

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### **Физические основы электроники**

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 7

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.т.н., Доцент, Якушко Е.В.*

Рабочая программа

**Физические основы электроники**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 29.06.2022 г., №10

Руководитель подразделения Костишин В.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Ознакомить с физическими принципами работы основных приборов твердотельной микро-и наноэлектроники. Дать представление о многообразии различных полупроводниковых приборов и активных элементов микроэлектроники, показать тенденции их развития.
1.2	Научить пониманию взаимосвязи различных физических характеристик исходного материала и параметров прибора

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.2	Инженерная математика	
2.1.3	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.4	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.5	Технология материалов электронной техники	
2.1.6	Физика диэлектриков	
2.1.7	Физика конденсированного состояния	
2.1.8	Физика магнитных явлений	
2.1.9	Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники	
2.1.10	Актуальные проблемы современной электроники, наноэлектроники и магнитоэлектроники	
2.1.11	Статистическая физика	
2.1.12	Физические свойства кристаллов	
2.1.13	Методы математической физики	
2.1.14	Основы квантовой механики	
2.1.15	Практическая кристаллография	
2.1.16	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.17	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.18	Физика	
2.1.19	Физическая химия	
2.1.20	Электротехника	
2.1.21	Математика	
2.1.22	Органическая химия	
2.1.23	Информатика	
2.1.24	Химия	
2.1.25	Аналитическая геометрия	
2.1.26	Инженерная и компьютерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.2	Квантоворазмерные структуры в наноэлектронике	
2.2.3	Магнитные измерения	
2.2.4	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.2.5	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.2.6	Наноэлектроника полупроводниковых приборов и устройств	
2.2.7	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.8	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.9	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.2.10	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.2.11	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.12	Методы математического моделирования	
2.2.13	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.2.14	Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники	
2.2.15	Силовые полупроводниковые приборы	

2.2.16	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур
2.2.17	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций
2.2.18	Физика наноструктур
2.2.19	Физико-химия и технология наноструктур
2.2.20	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.21	Микросхемотехника
2.2.22	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии
2.2.23	Приборные структуры на некристаллических материалах
2.2.24	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках
2.2.25	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.26	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1
2.2.27	Технология наногетероструктур
2.2.28	Конструирование светоизлучающих устройств
2.2.29	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии
2.2.30	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов
2.2.31	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.32	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.33	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.34	Физика и техника магнитной записи
2.2.35	Физика СВЧ полупроводниковых приборов
2.2.36	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.37	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>
2.2.38	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.39	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.40	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.41	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

#### **ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники**

##### **Знать:**

ПК-3-31 -физические и физико-химические основы технологии получения многокомпонентных гетероструктур, изделий электроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы;

-понимать принципы работы диодов, транзисторов, инжекционного лазера.

#### **ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности**

##### **Знать:**

ОПК-1-31 классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока;

#### **УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач**

##### **Знать:**

УК-1-31 основы метрологии и основные термины и понятия, основные, методы и средства измерения физических величин, системы стандартизации и сертификации;

#### **ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники**

##### **Уметь:**

ПК-3-У1 -вести поиск необходимой информации в специальной и справочной литературе и на интернет – ресурсах.

#### **ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности**

##### **Уметь:**

ОПК-1-У1 -читать учебную, справочную и специальную литературу по данной дисциплине, понимать и правильно интерпретировать прочитанное;

<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя;
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 - применять на практике навыки самостоятельной работы с литературой для поиска информации о понятиях, терминах, задачах и проблемах, объяснения их решения в практических ситуациях.
<b>ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы;
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и нанoeлектроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования;

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Контактные явления в твердых телах</b>							
1.1	Контактные явления в твердых телах Свойства структуры металл-диэлектрик-полупроводник. Энергетические диаграммы идеальной МДП структуры.. Решение уравнения Пуассона Инверсия типа проводимости у поверхности полупроводника. Роль зарядовых состояний на поверхности полупроводника и в диэлектрике. Реальная МДП-структура. Выпрямляющий и омический контакты металл-полупроводник. Прохождение тока через контакты. Барьер Шоттки. Конструирование контактов. Роль легирования приконтактной области полупроводника. /Лек/	7	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3		КМ1	Р1

