**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Полупроводниковая светотехника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Технология электронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**
Курс: **2**
Семестр: **3, 4**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 3 семестр | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 14 | 16 | 30 | часов |
| 2 | Практические занятия | 14 | 34 | 48 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 8 | 8 | 16 | часов |
| 4 | Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 0 | 9 | 9 | часов |
| 5 | Всего аудиторных занятий | 36 | 67 | 103 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 36 | 77 | 113 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 72 | 144 | 216 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 0 | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 72 | 180 | 252 | часов |
| | | 2.0 | 5.0 | 7.0 | З.Е. |

Дифференцированный зачет: 3 семестр
Экзамен: 4 семестр
Курсовая работа (проект): 4 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А. А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 24554

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 6 2018 г.

Томск 2018

Согласована на портале № 24554

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины 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 12.11.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РЭТЭМ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| Профессор каф. РЭТЭМ каф. РЭТЭМ | _____ | А. А. Вилисов |
| Доцент каф. РЭТЭМ каф. РЭТЭМ | _____ | В. С. Солдаткин |
| Заведующий обеспечивающей каф. РЭТЭМ | _____ | В. И. Туев |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан РКФ | _____ | Д. В. Озеркин |
| Заведующий выпускающей каф. РЭТЭМ | _____ | В. И. Туев |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель каф. РЭТЭМ | _____ | А. А. Иванов |
| Доцент каф. РЭТЭМ | _____ | Н. Н. Несмелова |

Согласована на портале № 24554

## 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

- 1. Знакомство с физическими основами работы светодиода.
- 2. Изучение основной системы параметров полупроводниковых источников света.
- 3. Освоение средств измерения основных светотехнических и колориметрических параметров.
- 4. Знакомства с методами испытаний полупроводниковых источников света.
- 5. Знакомство с классификацией источников света.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Полупроводниковая светотехника» (Б1.В.ОД.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Введение в профессию, Физические основы микро- и наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Технология производства электронных 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;
- ПК-1 способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

В результате изучения дисциплины обучающийся 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 7.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры | |
|---|---|---|---|
| | | 3 семестр | 4 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 103 | 36 | 67 |
| Лекции | 30 | 14 | 16 |
| Практические занятия | 48 | 14 | 34 |
| Лабораторные работы | 16 | 8 | 8 |
| Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 9 | | 9 |
| Самостоятельная работа (всего) | 113 | 36 | 77 |
| Оформление отчетов по лабораторным | 29 | 9 | 20 |

Согласована на портале № 24554

| | | | |
|---|---|---|---|
| работам | | | |
| Проработка лекционного материала | 23 | 8 | 15 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 30 | 10 | 20 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 31 | 9 | 22 |
| Всего (без экзамена) | 216 | 72 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 252 | 72 | 180 |
| Зачетные Единицы | 7.0 | 2.0 | 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 | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Курс. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | | | | |
| 1 Параметры и характеристики СД. | 2 | 2 | 8 | 15 | 0 | 27 | ОПК-7, ПК-1 |
| 2 Физика работы СД. | 4 | 4 | 0 | 7 | 0 | 15 | ОПК-7, ПК-1 |
| 3 Полупроводниковые материалы для СД. | 4 | 4 | 0 | 6 | 0 | 14 | ОПК-7, ПК-1 |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СД. | 4 | 4 | 0 | 8 | 0 | 16 | ОПК-7, ПК-1 |
| Итого за семестр | 14 | 14 | 8 | 36 | 0 | 72 | |
| 4 семестр | | | | | | | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы). | 2 | 7 | 0 | 13 | 9 | 22 | ОПК-7, ПК-1 |
| 6 Конструкции и технологии изготовления СД. | 4 | 7 | 4 | 20 | | 35 | ОПК-7, ПК-1 |
| 7 Негативные эффекты в СД. | 4 | 7 | 0 | 10 | | 21 | ОПК-7, ПК-1 |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД. | 4 | 7 | 4 | 21 | | 36 | ОПК-7, ПК-1 |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация. | 2 | 6 | 0 | 13 | | 21 | ОПК-7, ПК-1 |
| Итого за семестр | 16 | 34 | 8 | 77 | 9 | 144 | |
| Итого | 30 | 48 | 16 | 113 | 9 | 216 | |

