**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР и МД
_____Сенченко П.В.
«11» _____12_____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Интегральная фотоника и оптоэлектроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 180 | 180 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 216 | 216 | часов |
| | 6 | 6 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 1 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР и МД
Дата подписания: 11.12.2024
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 82509

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение физических основ волноводной оптики, принципов работы и технологий изготовления интегрально-оптических элементов, устройств и приборов оптоэлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомление с технологиями изготовления и основными принципами работы интегрально-оптических элементов.
2. Изучение физических эффектов и явлений при распространении оптического излучения в волноводных структурах.
3. Приобретение навыков разработки и проектирования элементов и устройств интегральной оптоэлектроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 82509

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает терминологию в области фотоники и оптоинформатики. | Знание классификации оптических волноводов; видов элементов связи и способов ввода излучения в интегрально-оптические волноводы; методов управления оптическим излучением. |
| | ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | Умение применять известные математические модели для описания процессов распространения оптического излучения в волноводных структурах; рассчитывать дисперсионные характеристики и геометрические параметры волноводов; проводить сравнительный анализ методов ввода и модуляции оптического излучения. |
| | ПК-2.3. Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых современных достижений науки и передовых технологий) | Владение навыками проведения обзора по современным научным исследованиям в области интегральной оптоэлектроники; выбора пути решения, методики и средств проведения исследований; подготовки научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований. |
| ПК-5. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов | ПК-5.1. Знает теорию эксперимента, способы его организации и планирования и современные средства и методы проведения экспериментальных исследований в области интегральной фотоники и оптоэлектроники | Знание современных средств и методов проведения экспериментальных исследований характеристик устройств и приборов интегральной фотоники и оптоэлектроники. |
| | ПК-5.2. Умеет планировать, организовывать и проводить эксперимент исследований с применением современных средств и методов | Умение применять, объединять и дополнять известные методы исследований управления оптическим излучением в устройствах и приборах интегральной оптоэлектроники. |
| | ПК-5.3. Владеет навыками планирования, организации, проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных с применением современных средств и методов | Владение навыками планирования, организации и проведения исследований распространения световых полей в интегрально-оптических структурах, требуемых для устройств и приборов фотоники и оптоэлектроники. |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Согласована на портале № 82509

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 1 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 36 | 36 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 180 | 180 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 64 | 64 |
| Подготовка к тестированию | 36 | 36 |
| Выполнение индивидуального задания | 80 | 80 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 216 | 216 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 6 | 6 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | | |
| 1 Введение | 2 | - | 12 | 14 | ПК-2, ПК-5 |
| 2 Оптические волноводы и интегрально-оптические элементы на основе волноводных структур | 6 | 8 | 64 | 78 | ПК-2, ПК-5 |
| 3 Интегрально–оптические элементы связи и ввода излучения | 4 | 4 | 44 | 52 | ПК-2, ПК-5 |
| 4 Управление оптическим излучением и устройства интегральной оптоэлектроники | 6 | 6 | 60 | 72 | ПК-2, ПК-5 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 180 | 216 | |
| Итого | 18 | 18 | 180 | 216 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |

Согласована на портале № 82509

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | Роль интегральной оптоэлектроники в современных устройствах передачи, приема и обработки информации. Материалы и элементы интегральной оптоэлектроники. | 2 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Оптические волноводы и интегрально-оптические элементы на основе волноводных структур | Классификация оптических волноводов и интегрально-оптических элементов на основе волноводных структур. Планарные и полосковые оптические волноводы. Геометрическая оптика и электромагнитная теория волноводов. Волновые уравнения для планарных волноводов. Моды оптических волноводов. Механизмы потерь в оптических волноводах. Дисперсионные характеристики оптических волноводов. Распространение света в периодических структурах. Способы изготовления оптических волноводов и интегрально-оптических элементов на основе волноводных структур. | 6 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |
| 3 Интегрально–оптические элементы связи и ввода излучения | Методы ввода излучения в оптические волноводы. Торцевой и призменный элементы ввода-вывода излучения. Решеточный элемент связи. Элементы связи между волноводами. Планарные и геодезические линзы. Линзы Люнеберга. Торцевые отражатели. Планарные призмы. Делители мощности и направленные ответвители. | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Управление оптическим излучением и устройства интегральной оптоэлектроники | Методы и устройства управления оптическим излучением на основе электрооптического и акустооптического эффектов: модуляторы, дефлекторы, преобразователи частоты и поляризации света. Интегрально-оптические лазеры, фотоприемники, мульти- и демультиплексоры. | 6 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

