**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# 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: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 2 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 16 | 16 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 8 | 8 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 40 | 40 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 68 | 68 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е. |

Зачет: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 40087

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| зав.каф. ЭП каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |
| профессор каф. ЭП | _____ | Л. Н. Орликов |

| | | |
|---|---|---|
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

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

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| Доцент кафедры электронных приборов (ЭП) | _____ | А. И. Аксенов |
| Профессор кафедры электронных приборов (ЭП) | _____ | Л. Н. Орликов |

Согласована на портале № 40087

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания дисциплины состоит в приобретении магистрантами глубоких и современных знаний по физическим основам нелинейной оптики и по принципам использования нелинейно-оптических явлений в квантовой и оптической электронике

### 1.2. Задачи дисциплины

– изучение основных законов и соотношений, необходимых для описания фоторефрактивных и нелинейно-оптических явлений;

– изучение основных понятий, законов и соотношений, необходимых для описания явлений самовоздействия в фоторефрактивных кристаллах;

– расширение и углубление знаний кристаллооптики, электрооптических, акустооптических, магнитооптических эффектов, физических механизмов нелинейно-оптических явлений, условий их осуществления в реальных средах;

– в раскрытии принципов дескрипции, математического моделирования и анализа нелинейно-оптических явлений, а также способов их использования в приборах квантовой и оптической электронике.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Фоторефрактивная и нелинейная оптика» (Б1.В.ОД.3.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: История и методология науки и техники в области электроники, Процессы лазерной и электронно-ионной обработки.

Последующими дисциплинами являются: Динамическая голография, Научно-исследовательская работа (рассред.), Полупроводниковая оптоэлектроника.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-3 готовностью 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;

– ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основы кристаллооптики, природу электрооптических, магнитооптических, пьезооптических эффектов в анизотропных средах; механизмы параметрического и комбинационного взаимодействия световых волн, а также самовоздействия световых пучков; условия генерации оптических гармоник и других нелинейно-оптических явлений

– **уметь** осуществлять системный, модельный и экспериментально-методический подходы к нелинейно-оптическим явлениям, проводить оценку границ применимости нелинейных моделей

– **владеть** навыками описания оптико-физических процессов в нелинейных изотропных и анизотропных средах, включая нестационарные и неоднородные, оперирования с их математическими моделями; изучения нелинейно-оптических явлений с целью выяснения их закономерностей, а также применения в приборах квантовой электроники, оптоэлектроники, оптоинформатики

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 2 семестр |

Согласована на портале № 40087

| | | |
|---|---|---|
| Аудиторные занятия (всего) | 40 | 40 |
| Лекции | 16 | 16 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа (всего) | 68 | 68 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | 10 |
| Проработка лекционного материала | 5 | 5 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 31 | 31 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 22 | 22 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость, ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПК-3, ПК-5 |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фото-рефрактивной и нелинейной оптики | 4 | 4 | 2 | 13 | 23 | ПК-3, ПК-5 |
| 3 Генерация второй оптической гармоники | 4 | 4 | 2 | 19 | 29 | ПК-3, ПК-5 |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография | 4 | 6 | 2 | 17 | 29 | ПК-3, ПК-5 |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | 2 | 2 | 2 | 18 | 24 | ПК-3, ПК-5 |
| Итого за семестр | 16 | 16 | 8 | 68 | 108 | |
| Итого | 16 | 16 | 8 | 68 | 108 | |

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

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 40087

| 2 семестр | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | Цель и содержание курса, его связь с другимидисциплинами, основная и дополнительная литература.История открытия нелинейно-оптических эффектов иявления фоторефракции | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике. Общий подход к описанию нелинейных эффектов. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второгопорядка. Генерация волн суммарной и разностной частоты при коллинеарном взаимодействии. Качественное описание основных эффектов динамической голографии. Интерференция световых пучков, основные физические процессы при формировании динамических голограмм, основные эффекты динамической голографии. | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Генерация второй оптической гармоники | Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия. Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках. Методы формирования регулярных доменных структур. Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография | Модели зонного переноса. Схемы уровней, системы материальных уравнений. Анализ фоторефрактивного эффекта в приближении малых контрастов интерференционной картины. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм. Формирование фоторефрактивных голограмм в постоянном и знакопеременном внешних электрических полях. Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнения связанных волн. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной решетке при локальном и нелокальном типах нелинейного отклика | 4 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | Параметрическое усиление и генерация, вынужденное комбинационное рассеяние света и их использование в спектроскопии. Способы обращения волнового фронта и реализации оптической бистабильности и их применения. Голографические системы оптической памяти и распознавания образов. Адаптивные голографические коррелято-ры и интерферометры на основе фоторефрактив- | 2 | ПК-3, ПК-5 |