Согласована на портале № 24554

**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 |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 Параметры и характеристики СД. | 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.). | 2 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Физика работы СД. | P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n 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 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Полупроводниковые материалы для СД. | Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СД. | Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 14 | |
| 4 семестр | | | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы). | Типы активной области (p-n-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальныйчип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга). | 2 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Конструкции и | Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоот- | 4 | ОПК-7, |

Согласована на портале № 24554

| | | | |
|---|---|---|---|
| технологии изготовления СД. | вод, разварка выводов, световыводящая линза. | | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Негативные эффекты в СД. | Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД. | Классификация, особенности применения СД. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация. | Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация. | 2 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 30 | |

### 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 Введение в профессию | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 Физические основы микро- и наноэлектроники | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Технология производства электронных 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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | КСР (КП/КР) | Сам. раб. | |

Согласована на портале № 24554

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-7 | + | + | + | + | + | Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Выступление (доклад) на занятии, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию |
| ПК-1 | + | + | + | + | + | Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Выступление (доклад) на занятии, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 Параметры и характеристики СД. | Измерение и обработка параметров вольтамперной характеристики СД.Изучение температурной зависимости ВАХ.Измерение светового потока, силы света и КСС СД.Исследование температурной зависимости силы света СД.Измерение спектральной характеристики СД, определение цветовой температуры, координат цветности.Измерение кандел-амперной и люмен-амперной зависимости.Определение КПД и световыхода. | 8 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| 4 семестр | | | |

Согласована на портале № 24554

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Конструкции и технологии изготовления СД. | Измерение кандел-амперной характеристики СД разных конструкций.Исследование аддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД. | Измерение световых характеристик ИС прожекторного типа. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 Параметры и характеристики СД. | ВАХ.Мощность (поток) излучения.Сила света, диаграмма направленности излучения.Спектральная характеристика.Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.). | 2 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Физика работы СД. | P-n переход и его энергетические диаграммы.ВАХ p-n перехода.Инжекция носителей заряда.Излучательная рекомбинация.Световывод из кристалла. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Полупроводниковые материалы для СД. | GaAs, AIIIBV, AIIIN и др.Зонная структура.Двойные гетероструктуры и сверхрешётки. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СД. | Диффузия примесей.Жидкофазовая эпитаксия.Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.Молекулярно пучковая эпитаксия.Особенности процессов, постростовая обработка. | 4 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 14 | |
| 4 семестр | | | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы). | Типы активной области.Планарный чип, «Flip-chip».Вертикальный чип.Топология омических контактов.Методы повышения световыхода. | 7 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 7 | |

Согласована на портале № 24554

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Конструкции и технологии изготовления СД. | Типы корпусов СД.Монтаж кристалла на теплоотвод.Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса.Способы герметизации кристалла.Световыводящая линза. | 7 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 7 | |
| 7 Негативные эффекты в СД. | Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока.Влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД.Деградация характеристик и параметров. | 7 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 7 | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД. | Классификация, особенности применения СД. | 7 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 7 | |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация. | Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация | 6 | ОПК-7, ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 34 | |
| Итого | | 48 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| 1 Параметры и характеристики СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 9 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 2 Физика работы СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на за- |

Согласована на портале № 24554

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 2 | | нятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 3 Полупроводниковые материалы для СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Методы получения полупроводниковых структур для СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 8 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| 4 семестр | | | | |
| 5 Излучающие чипы (кристаллы). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 6 Конструкции и технологии изготовления СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | | |

Согласована на портале № 24554

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Итого | 20 | | |
| 7 Негативные эффекты в СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 8 Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | | |
| | Итого | 21 | | |
| 9 Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7, ПК-1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 13 | | |
| Итого за семестр | | 77 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена / зачета | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 149 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

| Наименование аудиторных занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| 4 семестр | | |

Согласована на портале № 24554

| | | |
|---|---|---|
| Поиск научно-технической информации | 3 | ОПК-7, ПК-1 |
| Анализ научно-технической информации | 1 | |
| Проведение расчётов и моделирования | 2 | |
| Оформление отчёта | 2 | |
| Подготовка презентации | 1 | |
| Итого за семестр | 9 | |