Согласована на портале № 82509

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 2 Оптические волноводы и интегрально-оптические элементы на основе волноводных структур | Оптические волноводы. Расчет параметров планарных волноводов. Профиль показателя преломления, нормированная частота, числовая апертура. | 8 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Интегрально–оптические элементы связи и ввода излучения | Пассивные интегрально–оптические элементы. | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Управление оптическим излучением и устройства интегральной оптоэлектроники | Управление излучением в оптических волноводах. Волноводные оптические усилители и лазеры. | 6 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |
| 1 Введение | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2, ПК-5 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |

Согласована на портале № 82509

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Оптические волноводы и интегрально-оптические элементы на основе волноводных структур | Подготовка к зачету с оценкой | 20 | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 12 | ПК-2, ПК-5 | Тестирование |
| | Выполнение индивидуального задания | 32 | ПК-2, ПК-5 | Индивидуальное задание |
| | Итого | 64 | | |
| 3 Интегрально–оптические элементы связи и ввода излучения | Подготовка к зачету с оценкой | 16 | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 8 | ПК-2, ПК-5 | Тестирование |
| | Выполнение индивидуального задания | 20 | ПК-2, ПК-5 | Индивидуальное задание |
| | Итого | 44 | | |
| 4 Управление оптическим излучением и устройства интегральной оптоэлектроники | Подготовка к зачету с оценкой | 20 | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 12 | ПК-2, ПК-5 | Тестирование |
| | Выполнение индивидуального задания | 28 | ПК-2, ПК-5 | Индивидуальное задание |
| | Итого | 60 | | |
| Итого за семестр | | 180 | | |
| Итого | | 180 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Сам. раб. | |
| ПК-2 | + | + | + | Зачёт с оценкой, Индивидуальное задание, Тестирование |
| ПК-5 | + | + | + | Зачёт с оценкой, Индивидуальное задание, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 82509

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Зачёт с оценкой | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Индивидуальное задание | 20 | 20 | 15 | 55 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Итого максимум за период | 35 | 35 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 35 | 70 | 100 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | 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) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Панов, М. Ф. Физические основы фотоники: учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 564 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/212564.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Варданян, В. А. Основы волноводной фотоники / В. А. Варданян. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 204 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/322640.

2. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография / С. М. Шандаров [и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) (Томск). - 2-е изд., стереотипное. - Томск : Издательство ТУСУРа, 2021. - 242 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 82509

1. Интегральная оптоэлектроника: Методические указания по организации самостоятельной работы и практических занятий / А. И. Башкиров - 2022. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9830.

### 7.3.2. 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.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-научная лаборатория микроэлектроники и фотоники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 226/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок 2 14 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Согласована на портале № 82509

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.4. 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 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 зрения** 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.

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

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Оптические волноводы и интегрально-оптические элементы на основе волноводных структур | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 82509

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Интегрально–оптические элементы связи и ввода излучения | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Управление оптическим излучением и устройства интегральной оптоэлектроники | ПК-2, ПК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|

