

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

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковая светотехника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Направленность (профиль): **Конструирование и технология нанoeлектронных средств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**

Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Лабораторные работы | 56 | 56 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 92 | 92 | часов |
| 4 | Самостоятельная работа | 52 | 52 | часов |
| 5 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 6 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | 3.Е |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12 ноября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «__» _____ 20__ года, протокол № _____.

Разработчики:

Доцент каф. РЭТЭМ _____ В. С. Солдаткин

Старший преподаватель каф. КУДР _____ С. А. Артищев

Заведующий обеспечивающей каф.
КУДР _____ А. Г. Лоцилов

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

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф.
КУДР _____ А. Г. Лоцилов

Эксперт:

Профессор каф. КУДР _____ С. Г. Еханин

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Подготовка бакалавра к самостоятельной профессиональной деятельности в исследовательской и производственной сфере по разработке и исследованию характеристик полупроводниковых светодиодов для осветительных устройств нового поколения

1.2. Задачи дисциплины

- Знакомство с физическими основами работы светодиода
- Изучение основной системы параметров полупроводниковых источников света
- Освоение средств измерения основных светотехнических и колориметрических параметров
- Знакомства с методами испытаний полупроводниковых источников свет
- Знакомство с классификацией источников света

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Полупроводниковая светотехника» (Б1.В.ДВ.7.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Избранные главы физики твердого тела, Интегральные устройства радиоэлектроники, Материалы и компоненты электронных средств, Оптические свойства твердых тел, Теоретические основы технологии радиоэлектронных средств, Технология производства электронных средств, Физика полупроводниковых структур, Физико-химические основы технологии электронных средств, Физические основы микро- и наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** мировой уровень, современные тенденции развития и основные физические явления, определяющие работоспособность и эффективность устройств полупроводниковой светотехники
- **уметь** проводить оценку основных параметров и учитывать современные тенденции развития устройств полупроводниковой светотехники при проектировании
- **владеть** методами расчёта, моделирования и исследований на современной контрольно-измерительной и вычислительной техник

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|--|-------------|-----------|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 92 | 92 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Лабораторные работы | 56 | 56 |
| Самостоятельная работа (всего) | 52 | 52 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 44 | 44 |

| | | |
|----------------------------------|-----|-----|
| Проработка лекционного материала | 8 | 8 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость ч | 180 | 180 |
| Зачетные Единицы | 5.0 | 5.0 |

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 | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 7 семестр | | | | | |
| 1 Параметры и характеристики СИД | 4 | 14 | 9 | 27 | ОПК-7 |
| 2 Физика работы СИД | 8 | 6 | 5 | 19 | ОПК-7 |
| 3 Полупроводниковые материалы для изготовления СИД | 4 | 4 | 5 | 13 | ОПК-7 |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СИД | 4 | 4 | 5 | 13 | ОПК-7 |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы) | 4 | 4 | 5 | 13 | ОПК-7 |
| 6 Конструкции и технологии изготовления СИД | 2 | 8 | 9 | 19 | ОПК-7 |
| 7 Негативные эффекты в СИД | 4 | 4 | 5 | 13 | ОПК-7 |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СИД | 4 | 8 | 9 | 21 | ОПК-7 |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация | 2 | 4 | 0 | 6 | ОПК-7 |
| Итого за семестр | 36 | 56 | 52 | 144 | |
| Итого | 36 | 56 | 52 | 144 | |

