

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования

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 ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль) / специализация: **Оптические системы и сети связи**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	86	86	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	5

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины "Основы оптоэлектроники" является изучение основных физических принципов функционирования элементов и приборов оптоэлектроники, а также их свойств, параметров и характеристик. Кроме теоретических знаний студенты должны получить опыт решения практических задач во вычислению параметров, а также навыков экспериментального исследования электрических и оптических свойств элементов оптоэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Задачами изучения дисциплины являются следующие: - освоение основ зонной теории твердого тела и механизмов его взаимодействия с электрическим полем и оптическим излучением; - знать условия и параметры, описывающие эмиссионные свойства твердых тел, а также принципы создания неравновесного состояния твердого тела; - физические принципы регистрации оптического излучения полупроводниками, излучающих диодов и лазеров, жидкокристаллических приборов и оптоэлектронных устройств отображения информации и управления им; - механизмы образования шума в полупроводниковых приборах, способы их математического описания и экспериментального измерения. Кроме указанного студенты должны уметь применять свои знания для решения практических задач по указанным вопросам, а также иметь навыки экспериментального исследования электрических и оптических свойств приборов оптоэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.02.01.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

ПКР-2. Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	ПКР-2.1. Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных.	Знание правил работы с различными информационными системами и базами данных.
	ПКР-2.2. Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств.	Умение работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств;
	ПКР-2.3. Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования.	Владение навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования.
ПКР-3. Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований	ПКР-3.1. Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования.	Знание основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования.
	ПКР-3.2. Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих.	Умение работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих.
	ПКР-3.3. Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг.	Владение навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем

и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	58	58
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	86	86
Подготовка к зачету с оценкой	58	58
Написание отчета по лабораторной работе	1	1
Подготовка к тестированию	15	15
Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	1
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	11	11
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 История развития оптоэлектроники	1	-	-	38	39	ПКР-2, ПКР-3
2 Элементы зонной теории твердых тел	4	3	3	8	18	ПКР-2, ПКР-3
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	3	3	-	6	12	ПКР-2, ПКР-3
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	4	5	3	10	22	ПКР-2, ПКР-3
5 Флуктуационные процессы в полупроводниках	4	4	3	9	20	ПКР-2, ПКР-3
6 Эмиссия оптического излучения из полупроводников	4	1	-	6	11	ПКР-2, ПКР-3
7 Электрооптические эффекты для управления излучением. Жидкие кристаллы.	8	2	3	9	22	ПКР-2, ПКР-3
Итого за семестр	28	18	12	86	144	
Итого	28	18	12	86	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 История развития оптоэлектроники	Излагаются предпосылки появления нового научно-технического направления путем слияния микроэлектроники и оптики, вызванного необходимостью оптимального решения задач сбора, хранения, обработки и отображения информации.	1	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	1	
2 Элементы зонной теории твердых тел	Общие положения зонной теории. Модельные представления. Зонная диаграмма полупроводников. Квазиимпульс электрона. Долины энергии и зона Бриллюэна.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	Основные параметры поглощения излучения. Основные механизмы поглощения излучения. Собственное поглощение. Прямые и не прямые переходы. Примесное поглощение. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Основные понятия и параметры. Фотопроводимость полупроводников: собственная и примесная. Полевые свойства фотопроводимости. Частотные свойства фотопроводимости. Квазиуровни Ферми в полупроводниках. Барьерная фотоэдс в полупроводниковых р-п переходах: электронно-дырочные переходы; фотоэлектрические свойства р-п переходов. Барьерная фотоэдс. Лавинные фотодиоды.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
5 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Типы и природа шумов. Основные параметры и характеристики шумов. Полевые и фоновые свойства шумов в полупроводниках. Частотные свойства шумов.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	

