

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 учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ФОТОРЕФРАКТИВНАЯ И НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**

Курс: **1**

Семестр: **1**

Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности              | 1 семестр | Всего | Единицы |
|--|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                     | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия                   | 18        | 18    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 10        | 10    | часов   |
| Лабораторные занятия                   | 8         | 8     | часов   |
| Самостоятельная работа                 | 64        | 64    | часов   |
| Общая трудоемкость                     | 108       | 108   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию)     | 3         | 3     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 1       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение магистрантами глубоких и современных знаний по физическим основам фоторефрактивной и нелинейной оптики и по принципам использования нелинейно-оптических явлений в квантовой и оптической электронике.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Расширение и углубление знаний кристаллооптики, электрооптических, акустооптических, магнитооптических эффектов, физических механизмов нелинейнооптических явлений, условий их осуществления в реальных средах, раскрыть принципы дескрипции, математического моделирования и анализа нелинейно-оптических явлений, а также способов их использования в приборах квантовой и оптической электроники.

## 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.01.01.01.

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   |
|--|---|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>   |   |   |
| -  | -   | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |   |   |
| -  | -   | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |   |   |
| ПКР-12. Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени | ПКР-12.1. Знает принципы планирования и автоматизации проведения эксперимента.                        | Знает современные методы исследования; понимает принципы работы и устройство современной измерительной и вычислительной техники                               |
|  | ПКР-12.2. Умеет разрабатывать требования к средствам проведения эксперимента, контроля и диагностики. | Умеет подбирать средства проведения эксперимента, контроля и диагностики в учёт особенностей исследуемого явления и возможных диапазонов изменения параметров |
|  | ПКР-12.3. Владеет навыками тестирования и диагностики изделий микро- и нанoeлектроники.               | Владеет навыками проверки работоспособности и исследования эксплуатационных параметров изделий квантовой и оптоэлектроники                                    |

|  |   |  |
|--|---|--|
| ПКР-14. Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения | ПКР-14.1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований. | Знает основы нелинейной оптики, механизмы нелинейного взаимодействия и самовоздействия световых волн; способен оценить научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования   |
|  | ПКР-14.2. Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований.                     | Умеет разрабатывать математические и физические модели исследуемых процессов, явлений и объектов; умеет осуществлять системный, модельный и экспериментально-методический подходы к нелинейно-оптическим явлениям, проводить оценку границ применимости нелинейных моделей; умеет оценивать и представлять результаты выполненной работы |
|  | ПКР-14.3. Владеет навыками подготовки заявок на изобретения.  | Владеет навыками изучения нелинейно-оптических явлений с целью выяснения их закономерностей, а также применения в приборах квантовой электроники, оптоэлектроники, оптоинформатики   |

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 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 |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 44          | 44        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия  | 8           | 8         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 64          | 64        |
| Подготовка к зачету   | 14          | 14        |
| Подготовка к тестированию   | 10          | 10        |
| Выполнение практического задания  | 24          | 24        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 16          | 16        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 108         | 108       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 3           | 3         |

#### 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 |
|---|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>  |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Введение  | 2            | 2             | -         | 8            | 12                         | ПКР-14                  |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | 4            | 4             | -         | 11           | 19                         | ПКР-14                  |
| 3 Генерация второй оптической гармоники   | 4            | 4             | 4         | 19           | 31                         | ПКР-14, ПКР-12          |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография                               | 6            | 6             | 4         | 22           | 38                         | ПКР-14, ПКР-12          |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики                     | 2            | 2             | -         | 4            | 8                          | ПКР-12, ПКР-14          |
| Итого за семестр  | 18           | 18            | 8         | 64           | 108                        |                         |
| Итого   | 18           | 18            | 8         | 64           | 108                        |                         |

### 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 |
|---|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>  |  |                                      |                         |
| 1 Введение  | Обзор эффектов фоторефрактивной и нелинейной оптики и их практических приложений   | 2                                    | ПКР-14                  |
|   | Итого  | 2                                    |                         |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн | 4                                    | ПКР-14                  |
|   | Итого  | 4                                    |                         |
| 3 Генерация второй оптической гармоники   | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки                       | 4                                    | ПКР-14                  |
|   | Итого  | 4                                    |                         |

|   |  |    |                |
|---|--|----|----------------|
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография           | Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм | 4  | ПКР-14         |
|   | Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах                                      | 2  | ПКР-14         |
|   | Итого  | 6  |                |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм  | 2  | ПКР-12, ПКР-14 |
|   | Итого  | 2  |                |
| Итого за семестр  |  | 18 |                |
| Итого   |  | 18 |                |