1.2	Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
1.3	Решение задач по определению характеристик выпрямляющих контактов /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
1.4	Конструирование омических и выпрямляющих контактов к различным полупроводниковым структурам. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
1.5	Контактные явления в твердых телах /Лаб/	7	6	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л2.2 Л1.1 Л1.2Л1.1 Л1.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л2.1			
	<b>Раздел 2. Свойства р-п перехода</b>							
2.1	Свойства р-п перехода Образование р-п перехода. Контактная разность потенциалов. Решение уравнения Пуассона для резкого и линейного распределения примеси в р-п переходе. Толщина и барьерная емкость р-п перехода. Гетеропереходы. Построение энергетических диаграмм. Разрывы краев энергетических зон. Односторонняя инжекция. Возможные модели протекания тока. Роль рассогласования постоянных решеток. Возникновение механических напряжений и дислокаций несоответствия. /Лек/	7	3	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3		КМ2	Р1

2.2	Токи через р-п переход. Идеальная вольтамперная характеристика. Сравнение с реальной ВАХ. Лавинный и туннельный пробой. Роль генерации – рекомбинации в р-п переходе. Высокий уровень инжекции. Поведение на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема, диффузионная емкость. Переходные процессы. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
2.3	Построение энергетических диаграмм гетеропереходов: получение и свойства Расчет параметров гетероструктур /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
2.4	Вывод идеальной вольтамперной характеристики. р-п перехода. Особенности реальной ВАХ. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
2.5	Решение задач по определению характеристик р-п переходов. /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
<b>Раздел 3. Полупроводниковые диоды</b>								
3.1	Полупроводниковые диоды Функциональные возможности р-п переходов. Параметры и конструктивные особенности диодов для различных применений. Диоды Шоттки. Выпрямители, стабилитроны, варикапы. /Лек/	7	3	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3		КМЗ	
3.2	Высокочастотные диоды: параметрические, туннельные, лавинно-пролетные диоды. Переключательные диоды. /Пр/	7	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			

3.3	Надежность диодов. Общие понятия надежности. Основные причины отказов. Влияние поверхностных состояний на ВАХ диода. Каналы поверхностной электропроводности. Поверхностный пробой. Требования к материалам и конструкциям. Влияние поверхностных состояний. /Пр/	7	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3				
3.4	Частотные свойства СВЧ параметрических, туннельных, лавинно-пролетных диодов. /Пр/	7	2	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3				
3.5	Решение задач по определению характеристик полупроводниковых диодов. /Ср/	7	8	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3				
3.6	Полупроводниковые диоды /Лаб/	7	6	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л1.1 Л1.2Л1.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л2.1				
<b>Раздел 4. Биполярные транзисторы</b>									
4.1	Биполярные транзисторы. Принцип действия, основные характеристики транзистора в различных схемах включения. /Лек/	7	3	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3		КМ4		
4.2	Эквивалентная схема транзистора.. Учет обратной отрицательной связи. Предельные частоты. Режим переключения. Дрейфовый планарный биполярный транзистор. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3				
4.3	Биполярные гетеропереходные транзисторы с широкозонным эмиттером. Конструктивные особенности БГТ на основе Si/GeSi/Si структур и материалов АШВУ. Успехи и проблемы повышения частоты и мощности /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3				