Согласована на портале № 82509

| | |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Диапазон длин волн который представляет наибольший интерес для интегральной оптоэлектроники:
   а) от 0,1 до 10 нм;
   б) от 0,1 до 10 мкм;
   в) от 0,4 до 0,8 мкм;
   г) от 0,1 до 1 нм.
2. Дисперсией показателя преломления среды называется:
   а) зависимость диэлектрической проницаемости среды от частоты света;
   б) зависимость фазовой скорости световой волны от поляризации;
   в) изменение фазы световой волны при отражении на границе раздела двух сред;
   г) все варианты верны.
3. Оптическим волноводом называется:
   а) трехслойная структура, поглощающая световую энергию при распространении излучения;
   б) трехслойная структура, усиливающая световую энергию при распространении излучения;
   в) трехслойная структура с размерами, не ограниченными в поперечных направлениях;
   г) нет правильного ответа.
4. Передача сигнала в оптических волноводах основана на явлении:
   а) полного внутреннего отражения света на границах раздела диэлектрических сред;
   б) дифракции света на периодической структуре;
   в) интерференции при попутном распространении световых волн;
   г) интерференции при встречном распространении световых волн.
5. Показатель преломления градиентного волновода:
   а) плавно изменяется вдоль оси волновода:
   б) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;
   в) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;
   г) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям.
6. Дисперсионное уравнение позволяет:
   а) вычислить критический угол ввода излучения в волноводную структуру;

Согласована на портале № 82509

б) определить коэффициент связи между волноводными модами;
в) связать характеристики волноводных мод с частотой и параметрами направляющей структуры;
г) оценить межмодовую дисперсию волноводных мод.

7. Показатель преломления центрального слоя планарного оптического волновода n0:
   а) n0 не равен показателю преломления подложки n1;
   б) n0 равен показателю преломления покровной среды n2;
   в) n0 меньше показателя преломления подложки n1;
   г) n0 больше показателей преломления прилегающих слоев n1 и n2.
8. Симметричным называется планарный оптический волновод, у которого:
   а) $n0 > n1 > n2$;
   б) $n1 = n2$;
   в) $n1 \neq n2$;
   г) $n0 = n1$.
9. Существование волноводной моды возможно в случае соблюдения следующих условий:
   а) $n1 < Nm < n0$;
   б) $n0 > n1 = n2$;
   в) $n0 > n1 > n2$;
   г) все варианты верны.
10. Эффективный показатель преломления Nm - величина:
    а) характеризующая взаимодействие волноводных мод с прилегающими слоями;
    б) обратно пропорциональная квадрату показателя преломления подложки;
    в) определяющая возможность существования волноводной моды с номером m в зависимости от угла падения излучения;
    г) нет правильного ответа.
11. Электрооптический (ЭО) эффект:
    а) это изменение коэффициента поглощения среды под действием приложенного постоянного электрического поля;
    б) это изменение показателя преломления среды под действием приложенного постоянного или переменного электрического поля;
    в) это изменение коэффициента усиления среды под действием приложенного переменного электрического поля;
    г) это изменение коэффициента отражения на границе раздела под действием приложенного постоянного или переменного электрического поля.
12. Полуволновое напряжение – это напряжение, необходимое для:
    а) преодоления светом расстояния равного половине длины волны $\lambda/2$;
    б) обеспечения разности хода лучей в плечах модулятора на величину равную половине длины волны $\lambda/2$;
    в) достижения изменения фазы световой волны величины $\pi$;
    г) все варианты верны.
13. Эффективность ЭО модуляторов разной конфигурации характеризуется величиной:
    а) четвертьволнового напряжения;
    б) эффективного показателя преломления;
    в) дифракционной расходимости светового поля;
    г) полуволнового напряжения.
14. Фазовые электрооптические модуляторы используются:
    а) для модуляции фазы световой волны;
    б) для модуляции интенсивности световых волн;
    в) для модуляции частоты света;
    г) на их основе создаются приборы для управления любыми параметрами световых волн.
15. Акустооптический эффект – это явление взаимодействия …
    а) световых волн с акустическими возмущениями, распространяющимися в упругой среде;
    б) световых волн с акустическими возмущениями, распространяющимися в неупругой среде;
    в) акустических волн со световыми возмущениями, распространяющимися в упругой среде;

Согласована на портале № 82509

г) акустических волн со световыми возмущениями, распространяющимися в неупругой среде.