### 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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>  |  |                 |                         |
| 1 Введение  | Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды  | 2               | ПКР-14                  |
|   | Итого  | 2               |                         |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн | 4               | ПКР-14                  |
|   | Итого  | 4               |                         |
| 3 Генерация второй оптической гармоники   | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки                       | 4               | ПКР-14                  |
|   | Итого  | 4               |                         |

|   |  |    |                |
|---|--|----|----------------|
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография           | Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм | 4  | ПКР-14         |
|   | Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах                                      | 2  | ПКР-14         |
|   | Итого  | 6  |                |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм  | 2  | ПКР-12, ПКР-14 |
|   | Итого  | 2  |                |
| 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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>                                    |  |                 |                         |
| 3 Генерация второй оптической гармоники             | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах | 4               | ПКР-12, ПКР-14          |
|   | Итого  | 4               |                         |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография | Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления                                 | 4               | ПКР-12, ПКР-14          |
|   | 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 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>1 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

|   |  |    |                |                      |
|---|--|----|----------------|----------------------|
| 1 Введение  | Подготовка к зачету                                | 3  | ПКР-14         | Зачёт                |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-14         | Тестирование         |
|   | Выполнение практического задания                   | 3  | ПКР-14         | Практическое задание |
|   | Итого  | 8  |                |                      |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Подготовка к зачету                                | 3  | ПКР-14         | Зачёт                |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-14         | Тестирование         |
|   | Выполнение практического задания                   | 6  | ПКР-14         | Практическое задание |
|   | Итого  | 11 |                |                      |
| 3 Генерация второй оптической гармоники   | Подготовка к зачету                                | 3  | ПКР-12, ПКР-14 | Зачёт                |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-12, ПКР-14 | Тестирование         |
|   | Выполнение практического задания                   | 6  | ПКР-14         | Практическое задание |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8  | ПКР-12, ПКР-14 | Лабораторная работа  |
|   | Итого  | 19 |                |                      |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография                               | Подготовка к зачету                                | 3  | ПКР-12, ПКР-14 | Зачёт                |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-12, ПКР-14 | Тестирование         |
|   | Выполнение практического задания                   | 9  | ПКР-14         | Практическое задание |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8  | ПКР-12, ПКР-14 | Лабораторная работа  |
|   | Итого  | 22 |                |                      |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики                     | Подготовка к зачету                                | 2  | ПКР-12, ПКР-14 | Зачёт                |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-12, ПКР-14 | Тестирование         |
|   | Итого  | 4  |                |                      |
| Итого за семестр  |  | 64 |                |                      |
| Итого   |  | 64 |                |                      |

### 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. |  |
| ПКР-12                  | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование                       |
| ПКР-14                  | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Лабораторная работа, Практическое 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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>1 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| Зачёт                    | 0  | 0   | 20  | 20               |
| Лабораторная работа      | 0  | 15  | 15  | 30               |
| Практическое задание     | 20   | 9   | 6   | 35               |
| Тестирование             | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Итого максимум за период | 25   | 29  | 46  | 100              |
| Нарастающим итогом       | 25   | 54  | 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  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69  | D (удовлетворительно)   |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |



## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : Учебное пособие / В. М. Шандаров, А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2012. 244 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1553>.
2. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / С. М. Шандаров - 2012. 41 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2059>.

### 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. Взаимодействие световых волн на отражательных голографических решетках в кубических фоторефрактивных кристаллах : сборник статей / Е. Ю. Агеев [и др.] ; ред.: С. М. Шандаров, А. Л. Толстик ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 99[1] с. : ил. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-86889-464-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления: Методические указания к лабораторным работам / С. С. Шамаков, С. М. Шандаров - 2012. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1501>.
2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах : Методические указания к лабораторной работе / С. М. Шандаров, М. В. Бородин - 2012. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1893>.
3. Когерентная и нелинейная оптика: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе / С. М. Шандаров - 2012. 34 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2071>.