4.4	Решение задач по определению характеристик биполярных транзисторов. /Ср/	7	8	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
<b>Раздел 5. Полевые транзисторы</b>								
5.1	Полевые транзисторы Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип действия, статические характеристики и параметры. /Лек/	7	3	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3		КМ5	
5.2	МДП транзисторы со встроенным и индуцированным каналом.. Пороговое напряжение. МДП транзистор с затвором в виде барьера Шоттки. Ограничения на высокой частоте. Сравнение с биполярным транзистором. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
5.3	Полевые гетеротранзисторы с двумерным каналом на основе материалов АШВУ. Повышение частоты и мощности полевых транзисторов. /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
5.4	Статические и частотные свойства полевых транзисторов Особенности конструирования /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
5.5	Полевые транзисторы с двумерным электронным газом: на основе гетероструктуры AlGaN /GaN с высокой подвижностью электронов в канале(HEMT). Частотные, мощностные характеристики, выбор оптимальной топологии. /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
5.6	Решение задач по определению характеристик полевых транзисторов. /Ср/	7	5	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			

	<b>Раздел 6. Оптоэлектронные приборы</b>							
6.1	Оптоэлектронные приборы Фотоприемники. Требования к материалам. Основные характеристики, фотопроводящие приемники и фотодиоды. Фотодиодный фотогальванический режимы. Различные конструкции солнечных элементов; р-і-п фотодиоды, фотодиоды Шоттки. Лавинные фотодиоды. Фототранзистор ы. /Лек/	7	2	УК-1-31 УК-1- У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК- 3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3		КМ5	
6.2	Светодиоды, принцип действия, основные характеристики. Светодиоды на различных материалах АЗВ5. Разработка зеленых и синих светодиодов на материалах АЗN. Создание белых светодиодов /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-1- У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК- 3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
6.3	Инжекционные лазеры. Применение резонатора Фабри-Перо для реализации положительной обратной связи. Современные конструкции оптоэлектронных приборов с квантовыми ямами и сверхрешетками. /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-1- У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК- 3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
6.4	Светодиоды с гетеропереходами на основе соединений и твердых растворов АЗВ5 /Пр/	7	1	УК-1-31 УК-1- У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК- 3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
6.5	Решение задач по определению характеристик оптоэлектронных приборов. /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-1- У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.1 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3			
6.6	Оптоэлектронные приборы /Лаб/	7	5	УК-1-31 УК-1- У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК- 3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л3.2 Л3.3Л2.3 Л2.4Л3.4 Л3.5 Л3.7			

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Свойства структуры металл-диэлектрик-полупроводник. Энергетические диаграммы идеальной МДП структуры.. Решение уравнения Пуассона Инверсия типа проводимости у поверхности полупроводника. Роль зарядовых состояний на поверхности полупроводника и в диэлектрике. Реальная МДП-структура. Выпрямляющий и омический контакты металл-полупроводник. Прохождение тока через контакты. Барьер Шоттки. Конструирование контактов. Роль легирования приконтактной области полупроводника.
КМ2	Тест 1		Образование р-п перехода. Контактная разность потенциалов. Решение уравнения Пуассона для резкого и линейного распределения примеси в р- п переходе. Толщина и барьерная емкость р-п перехода. Гетеропереходы. Построение энергетических диаграмм. Разрывы краев энергетических зон. Односторонняя инжекция. Возможные модели протекания тока. Роль рассогласования постоянных решеток. Возникновение механических напряжений и дислокаций несоответствия.
КМ3	Контрольная работа 2	УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1	Функциональные возможности р-п переходов. Параметры и конструктивные особенности диодов для различных применений.Диоды Шоттки. Выпрямители, стабилитроны, варикапы.
КМ4	Тест 2		Принцип действия, основные характеристики транзистора в различных схемах включения
КМ5	Контрольная работа 3	ПК-3-В1;ПК-3-У1;ПК-3-31	Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип действия, статические характеристики и параметры. Фотоприемники. Требования к материалам. Основные характеристики, фотопроводящие приемники и фотодиоды. Фотодиодный фотогальванический режимы. Различные конструкции солнечных элементов; р-і-п фотодиоды, фотодиоды Шоттки. Лавинные фотодиоды. Фототранзистор

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Контрольная работа 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Свойства структуры металл-диэлектрик-полупроводник. Энергетические диаграммы идеальной МДП структуры.. Решение уравнения Пуассона Инверсия типа проводимости у поверхности полупроводника. Роль зарядовых состояний на поверхности полупроводника и в диэлектрике. Реальная МДП-структура. Выпрямляющий и омический контакты металл-полупроводник. Прохождение тока через контакты. Барьер Шоттки. Конструирование контактов. Роль легирования приконтактной области полупроводника.