6 Эмиссия оптического излучения из полупроводников	Описание излучательных процессов в полупроводниках. Зависимость эмиссии от уровня легирования. Спонтанное излучение атома. Стимулированное излучение твердых тел. Принцип создания генератора света. Линия излучения твердых тел.. Светодиоды на гомогенных p-n переходах. Светоизлучающие структуры с высоким квантовым выходом. Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
7 Электрооптические эффекты для управления излучением. Жидкие кристаллы.	Общие сведения об электрооптических эффектах. Эффект Франца - Келдыша в оптоэлектронике. Двухлучепреломление в анизотропных 3D кристаллах. Общие сведения о жидких кристаллах. Основные свойства жидких кристаллов. Типы и структура жидких кристаллов. Ориентационные эффекты в жидких кристаллах. Оптические свойства жидких кристаллов. Применение жидких кристаллов в оптоэлектронике.	8	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	8	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
2 Элементы зонной теории твердых тел	Примеры решения задач по вычислению зонного спектра, положения уровня Ферми. Проводимость полупроводников, электронная и дырочная проводимости. Токопротекание в полупроводниках.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	Примеры решения задач по определению параметров взаимодействия излучения с полупроводниками. Определение доли поглощенной и прошедшей в полупроводник излучения. Задачи по нахождению концентрации поглощающих центров.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	

4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Примеры решения задач по определению удельной и полной фотопроводимости в полупроводниках. Примеры решения задач по вычислению барьерной фотоэдс. Задачи на вычисление емкости и дифференциального сопротивления р-п перехода, его обратного тока и времени релаксации.	5	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	5	
5 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Примеры решения задач на вычисление спектральной плотности шума для различных типов шумов и различных электрических цепей. Нахождение дисперсии многокомпонентного шума. Задачи на частотные свойства шумов различной природы.	4	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	4	
6 Эмиссия оптического излучения из полупроводников	Примеры решения задач на вычисление эмиссионных параметров полупроводниковых приборов. Решение задач по определению порогового коэффициента усиления лазера.	1	ПКР-3
	Итого	1	
7 Электрооптические эффекты для управления излучением. Жидкие кристаллы.	Примеры решения задач по определению напряжения Фредерикса и напряжения распрямления спирали в жидких кристаллах. Задачи на определение когерентной длины в нематиках. Задачи по определению набега фазы в эффекте двулучепреломления.	2	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
2 Элементы зонной теории твердых тел	Измерение ширины запрещенной зоны методом температурного сканирования.	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	

4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов	3	ПКР-3
	Итого	3	
5 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Исследование шумовых свойств приборов оптоэлектроники	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
7 Электрооптические эффекты для управления излучением. Жидкие кристаллы.	Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития	3	ПКР-2, ПКР-3
	Итого	3	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 История развития оптоэлектроники	Подготовка к зачету с оценкой	35	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Написание отчета по лабораторной работе	1	ПКР-2, ПКР-3	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПКР-2, ПКР-3	Устный опрос / собеседование
	Итого	38		
2 Элементы зонной теории твердых тел	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	8		

3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Итого	6		
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Подготовка к зачету с оценкой	5	ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	10		
5 Флуктуационные процессы в полупроводниках	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	9		
6 Эмиссия оптического излучения из полупроводников	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПКР-3	Тестирование
	Итого	6		
7 Электрооптические эффекты для управления излучением. Жидкие кристаллы.	Подготовка к зачету с оценкой	5	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-2, ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-2, ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	9		
Итого за семестр		86		
Итого		86		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

ПКР-2	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Устный опрос / собеседование
ПКР-3	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Устный опрос / собеседование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
5 семестр				
Зачёт с оценкой	10	10	20	40
Устный опрос / собеседование	2	3	5	10
Лабораторная работа	5	10	15	30
Тестирование	2	3	5	10
Отчет по лабораторной работе	2	3	5	10
Итого максимум за период	21	29	50	100
Нарастающим итогом	21	50	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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	E (посредственно)
	60 – 64	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2016. 139 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5963>.
2. Квантовые приборы и устройства: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2018. 112 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7231>.