Согласована на портале № 40087

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ных кристаллов | | |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 История и методология науки и техники в области электроники | + | | | | |
| 2 Процессы лазерной и электронно-ионной обработки | | | | | + |
| Последующие дисциплины | | | | | |
| 1 Динамическая голография | + | + | | + | + |
| 2 Научно-исследовательская работа (рассред.) | | + | + | + | + |
| 3 Полупроводниковая оптоэлектроника | | + | + | + | + |

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

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

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-3 | + | + | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПК-5 | + | + | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 40087

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Генерация второй оптической гармоники | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография | Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | Исследование амплитудной характеристики адаптивного голографического интерферометра в широком динамическом диапазоне | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 8 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн | 2 | |
| | 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 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 40087

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография | Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм | 3 | ПК-3, ПК-5 |
| | Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах | 3 | |
| | Итого | 6 | |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм | 2 | ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | | |
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-3, ПК-5 | Опрос на занятиях, Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-3, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | | |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 7 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 3 Генерация второй оптической гармоники | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ПК-3, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 8 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |

Согласована на портале № 40087

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 19 | | |
| 4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ПК-3, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 8 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Итого | 17 | | |
| 5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ПК-3, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 8 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Итого | 18 | | |
| Итого за семестр | | 68 | | |
| Итого | | 68 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 2 семестр | | | | |
| Зачет | | | 20 | 20 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | 7 | 14 | 14 | 35 |
| Отчет по практическому | 3 | 3 | 4 | 10 |

Согласована на портале № 40087

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| занятию | | | | |
| Тест | 6 | 7 | 7 | 20 |
| Итого максимум за период | 21 | 29 | 50 | 100 |
| Нарастающим итогом | 21 | 50 | 100 | 100 |

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

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

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

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров В. М., Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2012. 244 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1553 (дата обращения: 22.07.2018).

2. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров В. М. - 2012. 197 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750 (дата обращения: 22.07.2018).

3. Введение в нелинейную оптику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059 (дата обращения: 22.07.2018).

4. Фоторефрактивная нелинейная оптика : учебное методическое пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 39 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 75 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588[4] с. : ил. - (Мир электроники ; VII - 04). - ISBN 5-94836-031-8 (наличие в

Согласована на портале № 40087

библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

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.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методы динамической голографии [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2012. 37 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1110 (дата обращения: 22.07.2018).

2. Когерентная и нелинейная оптика [Электронный ресурс]: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе / Шандаров С. М. - 2012. 34 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2071 (дата обращения: 22.07.2018).

3. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210401.65 / Шандаров В. М. - 2013. 57 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2888 (дата обращения: 22.07.2018).

4. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе / Шандаров С. М., Бородин М. В. - 2012. 21 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1893 (дата обращения: 22.07.2018).

5. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2012. 17 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1501 (дата обращения: 22.07.2018).

6. Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для магистров по направлению 12.04.03 «Фотоника и оптоинформатика» / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2015. 22 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5961 (дата обращения: 22.07.2018).

7. Исследование амплитудной характеристики адаптивного голографического интерферометра в широком динамическом диапазоне [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2012. 16 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1765 (дата обращения: 22.07.2018).

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ

Согласована на портале № 40087

https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

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

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

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

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. 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.

Программное обеспечение не требуется.

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

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.

Программное обеспечение не требуется.

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

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

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

Согласована на портале № 40087

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

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

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

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

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

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

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

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. 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

Согласована на портале № 40087

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. Самофокусировки 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) пироэлектрический 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

11. В средах с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники?