### 10.1. Темы курсовых работ (проектов)

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

- Полупроводниковые структуры из арсенида галлия – методы получения, применение.
- Полупроводниковые структуры из AlGaInP – методы получения, применение.
- Полупроводниковые структуры из нитрида галлия – методы получения, применение.
- Планарные кристаллы синего цвета свечения.
- Вертикальные кристаллы синего цвета свечения.
- Flip-chip кристаллы синего цвета свечения.
- Уличные светодиодные светильники.
- Лампы светодиодные общего применения.
- Музейное светодиодное освещение.
- Светодиодное освещение зданий.
- Светодиоды для автомобильных фар.
- Методика прогнозирования срока службы светодиода.
- Методика прогнозирования срока службы светодиодного светильника.
- Устройства питания для светодиодных ламп общего применения.
- Светодиодные источники света для теплиц.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Конспект самоподготовки | 3 | 4 | 3 | 10 |
| Опрос на занятиях | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Отчет по индивидуальному заданию | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Отчет по лабораторной работе | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Отчет по практическому занятию | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Тест | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 34 | 35 | 31 | 100 |

Согласована на портале № 24554

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Нарастающим итогом | 34 | 69 | 100 | 100 |
| 4 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Защита курсовых проектов (работ) | | | 15 | 15 |
| Конспект самоподготовки | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Опрос на занятиях | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Отчет по индивидуальному заданию | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Отчет по курсовой работе | | | 15 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | 3 | 4 | 3 | 10 |
| Отчет по практическому занятию | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Тест | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Итого максимум за период | 9 | 16 | 45 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 9 | 25 | 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) |

Согласована на портале № 24554

| | | |
|---|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная 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/training/publications/5458 (дата обращения: 15.06.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Светодиоды и светодиодные устройства: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. – 2016. 40 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/5954 (дата обращения: 15.06.2018).
2. Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств / Туев В. И., Вилисов А. А., Солдаткин В. С. – 2016. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/5953 (дата обращения: 15.06.2018).

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Полупроводниковая светотехника: Методические указания по практической и самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. – 2015. 9 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/5755 (дата обращения: 15.06.2018).
2. Полупроводниковая светотехника: Методические указания к лабораторному практикуму для подготовки бакалавров 211000 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Технология электронных средств» / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. – 2014. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/4049 (дата обращения: 15.06.2018).
3. Полупроводниковая светотехника: Методические указания по выполнению курсовой работы / Солдаткин В. С., Вилисов А. А. - 2018. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7246 (дата обращения: 15.06.2018).

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

1. Официальный сайт ТУСУР: https://edu.tusur.ru
2. Официальный сайт Электронно-библиотечной системы "Лань": http://e.lanbook.com
3. Официальный сайт Научной электронной библиотеки "eLIBRARY.RU": http://elibrary.ru

Согласована на портале № 24554

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

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

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

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

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

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 419/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска маркерная;
- Обучающий стенд изучения безопасности (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

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

Лаборатория технологии РЭС и безопасности жизнедеятельности

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 419 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- АРМ инженера (2 шт.);
- АРМ инженера - исследователя;
- Цифровой мультиметр MXD-4660A - (2 шт.);
- Вольтметр В7-78;
- ПЭВМ пентиум CELERON 433 MMX;
- Доска маркерно-меловая;
- Дымоуловитель QUICK 493A ESD (5 шт.);
- Измеритель светового потока «ТКА-КК1;
- Ионизатор воздуха QUICK 440 (2 шт.);
- Источник питания Matrix MPS-3003 LK-3 (3 шт.);
- Компьютер Intel Core;
- Компьютер Intel Pentium;
- Корпусный шкаф 4200х600х2100мм;
- Гониофотометр;
- Спектрофлуориметр СМ2203;
- Вентиляционная система;
- Монтажный стол БЕЛВАР С4-1400 (4 шт.);
- Монтажный стол БЕЛВАР С4-1800;
- Микроскоп МБС-10;
- Установка для демонстрации силы Лоренца U30065;
- Цифровой Мультиметр АРРА 103;
- Латр;

