

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО-, НАНО- И  
ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Автоматизация проектирования микро- и нанoeлектронных устройств для радиотехнических систем**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	8	8	часов
Практические занятия	10	10	часов
Лабораторные занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость	108	108	часов
(включая промежуточную аттестацию)	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	2

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Основная цель данного курса состоит в изучении общих принципов кристаллографии полупроводников, статистики электронов и дырок, контактных и кинетических явлениях, физических механизмах токопереноса.

2. Сформировать у студентов знания основ конструкций полупроводниковых приборов, технологических операций создания приборов твердотельной СВЧ электроники, моделирования гетеро-эпитаксиальных структур и приборов на их основе.

3. Выработать способность воспринимать математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания, умения самостоятельно приобретать, развивать и применять их для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.

4. Сформировать способность анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.

5. Развить умение разрабатывать схемы и топологии тестовых структур и СВЧ МИС, а также конструкторскую документацию для их производства.

6. Сформировать навык владения методиками испытаний, контроля и отбраковки СВЧ МИС.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основ кристаллографии полупроводников.
2. Изучение статистики электронов и дырок.
3. Изучение контактных и кинетических явлений в полупроводниках.
4. Изучение физических механизмов токопереноса.
5. Изучение основных конструкций полупроводниковых приборов.
6. Изучение основных технологических nanoопераций создания приборов твердотельной СВЧ электроники.
7. Освоение моделирования гетероэпитаксиальных структур и приборов на их основе.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		

ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.1. Знает общие принципы исследований, методы проведения исследований	Знает, как проводить исследования в области технологии микро-, нано- и оптоэлектроники
	ОПК-4.2. Умеет формулировать принципы исследований, находить, сравнивать, оценивать методы исследований	Умеет оценить и подробно объяснить, как проводилось исследование.
	ОПК-4.3. Владеет методами проведения исследований для решения практических задач профессиональной деятельности	Владеет методами проведения исследований в рамках профессиональной деятельности в области физических и технологических основ микроэлектроники
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПКС-1. Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию МИС СВЧ, осуществлять руководство их конструированием и испытанием	ПКС-1.1. Умеет выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию МИС СВЧ	Умеет осуществлять все необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с целью создания МИС СВЧ.
	ПКС-1.2. Владеет навыками руководства конструированием МИС СВЧ	Владеет навыками руководства деятельностью по созданию и последующему испытанию МИС СВЧ.
	ПКС-1.3. Владеет методами испытания МИС СВЧ	Владеет методами контроля и проведения эксплуатационных испытаний МИС СВЧ
ПКС-2. Способен выполнять разработку, физическую верификацию и моделирование топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	ПКС-2.1. Умеет выполнять физическую верификацию и моделирование топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	Умеет выполнять необходимые работы по верификации и моделированию топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков.
	ПКС-2.2. Владеет методами разработки аналоговых блоков и СФ-блоков	Владеет методами решения профессиональных задач по разработке аналоговых блоков и СФ-блоков.
	ПКС-2.3. Владеет навыками моделирования топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	Владеет навыками моделирования топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков в специализированных САПР

**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 3 зачетных единиц, 108 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
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Лекционные занятия	8	8
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	72	72
Подготовка к зачету	18	18
Подготовка к тестированию	18	18
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	108
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	3	3

## 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
<b>2 семестр</b>						
1 Зонные характеристики гетероструктур	2	3	6	22	33	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
2 Электрофизические параметры приборов твердотельной электроники. Технология изготовления приборов твердотельной электроники.	4	5	10	28	47	ОПК-4, ПКС-2, ПКС-1
3 Физические и технологические основы оптоэлектроники. Элементы зонной теории твердых тел. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Фотозлектрические явления в полупроводниковых приборах	2	2	2	22	28	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
Итого за семестр	8	10	18	72	108	
Итого	8	10	18	72	108	

### 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
<b>2 семестр</b>			

1 Зонные характеристики гетероструктур	1. Понимание зонной теории кристаллических полупроводников. 2. Контактные явления в полупроводниках 3. Понимание принципов формирования и функционирования гетеропереходов и гетероэпитаксиальными структурами 4. Владение методами расчёта гетероэпитаксиальных структур	2	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	2	
2 Электрофизические параметры приборов твердотельной электроники. Технология изготовления приборов твердотельной электроники.	1. Представление о технологических аспектах основных конструкции FET, НЕМТ, рНЕМТ и mНЕМТ. 2. Способность применять электрофизические и математические модели НЕМТ. НЕМТ 3. Владение методами расчета приборных характеристик НЕМТ, малосигнальная модель. 4. Знание особенностей основных технологических процессов нанолитографии. 5. Владение физико-математическими моделями процессов нанолитографии. 6. Владение алгоритмами и методами моделирования физических процессов нанолитографии.	4	ОПК-4, ПКС-2
	Итого	4	

