**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Квантовые приборы и устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 20 | 20 | часов |
| 2 | Практические занятия | 14 | 14 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 50 | 50 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 30 | 30 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 58 | 58 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 16848

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2016 от « 1 » 7 2017 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| профессор каф. ЭП | _____ | В. Н. Давыдов |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

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

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| профессор ТУСУР, кафедра ЭП | _____ | Л. Н. Орликов |

Согласована на портале № 16848

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний по физическим основам функционирования приборов квантовой электроники, оптической микро- и наноэлектроники, об их основных параметрах и характеристиках, условиях применения, а также приобретение навыков решения типовых задач по расчету параметров перечисленных приборов в приложении к научных и прикладным исследованиям и разработкам.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Задачи дисциплины заключаются в следующем:

– - изучение студентами знаний о физических процессах, происходящих в квантовых системах в условиях нарушения термодинамического равновесия, полупроводниковом материале и структурах на его основе, в том числе наноразмерных;

– - изучение принципов работы современных приборов квантовой электроники, опто- и наноэлектроники по генерации, приему и преобразованию оптического излучения;

– - изучение и освоение студентами современных методов описания и анализа электронных и оптических процессов в полупроводниковых гетероструктурах;

– - освоение студентами подходов к решению типовых задач по расчету параметров прибо-ров квантовой электроники и оптоэлектроники.

–

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовые приборы и устройства» (Б1.В.ДВ.14.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Квантовая механика, Математика, Материалы электронной техники, Твердотельная электроника, Физика конденсированного состояния.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

– ПК-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** - физическое содержание энергетического спектра квантовых систем и структур, основные параметры, описывающие состояние этих систем и структур, а также физические процессы, приводящие как к неравновесному их состоянию, так и процессы, направленные на достижением равновесного состояния; - типы, архитектуру и физические принципы работы квантовых и оптоэлектронных полупроводниковых приборов для регистрации оптического излучения, его генерации и преобразования на основе кристалличнеских приборов и гетероструктур;

– **уметь** - предвидеть возможности изменения электрических и оптических свойств квантовых и оптоэлектронных структур за счет введения в их архитектуру дополнительных микро- или наноэлементов, изменения топологии, геометрии или режимов работы; - рассчитывать основные параметры и характеристики источников некогерентного и когерентного излучения, изготовленных из газообразных и твердотельных материалов, а также фотодекторов, и делать вывод о применимости их для решения инженерно-технической задачи; оценивать пригодность материала для изготовления эффективных светодиодов, лазеров и других приборов квантовой электроники и оптоэлектроники;

– **владеть** - способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке

Согласована на портале № 16848

цели и выбору путей ее достижения при решении задач создания приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; - физическим и математическим аппаратом современной оптической наноэлектрони-ки, ее основными технологическими методами изготовления приборов; - навыками по организации и проведению экспериментальных исследований приборов квантовой оптики и оптоэлектроники; - навыками и методами проектирования и компьютерного моделирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники в микро- или наноэлектронном исполнении.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 8 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 50 | 50 |
| Лекции | 20 | 20 |
| Практические занятия | 14 | 14 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Из них в интерактивной форме | 30 | 30 |
| Самостоятельная работа (всего) | 58 | 58 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | 12 |
| Проработка лекционного материала | 8 | 8 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 38 | 38 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

## 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 | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | | | |
| 1 Фундаментальные электрические и оптические свойства материалов квантовой электроники и оптоэлектроники. | 4 | 2 | 0 | 11 | 17 | ПК-2, ПК-5 |
| 2 Генераторы когерентного оптического излучения на основе | 4 | 3 | 4 | 10 | 21 | ПК-2, ПК-5 |