7.2. Дополнительная литература

1. Ю.Р. Носов. Оптоэлектроника. М.: Наука, 1989, 360с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 12 экз.).
2. 3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие для вузов / А.Н. Игнатов, - СПб.: Лань, 2011.- 539 с. - ISBN 978-5-8114-1136-8. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).
3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Ю. В. Сахаров, П. Е. Троян - 2010. 88 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/537>.
4. Микроэлектроника: Учебное пособие / П. Е. Троян - 2007. 349 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/539>.
5. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров - 2012. 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1578>.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / С. М. Шандаров - 2013. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3483>.
2. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям / А. С. Мягков - 2012. 53 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2495>.
3. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8691>.
4. Исследование конденсаторного элемента на основе анизотропии диэлектрической проницаемости кристаллов: Методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2017. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6870>.
5. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8701>.
6. Элементы электронной техники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направления 210100.62 с примерами и задачами. Часть 1 / В. Н. Давыдов - 2013. 78 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3720>.
7. Элементы электронной техники: Учебно-методическое пособие по решению задач и самостоятельной работе студентов / В. Н. Давыдов - 2017. 65 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6873>.

7.3.2. 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. 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 зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
------------------------------------	-------------------------	----------------	--------------------------

1 История развития оптоэлектроники	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
2 Элементы зонной теории твердых тел	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Взаимодействие оптического излучения с твердыми телами	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Флуктуационные процессы в полупроводниках	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Эмиссия оптического излучения из полупроводников	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Электрооптические эффекты для управления излучением. Жидкие кристаллы.	ПКР-2, ПКР-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне ориентирования , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Элементы зонной теории твердого тела: Как объяснить разнонаправленное движение электронов и дырок по зонной диаграмме полупроводника при приложении электрического поля?
 - Движение вызвано тем, что электроны и дырки рекомбинируют друг с другом при переходе дырок из валентной зоны в зону проводимости;
 - Движение вызвано тем, что электроны и дырки рекомбинируют друг с другом при переходе электронов из зоны проводимости в валентную зону;
 - Движение вызвано тем, что в электрическом поле зонная диаграмма полупроводника наклоняется к оси абсцисс так, что электроны скатываются вниз по энергии, а дырки вверх (правильный ответ);
 - Движение вызвано тем, что в электрическом поле зонная диаграмма полупроводника наклоняется к оси абсцисс так, что электроны движутся вверх, а дырки скатываются вниз по энергии.
2. Взаимодействие оптического излучения с веществом: что описывает закон Бугера – Ламберта и коэффициенты поглощения и отражения?
 - Закон Бугера – Ламберта описывает отражение падающего излучения от поверхности полупроводника, где происходит как отражение излучение, так и его поглощение;
 - Закон Бугера – Ламберта описывает поглощение излучения прошедшего в объем полупроводника с координатой по экспоненциальному закону с коэффициентом поглощения (правильный ответ);
 - Закон Бугера – Ламберта описывает отражение падающего излучения от поверхности полупроводника, где происходит как отражение излучение, так и его поглощение;
 - Закон Бугера – Ламберта описывает поглощение излучения прошедшего в объем полупроводника с координатой по линейному закону с коэффициентом поглощения;
 - Закон Бугера – Ламберта описывает отражение и поглощение излучения прошедшего в объем полупроводника с координатой по экспоненциальному закону с комбинацией коэффициентов поглощения и отражения.
3. Взаимодействие оптического излучения с веществом: как зависит коэффициент поглощения от сечения захвата и концентрации поглощающих центров?
 - Коэффициент поглощения зависит только от энергии кванта света и не зависит от других параметров;
 - Коэффициент поглощения экспоненциально зависит только от концентрации поглощающих центров;
 - Коэффициент поглощения линейно зависит от концентрации поглощающих центров и их сечения захвата фотона поглощающим атомом (правильный ответ);
 - Коэффициент поглощения линейно зависит только от концентрации поглощающих центров.
4. Фотоэлектрические явления в полупроводниках: какие типы собственного поглощения излучения возможны в полупроводниках?
 - Собственное поглощение излучения в полупроводниках может быть прямым и непрямым. В первом случае свет падает перпендикулярно поверхности полупроводника, а во втором под углом;
 - Собственное поглощение может быть прямым в прямозонном полупроводнике и непрямым в случае многодолинного полупроводника (правильный ответ);
 - Собственное поглощение излучения в полупроводниках может быть прямым и непрямым. В первом случае длина волны падающего излучения при поглощении остается постоянной, а во втором меняется в зависимости от угла вхождения волны в кристалл;
 - Если прошедшая в кристалл волна распространяется в его объеме под углом к элементам симметрии элементарной ячейки, то поглощение излучения называют непрямым.
5. Фотоэлектрические явления в полупроводниках: основные причины появления фотовольтаических эффектов в полупроводниках.
 - Основная причина появления фотоэдс в кристалле при его освещении является изменение подвижности неравновесных носителей заряда в объеме полупроводника;
 - Основная причина появления фотоэдс в кристалле при его освещении заключается в

