МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковая светотехника

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Профиль: **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные занятия	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	62	62	часов
5	Самостоятельная работа	82	82	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5	5	З.Е

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 1173

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 45 от «17» 5 2016 г.

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 2015-11-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__, протокол №_____.

Разработчики:

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

Заведующий обеспечивающей каф. РЭТЭМ	_____	Туев В. И.

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

Декан РКФ	_____	Озеркин Д. В.
Заведующий профилирующей каф. КУДР	_____	Лощилов А. Г.
Заведующий выпускающей каф. КУДР	_____	Лощилов А. Г.

Эксперты:

Доцент каф. РЭТЭМ каф. РЭТЭМ	_____	Христюков В. Г.
Доцент каф. РЭТЭМ каф. РЭТЭМ	_____	Несмелова Н. Н.

Согласована на портале № 1173

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. Дисциплины (модули)) Б1. Дисциплины (модули) профессионального цикла обязательных дисциплин.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Введение в профессию, Технология производства электронных средств.

Последующими дисциплинами являются: Выпускная квалификационная работа.

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 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные занятия	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	62	62	часов
5	Самостоятельная работа	82	82	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5	5	З.Е

Согласована на портале № 1173

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Параметры и характеристики СД.	2	4	4	14	24	ОПК-7
2	Физика работы СД.	2	4	0	11	17	ОПК-7
3	Полупроводниковые материалы для СД.	2	4	0	11	17	ОПК-7
4	Методы получения полупроводниковых структур для СД.	2	4	0	7	13	ОПК-7
5	Излучающие чипы (кристаллы).	2	4	0	7	13	ОПК-7
6	Конструкции и технологии изготовления СД.	2	4	2	9	17	ОПК-7
7	Негативные эффекты в СД.	2	4	0	7	13	ОПК-7
8	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	2	4	2	9	17	ОПК-7
9	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	2	4	0	7	13	ОПК-7
	Итого	18	36	8	82	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 (час.)	Формируемые компетенции
7 семестр				
1	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	2	ОПК-7

Согласована на портале № 1173

		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.		
2	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
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.	2	ОПК-7
4	Методы получения полупроводниковых структур для СД.	Диффузия примесей, жидкофазовая эпитаксия, эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений,молекулярно пучковая эпитаксия. Особенности процессов, постростовая обработка.	2	ОПК-7
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
6	Конструкции и технологии изготовления СД.	Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.	2	ОПК-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.	2	ОПК-7
8	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Классификация, особенности применения СД.	2	ОПК-7

Согласована на портале № 1173

9	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	2	ОПК-7
	Итого		18	

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 представ-лены 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	Технология производства электронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины										
1	Выпускная квалификационная работа	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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			
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
ОПК-7	+	+	+	+

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

№	Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
7 семестр				

Согласована на портале № 1173

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.	4	ОПК-7
2	Конструкции и технологии изготовления СД.	Измерение кандел-амперной характеристики СД разных конструкций.Исследование аддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы.	2	ОПК-7
3	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Измерение световых характеристик ИС прожекторного типа.	2	ОПК-7
	Итого		8	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

№	Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
7 семестр				
1	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
2	Параметры и характеристики СД.	ВАХ.Мощность (поток) излучения.Сила света, диаграмма направленности излучения.Спектральная характеристика.Методы измерения и обработки результатов (ВАХ, ВТАХ и др.).	4	ОПК-7
3	Полупроводниковые материалы для СД.	GaAs, AIIIBV, AIIIN и др.Зонная структура.Двойные гетероструктуры и сверхрешётки.	4	ОПК-7

Согласована на портале № 1173

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
5	Излучающие чипы (кристаллы).	Типы активной области.Планарный чип, «Flip-chip».Вертикальный чип.Топология омических контактов.Методы повышения световыхода.	4	ОПК-7
6	Конструкции и технологии изготовления СД.	Типы корпусов СД.Монтаж кристалла на теплоотвод.Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса.Способы герметизации кристалла.Световыводящая линза.	4	ОПК-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.	4	ОПК-7
8	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Классификация, особенности применения СД.	4	ОПК-7
9	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация	4	ОПК-7
	Итого		36	