Согласована на портале № 16848

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| неравновесных квантовых систем. | | | | | | |
| 3 Источники некогерентного оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | 4 | 3 | 4 | 11 | 22 | ПК-2, ПК-5 |
| 4 Фотоприемники оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | 4 | 4 | 4 | 14 | 26 | ПК-2, ПК-5 |
| 5 Модуляторы и дефлекторы оптического излучения на основе твердых и жидких кристаллов. | 4 | 2 | 4 | 12 | 22 | ПК-2, ПК-5 |
| Итого за семестр | 20 | 14 | 16 | 58 | 108 | |
| Итого | 20 | 14 | 16 | 58 | 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 |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Фундаментальные электрические и оптические свойства материалов квантовой электроники и оптоэлектроники. | Энергетический и долинный спектр твердого тела. Механизмы электропроводности в кристаллах и способы управления ею. Тензорный и скалярный способы описания. Падение света на границу раздела: коэффициент отражения, коэффициент поляризации, полное внутреннее отражение. Эффект двулучепреломления в анизотрпоных средах и его следствия. Дифракция Вульфа – Брэгга. Рассеяние света по Комптону, по Раману, стоксовское и антистоксовское рассеяние. Отражение, преломление и рефракция света. Управление оптическими свойствами среды. | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Генераторы когерентного оптического излучения на основе неравновесных квантовых систем. | Параметры излучающих сред. Управление временем излучательной рекомбинации в проводя-щих средах. Принцип построения оптиченского генератора. Спонтанное и вынужденное излучение атома, коэффициенты Эйнштейна. Дипольная модель излучения атома. Механизмы уширения спектра излучения. | 4 | ПК-2, ПК-5 |

Согласована на портале № 16848

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Возбуждение квантовой системы накачкой, схемы накачки. Оптические резонаторы: принцип работы, параметры, спектр частот и его уширение. Свойства плоского резонатора. Моды резонатора Фабри – Перо и их свойства. Планарный диэлектрический волновод. Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках. Обзор квантовых приборов оптического диапазона | | |
| | Итого | 4 | |
| 3 Источники некогерентного оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Конструкция и параметры полупроводникового светодиода. Принципы повышения параметров светодиодов за счет квантовых ям и сверхрешеток. Спектр излучения и диаграмма направленности светодиода на гетероструктурах. Брэгговские отражатели, слои растекания, ограничивающие слои. Микрорезонатор в светодиодах. Типы, параметры и конструкции светодиодов с квантовыми ямами и сверхрешетками. | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Фотоприемники оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Фоторезистивный и фотовольтаический принципы регистрации оптического излучения. Понятие фотопроводимости, ее механизмы и параметры. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках. Типы фотоэдс, механизмы их формирования и основные параметры. Барьерная фотоэдс. Фотоде-текторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Лавинные фотодетекторы на сверхрешетках. Пара-метры и конструкции фотодетекторов различных типов и назначений. Шумовые свойства полупроводниковых фотодетекторов. | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Модуляторы и дефлекторы оптического излучения на основе твердых и жидких кристаллов. | Оптическая активность кристаллов и управление ею с помощью электрического поля. Электрооптический эффект и фотоупругость в кристаллах. Оптические эффекты в квантовых точках. Квантово-размерный эффект Штарка. Модуляторы на основе электрооптических эффектов. Модуля- | 4 | ПК-2, ПК-5 |

Согласована на портале № 16848

| | | | |
|---|---|---|---|
| | торы на квантовых ямах. Жидкие кристаллы, их свойства. Применение жидких кристаллов для модуляции света и его отклонения. | | |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

### 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 Квантовая механика | | + | | + | |
| 2 Математика | + | + | + | + | + |
| 3 Материалы электронной техники | + | | | | + |
| 4 Твердотельная электроника | + | + | + | + | + |
| 5 Физика конденсированного состояния | | | + | + | |

### 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-2 | + | + | + | + | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Реферат |
| ПК-5 | + | + | + | + | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Реферат |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Согласована на портале № 16848

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| Работа в команде | 10 | 10 | 10 | 30 |
| IT-методы | | | | 0 |
| Решение ситуационных задач | | | | 0 |
| Итого за семестр: | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого | 10 | 10 | 10 | 30 |

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 2 Генераторы когерентного оптического излучения на основе неравновесных квантовых систем. | - Определение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования (лабораторная установка). | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Источники некогерентного оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Исследование свойств p-n перехода в приборах оптоэлектроники (компьютерное моделирование) | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Фотоприемники оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | - Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов (лабораторная установка). | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Модуляторы и дефлекторы оптического излучения на основе твердых и жидких кристаллов. | - Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития (компьютерное моделирование). | 4 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 16848