16. Величина угла дифракции световой волны в АО модуляторе:
    а) уменьшается с увеличением частоты управляющего сигнала;
    б) увеличивается с уменьшением частоты управляющего сигнала;
    в) прямо пропорциональна квадрату частоты управляющего сигнала;
    г) нет правильного ответа.
17. При изменении частоты управляющего сигнала:
    а) происходит модуляция частоты управляемого сигнала;
    б) компенсируется дисперсия показателя преломления среды;
    в) АО модулятор играет роль дефлектора;
    г) нет правильного ответа.
18. Оптические анализаторы спектра радиосигналов строятся на основе:
    а) дифракции света на стационарных периодических структурах;
    б) акустооптических приборов;
    в) электрооптических приборов;
    г) голографических элементов.
19. Методы формирования градиентных планарных волноводов основаны на:
    а) нанесении диэлектрических пленок на поверхность подложки;
    б) изменении показателя преломления материала в поверхностном слое подложки;
    в) нанесении проводящих пленок на поверхность подложки;
    г) вакуумном напылении диэлектрических пленок на подложку.
20. Роль фазовых транспарантов в оптической системе могут играть:
    а) линзы;
    б) призмы;
    в) акустооптические модуляторы;
    г) все перечисленные элементы.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Материалы и элементы интегральной оптики.
2. Классификация оптических волноводов и области применения.
3. Планарный и канальный оптические волноводы. Характеристики и конструктивные отличия.
4. Оптические волноводы с профилем показателя преломления ступенчатого и градиентного типов. Геометрическая оптика и волновая теория.
5. Моды планарного волновода с профилем показателя преломления различного типа.
6. Волновое уравнение для ТЕ-мод и ТМ-мод.
7. Решение для полей планарного волновода.
8. Дисперсионные уравнения планарного оптического волновода с профилем показателя преломления ступенчатого и градиентного типов.
9. Распространение излучения и механизмы потерь световой энергии в оптических волноводах.
10. Связанные оптические волноводы.
11. Распространение световых волн в периодических структурах.
12. Технологии изготовления оптических волноводов и направляющих свет структур. Преимущества и недостатки.
13. Методы ввода оптического излучения в волноводы. Интегрально-оптические элементы связи.
14. Пассивные интегрально-оптические элементы. Призмы и линзы: характеристики, назначение и способы изготовления.
15. Делители мощности и направленные ответвители.
16. Методы управления излучением в оптических волноводах.
17. Акустооптический модулятор света. Принцип работы устройства и описание АО эффекта.
18. Дефлекторы оптического излучения.
19. Электрооптический модулятор света. Принцип работы устройства и описание ЭО эффекта.
20. Интегрально-оптические лазеры и фотоприемники, мульти- и демультиплексоры.

Согласована на портале № 82509

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Проектирование топологии и расчет характеристик интегрально-оптического источника лазерного излучения.
2. Проектирование топологии и расчет дисперсионных характеристик оптического волновода со ступенчатым профилем показателя преломления. Расчет траектории распространения излучения в волноводе. Расчет поля ТЕ- и ТМ-мод.
3. Проектирование топологии и расчет дисперсионных характеристик оптического волновода с градиентным профилем показателя преломления. Расчет траектории распространения излучения в волноводе. Расчет поля ТЕ- и ТМ-мод.
4. Проектирование топологии и расчет характеристик брэгговского фильтра.
5. Расчет характеристик призменного элемента ввода излучения в оптический волновод. Оценка эффективности ввода излучения в волновод.
6. Расчет характеристик торцевых элементов ввода излучения в оптический волновод. Оценка эффективности ввода излучения в волновод.
7. Расчет параметров и характеристик акустооптических и электрооптических модуляторов света.
8. Расчет параметров и характеристик интегрально-оптического фотоприемника.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

## 9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|

Согласована на портале № 82509

| | | |
|---|---|---|
| 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. 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:

**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 № 82509

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 10 от « 7 » 12 2024 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | Ю.В. Шульгина | Согласовано, ea49db22-c3de-481e-88a5-479145e4aa44 |
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | И.В. Кулинич | Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | А.Д. Безпалый | Разработано, 79979ee5-e57e-4e4d-b64d-7426d6ed9f58 |

Согласована на портале № 82509