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 (час.)	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр					
1	Излучающие чипы (кристаллы).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
2	Методы получения полупроводниковых структур для СД.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
3	Физика работы СД.	Подготовка к	2	ОПК-7	Опрос на занятиях,

Согласована на портале № 1173

		практическим занятиям, семинарам			Отчет по индивидуальному заданию
4	Параметры и характеристики СД.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
5	Полупроводниковые материалы для СД.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
6	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
7	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
8	Негативные эффекты в СД.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
9	Конструкции и технологии изготовления СД.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
10	Параметры и характеристики СД.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	9	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
11	Физика работы СД.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
12	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
13	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
14	Негативные эффекты в	Самостоятельное	4	ОПК-7	Выступление (доклад)

Согласована на портале № 1173

	СД.	изучение тем (вопросов) теоретической части курса			на занятии, Конспект самоподготовки
15	Конструкции и технологии изготовления СД.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
16	Методы получения полупроводниковых структур для СД.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
17	Полупроводниковые материалы для СД.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
18	Излучающие чипы (кристаллы).	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки
19	Полупроводниковые материалы для СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
20	Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
21	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
22	Методы получения полупроводниковых структур для СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
23	Физика работы СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
24	Конструкции и технологии изготовления СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
25	Негативные эффекты в СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
26	Излучающие чипы (кристаллы).	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
27	Параметры и характеристики СД.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7	Опрос на занятиях
28	Параметры и характеристики СД.	Оформление отчетов по лабораторным работам	2	ОПК-7	Отчет по лабораторной работе

Согласована на портале № 1173

29	Изделия полупроводниковой светотехники, классификация, особенности применения СД.	Оформление отчетов по лабораторным работам	2	ОПК-7	Отчет по лабораторной работе
30	Конструкции и технологии изготовления СД.	Оформление отчетов по лабораторным работам	2	ОПК-7	Отчет по лабораторной работе
	Всего (без экзамена)		82		
31	Подготовка к экзамену		36		Экзамен
	Итого		118		

9.1. Темы для самостоятельного изучения теоретической части курса

1. Прямые и обратные ВАХ.
2. Световой поток.
3. Кривая силы света.
4. Колориметрические характеристики.
5. Методы измерения и обработки результатов электрических, светотехнических и колориметрических характеристик СД.
6. Энергетические диаграммы p-n перехода и МКЯ.
7. Прямая и обратная ВАХ p-n перехода.
8. Инжекция носителей заряда.
9. Виды рекомбинация.
10. Вывод света из кристалла.
11. Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация.
12. Классификация, особенности применения СД.
13. Растекание тока, «стоп»-слои.
14. Эффект «стягивания» тока.
15. Влияние топологии контактной металлизации.
16. Влияние внешних факторов на характеристики СД.
17. Деградация характеристик и параметров.
18. Типы корпусов СД.
19. Монтаж кристалла на теплоотвод.
20. Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса.
21. Способы герметизации кристалла.
22. Световыводящая линза.
23. Диффузия примесей.
24. Жидкофазовая эпитаксия.
25. Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.
26. Молекулярно пучковая эпитаксия.
27. Особенности процессов, постростовая обработка.
28. Эпитаксиальные структуры на основе арсенида галлия, методы их изготовления.
29. Эпитаксиальные структуры на основе нитрида галлия, методы их изготовления.
30. Типы активной области.
31. Планарный чип, «Flip-chip».
32. Вертикальный чип.
33. Топология омических контактов.
34. Методы повышения световыхода.