- различии значений коэффициентов диффузии электронов и дырок;
- Основная причина появления фотоэдс в кристалле при его освещении заключается в появлении дополнительного поля диполя электронов и дырок;
 - Основная причина появления фотоэдс в кристалле при его освещении заключается в пространственном разделении неравновесных электронов и дырок за счет различия коэффициентов диффузии электронов и дырок и появлении электрического поля в виде дипольного поля (правильный ответ)
6. Эмиссия излучения из твердых тел: какие причины ограничивают эмиссию излучения из твердого тела?
- В первую очередь, эмиссию излучения из твердого тела ограничивает коэффициент поглощения излучения в объеме этого тела;
 - В первую очередь, эмиссию излучения из твердого тела ограничивает малая длина кристалла в направлении излучения;
 - В первую очередь, эмиссию излучения из твердого тела ограничивает безизлучательная рекомбинация неравновесных носителей заряда и эффект полного внутреннего отражения излучения (правильный ответ);
 - В первую очередь, эмиссию излучения из твердого тела ограничивает малая скорость излучательной рекомбинации неравновесных носителей заряда.
7. Эмиссия излучения из твердых тел: что такое спонтанное и вынужденное излучение атома, какова связь между ними.
- Спонтанное излучение представляет собой излучение из твердого тела, в котором нет состояния инверсии населенности, а вынужденное излучение - это самопроизвольное излучение твердого тела, в котором получена инверсия населенности;
 - Спонтанное излучение представляет собой излучение из твердого тела, в котором нет состояния инверсии населенности, а вынужденное излучение - это самопроизвольное излучение твердого тела, в котором получена инверсия населенности;
 - Спонтанное излучение представляет собой излучение из твердого тела без внешнего воздействия, а вынужденное излучение - это излучение, вызванное действием фотонами с энергией, равной энергии перехода «зона - зона» тела, в котором получена инверсия населенности. При этом вероятности спонтанного и вынужденного перехода взаимосвязаны линейной зависимостью (правильный ответ);
 - Спонтанное излучение представляет собой излучение из твердого тела без внешнего воздействия, а вынужденное излучение - это излучение, вызванное действием фотонами с любой энергией, необязательно равной энергии перехода «зона - зона» тела, в котором получена инверсия населенности.
8. Флуктуационные свойства полупроводников: Каковы условия возникновения теплового шума в полупроводниках.
- Для возникновения теплового шума в полупроводнике необходимы флуктуации температуры кристалла;
 - Для возникновения теплового шума в полупроводнике необходим нагрев кристалла до температуры выше 0 К;
 - Для возникновения теплового шума в полупроводнике необходимо, чтобы в кристалле присутствовал хотя бы один тип свободных носителей заряда и температура выше 0К (правильный ответ);
 - Для возникновения теплового шума в полупроводнике необходимо, чтобы в кристалле присутствовали оба типа свободных носителей заряда и температура выше 0К.
9. Жидкие кристаллы в оптоэлектронике: Какими способами можно управлять направлением длинных осей молекул нематических жидких кристаллов?
- Изменить ориентацию длинных осей нематического жидкого кристалла можно только воздействием электрического поля величиной выше порога Фредерикса;
 - Изменить ориентацию длинных осей нематического жидкого кристалла можно только однонаправленной механической шлифовкой опорных поверхностей гомеотропной оптической ячейки;
 - Изменить ориентацию длинных осей нематического жидкого кристалла можно только воздействием электрического поля величиной выше порога Фредерикса;
 - Изменить ориентацию длинных осей нематического жидкого кристалла можно однонаправленной механической шлифовкой опорных поверхностей планарной