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 |
|-------------------|---|-----------------|-------------------------|
| | | | |

| 7 семестр | | | |
|---|--|---|-------|
| 1 Параметры и характеристики СИД | ВАХ – рабочий прямой ток и прямое падение напряжения, рассеиваемая мощность и мощность (поток) излучения. Спектральная характеристика, сила света, диаграмма направленности излучения, световыход. Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.) | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Физика работы СИД | Р-п переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный р-п переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. | 4 | ОПК-7 |
| | Обратный ток р-п перехода, его составляющие. ВАХ р-п перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла. | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Полупроводниковые материалы для изготовления СИД | Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы АПВV, нитриды АПН, и др. Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СИД | Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание изметаллоорганических соединений, молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы) | Типы активной области (р-п-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный чип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга) | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Конструкции и технологии | Типы корпусов СИД. Посадка кристал- | 2 | ОПК-7 |

| | | | |
|---|---|----|-------|
| изготовления СИД | ла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза. | | |
| | Итого | 2 | |
| 7 Негативные эффекты в СИД | Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СИД. Дegradация характеристик и параметров. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СИД | Классификация, особенности применения СД. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация | Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация | 2 | ОПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

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 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Избранные главы физики твердого тела | | + | | | | | | | |
| 2 Интегральные устройства радиоэлектроники | | | + | + | | | | + | |
| 3 Материалы и компоненты электронных средств | + | | + | | | | | | |
| 4 Оптические свойства твердых тел | + | + | + | | + | + | + | | |
| 5 Теоретические основы технологии радиоэлектронных средств | | | | + | | + | | | |
| 6 Технология производства электронных средств | | | + | + | | + | | | |
| 7 Физика полупроводниковых структур | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 8 Физико-химические основы технологии электронных средств | + | + | | + | + | | + | | |
| 9 Физические основы ми- | + | + | + | + | + | + | + | + | |

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|---|--|---|--|--|--|
| кро- и наноэлектроники | | | | | | | | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Конструирование и технология микро- и нанoeлектронных средств | | | + | + | | + | | | |

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 | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ОПК-7 | + | + | + | Экзамен, Отчет по лабораторной работе |

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

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 |
|----------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| 7 семестр | | | |
| 1 Параметры и характеристики СИД | Измерение и обработка параметров вольтамперной характеристики СИД. Изучение температурной зависимости ВАХ. Измерение светового потока, силы света и КСС СИД. Исследование температурной зависимости силы света СИД | 6 | ОПК-7 |
| | Измерение спектральной характеристики СИД, определение цветовой температуры, координат цветности. Измерение кандел-амперной и люмен-амперной зависимости. Определение КПД и световыхода | 4 | |
| | ВАХ. Мощность (поток) излучения. Сила света, диаграмма направленности из- | 4 | |

| | | | |
|---|--|----|-------|
| | лучения.Спектральная характеристика.Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.) | | |
| | Итого | 14 | |
| 2 Физика работы СИД | Р-п переход и его энергетические диаграммы.ВАХ р-п перехода.Инжекция носителейзаряда.Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла. | 6 | ОПК-7 |
| | Итого | 6 | |
| 3 Полупроводниковые материалы для изготовления СИД | GaAs, АПВВ, АПН и др.Зонная структура.Двойные гетероструктуры и сверхрешётки. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СИД | Диффузия примесей.Жидкофазовая эпитаксия.Эпитаксиальное наращивание изметаллоорганических соединений.Молекулярно пучковая эпитаксия.Особенности процессов, постростовая обработка | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы) | Типы активной области.Планарный чип, «Flip-chip».Вертикальный чип.Топология омическихконтактов.Методы повышения световыхода. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Конструкции и технологии изготовления СИД | Измерение кандел-амперной характеристики СИД разных конструкций.Исследованиеаддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы | 4 | ОПК-7 |
| | Типы корпусов СД.Монтаж кристалла на теплоотвод.Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса.Способы герметизации кристалла.Световыводящая линза | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 7 Негативные эффекты в СИД | Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока.Влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СИД. Дegrадация характеристик и параметров. | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СИД | Измерение световых характеристик СИД прожекторного типа. | 4 | ОПК-7 |
| | Классификация, особенности применения СИД | 4 | |

| | | | |
|--|---|----|-------|
| | Итого | 8 | |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация | Изучение нормативно-технической документации при организации разработок | 4 | ОПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 56 | |

