**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

**УТВЕРЖДАЮ**
**Директор департамента образования**
**- проректор по учебной работе**
_____ **Л. А. Боков**
«6» 07 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

# Когерентная и нелинейная оптика фотонных материалов

**Уровень основной образовательной программы** Магистратура

**Направление подготовки** 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

**Магистерская программа** Оптические системы связи и обработки информации
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности) из ПООП)

**Форма обучения** очная

**Факультет** Радиотехнический

**Профилирующая кафедра** Телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

**Обеспечивающая (выпускающая) кафедра** Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники( СВЧиКР)

**Курс** второй **Семестр** третий

**Учебный план набора 2015 года и последующих лет.**

**Распределение рабочего времени:**

| № | Виды учебной работы | Семестр 3 | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Лекции | 18 | 18 | часов |
| 2. | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 3. | Практические занятия | 22 | 22 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | - | - | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | 56 | 56 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | 26 | 26 | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 124 | 124 | часов |
| 8. | Общая трудоёмкость | 180 | 180 | часов |
| | (в зачётных единицах) | 5 | 5 | |

**Зачет с оценкой** третий **семестр**

**Томск 2015**

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) четвертого поколения по направлению подготовки 11.04.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень магистратуры)", утвержденного 30 ноября 2014 г. №1403, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «25» июня 2015 г.,

протокол № ___11___.

**Разработчики**

Проф. кафедры СВЧиКР _____ А.Е. Мандель
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав кафедрой СВЧиКР _____ С.Н. Шарангович

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей, обеспечивающей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан РТФ _____ К.Ю. Попова
(название факультета) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей
кафедройТОР _____ А.Я. Демидов
(название кафедры) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. обеспечивающей и выпускающей
кафедрой СВЧиКР _____ С.Н. Шарангович
(название кафедры) (подпись) (Ф.И.О.)

Эксперты:

___Доцент кафедры ТОР_____ _____ _С.И. Богомолов__
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_Проф. кафедры СВЧиКР_____ _____ __В.М. Шандаров _____
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

**1. Цели и задачи дисциплины**

**Целью** преподавания дисциплины является обучение студентов принципам и основным методам когерентной и нелинейной оптики фотонных материалов.

**Основными задачами** изучения дисциплины являются:

– приобретение знаний о физических основах, математическом описании когерентной и нелинейной оптики фотонных материалов; методах разработки и использовании нелинейно-оптических компонентов в приборах и оптических системах передачи и обработки информации;

– приобретение навыков по экспериментальным исследованиям в области когерентной и нелинейной оптики фотонных материалов.

**2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока дисциплин.

В свою очередь данный курс помимо самостоятельного значения необходим для изучения ряда дисциплин базового цикла и дисциплин по выбору, а также эффективного прохождения студентами производственной и научно-исследовательской практики и выполнения ВКР.

**3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации (ОПК-4),
- способностью использовать современную элементную базу и схемотехнику устройств инфокоммуникаций (ПК-5)
- готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС (ПК-8).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать**:

- основные принципы и физические эффекты когерентной и нелинейной оптики фотонных материалов;
- основные схемы и конструкции нелинейно-оптических элементов на основе фотонных материалов;

**уметь:**

- определять и обосновывать целесообразность использования нелинейно-оптических элементов на основе фотонных материалов для работы в составе оптических приборов и систем передачи и обработки информации;
- применять на практике известные методы анализа и экспериментального исследования нелинейно-оптических элементов на основе фотонных материалов;

**владеть:**

- методами расчета и анализа характеристик базовых нелинейно-оптических элементов на основе фотонных материалов..



