**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ВОЛОКОННЫЕ ЛАЗЕРЫ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 26 | 26 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 8 | 8 | часов |
| Самостоятельная работа | 92 | 92 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 180 | 180 | часов |
| | 5 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 8 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 78641

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов способности к анализу задач по разработке, эксплуатации и исследованию волоконных лазеров на основе изучения студентами базовых физических принципов функционирования основных элементов волоконных лазерных систем.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных методов и приемов реализации волоконных лазерных систем, рассмотрение конкретных типов волоконных лазеров, методов их расчета, проектирования и применения в технологических и измерительных системах.
2. Математическое моделирование физических процессов, определяющих работу волоконных лазеров, и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.01.02.
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** | | |
| ПК-2. Способен выполнять технологическую подготовку производства элементов и узлов фотоники и оптоинформатики и комплексов на их основе | ПК-2.1. Знает принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов фотоники и оптоинформатики | Знает методику проведения анализа исходных требований к параметрам разрабатываемого волоконного лазера |
| | ПК-2.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования | Умеет уточнять и корректировать требования к параметрам разрабатываемого волоконного лазера |
| | ПК-2.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования | Владеет навыками согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия и прибора |

## 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 № 78641

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 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 |
|---|---|---|
| | | 8 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 52 | 52 |
| Лекционные занятия | 26 | 26 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 8 | 8 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 92 | 92 |
| Подготовка к тестированию | 20 | 20 |
| Подготовка к контрольной работе | 40 | 40 |
| Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 22 | 22 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | 10 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 5 |

## 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 | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-2 |
| 2 Волоконные световоды | 6 | 4 | 4 | 23 | 37 | ПК-2 |
| 3 Элементы волоконного лазера | 6 | 4 | 4 | 23 | 37 | ПК-2 |
| 4 Характеристики волоконных лазеров | 6 | 5 | - | 21 | 32 | ПК-2 |
| 5 Волоконные промышленные лазеры и их применение | 6 | 5 | - | 21 | 32 | ПК-2 |
| Итого за семестр | 26 | 18 | 8 | 92 | 144 | |
| Итого | 26 | 18 | 8 | 92 | 144 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |

Согласована на портале № 78641

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | Предмет дисциплины и ее задачи. Связь дисциплины с другими разделами физики и фотоники. История развития волоконных лазеров. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Волоконные световоды | Волоконные световоды для систем оптической связи и волоконных лазеров. Профили показателя преломления. Геометрическая оптика волоконных световодов. Электромагнитная теория волоконных световодов круглого сечения. Моды волоконных световодов. | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 3 Элементы волоконного лазера | Активирующие примеси для волоконных световодов. Фотоиндуцированные брэгговские решетки показателя преломления в световодах. Активные волоконные световоды. Схемы накачки активных световодов. Особенности волоконных световодов как усилительной среды. | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Характеристики волоконных лазеров | Лазеры на основе световодов, легированных Nd3+. Лазеры на основе световодов, легированных Yb3+. Лазеры на основе световодов, легированных Er3+. Лазеры на основе световодов, легированных Tm3+. Лазеры на основе световодов, легированных Ho3+. | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Волоконные промышленные лазеры и их применение | Продукция отечественных и зарубежных компаний, производящих волоконные лазеры. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная маркировка и гравировка. Лазерная микрообработка. Лазерная интерферометрия. | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 26 | |
| Итого | | 26 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |
| 2 Волоконные световоды | Распространение световых волн в волоконных световодах | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 78641

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Элементы волоконного лазера | Элементы волоконного лазера | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Характеристики волоконных лазеров | Энергетические и временные характеристики волоконных лазеров | 5 | ПК-2 |
| | Итого | 5 | |
| 5 Волоконные промышленные лазеры и их применение | Измерительные и интерферометрические системы на основе волоконных лазеров | 5 | ПК-2 |
| | Итого | 5 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |
| 2 Волоконные световоды | Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда» | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Элементы волоконного лазера | Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 8 | |