оптической ячейки или обработкой в ПАВ в гомеотропной ячейке, а также воздействием электрического поля величиной выше порога перехода Фредерикса для ячеек обоих типов (правильный ответ).

10. Элементы зонной теории твердого тела: Что такое уровень Ферми и где он находится в энергетической диаграмме полупроводника?
- Уровень Ферми в полупроводнике указывает область запрещенной зоны полупроводника, в которой не могут существовать разрешенные уровни энергии для электронов;
 - Уровень Ферми в полупроводнике указывает область запрещенной зоны полупроводника, в которой могут существовать разрешенные уровни энергии для электронов;
 - Уровень Ферми в полупроводнике выделяет область запрещенной зоны, ниже которого все состояния должны быть заполненными электронами (правильный ответ);
 - Уровень Ферми в полупроводнике выделяет область запрещенной зоны, ниже которого все состояния должны быть заполненными дырками.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Формирование энергетической диаграммы кристалла по модели Блоха: преобразование линейчатого спектра отдельных атомов в зоны разрешенных и запрещенных энергий.
2. Механизмы поглощения излучения твердым телом: механизмы взаимодействия фотона и твердого тела, спектр поглощения.
3. Фотопроводимость в полупроводниках: механизмы возникновения, основные параметры и характеристики фотопроводимости.
4. Эмиссия излучения из твердых тел: параметры, описывающие генерацию и выход излучения из твердого тела, способы создания люминесценции из твердых тел.
5. Шумовые свойства в полупроводниках: типы шумов, механизмы их формирования, понятие дисперсии в теории шумов.
6. Жидкие кристаллы в оптоэлектронике: типы жидких кристаллов, их структура и ориентационные эффекты в них.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования

1. Как зависит величина фотопроводимости от напряжения смещения на фоторезисторе?
2. Как зависит время излучательной рекомбинации полупроводника от уровня его легирования примесью?
3. В чем заключается эффект двулучепреломления в анизотропных кристаллах?
4. Каков механизм образования теплового шума в полупроводниках?
5. Чем отличается внутренняя структура холестерического жидкого кристалла от структуры нематического жидкого кристалла.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Измерение ширины запрещенной зоны методом температурного сканирования.
2. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов
3. Исследование шумовых свойств приборов оптоэлектроники
4. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах;

пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

При освоении материала курса «Основы оптоэлектроники» необходимо учитывать следующую особенность изложения материала. В лекциях изложение материала ориентировано на физические причины рассматриваемых сторон элементов и приборов оптоэлектроники. При этом математическое описание рассматриваемого материала минимизировано. Основные формулы и математические вопросы описания перенесены в разделы «Практические занятия» и частично в «Лабораторные работы». Это позволило упростить понимание материала лекций, а математическое описание, приведённое в «Практических занятиях», позволило донести его до обучающихся последовательно и целостно.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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;
- 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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 73 от «12» 12 2018 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3- 9352-43aa04a5b956
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c- 9fb4-5f882facc349
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3- 9352-43aa04a5b956
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc- 922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ЭП	В.Н. Давыдов	Разработано, 0a70921e-3a8f-4010- 94a3-71f1447ec6f2
--------------------	--------------	--