Согласована на портале № 10279

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____3_____ зачетных единиц.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | 56 | | | 56 | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Лекции | 18 | | | 18 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | | | 16 | |
| Практические занятия (ПЗ) | 22 | | | 22 | |
| Семинары (С) | | | | | |
| Коллоквиумы (К) | | | | | |
| Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка) | | | | | |
| *Другие виды аудиторной работы* | | | | | |
| **Самостоятельная работа (всего)** | 124 | | | 124 | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа) | | | | | |
| Расчетно-графические работы | | | | | |
| Реферат | | | | | |
| *Другие виды самостоятельной работы* | | | | | |
| | | | | | |
| Вид промежуточной аттестации ( экзамен) | 36 | | | 36 | |
| Общая трудоемкость час | 180 | | | 180 | |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 5 | | | 5 | |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Лаборат. занятия | Практич. занятия. | Курсовой П/Р (КРС) | Самост. работа студента | Всего час. (без экзам) | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Электромагнитная теория когерентной оптики в фотонных материалах. | 4 ч. | | 6 ч. | | 26ч. | 18ч. | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 2. | Характеристики оптических волн в слоистых структурах на фотонных материалов | 4 ч. | | 4 ч. | | 26ч. | 18ч. | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 3. | Технология и материалы когерентных фотонных структур | 4 ч. | 4 ч. | 4 ч. | | 26ч. | 18ч. | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 4. | Основы нелинейной оптики в фотонных материалах | 4 ч. | 4 ч.. | 4 ч. | | 26 ч. | 18ч. | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 5 | Дифракционные и нелинейно-оптические элементы на основе фотонных материалов для оптических приборов и систем передачи и обработки информации | 2 ч. | 8 ч. | 4 ч. | | 20 ч. | 16 | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |



Согласована на портале № 10279

## 5.2. Содержание разделов лекционного курса

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Трудоёмкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Электромагнитная теория когерентной оптики в фотонных материалах. | Определение и базовые понятия о микроструктурах с фотонной запрещенной зоной - фотонная зона Бриллюэна, закон дисперсии, фотонная зонная структура, фотонная запрещенная зона. Модовая структура оптического поля внутри фотонных кристаллов . Волновое уравнение и задача о модовой структуре поля, фазовая и групповая скорости, плотность фотонных состояний. Аналогии фотонных кристаллов с твердым телом. Дефекты (вакансии и примеси) в фотонных кристаллах. | 4 | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 2 | Характеристики оптических волн в слоистых структурах на фотонных материалов | Подавление спонтанного излучения атомов внутри фотонных кристаллов. Управление спектром нулевых вакуумных флуктуации. Лэмбовский сдвиг в фотонных кристаллах. Гигантская оптическая дисперсия и аномальная групповая скорость. Компрессия сверхкоротких лазерных импульсов в фотонных кристаллах.<br>Эффекты локализации электромагнитного поля и управление фотонной запрещенной зоной. Локализация света в фотонных кристаллах с дефектами.<br>Распространение света в квазипериодичных фотонных кристаллах. Квазикристаллы типа Фибоначчи. Компрессия и декомпрессия сверхкоротких лазерных импульсов в квазикристаллах. Биение мод и аномально малая групповая скорость. | 4 | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 3 | Технология и материалы когерентных фотонных структур | Основные материалы для изготовления фотонных кристаллов. Примеры одномерных фотонных кристаллов. Брэгговские зеркала, микрорезонаторы, одномерные волноводы. Двумерные фотонные кристаллы. Трехмерные фотонные кристаллы. Опалы, инвертированные опалы, самоагрегирующийся латекс. Методы создания оптических сверхрешеток и нелинейных фотонных кристаллов. Периодические и квазипериодические доменные структуры. | 4 | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 4 | Основы нелинейной оптики в фотонных материалах | Понятие о нелинейных фотонных кристаллах. Двумерный фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в нелинейных фотонных кристаллах. Двумерная нелинейная дифракция в нелинейных фотонных кристаллах.<br>Оптические сверхрешетки. Параметрическое взаимодействие волн, фазовый синхронизм при генерации второй гармоники, суммарной и разностной частоты в оптических сверхрешетках.<br>Нелинейные квазикристаллы и апериодические оптические сверхрешетки. Генерация второй и третьей гармоники в условиях фазового синхронизма в апериодических сверхрешетках и структурах типа Кантора и Фибоначчи. | 4 | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 5 | Дифракционные и нелинейно-оптические элементы на основе фотонных материалов для оптических приборов и систем передачи и обработки информации | Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов. Оптические диоды и транзисторы.<br>Дырчатые волокна. Микролазеры без инверсии населенности. Оптические переключатели и мультиплексоры. Магнитооптические модуляторы света. Электромагнитные кристаллы для ИК и СВЧ областей. Фононные кристаллы. Спиновые (магнитные) кристаллы. Плазмонные кристаллы. | 2 | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |



Согласована на портале № 10279

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

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | | | | | | |
| 1. | Теория и техника передачи информации | + | + | + | + | | | | | |
| 2. | Оптические системы связи и обработки информации | + | + | + | + | | | | | |

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

| Компетенции | Л | ЛР | П | СРС | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-4 | + | | + | + | Опрос на лекциях и практических занятиях, составление реферата, его защита в форме презентации с обсуждением |
| ПК-5 | | + | | + | Опрос на лекциях и практических занятиях, составление реферата, его защита в форме презентации с обсуждением |
| ПК-8 | + | + | + | + | Допуск к лабораторным работам, их выполнение Составление и защита отчётов по лабораторным работам. |

Л – лекция, ЛР – лабораторная работа, П – практика, СРС – самостоятельная работа студента.

## 6. Методы и формы организации обучения

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе и с учетом требований к объёму занятий в интерактивной форме.

**Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий**

| **Методы** **Формы** | Лекции | Лабораторный практикум | Практика | Всего |
|---|---|---|---|---|
| Презентация реферата с обсуждением | | | 12 | 12 |
| Обратная связь (опрос на лекциях и практиках) | 4 | | 4 | 8 |
| Коллективное решение поставленных задач | | 6 | | 6 |
| Итого интерактивных занятий | 4 | 6 | 16 | 26 |

## 7. Лабораторный практикум

| № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоёмкость (час.) | ОК, ПК |
|---|---|---|---|
| 5 | Брэгговская дифракция лазерного излучения на периодической доменной структуре в кристалле ниобата лития | 4 | ПК-5 ПК-8 |
| 5 | Коллинеарная дифракция некогерентного света на периодической доменной структуре в кристалле ниобата лития | 4 | |
| 4 | Генерация второй гармоники лазера на АИГ в кристалле ниобата лития с периодической доменной структурой | 4 | |
| 3 | Измерение коэрцитивного поля по петлям диэлектрического гистерезиса в кристалле КТР | 4 | |



Согласована на портале № 10279

## 9. Практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование практических занятий | Часы | ОК,ПК |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Методы расчета фотонной запрещенной зоны одномерных, двумерных и трехмерных фотонных кристаллов. Расчет зонной структуры одномерных, трехмерных фотонных кристаллов. | 6 часов | ОПК-4, ПК-5 ПК-8 |
| 2 | 2 | Распространение и локализация света в фотонных кристаллах | 4 часа | |
| 3 | 3 | Методы создания оптических сверхрешеток и нелинейных фотонных кристаллов. | 4 часа | |
| 4 | 4 | Нелинейные фотонные кристаллы.. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в нелинейных фотонных кристаллах | 4 часа | |
| 5 | 5 | Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов. | 4 часа | |

## 9. Самостоятельная работа

| № п/п | Тематика самостоятельной работы *(детализация)* | Трудоёмкость (час.) | ОК, ПК |
|---|---|---|---|
| 1. | Подготовка к лабораторным работам, оформление отчётов | 8 | ОПК-3, ОПК-4; ПК-8 |
| 2. | Проработка лекционного материала | 18 | |
| | Подготовка к практическим занятиям | 18 | |
| 3. | Составление реферата и его защита | 44 | |
| Итого: | | 88 | |

Примерные темы рефератов

1. Методы изготовления фотонных кристаллов различных размерностей
2. Методы создания оптических сверхрешеток и нелинейных фотонных кристаллов
3. Применения фотонных кристаллов
4. Управление светом при помощи света в фотонном кристалле.
5. Нелинейно-оптические эффекты в магнитофотонных кристаллах.
6. Базовые оптические и нелинейно-оптические эффекты в фотонных кристаллах и оптических сверхрешетках.
7. Методы расчета фотонной запрещенной зоны одномерных, двумерных и трехмерных фотонных кристаллов.
8. Генерация второй и третьей гармоники в условиях фазового синхронизма в апериодических сверхрешетках и структурах типа Кантора и Фибоначчи
9. Генерация уединенных волн при сверхизлучении в фотонном кристалле
10. Компрессия сверхкоротких лазерных импульсов в фотонных кристаллах.