#### 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 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 АКПП-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, 201 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 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  | ПКР-14                  | Зачёт                | Перечень вопросов для зачета        |
|   |                         | Практическое задание | Темы практических заданий           |
|   |                         | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | ПКР-14                  | Зачёт                | Перечень вопросов для зачета        |
|   |                         | Практическое задание | Темы практических заданий           |
|   |                         | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Генерация второй оптической гармоника   | ПКР-14, ПКР-12          | Зачёт                | Перечень вопросов для зачета        |
|   |                         | Лабораторная работа  | Темы лабораторных работ             |
|   |                         | Практическое задание | Темы практических заданий           |
|   |                         | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий |

|   |                |                      |                                     |
|---|----------------|----------------------|-------------------------------------|
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография           | ПКР-14, ПКР-12 | Зачёт                | Перечень вопросов для зачета        |
|   |                | Лабораторная работа  | Темы лабораторных работ             |
|   |                | Практическое задание | Темы практических заданий           |
|   |                | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | ПКР-12, ПКР-14 | Зачёт                | Перечень вопросов для зачета        |
|   |                | 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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(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 |
|--------|---|
|--------|---|

|                            |  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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. Нелинейно-оптические эффекты обнаруживаются по ...
  - а) влиянию интенсивности светового поля на характер оптических явлений
  - б) влиянию длины волны света на показатель преломления оптических материалов
  - в) влиянию поляризации света на оптическое поглощение в оптических материалах
  - г) влиянию степени монохроматичности света на контраст интерференционной картины
2. Фоторефрактивный эффект заключается ...
  - а) в изменении коэффициента поглощения прозрачных материалов под действием света
  - б) в изменении показателя преломления прозрачных материалов под действием света
  - в) в изменении коэффициента отражения от непрозрачных материалов под действием света
  - г) в зависимости показателя преломления оптических материалов от поляризации света
3. Фоторефрактивный эффект в электрооптических кристаллах обусловлен
  - а) перераспределением зарядов по дефектным центрам при неоднородном освещении и квадратичным электрооптическим эффектом
  - б) фотоиндуцированным дрейфом ионов при неоднородном освещении и фотоупругим эффектом
  - в) изменением температуры кристалла при неоднородном освещении и термоупругими напряжениями
  - г) перераспределением зарядов по дефектным центрам при неоднородном освещении и линейным электрооптическим эффектом
4. Условием проявления оптической нелинейности среды является зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от:
  - а) напряженности светового поля
  - б) длины волны света
  - в) поляризации светового излучения
  - г) начальной фазы световой волны
5. Самофокусировка светового пучка происходит в среде, где ...
  - а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света
  - б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света

- в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света
  - г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка
6. Под действием света в электрооптическом кристалле наблюдается изменение показателя преломления. Это:
    - а) фоторефрактивный эффект
    - б) пьезоэлектрический эффект
    - в) исключительно квадратичный электрооптический эффект Керра
    - г) исключительно пьезоэлектрический эффект
  7. Электрооптический эффект обусловлен изменением показателя преломления кристалла
    - а) под действием светового поля
    - б) под действием создаваемых в нем упругих деформаций
    - в) под действием температурного поля
    - г) под действием электрического поля
  8. Мощность второй гармоники при малой эффективности преобразования увеличивается
    - а) прямо пропорционально квадрату длины взаимодействия
    - б) обратно пропорционально квадрату длины взаимодействия
    - в) прямо пропорционально длине взаимодействия
    - г) обратно пропорционально длине взаимодействия
  9. Самодефокусировки светового пучка происходит в среде, где ...
    - а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света
    - б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света
    - в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света
    - г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка
  10. Длиной когерентности для генерации второй гармоники называется расстояние взаимодействия, при котором:
    - а) мощность данной гармоники увеличивается от нуля до первого максимального значения
    - б) мощность данной гармоники увеличивается линейно
    - в) мощность данной гармоники увеличивается квадратично
    - г) мощность данной гармоники достигает первого минимума

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Линейная и нелинейная поляризация среды
2. Дифракция света на объемных фазовых голограммах
3. Уравнения связанных волн
4. Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах
5. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки
6. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм
7. Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах
8. Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм
9. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники
10. Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах

### 9.1.3. Темы практических заданий

1. Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды
2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки
3. Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн
4. Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах.

- Формирование фоторефрактивных динамических голограмм
5. Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах

#### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах
2. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления

#### 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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<br>общемедицинским<br>показаниям | Тесты, письменные<br>самостоятельные работы, вопросы<br>к зачету, контрольные работы,<br>устные ответы | Преимущественно проверка<br>методами, определяющимися<br>исходя из состояния<br>обучающегося на момент<br>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.



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП    | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления     | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

|                                |              |  |
|--------------------------------|--------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ЭП | М.В. Бородин | Разработано,<br>4bab9e2d-1d70-4531-<br>8ac1-b921b013421a |
|--------------------------------|--------------|--|