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Фундаментальные электрические и оптические свойства материалов квантовой электроники и оптоэлектроники. | Обсуждение природы взаимодействия света и твердого тела: падение света на границу раздела (коэффициент отражения, коэффициент поляризации, полное внутреннее отражение). Эффект двулучепреломления в анизотропных средах и его следствия. Дифракция Вульфа – Брэгга. Решение задач на полное внутреннее отражение и дифракцию Вульфа – Брэгга. Механизмы рассеяния света (по Комптону, по Раману, стоксовское и антистоксовское рассеяние). Решение задач на двучепреломление в одноосных кристаллах. | 2 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Генераторы когерентного оптического излучения на основе неравновесных квантовых систем. | Обсуждение механизмов излучения света твердыми телами. Принципы управления излучательной рекомбинацией в проводящих средах. Решение задач на вычисление параметров квантовой эффективности эмиссии излучения, коэффициентов Эйнштейна. Обсуждение свойств оптических резонаторов: принцип работы, параметры, спектр час-тот и его уширение. Моды резонатора Фабри – Перо и их свойства. Решение задач на вычисление собственных частот и ширины линии излучения открытых резонаторов. Просмотр рисунков, диаграмм, таблиц по параметрам лазеров. | 3 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 3 | |
| 3 Источники некогерентного оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Обсуждение принципов улучшения параметров светодиодов за счет введения квантовых ям и сверхрешеток. Спектр излучения и диаграмма направленности светодиода на гетероструктурах. Решение задач на вычисление параметров светодиодов с квантовыми ямами. ограничивающие слои. Преимущества от применения в конструкции светодиодов оптического | 3 | ПК-2, ПК-5 |

Согласована на портале № 16848

| | | | |
|---|---|---|---|
| | микрорезонатора. Просмотр рисунков, диаграмм, таблиц по параметрам светодиодов различного типа. | | |
| | Итого | 3 | |
| 4 Фотоприемники оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Обсуждение параметров фотодетекторов на основе фотопроводимости и барьерной фотоэдс. Решение задач на вычисление фоточувствительности детекторов на основе фотопроводимости и барьерной фотоэдс.Обсуждение природы шумов различных типов. Решение задач на вычисление уровня шумового напряжения при действии напряжения. | 2 | ПК-2, ПК-5 |
| | Обсуждение параметров фотодетекторов на основе фотопроводимости и барьерной фотоэдс. Решение задач на вычисление фоточувствительности детекторов на основе фотопроводимости и барьерной фотоэдс.Обсуждение природы шумов различных типов. Решение задач на вычисление уровня шумового напряжения при действии напряжения. | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 5 Модуляторы и дефлекторы оптического излучения на основе твердых и жидких кристаллов. | Обсуждение механизмов изменения оптических свойств кристаллов под напряжением, а также механизмов электроотражения и электропоглощения в квантовывх ямах, перехода Фредериска в жидких кристаллах.Решение задач на вычисление действующих напряжений в твердых телах и жидких кристаллах. | 2 | ПК-2, ПК-5 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 14 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| 1 Фундаментальные электрические и оптические свойства | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | ПК-2, ПК-5 | Опрос на занятиях, Реферат, Экзамен |

Согласована на портале № 16848

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| материалов квантовой электроники и оптоэлектроники. | Проработка лекционного материала | 6 | | |
| | Итого | 11 | | |
| 2 Генераторы когерентного оптического излучения на основе неравновесных квантовых систем. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | ПК-2, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Экзамен |
| | Итого | 10 | | |
| 3 Источники некогерентного оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 7 | | Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 11 | | |
| 4 Фотоприемники оптического излучения на основе полупроводниковых приборов и гетероструктур. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | ПК-2, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 14 | | |
| 5 Модуляторы и дефлекторы оптического излучения на основе твердых и жидких кристаллов. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ПК-2, ПК-5 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Реферат, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 12 | | |
| Итого за семестр | | 58 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 94 | | |

**9.1. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

1. Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
2. Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
3. Коэффициент усиления инверсной средой, свойства оптического резонатора открытого типа.
4. Типы фотопроводимости, ее основные параметры и характеристики.
5. Понятие коэффициента усиления фотопроводимости.
6. Типы фотоэдс. Механизм появления барьерной фотоэдс.
7. Фотодетекторы на основе квантовых ям и сверхрешеток.

**9.2. Темы лабораторных работ**

1. Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
2. Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
3. Коэффициент усиления инверсной среды.
4. Свойства оптического резонатора открытого типа.

Согласована на портале № 16848

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| Опрос на занятиях | 8 | 8 | 8 | 24 |
| Отчет по лабораторной работе | 7 | 7 | 7 | 21 |
| Реферат | 8 | 9 | 8 | 25 |
| Итого максимум за период | 23 | 24 | 23 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 23 | 47 | 70 | 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) |

Согласована на портале № 16848

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Пихтин, Александр Николаевич. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: - ISBN 978-5-4372-0004-9 : УДК 621.373.8(075.8) 621.383(075.8) РУБ 621.373 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

2. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963, дата обращения: 09.03.2017.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Малышев, Владимир Александрович. Основы квантовой электроники и лазерной техники : Учебное пособие для вузов / В. А. Малышев. - М. : Высшая школа, 2005. - 542[2] с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 536-539. - ISBN 5-06-004853-5 : 295.24 р. УДК 621.373.8(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 38 экз.)