Согласована на портале № 24554

- Микрометр (2 шт.);
- Мультиметр цифровой;
- Радиатор масляный 9 секций;
- Измеритель Е7 - 22 RLC;
- Монтажно-демонтажная станция АМИ 6800;
- Источник питания TDGC -2 - 2K 0-250 V - 8A (Латр);
- Кабельная продукция HB-A150 BNC 1,5 m;
- Прибор BNC - IC Соединительные кабели;
- Измеритель мощности GPM -8212RS;
- Прибор PTL-923;
- Осциллограф LeCrou WA 222;
- Частотомер GFC-8010H 1 Гц-120МГц GW;
- Инфракрасный дистанционный термометрUT30A;
- Латр - трансформатор TDGC2-3K;
- Осциллограф FLUKE-190-062;
- Паяльная станция (3 шт.);
- Цифровой мультиметр FLUKE-18B FLK;
- Компьютер Intel Core i5-6400 (3 шт.);
- МФУ hp ‘’LaserJet ProV227sdnG3Q74A”;
- Стол лабораторный;
- Цифровой комплекс учебно-научных лабораторий ГПО;
- Виртуальная лаборатория АСК-4106 (2 шт.);
- Цифровая перенастраиваемая установка микросварки проволочных выводов для изготовления макетных образцов основных узлов светодиодных ламп;
- Источник - измеритель Keithley 2410;
- Измеритель ёмкости S-line EM8601A+/CM8601 (3 шт.);
- Источник питания HY3005D MAST (3 шт.);
- Мультиметр DM3058E RIGOL;
- Осциллограф DS1052E RIGOL (2 шт.);
- Частотометр VC3165 Victor (3 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– ANSYS AIM Pro Paid-Up
– Google Chrome
– Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
– Microsoft Windows XP
– TracePro LC - Single User NODE License - Annual Maintenance and Support for NODE License (Nothing to Ship)

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

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

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

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.

Согласована на портале № 24554

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

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

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

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

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

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

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Область видимого излучения лежит в пределах длин волн:

А) λ=380÷780 нм;

Б) λ=780÷1400 нм;

В) λ=315÷380 нм;

Г) λ=280÷315 нм.

Что называется силой света источника?

А) отношение светового потока исходящего от источника света и распространяющегося внутри телесного угла, содержащего заданное направление, к величине этого угла;

Б) отношение полного светового потока исходящего от источника света к величине угла, содержащего заданное направление;

В) отношение светового потока исходящего от источника света и распространяющегося по всем направлениям, к величине угла, содержащего заданное направление;

Г) отношение полного светового потока исходящего от источника света к величине угла.

Защитный угол светильника необходимо знать для определения:

А) предельной высоты подвеса;

Б) расстояния между светильниками;

В) индекса помещения;

Г) мощности лампы.

Световые приборы по характеру светораспределения подразделяются:

А) на проекторы, светильники и прожекторы;

Б) на эпидиаскопы, светильники и проекторы;

В) на диаскопы, прожекторы и проекторы;

Согласована на портале № 24554

Г) на эпидиаскопы, диаскопы и светильники.

Поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается это:

А) фон;

Б) освещенность;

В) отражение;

Г) яркость.

Для чего предназначено дежурное освещение:

А) для наблюдения на объекте в ночное время с минимальной освещенностью;

Б) для наблюдения на объекте в дневное и ночное время с минимальной освещенностью;

В) для наблюдения на объекте в дневное время;

Г) для наблюдения на объекте в ночное время с максимальной освещенностью.

Какие различают две системы освещения в СНиП:

А) общее и комбинированное;

Б) технологическое и дежурное;

В) аварийное и местное;

Г) общее и технологическое.

На какие виды делят излучения оптического диапазона спектра электромагнитных колебаний в зависимости от длины волны

А) видимое, ультрафиолетовое, инфракрасное

Б) невидимое, ультрафиолетовое

В) невидимое, ультрафиолетовое, инфракрасное

Г) видимое, ультрафиолетовое

На какие зоны подразделяют инфракрасное излучение

А) коротковолновая, средневолновая, длинноволновая;

Б) общеволновая, коротковолновая, длинноволновая;

В) средневолновая, длинноволновая ;

Г) коротковолновая, средневолновая.

Мощность оптического излучения – это

А) лучистый поток;

Б) дневной поток;

В) освещенный поток;

Г) поток световых волн.

Какую проводку используют в административных, бытовых, лабораторных помещениях

А) скрытую;

Б) наружную;

В) открытую;

Г) внутреннюю.

В производственных и вспомогательных помещениях какую применяют электропроводку

А) открытую;

Б) наружную;

В) скрытую;

Г) внутреннюю.

Средняя продолжительность горения лампы накаливания составляет:

А) 1000 часов;

Б)1500 часов;

В) 500 часов;

Г) 750 часов.

Какие существуют виды размещения светильников

А) равномерное и локализованное;

Б) неравномерное и локализованное;

В) локализованное;

Г) неравномерное.

Какой коэффициент запаса принимают для ламп накаливания

Согласована на портале № 24554

А) Кз=1,15 – 1,7;
Б) Кз=2,00 – 2,5;
В) Кз=1,8 – 1,85;
Г) Кз=1,00 – 1,5.