3 Физические и технологические основы оптоэлектроники. Элементы зонной теории твердых тел. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Фотозлектрические явления в полупроводниковых приборах	1. Электропроводность кристаллов и попытки её объяснения классической электронной теорией. Зонная структура, образование зон из атомных уровней. Модель Зоммерфельда и модель Блоха. Понятие зоны проводимости, запрещённой зоны и валентной зоны, их связь с представлениями о строении кристаллических тел. Понятие квазиимпульса электрона. Плотность состояний, концентрации носителей в зонах. Энергетическое представление о токопротекании в твердом теле. 2. Основные параметры и характеристики взаимодействия излучения с веществом: коэффициенты поглощения и отражения, спектры поглощения и отражения. Закон Бугера - Ламберта. Параметры и характеристики, описывающие взаимодействие света и твердого тела. Типы механизмов поглощения излучения. 2. Понятие скорости генерации и скорости рекомбинации носителей заряда.	2	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	2	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

### 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
<b>2 семестр</b>			
1 Зонные характеристики гетероструктур	Определение типа гетероперехода	3	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	3	
2 Электрофизические параметры приборов твердотельной электроники. Технология изготовления приборов твердотельной электроники.	Моделирование технологического процесса	2	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Проектирование НЕМТ-транзистора.	3	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	5	

3 Физические и технологические основы оптоэлектроники. Элементы зонной теории твердых тел. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Решение задачи на тему "Элементы зонной теории твердых тел". Решение задачи на токопротекание в полупроводниках.	1	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Решение задачи на тему "Взаимодействие оптического излучения с веществом". Решение задачи на тему "Фотопроводимость в полупроводниках".	1	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	2	
Итого за семестр		10	
Итого		10	

#### 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
<b>2 семестр</b>			
1 Зонные характеристики гетероструктур	Определить кристаллографическую ориентацию конкретной полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры.	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	6	
2 Электрофизические параметры приборов твердотельной электроники. Технология изготовления приборов твердотельной электроники.	Моделирование технологических процессов.	6	ПКС-1, ПКС-2
	Моделирование статических и СВЧ-характеристик НЕМТ	4	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2
	Итого	10	
3 Физические и технологические основы оптоэлектроники. Элементы зонной теории твердых тел. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Исследование фотопроводимости в полупроводниках.	2	ОПК-4, ПКС-2
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

#### 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
<b>2 семестр</b>				
1 Зонные характеристики гетероструктур	Подготовка к зачету	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	10	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Лабораторная работа
	Итого	22		
2 Электрофизические параметры приборов твердотельной электроники. Технология изготовления приборов твердотельной электроники.	Подготовка к зачету	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Лабораторная работа
	Итого	28		
3 Физические и технологические основы оптоэлектроники. Элементы зонной теории твердых тел. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	Подготовка к зачету	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	6	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	10	ОПК-4, ПКС-2	Лабораторная работа
	Итого	22		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

### 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.	



ОПК-4	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование
ПКС-1	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование
ПКС-2	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование

## 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
<b>2 семестр</b>				
Зачёт	10	10	10	30
Лабораторная работа	10	10	20	40
Тестирование	10	10	10	30
Итого максимум за период	30	30	40	100
Нарастающим итогом	30	60	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)
65 – 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Ансельм. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 624 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71742>.

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2016. 139 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5963>.

2. Пул, Чарлз. Нанотехнологии : учебное пособие. - М. : Техносфера, 2005. - 336 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 19 экз.).

## **7.3. Учебно-методические пособия**

### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. 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>.

2. Твердотельная электроника: Учебно-методическое пособие для самостоятельной / В. Н. Давыдов - 2011. 161 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1801>.

3. Физические основы твердотельной электроники: Учебно-методическое пособие / Ю. Г. Юшков, Ю. А. Бурачевский, А. С. Климов, А. В. Медовник - 2019. 152 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9026>.

### **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 аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных

консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 117 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка совмещения и экспонирования ЩА-310;
- Установка для нанесения фоторезиста;
- Электронный микроскоп УЭМВ-100К;
- Дистиллятор воды;
- Лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9, микроскоп стерео МС-1, микроинтерферометр МИИ-4, химическая посуда, реактивы;

- Учебная доска;

- Проектор Benq;

- Ноутбук ASUS;

- Экран для проектора;

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice;

- PDF-XChange Viewer;

- Windows XP;

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- ПТК на базе IBM PC/AT - 4 шт.;

- Магнитно-маркерная доска;

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager;

- MatLab&SimulinkR2006b;

- Microsoft EXCEL Viewer;

- Microsoft PowerPoint Viewer;

- Microsoft Visual Studio 2013 Professional;

- OpenOffice 4;