2. Борисенко, Виктор Евгеньевич. Наноэлектроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце частей. - ISBN 978-5-94774-914-4 : УДК 621.382-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

3. Игнатов, Александр Николаевич. Оптоэлектроника и нанофотоника [Текст] : учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. - СПб. : Лань, 2011. - 539, [5] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 526-530. - ISBN 978-5-8114-1136-8 : УДК 621.383(075.8) 621.383-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2016. 92 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964, дата обращения: 09.03.2017.

2. Давыдов В.Н. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования. Учебно-методическое пособие к лабораторной работе. Томск: ТУСУР, 2013. – 10 с. [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), Кафедра электронных приборов. – Электрон. текстовые дан. – Томск: ТУСУР, 2013. – 10 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3559, дата обращения: 09.03.2017.

3. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5970, дата обращения: 09.03.2017.

4. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04210100.62 – Электроника и наноэлектроника. Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5967, дата обращения: 09.03.2017.

5. Исследование свойств p-n переходов в приборах оптоэлектроники: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5969, дата обращения: 09.03.2017.

6. 2. Щука А.А. Электроника.: Учебное пособие для вузов с задачами к главам и параграфам. Под ред. А.С. Сигова. Санкт - Перербург. - 2006, -799 с. - ISBN 5-94157-461-4. УДК 521.38 (075.8). Кол-во экз.: 3 шт. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)

7. Страховский, Глеб Михайлович. Основы квантовой электроники [Текст] : учебное

Согласована на портале № 16848

пособие для вузов / Г. М. Страховский, А. В. Успенский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1979. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 299-300. - УДК 621.373.8(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)

8. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям / Мягков А. С. - 2012. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2495, дата обращения: 09.03.2017.

9. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Мягков А. С. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2496, дата обращения: 09.03.2017.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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. Ресурсы сети Интернет

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Образовательный портал ТУСУР, библиотека ТУСУР, интернет, редактор "Microsoft PowerPoint"

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

#### 13.1.1. Материально-техническое 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 наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, улица Вершинина, д. 74, 1 этаж, ауд. 110. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1 шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1 шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8 ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

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

Для выполнения лабораторных работ используется исследовательская лаборатория, расположенная в кабинете 215 корпуса факультета электронной техники (ФЭТ) ТУСУР по адресу: г. Томск, ул. Вершинина, 74, 2 этаж. Компьютерный класс, оборудованный компьютерами класса не ниже Pentium IV и выше с широкополосным доступом в интернет. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты программ MS Windows XP Professional with SP3? Matlab v.6.5.

Согласована на портале № 16848

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

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **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 удаленного просмотра.

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

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

Основные методические рекомендации касаются организации и контроля выполнения самостоятельных заданий.

Структура подачи лекционного материала. После выдачи самостоятельных заданий (на лекции) со студентами планируется тема следующей лекции. Среди разнообразия методов подачи материала наибольшая активность студентов наблюдается при применении технологии «интенсивной педагогики» в виде «продвинутой конферентной обзорной лекции», совмещенной с семинаром. Важно на фоне общих учебных заданий найти «изюминку» в каждом задании студента и показать актуальность и перспективы применения решения. Важно показать достижения конкретных выпускников по предложенной тематике.

Практические занятия. Интерес у студента проявляется тогда, когда у него получаются решения предложенных заданий. Их выполнение учитывает возможности и наклонности студента и позволяет предложить творческое развитие отдельных фрагментов задания.

Защита самостоятельной работы. Наибольший импульс к развитию дает научно-техническая конференция, где каждый студент обязан выступить с сообщением о своей работе. При подготовке к нему у студента происходит переоценка деятельности, прирост команды энтузиастов для участия в развитии работ. Это способствует развитию общекультурных профессиональных компетенций, вырабатывает навыки грамотного изложения результатов работы и их защиты перед комиссией.

