

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 21:51:02

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)

Физика полупроводников и основы твёрдотельной электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 6

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	17	34	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	51	68	51
Контактная работа	68	51	68	51
Сам. работа	40	39	40	39
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	126	144	126

Программу составил(и):

к.т.н., Доцент, Якушко Е.В.

Рабочая программа

Физика полупроводников и основы твердотельной 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 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

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.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники	
2.1.2	Общее материаловедение	
2.1.3	Статистическая физика	
2.1.4	Физические свойства кристаллов	
2.1.5	Электроника	
2.1.6	Методы математической физики	
2.1.7	Основы квантовой механики	
2.1.8	Практическая кристаллография	
2.1.9	Физика	
2.1.10	Физическая химия	
2.1.11	Электротехника	
2.1.12	Математика	
2.1.13	Органическая химия	
2.1.14	Информатика	
2.1.15	Химия	
2.1.16	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Инженерная математика	
2.2.2	Конструкционные материалы и их технологии	
2.2.3	Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники	
2.2.4	Оборудование микро- и нанотехнологий	
2.2.5	Оборудование производства магнитных материалов	
2.2.6	Физические основы микро- и наносистемной техники	
2.2.7	Функциональные материалы и их технологии	
2.2.8	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.2.9	Магнитные измерения	
2.2.10	Моделирование и проектирование микро- и наносистем	
2.2.11	Основы спинтроники	
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.14	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.2.15	Химия наноматериалов и наносистем	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-4: Способен разрабатывать на основе современных программных продуктов эффективные алгоритмы решения задач по созданию материалов микро- и наносистемной техники с заданным набором эксплуатационных характеристик, а также технологий их получения
Знать:
ПК-4-31 физические и физико-химические основы технологии получения многокомпонентных гетероструктур, изделий электроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы;

ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники
Знать:
ПК-3-31 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-4: Способен разрабатывать на основе современных программных продуктов эффективные алгоритмы решения задач по созданию материалов микро- и наносистемной техники с заданным набором эксплуатационных характеристик, а также технологий их получения
Уметь:
ПК-4-У1 решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники
Уметь:
ПК-3-У1 вести поиск необходимой информации в специальной и справочной литературе и на интернет – ресурсах
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
Уметь:
УК-1-У1 читать учебную, справочную и специальную литературу по данной дисциплине, понимать и правильно интерпретировать прочитанное
ПК-4: Способен разрабатывать на основе современных программных продуктов эффективные алгоритмы решения задач по созданию материалов микро- и наносистемной техники с заданным набором эксплуатационных характеристик, а также технологий их получения
Владеть:
ПК-4-В1 применять на практике навыки самостоятельной работы с литературой для поиска информации о понятиях, терминах, задачах и проблемах, объяснения их решения в практических ситуациях
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники
Владеть:
ПК-3-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
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
Владеть:
УК-1-В1 владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы

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
	Раздел 1. Контактные явления в твердых телах							

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. /Лек/	6	1	УК-1-31 УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
1.2	Выпрямляющий и омический контакты металл-полупроводник. Прохождение тока через контакты. Барьер Шоттки. Конструирование контактов. Роль легирования приконтактной области полупроводника. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
1.3	Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник. /Пр/	6	3	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
1.4	Решение задач по определению характеристик выпрямляющих контактов /Ср/	6	4	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
1.5	Конструирование омических и выпрямляющих контактов к различным полупроводниковым структурам. /Ср/	6	4	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
1.6	Контактные явления в твердых телах /Лаб/	6	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л2.1 Л2.2Л1.1 Л1.1Л2.9			
	Раздел 2. Свойства р-п перехода							
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. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			

2.2	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/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
2.3	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. /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
2.4	Построение энергетических диаграмм гетеропереходов: получение и свойства Расчет параметров гетероструктур /Пр/	6	3	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
2.5	Вывод идеальной вольтамперной характеристики. р-п перехода. Особенности реальной ВАХ. /Ср/	6	5	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
	Раздел 3. Полупроводниковые диоды							
3.1	Полупроводниковые диоды Функциональные возможности р-п переходов. Параметры и конструктивные особенности диодов для различных применений. Диоды Шоттки. Выпрямители, стабилитроны, варикапы. /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
3.2	Высокочастотные диоды: параметрические, туннельные, лавинно-пролетные диоды. Переключательные диоды. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			