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из 3-х теоретических вопросов и одной задачи. Задачи в билетах являются типовыми и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины. Билеты хранятся на кафедре.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценки за экзамен выставляются по следующим критериям:

- «отлично» – студент правильно решил задачу и полно ответил на все теоретические вопросы;
- «хорошо» – студент решил задачу и недостаточно полно ответил на все теоретические вопросы;
- «удовлетворительно» – студент неправильно решил задачу, неполно ответил на теоретические вопросы;
- «неудовлетворительно» – студент не решил задачу, не ответил на теоретические вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ковалев А. Н.	Транзисторы на основе полупроводниковых гетероструктур: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.2	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1		Полупроводниковые приборы: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Издательство Академии Наук СССР, 1962
Л2.2		Полупроводниковые приборы в технике электросвязи	Электронная библиотека	Москва: Издательство "Связь", 1969
Л2.3	Давыдов В. Н.	Физические основы оптоэлектроники: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: ТУСУ, 2013
Л2.4	Давыдов В. Н.	Физические основы оптоэлектроники: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: ТУСУ, 2016
Л2.5	Цапенко Е. Ф., Черкашин Н. В.	Полупроводниковые приборы и устройства: учеб. пособие по курсу "Электротехника и основы электроники"	Библиотека МИСиС	М.: МГИ, 1983
Л2.6	Зи С. М., Трутко А. Ф.	Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973
Л2.7	Наумкина Л. Г.	Полупроводниковые приборы и физические основы их работы	Библиотека МИСиС	, 2005
Л2.8	Ковалев Алексей Николаевич, Фоломин Павел Иванович	Твердотельная электроника: Разд.: Контактные явления: Учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л2.9	Ковалев Алексей Николаевич	Твердотельная электроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л2.10	Кольцов Геннадий Иосифович, Диденко Сергей Иванович, Орлова Марина Николаевна	Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов: сб. задач	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Троян П. Е.	Твердотельная электроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006
Л3.2	Легостаев Н. С., Четвергов К. В.	Твердотельная электроника: методические указания: методическое пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012
Л3.3	Легостаев Н. С., Четвергов К. В.	Твердотельная электроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Эль Контент, 2011

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Юрчук Сергей Юрьевич, Диденко Сергей Иванович, Кольцов Геннадий Иосифович	Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
ЛЗ.5	Бузанов Олег Алексеевич, Кожухарь Андрей Юрьевич, Крутоголов Юрий Кузьмич, Фурманов Геннадий Петрович	Физика оптоэлектронных приборов: Лаб. практикум для студ. спец. 20.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
ЛЗ.6	Кольцов Геннадий Иосифович, Ковалев Алексей Николаевич, Маняхин Федор Иванович	Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем: лаб. практикум для студ. спец. 20.20, 20.02, 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989
ЛЗ.7	Мартынов Валерий Николаевич, Гурков Л. Н.	Полупроводниковая оптоэлектроника: лаб. практикум для студ. спец. 2002	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1995

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	MATCAD

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
К-428	Учебная аудитория	4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MILA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами физики полупроводников и основы твердотельной электроники. Практические занятия нацелены на изучение характеристик полупроводниковых приборов и особенностей их производства и применения.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);

- при проведении практических занятий допускается использование проприетарного ПО, входящего в состав технологического и исследовательского оборудования.

Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas.

В учебном процессе используются программные базы вуза и автоматизированные средства взаимодействия преподавателя и обучающегося. Электронный контент в Canvas содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.

По курсу предусмотрено выполнение расчётного домашнего задания, курсового проекта и сдачи экзамена.