Требования к составлению реферата

Документ оформляется согласно ОС ТУСУР 6.1-97* и должен иметь титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованных источников. В списке источники (книги, статьи, патенты) приводить с указанием полных выходных данных и с номером в квадратных скобках по тексту. Оформление: формат А4, Word 2003, Times NR 12 pt, выравнивание по ширине, переносы, межстрочный единичный интервал, формулы в Equation Editor. Объём не менее 20 страниц. Время на презентацию 10 мин.

## 10. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовое проектирование по дисциплине не предусмотрено учебным планом.



Согласована на портале № 10279

## 11. Балльно-рейтинговая система

### МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости, которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга.

**Правила формирования пятибалльных оценок** за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТх\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов, _набранная_к_КТх)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}$$

После окончания семестра студент, набравший менее **70** баллов, считается неуспевающим, не получившим зачёт. Студент, выполнивший все запланированные лабораторные работы, и т.д. и набравший сумму **70** и более баллов, получает зачёт «автоматом».

**Таблица 11.1 Распределения баллов в течение семестра**

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| Посещение занятий | 8 | 8 | 6 | **22** |
| Защита реферата | 0 | 30 | 0 | **30** |
| Выполнение и защита лабораторных работ | 0 | 18 | 18 | **36** |
| Компонент своевременности | 4 | 4 | 4 | **12** |
| **Итого максимум за период:** | **12** | **60** | **28** | **100** |
| **Нарастающим итогом** | **12** | **72** | **100** | **100** |

**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 |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**а) основная литература:**


1. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 244 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1553


**б) дополнительная литература:**


2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учеб пособие. - СПб. : Лань, 2011. - 528 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/690.
3. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие . – 2-е изд. - СПб. : Лань, 2011. - 320 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/627




Согласована на портале № 10279

**в) учебно-методическое обеспечение**

4. Физика фотонных кристаллов: методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе / В. В. Щербина, С.М. Шандаров. - Томск: ТУСУР, 2014. - 18 с. Режим доступа: **https://edu.tusur.ru/publications/4090**
5. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 200700 «Фотоника и оптоинформатика» / Щербина В. В., Шандаров С. М. — 2013. 16 с. **https://edu.tusur.ru/publications/3011**
6. Генерация второй гармоники лазерного излучения: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления "Фотоника и оптоинформатика" / Акрестина А. С., Шандаров С. М., Щербина В. В. — 2013. 12 с. **https://edu.tusur.ru/publications/4107**
7. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") / Шандаров В. М. — 2013. 7 с**. https://edu.tusur.ru/publications/3701**

**г) Перечень интернет-ресурсов**

1. Springer Journals – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer. http://link.springer.com/

2. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» http://www.ph4s.ru/;

3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/defaultx.asp;

4. Optical Society of America; OpticsInfoBase, доступ с IP адресов ТУСУРа (“Applied Optics”, “Optics Express”, “J. Opt. Technol.” и др.) http://www.opticsinfobase.org/;

5. Полнотекстовая БД диссертаций РГБ http://rsl.ru;

7. Университетская информационная система Россия http://uisrussia.msu.ru/is4/-main.jsp;

8. Архив электронных препринтов http://xxx.lanl.gov.

**д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Сайт кафедры СВЧиКР на образовательном портале ТУСУРа;
2. Локальная сеть кафедры СВЧиКР: Students\Фамилия преподавателя\

**13. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Лабораторные работы проводятся в специализированных лабораториях кафедры СВЧиКР: ауд. 329 а РК, 333 а РК. В Лаборатории 333 а выполняются работы по исследованию модуляторов оптического излучения. В лаборатории 329 б РК выполняются работы по исследованию дефлекторов оптического излучения.

**14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям, к написанию реферата. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности. В учебном процессе следует применять интерактивные методы обучения для увеличения заинтересованности студентов и повышения их компетенций.