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Согласована на портале № 16848

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | 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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 16848

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Квантовые приборы и устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- профессор каф. ЭП В. Н. Давыдов

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 16848

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК-2 | способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | Должен знать - физическое содержание энергетического спектра квантовых систем и структур, основные параметры, описывающие состояние этих систем и структур, а также физические процессы, приводящие как к неравновесному их состоянию, так и процессы, направленные на достижением равновесного состояния; - типы, архитектуру и физические принципы работы квантовых и оптоэлектронных полупроводниковых приборов для регистрации оптического излучения, его генерации и преобразования на основе кристалличнеских приборов и гетероструктур;; Должен уметь - предвидеть возможности изменения электрических и оптических свойств квантовых и оптоэлектронных структур за счет введения в их архитектуру дополнительных микро-или наноэлементов, изменения топологии, геометрии или режимов работы; - рассчитывать основные параметры и характеристики источников некогерентного и когерентного излучения, изготовленных из газообразных и твердотельных материалов, а также фотодекторов, и делать вывод о применимости их для решения инженерно-технической задачи; оценивать пригодность материала для изготовления эффективных светодиодов, лазеров и других приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; ; Должен владеть - способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения при решении задач создания приборов квантовой электроники и оптоэлектроники; - |
| ПК-5 | готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | |

Согласована на портале № 16848

| | | |
|---|---|---|
| | | физическим и математическим аппаратом современной оптической наноэлектрони-ки, ее основными технологическими методами изготовления приборов; - навыками по организации и проведению экспериментальных исследований приборов квантовой оптики и оптоэлектроники; - навыками и методами проектирования и компьютерного моделирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники в микро- или наноэлектронном исполнении. ; |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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 |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | принципы функционирования и методики измерения параметров и | аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективные | способностью устанавливать, настраивать на практике применять эффективные |

Согласована на портале № 16848

| | | | |
|---|---|---|---|
| | характеристик приборов и устройств квантовой электроники и оптоэлектроники, знать и аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения | методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения | методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Реферат;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Реферат;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Реферат;<br>• Экзамен; |

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • принципы функционирования и методики измерения параметров и характеристик приборов и устройств квантовой электроники и оптоэлектроники, | • аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективные методики экспериментального исследования параметров и | • способностью устанавливать, настраивать на практике применять эффективные методики экспериментального исследования параметров и |

Согласована на портале № 16848

| | | | |
|---|---|---|---|
| | знать и аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения; | характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения; | характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения; |
| Хорошо (базовый уровень) | • методики измерения параметров и характеристик приборов и устройств квантовой электроники и оптоэлектроники, знать и аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения; | • реализовывать на практике эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения; | • способностью на практике применять эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники и наноэлектроники различного функционального назначения; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • принципы измерения параметров приборов и устройств квантовой электроники и оптоэлектроники, знать как реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и | • реализовывать на практике методики экспериментального исследования параметров приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники и оптоэлектроники; | • способностью на практике применять методики экспериментального исследования параметров приборов, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники ; |

Согласована на портале № 16848

| | | | |
|---|---|---|---|
| | характеристик приборов, схем, устройств и установок квантовой электроники, оптоэлектроники ; | | |

**2.2 Компетенция ПК-5**

ПК-5: готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

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 | принципы и алгоритмы расчетов, а также методики выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | объяснять и применять принципы и алгоритмы расчетов, а также методики выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | принципами и алгоритмами расчетов, а также методиками выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Реферат;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Реферат;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Реферат;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Согласована на портале № 16848

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • принципы и алгоритмы расчетов, а также методики выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; | • объяснять и применять принципы и алгоритмы расчетов, а также методики выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; | • принципами и алгоритмами расчетов, а также методиками выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; |
| Хорошо (базовый уровень) | • методики выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; | • применять алгоритмы расчетов, а также методики выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; | • методиками выполнения расчета и проектирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • методики проектирования приборов квантовой электроники и фотоники различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; | • применять методики расчета и проектирования приборов квантовой электроники и фотоники различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; | • методиками выполнения проектирования приборов квантовой электроники и оптоэлектроники различного функционального назначения с использованием средств автоматизации проектирования; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения

Согласована на портале № 16848

образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Темы рефератов

– 1. Определение концентраций легирующих примесей для получения полупроводника с собственным типом проводимости. 2. Фотопроводимость полупроводника: ее типы и механизмы возникновения, основные параметры. Расчет коэффициента усиления фотопроводимости и методы управления им. 3. Фотоэдс в полупроводниках: механизмы ее возникновения, основные типы, методы расчета, базовые параметры. 4. Сравнение спектральных характеристик резонаторов закрытого и открытого типов. 5. Прохождение оптического излучения через границу раздела двух сред: основные явления, характеристики и параметры. 6.Спонтанное и вынужденное излучение атома, коэффициенты Эйнштейна, их физический смысл и природа связи между собой, возможность управления численными значениями параметрами вынужденного излучения и вынужденного поглощения. 7. Идеология создания генератора оптического излучения на основе усилителя электромагнитного излучения. 8. Виды накачки, свойства накачки в трех- и четырехуровневой схемах. Сравнение их возможностей. 9. Принцип работы и и типичные значения параметров генерируемого излучения молекулярных лазеров. 10. Принцип работы и типичные значения параметров генерируемого излучения ионных лазеров. 11. Принцип работы и типичные значения параметров генерируемого излучения полупроводниковых лазеров