8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП

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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Параметры и характеристики СИД | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 2 Физика работы СИД | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 3 Полупроводниковые материалы для изготовления СИД | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СИД | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы) | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 6 Конструкции и | Проработка лекционного | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной |

| | | | | |
|---|--|----|-------|---------------------------------------|
| технологии изготовления СИД | материала | | | работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 7 Негативные эффекты в СИД | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СИД | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-7 | Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 9 | | |
| Итого за семестр | | 52 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 88 | | |

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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 7 семестр | | | | |
| Отчет по лабораторной работе | 30 | 20 | 20 | 70 |
| Итого максимум за период | 30 | 20 | 20 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 30 | 50 | 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) |
| 65 - 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Светодиоды и светодиодные устройства: Учебное пособие / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. - 2016. 40 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5954>, дата обращения: 06.05.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Полупроводниковая светотехника: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. - 2015. 46 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5458>, дата обращения: 06.05.2017.

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Технология изготовления светодиодных кристаллов: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ / Солдаткин В. С., Ряполова Ю. В. - 2017. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6826>, дата обращения: 06.05.2017.

2. Проектирование светодиодов и светотехнических устройств: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ / Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С. - 2017. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6765>, дата обращения: 06.05.2017.

3. Полупроводниковые наногетероструктуры: Методические указания по самостоятельной работе / Солдаткин В. С., Каменкова В. С. - 2017. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6807>, дата обращения: 06.05.2017.

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

1. Научно-образовательный портал ТУСУР <https://edu.tusur.ru/>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

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 лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория физических основ микро- и нанoeлектроники, расположенная по адресу 634050, Томская область, г. Томск, пр-т Ленина, д. 40, 3 этаж, ауд. 316. Состав оборудования: Установка для измерения спектральных характеристик фото и электролюминесценции (1 шт.). Установка для комплексных измерений характеристик светодиодных гетероструктур (1 шт.). Вольтметры В7-20 (2 шт.), В7-21 (3 шт.), В7-23, В7-34. Измерители импеданса Е7-14, Л2-22, Л2-22/1, Л2-42, Л2-47, Л2-76, Х1-47. Источник питания Б5-43, Б5-44. Линейный источник питания НУ3003 (2 шт.). Микроскоп МБС-9 (2 шт.), МИМ-7 (2 шт.). Монохроматоры ДМР-4 (2 шт.), МУМ (2 шт.). Осциллограф С1-72 (2 шт.). ПЭВМ DURON 800 (3 шт.). Цифровой мультиметр APPA 103. Цифровой осциллограф GDS -806S (4 шт.). Спектромом 204. Векторный анализатор цепей «Обзор-103»

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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 зрения 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.

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.

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.

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

Полупроводниковая светотехника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Направленность (профиль): **Конструирование и технология нанoeлектронных средств**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**

Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- Доцент каф. РЭТЭМ В. С. Солдаткин
- Старший преподаватель каф. КУДР С. А. Артищев

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

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 |
|-------|--|---|
| ОПК-7 | способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | Должен знать мировой уровень, современные тенденции развития и основные физические явления, определяющие работоспособность и эффективность устройств полупроводниковой светотехники; Должен уметь проводить оценку основных параметров и учитывать современные тенденции развития устройств полупроводниковой светотехники при проектировании; Должен владеть методами расчёта, моделирования и исследований на современной контрольно-измерительной и вычислительной техник; |

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 ОПК-7

ОПК-7: способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования

компетенции, применяемые для этого вида занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов | современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> Лабораторные работы; Лекции; Самостоятельная работа; | <ul style="list-style-type: none"> Лабораторные работы; Лекции; Самостоятельная работа; | <ul style="list-style-type: none"> Лабораторные работы; Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> Отчет по лабораторной работе; Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> Отчет по лабораторной работе; Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> Отчет по лабораторной работе; 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) | <ul style="list-style-type: none"> успешное и систематизированное знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; | <ul style="list-style-type: none"> успешно и структурировано учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; | <ul style="list-style-type: none"> всеми необходимыми навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> успешное, но не систематизированное знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; | <ul style="list-style-type: none"> успешно, но не структурировано учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; | <ul style="list-style-type: none"> основными навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> базовое знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных техно- | <ul style="list-style-type: none"> учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных техно- | <ul style="list-style-type: none"> навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных техно- |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | логий в своей профессиональной деятельности; | логий в своей профессиональной деятельности под контролем квалифицированного специалиста; | нологов в своей профессиональной деятельности под контролем квалифицированного специалиста; |
|--|--|---|---|