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. /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
3.4	Частотные свойства СВЧ параметрических, туннельных, лавинно-пролетных диодов. /Пр/	6	2	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
3.5	Решение задач по определению характеристик полупроводниковых диодов. /Ср/	6	6	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
3.6	Полупроводниковые диоды /Лаб/	6	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л1.1Л2.9			
Раздел 4. Биполярные транзисторы								
4.1	Биполярные транзисторы. Принцип действия, основные характеристики транзистора в различных схемах включения. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
4.2	Эквивалентная схема транзистора.. Учет обратной отрицательной связи. Предельные частоты. Режим переключения. Дрейфовый планарный биполярный транзистор. /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
4.3	Биполярные гетеропереходные транзисторы с широкозонным эмиттером. Конструктивные особенности БГТ на основе Si/GeSi/Si структур и материалов АШВВ. Успехи и проблемы повышения частоты и мощности /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
4.4	Решение задач по определению характеристик биполярных транзисторов. /Ср/	6	6	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
Раздел 5. Полевые транзисторы								

5.1	Полевые транзисторы Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип действия, статические характеристики и параметры. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
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. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
5.3	Полевые гетеротранзисторы с двумерным каналом на основе материалов АШВУ. Повышение частоты и мощности полевых транзисторов. /Лек/	6	1	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
5.4	Статические и частотные свойства полевых транзисторов Особенности конструирования /Пр/	6	3	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
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. /Пр/	6	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
5.6	Решение задач по определению характеристик полевых транзисторов. /Ср/	6	6	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
	Раздел 6. Оптоэлектронные приборы							
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. Фототранзисторы. /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			

6.2	Светодиоды, принцип действия, основные характеристики. Светодиоды на различных материалах АШВУ. Разработка зеленых и синих светодиодов на материалах АШН. Создание белых светодиодов /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
6.3	Инжекционные лазеры. Применение резонатора Фабри-Перо для реализации положительной обратной связи. Современные конструкции оптоэлектронных приборов с квантовыми ямами и сверхрешетками. /Лек/	6	1	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
6.4	Светодиоды с гетеропереходами на основе соединений и твердых растворов АЗВ5 /Пр/	6	4	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
6.5	Решение задач по определению характеристик оптоэлектронных приборов. /Ср/	6	8	УК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.8			
6.6	Оптоэлектронные полупроводниковые приборы /Лаб/	6	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л2.3Л1.1Л2.9			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 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.
КМ2	Контрольная работа 2. 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.

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

P1	Реферат		<ol style="list-style-type: none"> 1) Механизмы проводимости твердых тел. 2) Типы квантовых ям. Зонная структура в квантовой яме. 3) Полупроводниковые сверхрешеточные структуры. 4) Легированные сверхрешетки. 5) Легированные гетероструктуры. Дефекты эпитаксиальных слоев. 6) Физика эпитаксиальных процессов. 7) Псевдоаморфные гетероструктуры на GaAs. 8) Метаморфные гетероструктуры на GaAs, InP НЕМТ. 9) Гетероструктуры в солнечной энергетике. 10) Гетероструктурные светоизлучающие приборы. 11) Полевые гетеротранзисторы на материалах АЗН. 12) Механизмы формирования гетероэпитаксиальных структур с квантовыми точками. 13) Самоорганизация при эпитаксии. 14) Процессы переноса в наноструктурах в электрических полях. 15) Приборы на основе использования массивов квантовых точек. 16) Формирование гетеробиполярных транзисторных структур. 17) Оптимизация гетероструктуры с квантовой ямой. 18) Получение и использование варизонных гетероструктур. 19) Влияние поляризационных эффектов и поверхностных состояний на характеристики полевых GaN гетеротранзисторов. 20) Приборные применения сверхрешеточных структур.
----	---------	--	---

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:

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

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1		Полупроводниковые приборы: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1962
Л2.2		Полупроводниковые приборы в технике электросвязи	Электронная библиотека	Москва: Издательство "Связь", 1969
Л2.3	Цапенко Е. Ф., Черкашин Н. В.	Полупроводниковые приборы и устройства: учеб. пособие по курсу "Электротехника и основы электроники"	Библиотека МИСиС	М.: МГИ, 1983
Л2.4	Зи С. М., Трутко А. Ф.	Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973
Л2.5	Наумкина Л. Г.	Полупроводниковые приборы и физические основы их работы	Библиотека МИСиС	, 2005
Л2.6	Ковалев А. Н., Фоломин П. И.	Твердотельная электроника: Разд.: Контактные явления: Учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л2.7	Ковалев А. Н.	Твердотельная электроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2010

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.8	Кольцов Г. И., Диденко С. И., Орлова М. Н.	Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов: сб. задач	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Кольцов Г. И., Ковалев А. Н., Маняхин Ф. И.	Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем: лаб. практикум для студ. спец. 20.20, 20.02, 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989

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
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
К-427	Учебная аудитория	стационарные компьютеры 6 шт., 4 ноутбука, пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели 25 посадочных мест
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с 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 и сдачи экзамена.