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | |
| 1 Введение | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Волоконные световоды | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПК-2 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 4 | ПК-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | ой работе, отчета | 5 | ПК-2 | Лабораторная работа |

Согласована на портале № 78641

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 Элементы волоконного лазера | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПК-2 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 4 | ПК-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 5 | ПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 23 | | |
| 4 Характеристики волоконных лазеров | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПК-2 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 7 | ПК-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Итого | 21 | | |
| 5 Волоконные промышленные лазеры и их применение | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПК-2 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 7 | ПК-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
| | Итого | 21 | | |
| Итого за семестр | | 92 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 128 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Согласована на портале № 78641

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | |
| Контрольная работа | 10 | 0 | 10 | 20 |
| Лабораторная работа | 0 | 7 | 7 | 14 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по практическому занятию (семинару) | 7 | 7 | 7 | 21 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 22 | 19 | 29 | 100 |
| Нарастающим итогом | 22 | 41 | 70 | 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. Пихтин, Александр Николаевич. Оптическая и квантовая электроника : Учебник для вузов. - М. : Высшая школа , 2001. - 574[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 147 экз.).

2. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2013. 198 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3709.

Согласована на портале № 78641

### 7.2. Дополнительная литература

1. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

2. Айхлер, Юрген. Лазеры. Исполнение, управление, применение : научно-популярное издание. - М. : Техносфера , 2012. - 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Волоконные лазеры: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2018. 29 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8301.

2. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений подготовки «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и наноэлектроника» / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2013. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3494.

3. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода: Методические указания к лабораторной работе / В. В. Щербина, Н. И. Буримов - 2013. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2819.

#### 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

1. 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

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110

Согласована на портале № 78641

ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКИП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- 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.

### 8.5. 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

Согласована на портале № 78641

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 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Волоконные световоды | ПК-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |
| 3 Элементы волоконного лазера | ПК-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |

Согласована на портале № 78641

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Характеристики волоконных лазеров | ПК-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |
| 5 Волоконные промышленные лазеры и их применение | ПК-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий |

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 |

Согласована на портале № 78641

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>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. При полном внутреннем отражении:
   а) отраженная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
   б) отраженная волна в оптически менее плотной среде отсутствует;
   в) преломленная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
   г) преломленная волна в оптически менее плотной среде отсутствует.
2. В волоконном световоде показатель преломления сердцевины:
   а) должен быть равен показателю преломления внутренней оболочки;
   б) должен быть меньше показателя преломления внутренней оболочки;
   в) должен быть больше показателя преломления внутренней оболочки;
   г) должен быть меньше показателя преломления внешней оболочки.
3. В градиентном волоконном световоде показатель преломления:
   а) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;
   б) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;
   в) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям;
   г) плавно изменяется вдоль оси световода.
4. Основная мода волоконного световода HE11:
   а) характеризуется нулевым значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
   б) максимальным значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
   в) постоянным значением напряженности электрического поля в сердцевине;
   г) постоянным значением напряженности магнитного поля в сердцевине.

