

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 2015 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	Из них в интерактивной форме	4	4	часов
5	Самостоятельная работа	52	52	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.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.6.2) 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, Физико-химические основы технологии электронных средств, Физические основы микро- и нанoeлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Конструирование и технология микро- и нанoeлектронных 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
Из них в интерактивной форме	4	4
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), твердые растворы АПВВ, нитриды АПН, и др. Зонная структура. Особенности рекомбинации в непрямозонных полупроводниках. Двойные гетероструктуры и сверхрешетки.	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,	4	ОПК-7

	гетеропереход, двойная гетероструктура). Планарный чип, «Flip-chip», вертикальный чип). Топология омических контактов. Методы повышения световых выходов (структуризация световыводящей поверхности, зеркала Брэгга)		
	Итого	4	
6 Конструкции и технологии изготовления СИД	Типы корпусов СИД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.	2	ОПК-7
	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 СИД.	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 обеспечиваемыми (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (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 обеспечиваемых 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 Физико-химические основы технологии электронных средств	+	+		+	+		+		
8 Физические основы микро- и нанoeлектроники	+	+	+	+	+	+	+	+	
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

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

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

Методы	Интерактивные лекции	Всего
7 семестр		
Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением	2	2
Презентации с использованием слайдов с обсуждением	2	2
Итого за семестр:	4	4
Итого	4	4

#### 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 излучения. Спектральная характеристика. Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.)	4	
	Итого	14	
2 Физика работы СИД	p-n переход и его энергетические диаграммы. ВАХ p-n перехода. Инжекция носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Световывод из кристалла.	6	ОПК-7
	Итого	6	
3 Полупроводниковые материалы для изготовления СИД	GaAs, AlInGaP, AlInGaAs и др. Зонная структура. Двойные гетероструктуры и сверхрешетки.	4	ОПК-7
	Итого	4	
4 Методы получения полупроводниковых структур для СИД	Диффузия примесей. Жидкофазовая эпитаксия. Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений. Молекулярно-пучковая эпитаксия. Особенности процессов, простростовая обработка	4	ОПК-7
	Итого	4	
5 Излучающие чипы (кристаллы)	Типы активной области. Планарный чип, «Flip-chip». Вертикальный чип. Топология омических контактов. Методы повышения световыхода.	4	ОПК-7
	Итого	4	
6 Конструкции и технологии	Измерение кандел-амперной характе-	4	ОПК-7



изготовления СИД	ристики СИД разных конструкций. Исследование аддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы		
	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 технологии изготовления СИД	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Отчет по лабораторной 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	Максимальный	Максимальный	Максимальный	Всего за
------------------	--------------	--------------	--------------	----------

деятельности	балл на 1-ую КТ с начала семестра	балл за период между 1КТ и 2КТ	балл за период между 2КТ и на конец семестра	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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. 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 АРРА 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 зрениями предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

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

## **14. Фонд оценочных средств**

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

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

### **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 2015 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"> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>

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"> <li>• успешное и систематизированное знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• успешно и структурировано учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• всеми необходимыми навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• успешное, но не систематизированное знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• успешно, но не структурировано учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основными навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• базовое знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычис-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычисли-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вы-</li> </ul>

	лительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	тельной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности под контролем квалифицированного специалиста;	числительной техники, информационных технологий 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 (p-n-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 АПВV, нитриды АПН, 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.).
        - 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.

### 3.2 Темы лабораторных работ

- 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
- Измерение спектральной характеристики СИД, определение цветовой температуры, координат цветности. Измерение кандел-амперной и люмен-амперной зависимости. Определение КПД и световых выходов
- Измерение кандел-амперной характеристики СИД разных конструкций.
- Исследование аддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы
- Измерение световых характеристик СИД прожекторного типа.
- 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, AlPbV, AlPN 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 световых выходов.
- 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. Деградация 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/>