### 3.2 Темы домашних заданий

– Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
– Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
– Коэффициент усиления инверсной среды.
– Свойства оптического резонатора открытого типа.

### 3.3 Темы опросов на занятиях

– Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
– Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
– Коэффициент усиления инверсной средой, свойства оптического резонатора открытого типа.
– Типы фотопроводимости, ее основные параметры и характеристики.
– Понятие коэффициента усиления фотопроводимости.
– Типы фотоэдс. Механизм появления барьерной фотоэдс.
– Фотодетекторы на основе квантовых ям и сверхрешеток.

### 3.4 Экзаменационные вопросы

– Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
– Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
– Коэффициент усиления инверсной среды.
– Свойства оптического резонатора открытого типа.
– Формирование зонного спектра твердого тела, возможности управления им.
– Понятие метастабильных состояний, времени релаксации.
– Коэффициент усиления инверсной средой, свойства оптического резонатора открытого типа.
– Типы фотопроводимости, ее основные параметры и характеристики.
– Понятие коэффициента усиления фотопроводимости.
– Типы фотоэдс. Механизм появления барьерной фотоэдс.
– Фотодетекторы на основе квантовых ям и сверхрешеток.

### 3.5 Темы лабораторных работ

– 1. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования (лабораторная установка). 2. Исследование свойств p-n перехода в приборах оптоэлектроники (компьютерное моделирование). 3. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов (лабораторная установка). 4. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития (компьютерное моделирование).

Согласована на портале № 16848

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Пихтин, Александр Николаевич. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: - ISBN 978-5-4372-0004-9 : УДК 621.373.8(075.8) 621.383(075.8) РУБ 621.373 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)
2. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963, свободный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. Малышев, Владимир Александрович. Основы квантовой электроники и лазерной техники : Учебное пособие для вузов / В. А. Малышев. - М. : Высшая школа, 2005. - 542[2] с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 536-539. - ISBN 5-06-004853-5 : 295.24 р. УДК 621.373.8(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 38 экз.)
2. Борисенко, Виктор Евгеньевич. Наноэлектроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце частей. - ISBN 978-5-94774-914-4 : УДК 621.382-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)
3. Игнатов, Александр Николаевич. Оптоэлектроника и нанофотоника [Текст] : учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. - СПб. : Лань, 2011. - 539, [5] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 526-530. - ISBN 978-5-8114-1136-8 : УДК 621.383(075.8) 621.383-022.532(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / Давыдов В. Н. - 2016. 92 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5964, свободный.
2. Давыдов В.Н. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования. Учебно-методическое пособие к лабораторной работе. Томск: ТУСУР, 2013. – 10 с. [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), Кафедра электронных приборов. – Электрон. текстовые дан. – Томск: ТУСУР, 2013. – 10 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3559, свободный.
3. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5970, свободный.
4. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04210100.62 – Электроника и наноэлектроника. Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5967, свободный.
5. Исследование свойств p-n переходов в приборах оптоэлектроники: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5969, свободный.
6. 2. Щука А.А. Электроника.: Учебное пособие для вузов с задачами к главам и параграфам. Под ред. А.С. Сигова. Санкт - Перербург. - 2006, -799 с. - ISBN 5-94157-461-4. УДК

Согласована на портале № 16848

521.38 (075.8). Кол-во экз.: 3 шт. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)

7. Страховский, Глеб Михайлович. Основы квантовой электроники [Текст] : учебное пособие для вузов / Г. М. Страховский, А. В. Успенский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1979. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 299-300. - УДК 621.373.8(075.8) (наличие в библиотеке ТУСУР - 17 экз.)

8. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям / Мягков А. С. - 2012. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2495, свободный.

9. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе / Мягков А. С. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2496, свободный.

### 4.4. Ресурсы сети Интернет

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал ТУСУР, библиотека ТУСУР, интернет, редактор "Microsoft PowerPoint"

Согласована на портале № 16848