Согласована на портале № 78641

5. В цилиндрическом волоконном световоде не имеют отсечки:
   а) моды TM01 и TE01;
   б) моды HE21 и EH21;
   в) мода HE11;
   г) мода EH11.
6. Волноводная дисперсия в волоконных световодах заключается:
   а) в зависимости магнитной проницаемости сердцевины от длины волны излучения;
   б) в зависимости показателя преломления сердцевины от длины волны излучения;
   в) в зависимости показателя преломления внутренней оболочки от длины волны излучения;
   г) в зависимости постоянной распространения моды от длины волны излучения.
7. В активирующих примесях волоконных световодов для получения лазерной генерации используются:
   а) электронные переходы между уровнями незаполненной внутренней f-оболочки ионов редкоземельных элементов; б) колебательно-вращательные переходы;
   в) только безызлучательные переходы;
   г) только спонтанные переходы.
8. Для создания состояния инверсии населенностей в активной области волоконного лазера используются:
   а) столкновения 1-го рода;
   б) накачка электронным пучком;
   в) оптическая накачка;
   г) электронно-дырочная рекомбинация в пределах узкозонной области гетероструктуры.
9. Брэгговские зеркала в волоконных световодах реализуются:
   а) за счет отражения от атомных плоскостей кристаллов;
   б) за счет сколов торцов волокон, ортогональных их оси;
   в) за счет периодических возмущений магнитной проницаемости волокна;
   г) за счет фотоиндуцированных решеток показателя преломления в волоконном световоде.
10. В схемах накачки активных световодов используется:
    а) точечное облучение сфокусированным излучением через цилиндрическую боковую поверхность;
    б) сканирование пучка накачки по боковой поверхности световода;
    в) принцип распределения вводимого излучения накачки по длине активного световода с использованием набора V-образных канавок или двойного волоконного световода с общим полимерным покрытием;
    г) генерация излучения накачки в световоде за счет катодолюминесценции.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной гравировки.
2. Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной микрообработки.
3. Опишите достоинства волоконно-оптических систем лазерной микропайки и микросварки.
4. Какие особенности конструкции волоконных лазеров обеспечивают большое значение длины когерентности их излучения?
5. Какой вид когерентности играет наиболее важную роль в лазерных интерферометрических системах?
6. По каким причинам свойство временной когерентности лазерного излучения очень важно для голографии?
7. Опишите принцип действия волоконных лазеров, основанных на вынужденном комбинационном рассеянии.

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Дайте определение понятию «критический угол»
2. Сформулируйте условия существования направляемых мод в световоде в приближениях геометрической оптики и в рамках электромагнитной теории
3. Чем отличаются TE- и TM-моды?

Согласована на портале № 78641

4. Чем отличаются световоды со ступенчатым и с градиентным профилями показателя преломления?
5. Что означает понятие отсечки моды? Все ли моды имеют отсечку?
6. Какие моды называются меридиональными? Моды каких порядков (в соответствии с электромагнитной теорией) цилиндрического световода являются меридиональными?
7. Что представляют собой гибридные моды цилиндрического световода?
8. Какие физические явления обусловлены дисперсией, присущей волоконным световодам?
9. В чем преимущество использования градиентных волоконных световодов?
10. Какими физическими факторами обусловлены оптические потери в волоконных световодах?
11. Какие материалы используются в качестве основы для лазерных волоконных световодов?
12. Какие химические элементы используются для создания активных волоконных световодов, позволяющих создать в них оптической накачкой состояние инверсии населенностей?
13. Между уровнями какой оболочки примесных ионов необходимо инициировать для этого электронные переходы?
14. Какие источники оптического излучения используются для накачки волоконных лазеров?
15. Какова цель использования двойной оболочки в лазерных волоконных световодах?
16. Почему любая некруглая форма поперечного сечения внутренней оболочки предпочтительней, чем круглая?
17. Как можно реализовать зеркала в волоконных лазерах?
18. На какой длине волны происходит отражение от волоконных брэгговских решеток?
19. Как создаются волоконные брэгговские решетки? От каких параметров решетки зависит коэффициент отражения излучения?
20. Опишите переходы между уровнями примесных ионов, позволяющие реализовать состояние инверсии населенностей при трехуровневой схеме накачки.
21. Опишите переходы между уровнями примесных ионов, позволяющие реализовать состояние инверсии населенностей при четырехуровневой схеме накачки.
22. Опишите принцип действия волоконных лазеров, основанных на вынужденном комбинационном рассеянии.

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»
2. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода

### 9.1.5. Темы практических занятий

1. Распространение световых волн в волоконных световодах
2. Элементы волоконного лазера
3. Энергетические и временные характеристики волоконных лазеров
4. Измерительные и интерферометрические системы на основе волоконных лазеров

## 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

Согласована на портале № 78641

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 |
|---|---|---|
| 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.

Согласована на портале № 78641

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 № 78641

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 11 от «24» 11 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ЭП | С.М. Шандаров | Разработано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349 |

Согласована на портале № 78641