

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:28

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

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	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	34	17	34
Итого ауд.	51	68	51	68
Контактная работа	51	68	51	68
Сам. работа	57	31	57	31
Итого	108	99	108	99

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 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , 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.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.2	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.3	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.4	Технология материалов электронной техники	
2.1.5	Физика диэлектриков	
2.1.6	Физика конденсированного состояния	
2.1.7	Физика магнитных явлений	
2.1.8	Статистическая физика	
2.1.9	Физические свойства кристаллов	
2.1.10	Методы математической физики	
2.1.11	Основы квантовой механики	
2.1.12	Практическая кристаллография	
2.1.13	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.14	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.15	Физика	
2.1.16	Физическая химия	
2.1.17	Электротехника	
2.1.18	Математика	
2.1.19	Органическая химия	
2.1.20	Информатика	
2.1.21	Химия	
2.1.22	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
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	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.7	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.2.13	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.2.14	Светоизлучающие полупроводниковые приборы	
2.2.15	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

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. Выпрямляющий и омический контакты металл-полупроводник. Прохождение тока через контакты. Барьер Шоттки. Конструирование контактов. Роль легирования приконтактной области полупроводника. /Лек/	7	3		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	
1.2	Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник. /Пр/	7	4		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		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	4		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		Л2.1 Л2.2 Л1.1 Л1.2Л1.1 Л1.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л2.1			

	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. 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		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	
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	4		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	2		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	6		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	4		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			
	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/	7	3		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		КМ3	
3.2	Высокочастотные диоды: параметрические, туннельные, лавинно-пролетные диоды. Переключательные диоды. /Пр/	7	2		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		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		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	4		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		Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л1.1 Л1.2Л1.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л2.1			
Раздел 4. Биполярные транзисторы								
4.1	Биполярные транзисторы. Принцип действия, основные характеристики транзистора в различных схемах включения. /Лек/	7	3		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	2		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	2		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	3		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			
	Раздел 5. Полевые транзисторы							
5.1	Полевые транзисторы Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип действия, статические характеристики и параметры. /Лек/	7	3		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		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		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		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		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	2		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			
	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/	7	2		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 АШВУ. Разработка зеленых и синих светодиодов на материалах АШН. Создание белых светодиодов /Ср/	7	2		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	2		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		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	2		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		Л2.1 Л3.2 Л3.3Л2.3 Л2.4Л3.4 Л3.5 Л3.7			

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		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		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		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 (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Практическая работа №1. Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №2. Конструирование омических и выпрямляющих контактов к различным полупроводниковым структурам; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №3. Построение энергетических диаграмм гетеропереходов: получение и свойства Расчет параметров гетероструктур; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №4. Вывод идеальной вольтамперной характеристики. р-п перехода. Особенности реальной ВАХ; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №5. Частотные свойства СВЧ параметрических, туннельных, лавинно-пролетных-диодов; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №6. Статические и частотные свойства полевых транзисторов. Особенности конструирования. УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №7. Полевые транзисторы с двумерным электронным газом: на основе гетероструктуры AlGaIn /GaN с высокой подвижностью электронов в канале(HEMT). Частотные, мощностные характеристики, выбор оптимальной топологии; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Практическая работа №8. Светодиоды с гетеропереходами на основе соединений и твердых растворов AlB5; УК-3-31 ПК-2-31 ПК-5-31 УК-2-31 УК-2-У1 ПК-5-У1 УК-3-У1 ПК-5-В1 УК-2-В1 УК-3-В1 ПК-2-В1

Темы курсовых работ:

- 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 HEMT.
- 9) Гетероструктуры в солнечной энергетике.
- 10) Гетероструктурные светоизлучающие приборы.
- 11) Полевые гетеротранзисторы на материалах AlN.
- 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

6.1.1. 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

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	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 А. Н., Фоломин П. И.	Твердотельная электроника: Разд.: Контактные явления: Учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л2.9	Ковалев А. Н.	Твердотельная электроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л2.10	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	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
Л3.4	Юрчук С. Ю., Диденко С. И., Кольцов Г. И.	Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л3.5	Бузанов О. А., Кожухарь А. Ю., Крутоголов Ю. К., Фурманов Г. П.	Физика оптоэлектронных приборов: Лаб. практикум для студ. спец. 20.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л3.6	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.7	Мартынов В. Н., 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 MPA-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, ПК с 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, 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, курсового проекта и сдачи экзамена.