### **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, 201 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 Зонные характеристики гетероструктур	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Электрофизические параметры приборов твердотельной электроники. Технология изготовления приборов твердотельной электроники.	ОПК-4, ПКС-2, ПКС-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Физические и технологические основы оптоэлектроники. Элементы зонной теории твердых тел. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых приборах	ОПК-4, ПКС-1, ПКС-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		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 <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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. Трансляционная симметрия это
  - а) тип симметрии, при которой свойства рассматриваемой системы не изменяются при сдвиге на определённый вектор, который называется вектором трансляции.
  - б) тип симметрии, при которой свойства рассматриваемой системы не изменяются при повороте на определённый угол.
  - в) тип симметрии, при которой свойства рассматриваемой системы не изменяются при сдвиге на любой вектор, который называется вектором сдвига.
  - г) тип симметрии, при которой свойства рассматриваемой системы изменяются при сдвиге на определённый вектор, который называется вектором трансляции.
2. Решеткой Браве называют
  - а) Параллелепипед, построенный на основных векторах трансляции.
  - б) Параллелепипед, построенный на трех любых векторах трансляции.
  - в) Трансляционную группу, ограниченной кристаллической решётки.
  - г) Набор элементарных трансляций или трансляционную группу, которыми может быть получена вся бесконечная кристаллическая решётка.
3. Элементарная ячейка решётки Браве
  - а) Параллелепипед, построенный на трех любых векторах трансляции.
  - б) Параллелепипед, построенный на основных векторах трансляции.
  - в) Набор элементарных трансляций или трансляционную группу, которыми может быть получена вся бесконечная кристаллическая решётка.
  - г) Трансляционная группа, ограниченной кристаллической решётки.
4. Индексы Миллера
  - а) Характеризуют вектор определяемый координатами пересечения атомных плоскостей с осями координат.
  - б) Характеризуют вектор построенный на любых векторах трансляции.
  - в) Кристаллографические индексы (h,k,l), характеризующие расположение атомных плоскостей в кристалле.
  - г) Характеризуют ориентацию кристалла.
5. Какая статистика используется для описания электронов и дырок в полупроводнике?
  - а) Классическая
  - б) Максвелла-Больцмана
  - в) Бозе-Эйнштейна
  - г) Ферми-Ирака
6. Чему равна концентрация равновесных носителей электрического заряда в собственном невырожденном полупроводнике.
  - а)  $n_i = p_0 = n_0$
  - б)  $N_d + N_a$
  - в)  $N_d + n + N_a + p$
  - г)  $n_0 + p_0$
7. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике
  - а) Вблизи дна зоны проводимости
  - б) В середине запрещенной зоны
  - в) Вблизи потолка валентной зоны
  - г) Вне зоны проводимости
8. Положение уровня Ферми в полупроводнике электронного типа проводимости.
  - а) Вблизи дна зоны проводимости
  - б) В середине запрещенной зоны
  - в) Вблизи потолка валентной зоны
  - г) Вне зоны проводимости
9. Положение уровня Ферми в полупроводнике дырочного типа проводимости.
  - а) Вблизи дна зоны проводимости
  - б) В середине запрещенной зоны

- в) Вблизи потолка валентной зоны
  - г) Вне зоны проводимости
10. Электрофизические характеристики p-n -перехода
- а) Высота барьера  $\phi_b$ .
  - б) Протяженность области пространственного заряда (ОПЗ)  $W$ .
  - в) Электрический заряд ОПЗ  $Q$ .
  - г) Резкость p-n -перехода.
  - д) Все вышеперечисленное

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Трансляционная симметрия.
2. Решетки Браве.
3. Индексы Миллера.
4. Энергетический спектр электронов в изолированном атоме.
5. Энергетический спектр электронов в кристалле.
6. Функция Блоха.
7. Эффективная масса носителей электрического заряда в кристаллических полупроводниках.
8. Плотность квантовых состояний.
9. Функции распределения Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана.
10. Концентрация равновесных носителей электрического заряда

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Определить кристаллографическую ориентацию конкретной полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры.
2. Моделирование технологических процессов.
3. Моделирование статических и СВЧ-характеристик НЕМТ
4. Исследование фотопроводимости в полупроводниках.

## 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.

### 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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 КСУП  
протокол № 7 от «28» 11 2018 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РСС	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5- 8d93-e5f4ee9ceb7d
Заведующий обеспечивающей каф. КСУП	Ю.А. Шурыгин	Согласовано, 86bee96a-108e-4833- aead-5229de651610
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1f3e-4aba- 845d-9ce7670b004c

### ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. РСС	Ю.В. Зеленецкая	Согласовано, 1f099a64-e28d-4307- a5f6-d9d92630e045
Доцент, каф. КСУП	Т.Е. Григорьева	Согласовано, d848614c-1d2f-4e32- b86c-1029abc0b2d5

### РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. КСУП	Л.И. Бабак	Разработано, 64cace1c-326d-4873- 860b-d8d724546b6f
Доцент, каф. КСУП	Ф.И. Шеерман	Разработано, 194c9122-f2f7-40c5- ab09-cc03ca77894b