Единица измерения лучистого потока

А) Ватт;
Б) Вольт;
В) Джоуль;
Г) люмен.

Единица измерения светового потока

А) люмен;
Б) Вольт;
В) Джоуль;
Г) Ватт.

Где устанавливают светильники местного освещения в помещениях с высокой освещенностью

А) на рабочем месте;
Б) в помещениях с дежурным освещением;
В) в помещениях с технологическим освещением;
Г) все выше перечисленное.

За единицу освещенности принят

А) Люкс;
Б) Фарад;
В) люмен;
Г) Джоуль.

Что называется светимостью

А) отношение светового потока, излучаемого элементов поверхности, которая содержит рассматриваемую точку, к площади этого элемента;

Б) отношение светового потока, излучаемого элементов поверхности, которая содержит рассматриваемую точку, к объему этого элемента;

В) отношение светового потока, излучаемого поверхностью, и распространяющегося по всем направлениям, к площади элемента;

Г) отношение полного светового потока, излучаемого поверхностью, к площади элемента.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация. Классификация, особенности применения СД. Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров. Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза. Типы активной области (p-n-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный чип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга).

### 14.1.3. Вопросы на самоподготовку

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 СД.
Деградация характеристик и параметров.
Классификация, особенности применения СД.

Согласована на портале № 24554

Типы активной области.

Планарный чип, «Flip-chip».

Вертикальный чип.

Топология омических контактов.

Методы повышения световыхода.

Прямые и обратные ВАХ.

Световой поток.

Кривая силы света.

Колориметрические характеристики.

Методы измерения и обработки результатов электрических, светотехнических и колориметрических характеристик СД.

Энергетические диаграммы p-n перехода и МКЯ.

Прямая и обратная ВАХ p-n перехода.

Инжекция носителей заряда.

Виды рекомбинация.

Вывод света из кристалла.

Эпитаксиальные структуры на основе арсенида галлия, методы их изготовления.

Эпитаксиальные структуры на основе нитрида галлия, методы их изготовления.

Диффузия примесей.

Жидкофазовая эпитаксия.

Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.

Молекулярно пучковая эпитаксия.

Особенности процессов, постростовая обработка.

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.

Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,

молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.

Классификация, особенности применения СД.

P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.

Типы активной области (p-n-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный

чип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга).

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.).

Классификация, особенности применения СД.

ВАХ – рабочий прямой ток и прямое падение напряжения, рассеиваемая мощность и мощность (поток) излучения. Спектральная характеристика, сила света, диаграмма направленности из-

Согласована на портале № 24554

лучения, световыход. Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.).

Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.

Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,

молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.

Типы активной области (p-n-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный

чип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга).

Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.

### 14.1.5. Темы докладов

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 СД.
Деградация характеристик и параметров.
Классификация, особенности применения СД.
Типы активной области.
Планарный чип, «Flip-chip».
Вертикальный чип.
Топология омических контактов.
Методы повышения световыхода.
Прямые и обратные ВАХ.
Световой поток.
Кривая силы света.
Колориметрические характеристики.
Методы измерения и обработки результатов электрических, светотехнических и колориметрических характеристик СД.
Энергетические диаграммы p-n перехода и МКЯ.
Прямая и обратная ВАХ p-n перехода.
Инжекция носителей заряда.
Виды рекомбинация.
Вывод света из кристалла.
Эпитаксиальные структуры на основе арсенида галлия, методы их изготовления.
Эпитаксиальные структуры на основе нитрида галлия, методы их изготовления.
Диффузия примесей.

Согласована на портале № 24554

Жидкофазовая эпитаксия.
Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.
Молекулярно пучковая эпитаксия.
Особенности процессов, постростовая обработка.
Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.

### 14.1.6. Темы индивидуальных заданий

Типы корпусов СД. Монтаж кристалла на теплоотвод. Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса. Способы герметизации кристалла. Световыводящая линза.

ВАХ. Мощность (поток) излучения. Сила света, диаграмма направленности излучения. Спектральная характеристика. Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.).

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация

Классификация, особенности применения СД.

Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока. Влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.

Типы активной области. Планарный чип, «Flip-chip». Вертикальный чип. Топология омических контактов. Методы повышения световыхода.

Диффузия примесей. Жидкофазовая эпитаксия. Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений. Молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.