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 образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Экзаменационные вопросы

- Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.
- Классификация, особенности применения СИД.
- Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации.
- Влияние внешних факторов на характеристики СИД.
- Деградация характеристик и параметров.
- Типы корпусов СИД.
- Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.
- Типы активной области (р-п-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура).
- Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный чип).
- Топология омических контактов.
- Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга).
- Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений, молекулярно пучковая эпитаксия.
- Особенности процессов, постростовая обработка.
- Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AlInV, нитриды AlInN, и др.
- Зонная структура.
- Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках.
- Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.
- ВАХ – рабочий прямой ток и прямое падение напряжения, рассеиваемая мощность и мощность (поток) излучения.
- Спектральная характеристика, сила света, диаграмма направленности излучения, световыход.
- Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.).
- Р-п переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии.
- Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое.
- Резкий и плавный р-п переходы.
- Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток р-п перехода, его составляющие.
- ВАХ р-п перехода.
- Инжекция носителей заряда.
- Гетеропереходы и их зонные диаграммы.
- Рекомбинация, ее механизмы.
- Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда.
- Излучательная рекомбинация.
- Световывод из кристалла.

3.2 Темы лабораторных работ

- Измерение и обработка параметров вольтамперной характеристики СИД. Изучение тем-

- пературной зависимости ВАХ. Измерение светового потока, силы света и КСС
- СИД. Исследование температурной зависимости силы света СИД
 - Измерение спектральной характеристики СИД, определение цветовой температуры, координат цветности. Измерение кандел-амперной и люмен-амперной зависимости. Определение КПД и световыхода
 - Измерение кандел-амперной характеристики СИД разных конструкций. Исследование аддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы
 - Измерение световых характеристик СИД прожекторного типа.
 - Р-п переход и его энергетические диаграммы. ВАХ р-п перехода. Инжекция носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.
 - ВАХ. Мощность (поток) излучения. Сила света, диаграмма направленности излучения. Спектральная характеристика. Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.)
 - GaAs, AlInGaP, AlInGaP и др. Зонная структура. Двойные гетероструктуры и сверхрешетки.
 - Диффузия примесей. Жидкофазовая эпитаксия. Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений. Молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка
 - Типы активной области. Планарный чип, «Flip-chip». Вертикальный чип. Топология омических контактов. Методы повышения световыхода.
 - Типы корпусов СД. Монтаж кристалла на теплоотвод. Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса. Способы герметизации кристалла. Световыводящая линза
 - Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока. Влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СИД. Дegrадация характеристик и параметров.
 - Классификация, особенности применения СИД
 - Изучение нормативно-технической документации при организации разработок

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 формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Светодиоды и светодиодные устройства: Учебное пособие / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. - 2016. 40 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5954>, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Полупроводниковая светотехника: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. - 2015. 46 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5458>, свободный.

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Технология изготовления светодиодных кристаллов: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ / Солдаткин В. С., Ряполова Ю. В. - 2017. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6826>, свободный.
2. Проектирование светодиодов и светотехнических устройств: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ / Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С. - 2017. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6765>, свободный.
3. Полупроводниковые наногетероструктуры: Методические указания по самостоятельной работе / Солдаткин В. С., Каменкова В. С. - 2017. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

<https://edu.tusur.ru/publications/6807>, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Научно-образовательный портал ТУСУР <https://edu.tusur.ru/>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>