а) в линейных

б) с квадратичной нелинейностью

в) с кубической нелинейностью

г) во всех прозрачных анизотропных средах

12. При генерации второй оптической гармоники:

а) один фотон на частоте накачки порождает два фотона на частоте второй гармоники

б) один фотон на частоте накачки порождает один фотон на частоте второй гармоники

Согласована на портале № 40087

в) два фотона на частоте накачки порождают один фотон на частоте второй гармоники

г) два фотона на частоте накачки порождают два фотона на частоте второй гармоники

13 Угловой синхронизм при генерации второй гармоники может быть реализован:

а) в кубических кристаллах без центра симметрии

б) в оптически изотропных средах

в) в гиротропных кубических кристаллах

г) в оптически отрицательных одноосных кристаллах без центра симметрии

14) При параметрической генерации света:

а) два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с суммарной частотой

б) два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с разностной частотой

в) один фотон накачки порождает два фотона, сумма частот которых равна частоте накачки

г) один фотон накачки порождает два фотона, разность частот которых равна частоте накачки

15. Скорость изменения концентрации ионизированных доноров за счет фотоионизации:

а) пропорциональна сечению фотоионизации, интенсивности света и концентрации нейтральных доноров

б) обратно пропорциональна сечению фотоионизации, интенсивности света и концентрации нейтральных доноров

в) пропорциональна сечению фотоионизации и интенсивности света и обратно пропорциональна концентрации нейтральных доноров

г) обратно пропорциональна сечению фотоионизации и интенсивности света и прямо пропорциональна концентрации нейтральных доноров

16. Скорость изменения концентрации ионизированных доноров за счет рекомбинации:

а) положительна и пропорциональна концентрации как электронов в зоне проводимости, так и ловушечных центров

б) отрицательна, пропорциональна концентрации электронов в зоне проводимости и обратно пропорциональна концентрации ловушечных центров

в) отрицательна и пропорциональна концентрации как электронов в зоне проводимости, так и ловушечных центров

г) положительна, пропорциональна концентрации электронов в зоне проводимости и обратно пропорциональна концентрации ловушечных центров

17. Амплитуда поля пространственного заряда фоторефрактивной решетки при диффузионном механизме её формирования достигает максимума:

а) при диффузионном поле, в два раза превосходящем поле насыщения ловушек

б) при поле насыщения ловушек, в два раза превосходящем диффузионное поле

в) при нулевом значении поля насыщения ловушек

г) при диффузионном поле, равном полю насыщения ловушек

18. Какое взаимодействие световых волн на голограмме называют попутными?

а) взаимодействие двух световых волн на голограмме, сформированной этими же световыми волнами, при противоположных знаках проекции их волновых векторов на нормаль к плоскостям, ограничивающим регистрирующую среду;

б) взаимодействие двух световых волн на голограмме, при угле между их волновыми векторами в регистрирующей среде, равном 90°;

в) взаимодействие двух световых волн на голограмме, сформированной этими же световыми волнами, при одинаковых знаках проекции их волновых векторов на нормаль к плоскостям, ограничивающих регистрирующую среду;

г) дифракция светового пучка на голограмме, сформированной светом с другой длиной волны.

19. Какой эффект самодифракции наблюдается в фоторефрактивной среде с чисто нелокальным откликом?

а) перекачка фазы совместно с перекачкой мощности (интенсивности)

б) перекачка фазы

в) перекачка фазы от пучка накачки к сигнальному пучку

г) перекачка мощности (интенсивности)

Согласована на портале № 40087

20. Какие свойства фоторефрактивных кристаллов используется в адаптивных голографических интерферометрах?

а) динамический характер фоторефрактивных голограмм в сочетании с конечной инерционностью процесса их формирования

б) динамический характер фоторефрактивных голограмм исключительно

в) конечная инерционность процесса формирования фоторефрактивных голограмм исключительно

г) возможность одновременного формирования фазовых и амплитудных голограмм

### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

Фундаментальные аспекты и основные эффекты фото-рефрактивной и нелинейной оптики

Генерация второй оптической гармоники

Фоторефрактивный эффект и динамическая голография

Технические приложения фото-рефрактивной и нелинейной оптики

### 14.1.3. Зачёт

Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике

Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка

основные эффекты динамической голографии

Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники

Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах.

Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах

Модели зонного переноса

Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм

Уравнения связанных волн

Параметрическое усиление и генерация

Способы обращения волнового фронта и реализации оптической бистабильности и их применения

Адаптивные голографические корреляторы

### 14.1.4. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды

Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн

Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки

Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм

Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах

Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм

### 14.1.5. Темы лабораторных работ

Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления

Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах

Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов

Исследование амплитудной характеристики адаптивного голографического интерферометра в широком динамическом диапазоне

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

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

Согласована на портале № 40087

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

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

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

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

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

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

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

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

**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 № 40087