GaAs, AIIIBV, AIIIN и др. Зонная структура. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.

P-n переход и его энергетические диаграммы. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

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

P-n переход и его энергетические диаграммы.
ВАХ p-n 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, AIIIBV, AIIIN и др.
Зонная структура.
Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.
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.

Согласована на портале № 24554

Влияние топологии контактной металлизации.

Влияние внешних факторов на характеристики СД.

Деградация характеристик и параметров.

Классификация, особенности применения СД.

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация

### 14.1.8. Темы лабораторных работ

Классификация, особенности применения СД.

Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

Измерение и обработка параметров вольтамперной характеристики СД.

Изучение температурной зависимости ВАХ.

Измерение светового потока, силы света и КСС СД.

Исследование температурной зависимости силы света СД.

Измерение спектральной характеристики СД, определение цветовой температуры, координат цветности.

Измерение кандел-амперной и люмен-амперной зависимости.

Определение КПД и световыхода.

### 14.1.9. Вопросы дифференцированного зачета

Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.

Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.

Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,

молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.

P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.

P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

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.).

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.).

Классификация, особенности применения СД.

Классификация, особенности применения СД.

Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,

Согласована на портале № 24554

молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.

Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.

Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.

### 14.1.10. Темы курсовых проектов (работ)

1. Полупроводниковые структуры из арсенида галлия – методы получения, применение.
2. Полупроводниковые структуры из AlGaInP – методы получения, применение.
3. Полупроводниковые структуры из нитрида галлия – методы получения, применение.
4. Планарные кристаллы синего цвета свечения.
5. Вертикальные кристаллы синего цвета свечения.
6. Flip-chip кристаллы синего цвета свечения.
7. Уличные светодиодные светильники.
8. Лампы светодиодные общего применения.
9. Музейное светодиодное освещение.
10. Светодиодное освещение зданий.
11. Светодиоды для автомобильных фар.
12. Методика прогнозирования срока службы светодиода.
13. Методика прогнозирования срока службы светодиодного светильника.
14. Устройства питания для светодиодных ламп общего применения.
15. Светодиодные источники света для теплиц.

### 14.1.11. Темы самостоятельных работ

– Классификация, особенности применения СД.

– Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.

– Типы активной области (p-n-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный

– чип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга).

– Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.

– Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,

– молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.

– Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.

– P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

– Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

– 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.).

– Типы активной области.

– Планарный чип, «Flip-chip».

– Вертикальный чип.

– Топология омических контактов.

Согласована на портале № 24554

– 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 СД.
– Деградация характеристик и параметров.
– Классификация, особенности применения СД.
– Прямые и обратные ВАХ.
– Световой поток.
– Кривая силы света.
– Колориметрические характеристики.
– Методы измерения и обработки результатов электрических, светотехнических и колориметрических характеристик СД.
– Энергетические диаграммы p-n перехода и МКЯ.
– Прямая и обратная ВАХ p-n перехода.
– Инжекция носителей заряда.
– Виды рекомбинация.
– Вывод света из кристалла.
– Эпитаксиальные структуры на основе арсенида галлия, методы их изготовления.
– Эпитаксиальные структуры на основе нитрида галлия, методы их изготовления.
– Диффузия примесей.
– Жидкофазовая эпитаксия.
– Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.
– Молекулярно пучковая эпитаксия.
– Особенности процессов, постростовая обработка.
– Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.
– Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.
– Классификация, особенности применения СД.
– Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,
– молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.
– Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, и др Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.
– Растекание тока, «стоп»-слои. Эффект «стягивания» тока, влияние топологии контактной металлизации. Влияние внешних факторов на характеристики СД. Деградация характеристик и параметров.
– Типы активной области (p-n-переход, гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный
– чип). Топология омических контактов. Методы повышения световыхода (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга).
– 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.).
– Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

Согласована на портале № 24554

– P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Гетеропереходы и их зонные диаграммы. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.

– Измерение и обработка параметров вольтамперной характеристики СД.

– Изучение температурной зависимости ВАХ.

– Измерение светового потока, силы света и КСС СД.

– Исследование температурной зависимости силы света СД.

– Измерение спектральной характеристики СД, определение цветовой температуры, координат цветности.

– Измерение кандел-амперной и люмен-амперной зависимости.

– Определение КПД и световыхода.

– Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

– Классификация, особенности применения СД.

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

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

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

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

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

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

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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

– письменно на бумаге;

Согласована на портале № 24554

– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 24554