лазеры и датчики физических величин.

Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.

Среды с квадратичной и кубичной оптической нелинейностью - возможные нелинейно-оптические эффекты в таких средах. Уравнение нелинейных волн.

Электромагнитная теория планарного диэлектрического волновода. Вывод дисперсионного уравнения и дисперсионные кривые; нормированные параметры и обобщенные дисперсионные кривые.

Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах.

Система уравнений электромагнитного поля для диэлектрической среды. Волновое уравнение. Структура поля плоской световой волны в безграничной среде. Поляризация света.

Расчет характеристик поля и поляризации плоских световых волн

Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волноводов

Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.

### 14.1.4. Темы контрольных работ

Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волноводов

Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.

### 14.1.5. Темы лабораторных работ

Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации

Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.

Исследование планарных отпических волноводов.

### 14.1.6. Темы самостоятельных работ

- Расчет характеристик поля и поляризации плоских световых волн
- Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.
- Расчет характеристик модуляторов света на основе планарных оптических волноводов
- Система уравнений электромагнитного поля для диэлектрической среды. Волновое уравнение. Структура поля плоской световой волны в безграничной среде. Поляризация света.
- Электромагнитная теория планарного диэлектрического волновода. Вывод дисперсионного уравнения и дисперсионные кривые; нормированные параметры и обобщенные дисперсионные кривые.
- Среды с квадратичной и кубичной оптической нелинейностью - возможные нелинейно-оптические эффекты в таких средах. Уравнение нелинейных волн.
- Методы диффузии, ионного обмена, ионной имплантации в формировании волноводно-оптических элементов в диэлектрических кристаллических материалах.
- Механизмы потерь света в оптических волноводах. Канальные оптические волноводы: основные типы канальных волноводов; моды канальных оптических волноводов.
- Типичные характеристики волноводно-оптических элементов при использовании разных методов формирования.
- Особенности проявления нелинейно-оптических эффектов в волноводно-оптических

Согласована на портале № 23781

структурах.

– Поляризационные элементы. Отражение света от плоской границы. Полное внутреннее отражение света. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок.

– История развития развития интегральной оптики. Современное состояние интегральной оптики, ее перспективы.

– Интегрально-оптические лазеры и датчики физических величин.

– Исследование поляризационных свойств планарного оптического волновода в ниобате лития, полученного методом ионной имплантации

– Исследование планарных отпических волноводов.

– Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления.

### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Согласована на портале № 23781

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 23781