Согласована на портале № 10279

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**
**Проректор по учебной работе**
_____ **П.Е. Троян**
«27» 10 **2016 г.**

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
## «КОГЕРЕНТНАЯ И НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА ФОТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

**Уровень основной образовательной программы** _____магистратура _____
**Направление подготовки** 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
**Профиль** Оптические системы связи и обработки информации
**Форма обучения** _____очная_____
**Факультет** _____Радиотехнический_____
**Кафедра** Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)
**Курс** 2 **Семестр** 3

**Учебный план набора** 2015 **года и последующих лет**

**Разработчик:**

**проф. каф. СВЧ и КР Мандель А.Е.**

**Зачет** ___ ___ **семестр** **Диф. зачет** ____3_____ **семестр**

**Экзамен** _ ___ **семестр**

**Томск 2016**

## 1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Когерентная и нелинейная оптика фотонных материалов» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости (контрольные точки) и промежуточной аттестации (диф. зачет) студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|
| ОПК-4 | способность реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | **знать**:<br>– основные принципы и физические эффекты, обеспечивающие функционирование активных и пассивных компонентов оптических систем:;<br>**уметь**:<br>– проводить выбор элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов;<br>**владеть**:<br>– методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов. |
| ПК-5 | способность использовать современную элементную базу и схемотехнику устройств инфокоммуникаций | **знать**:<br>– основные конструкции и характеристики активных и пассивных компонентов оптических систем;<br>**уметь**:<br>– рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций;<br>**владеть**:<br>– методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов. |
| ПК-8 | готовность использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | **знать**:<br>– основные конструкции и характеристики активных и пассивных компонентов оптических систем:;<br>**уметь**:<br>– рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций;<br>**владеть**:<br>– методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |

# 2 Реализация компетенций

## 2.1 Компетенция ОПК-4

**ОПК-4: способность реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

**Таблица 2 - Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**



Согласована на портале № 10279

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | – основные принципы и физические эффекты, обеспечивающие функционирование активных и пассивных компонентов оптических систем | – проводить выбор элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов | – методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Самостоятельная работа. | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Самостоятельная работа. | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Лабораторные занятия<br>• Самостоятельная работа. |
| **Используемые средства оценивания** | • Конспект<br>• Устный ответ<br>• Диф. Зачет | • Подготовка реферата<br>• Отчет по лабораторной работе<br>• Конспект самостоятельной работы. | • Презентация реферата<br>• Защита лабораторной работы<br>• Диф. Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично / (90-100 баллов)** | Имеет представление об основных принципах и физических эффектах, обеспечивающих функционирование активных и пассивных компонентов оптических систем | Умеет свободно проводить выбор элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов | Владеет методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |



Согласована на портале № 10279

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Хорошо / (70-89 баллов)** | Дает определения основных принципов и физических эффектов обеспечивающие функционирование активных и пассивных компонентов оптических систем | Умеет самостоятельно проводить выбор элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов | Владеет основными методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Удовлетворительно / (60-69 баллов)** | Имеет представление об основных принципах и физических эффектах, обеспечивающих функционирование активных и пассивных компонентов оптических систем | Показывает неполное, недостаточное умение проводить выбор элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов | Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |

**Примечание:** количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

## 2.2 Компетенция ПК-5

**ПК-5: способность использовать современную элементную базу и схемотехнику устройств инфокоммуникаций.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

**Таблица 5- Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| **Состав** | **Знать** | **Уметь** | **Владеть** |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | – основные конструкции и характеристики активных и пассивных компонентов оптических систем; | – рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | – методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Самостоятельная работа. | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Самостоятельная работа. | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Лабораторные занятия<br>• Самостоятельная работа. |
| **Используемые средства оценивания** | • Конспект<br>• Устный ответ<br>• Диф. Зачет | • Подготовка реферата<br>• Отчет по лабораторной работе<br>• Конспект самостоятельной работы. | • Презентация реферата<br>• Защита лабораторной работы<br>• Диф. Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

**Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| **Показатели и критерии** | **Знать** | **Уметь** | **Владеть** |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уро-** | Обладает фактическими и теоретическими зна- | Обладает диапазоном практических умений, требу- | Контролирует работу, проводит оценку, совершен- |



Согласована на портале № 10279

| | | | |
|---|---|---|---|
| **вень)** | ниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | емых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | ствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

**Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| **Показатели и критерии** | **Знать** | **Уметь** | **Владеть** |
|---|---|---|---|
| **Отлично / (90-100 баллов)** | Знает основные конструкции и характеристики активных и пассивных компонентов оптических систем | Умеет свободно рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | Владеет методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Хорошо / (70-89 баллов)** | Имеет представление об основных конструкциях и характеристиках активных и пассивных компонентов оптических систем | Умеет смостоятельно рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | Владеет основными методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Удовлетворительно / (60-69 баллов)** | Дает определения основных конструкций и характеристик активных и пассивных компонентов оптических систем | Показывает неполное, не-достаточное умение рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |

**Примечание:** количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

## 2.3 Компетенция ПК-8

**ПК-8: готовность использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

**Таблица 5- Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**



Согласована на портале № 10279

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | – основные конструкции и характеристики активных и пассивных компонентов оптических систем; | – рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | – методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Самостоятельная работа. | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Самостоятельная работа. | • Лекции<br>• Практические занятия.<br>• Лабораторные занятия<br>• Самостоятельная работа. |
| **Используемые средства оценивания** | • Конспект<br>• Устный ответ<br>• Диф. Зачет | • Подготовка реферата<br>• Отчет по лабораторной работе<br>• Конспект самостоятельной работы. | • Презентация реферата<br>• Защита лабораторной работы<br>• Диф. Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

**Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

**Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично / (90-100 баллов)** | Знает основные конструкции и характеристики активных и пассивных компонентов оптических систем | Умеет свободно рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | Владеет методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |



Согласована на портале № 10279

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Хорошо / (70-89 баллов)** | Имеет представление об основных конструкциях и характеристиках активных и пассивных компонентов оптических систем | Умеет смостоятельно рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | Владеет основными методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |
| **Удовлетворительно / (60-69 баллов)** | Дает определения основных конструкций и характеристик активных и пассивных компонентов оптических систем | Показывает неполное, недостаточное умение рассчитывать, исследовать и эксплуатировать современную элементную базу устройств инфокоммуникаций | Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами и приемами разработки, проектирования и использования элементной базы для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов |

**Примечание:** количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

### 3.1 Практические занятия по темам:

1. Методы расчета фотонной запрещенной зоны одномерных, двумерных и трехмерных фотонных кристаллов. Расчет зонной структуры одномерных, трехмерных фотонных кристаллов.
2. Распространение и локализация света в фотонных кристаллах
3. Методы создания оптических сверхрешеток и нелинейных фотонных кристаллов.
4. Нелинейные фотонные кристаллы.. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в нелинейных фотонных кристаллах
5. Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов..

Указания к практичексим занятиям приведены в учебно-методическом пособии [4]

### 3.2 Лабораторные рабоы по темам:

1. Брэгговская дифракция лазерного излучения на периодической доменной структуре в кристалле ниобата лития
2. Коллинеарная дифракция некогерентного света на периодической доменной структуре в кристалле ниобата лития
3. Генерация второй гармоники лазера на АИГ в кристалле ниобата лития с периодической доменной структурой
4. Измерение коэрцитивного поля по петлям диэлектрического гистерезиса в кристалле КТР

Указания к лабораторным работам приведены в учебно-методическом пособии [6,7].

### 3.3. Темы творческих заданий (рефератов):

1. Методы изготовления фотонных кристаллов различных размерностей
2. Методы создания оптических сверхрешеток и нелинейных фотонных кристаллов
3. Применения фотонных кристаллов
4. Управление светом при помощи света в фотонном кристалле.
5. Нелинейно-оптические эффекты в магнитофотонных кристаллах.
6. Базовые оптические и нелинейно-оптические эффекты в фотонных кристаллах и оптических сверхрешетках.
7. Методы расчета фотонной запрещенной зоны одномерных, двумерных и трехмерных фотонных кристаллов.
8. Генерация второй и третьей гармоники в условиях фазового синхронизма в апериодических сверхрешетках и структурах типа Кантора и Фибоначчи
9. Генерация уединенных волн при сверхизлучении в фотонном кристалле



Согласована на портале № 10279

10. Компрессия сверхкоротких лазерных импульсов в фотонных кристалла..