Согласована на портале № 1173

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	5	5	5	15
Конспект самоподготовки	2	2	1	5
Опрос на занятиях	2	2	1	5
Отчет по индивидуальному заданию	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе	5	5	5	15
Отчет по практике	5	5	5	15
Экзамен				30
Нарастающим итогом	24	48	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 № 1173

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, свободный.

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, свободный.
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, свободный.

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

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, свободный.
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, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. https://edu.tusur.ru
2. http://e.lanbook.com
3. http://elibrary.ru/

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение каф. РЭТЭМ и НИИСТ ТУСУР.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 1173

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Полупроводниковая светотехника

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Профиль: **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

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

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 1173

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

Согласована на портале № 1173

профессиональной деятельности.

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

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	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	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Выступление (доклад) на занятии; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Выступление (доклад) на занятии; • Конспект самоподготовки; • Отчет по практике; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Выступление (доклад) на занятии; • Отчет по практике; • Экзамен;

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• успешное и систематизированное знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей	• успешно и структурировано учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей	• всеми необходимыми навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной

Согласована на портале № 1173

	профессиональной деятельности;	профессиональной деятельности;	деятельности;
Хорошо (базовый уровень)	• успешное но не систематизированное знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	• успешно но не структурировано учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	• основными навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• базовое знание современных тенденций 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 под контролем квалифицированного специалиста;	• навыками учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной 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 Вопросы на самоподготовку

- 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.
- 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.

Согласована на портале № 1173

– Типы корпусов СД.
– Монтаж кристалла на теплоотвод.
– Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса.
– Способы герметизации кристалла.
– Световыводящая линза.
– Диффузия примесей.
– Жидкофазовая эпитаксия.
– Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.
– Молекулярно пучковая эпитаксия.
– Особенности процессов, постростовая обработка.
– Эпитаксиальные структуры на основе арсенида галлия, методы их изготовления.
– Эпитаксиальные структуры на основе нитрида галлия, методы их изготовления.
– Типы активной области.
– Планарный чип, «Flip-chip».
– Вертикальный чип.
– Топология омических контактов.
– Методы повышения световыхода.

3.2 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.

3.3 Темы опросов на занятиях

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

Согласована на портале № 1173

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.

3.4 Темы докладов

– 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.
– 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.
– Монтаж кристалла на теплоотвод.
– Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса.
– Способы герметизации кристалла.
– Световыводящая линза.
– Диффузия примесей.
– Жидкофазовая эпитаксия.
– Эпитаксиальное наращивание из металлоорганических соединений.
– Молекулярно пучковая эпитаксия.
– Особенности процессов, постростовая обработка.
– Эпитаксиальные структуры на основе арсенида галлия, методы их изготовления.
– Эпитаксиальные структуры на основе нитрида галлия, методы их изготовления.
– Типы активной области.
– Планарный чип, «Flip-chip».
– Вертикальный чип.
– Топология омических контактов.
– Методы повышения световыхода.

3.5 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).

Согласована на портале № 1173

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, пострстовая обработка. Арсенид галлия (GaAs), твёрдые растворы AIIIBV, нитриды AIIIN, 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.

3.6 Тематика практики

– Вопросы организации разработок и нормативно техническая документация

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

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

– 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. Монтаж кристалла на теплоотвод. Сварка проволокой контактов кристалла и корпуса. Способы герметизации кристалла. Световыводящая линза.

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

– 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.

3.7 Темы лабораторных работ

– Измерение световых характеристик ИС прожекторного типа.

– Измерение кандел-амперной характеристики СД разных конструкций. Исследование аддитивности световых характеристик светодиодных устройств: кластеры, матрицы.

– 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.

4 Методические материалы

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

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

4.1. Основная литература

1. 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:

Согласована на портале № 1173

https://edu.tusur.ru/training/publications/5458, свободный.

4.2. 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, свободный.
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, свободный.

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

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, свободный.
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, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. https://edu.tusur.ru
2. http://e.lanbook.com
3. http://elibrary.ru/

Согласована на портале № 1173