**3.5 Вопросы для проведения диф. зачета:**

1. Определение и базовые понятия о микроструктурах с фотонной запрещенной зоной - фотонная зона Бриллюэна, закон дисперсии, фотонная зонная структура, фотонная запрещенная зона.
2. Модовая структура оптического поля внутри фотонных кристаллов
3. Волновое уравнение и задача о модовой структуре поля, фазовая и групповая скорости, плотность фотонных состояний.
4. Аналогии фотонных кристаллов с твердым телом. Дефекты (вакансии и примеси) в фотонных кристаллах.
5. Подавление спонтанного излучения атомов внутри фотонных кристаллов.
6. Управление спектром нулевых вакуумных флуктуации.
7. Лэмбовский сдвиг в фотонных кристаллах.
8. Гигантская оптическая дисперсия и аномальная групповая скорость.
9. Компрессия сверхкоротких лазерных импульсов в фотонных кристаллах.
10. Эффекты локализации электромагнитного поля и управление фотонной запрещенной зоной.
11. Локализация света в фотонных кристаллах с дефектами.
12. Распространение света в квазипериодичных фотонных кристаллах.
13. Квазикристаллы типа Фибоначчи.
14. Компрессия и декомпрессия сверхкоротких лазерных импульсов в квазикристаллах.
15. Биение мод и аномально малая групповая скорость.
16. Основные материалы для изготовления фотонных кристаллов
17. Примеры одномерных фотонных кристаллов. Брэгговские зеркала, микрорезонаторы, одномерные волноводы.
18. Двумерные фотонные кристаллы.
19. Трехмерные фотонные кристаллы. Опалы, инвертированные опалы, самоагрегирующийся латекс
20. Методы создания оптических сверхрешеток и нелинейных фотонных кристаллов.
21. Периодические и квазипериодические доменные структуры.
22. Понятие о нелинейных фотонных кристаллах.
23. Двумерный фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в нелинейных фотонных кристаллах.
24. Двумерная нелинейная дифракция в нелинейных фотонных кристаллах.
25. Оптические сверхрешетки.
26. Параметрическое взаимодействие волн, фазовый синхронизм при генерации второй гармоники, суммарной и разностной частоты в оптических сверхрешетках.
27. Нелинейные квазикристаллы и апериодические оптические сверхрешетки.
28. Генерация второй и третьей гармоники в условиях фазового синхронизма в апериодических сверхрешетках..
29. Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов.
30. Оптические диоды и транзисторы.
31. Дырчатые волокна. Микролазеры без инверсии населенности.
32. Оптические переключатели и мультиплексоры.
33. Магнитооптические модуляторы света. Электромагнитные кристаллы для ИК и СВЧ областей
34. Фононные кристаллы. Спиновые (магнитные) кристаллы. Плазмонные кристаллы..

Методические материалы для подготовки к экзамену приведены в [1-3],

## 4 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

**4.1.Основная литература**

8. С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 244 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/1553**

**4.2 Дополнительная литература:**

9. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учеб пособие. - СПб. : Лань, 2011. - 528 с. Режим доступа: **http://e.lanbook.com/view/book/690.**
10. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие . – 2-е изд. - СПб. : Лань, 2011. - 320 с. Режим доступа: **http://e.lanbook.com/view/book/627**



Согласована на портале № 10279

**4.3 Учебно-методическое обеспечение**

11. Физика фотонных кристаллов: методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе / В. В. Щербина, С.М. Шандаров. - Томск: ТУСУР, 2014. - 18 с. Режим доступа: **https://edu.tusur.ru/publications/4090**
12. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 200700 «Фотоника и оптоинформатика» / Щербина В. В., Шандаров С. М. — 2013. 16 с. **https://edu.tusur.ru/publications/3011**
13. Генерация второй гармоники лазерного излучения: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления "Фотоника и оптоинформатика" / Акрестина А. С., Шандаров С. М., Щербина В. В. — 2013. 12 с. **https://edu.tusur.ru/publications/4107**
14. Исследование дифракции светового пучка в среде с периодической модуляцией показателя преломления: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") / Шандаров В. М. — 2013. 7 с. **https://edu.tusur.ru/publications/3701**



Согласована на портале № 10279