

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:26

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)

Полупроводниковая наноэлектроника

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 93

Формы контроля в семестрах:
зачет с оценкой 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.ф.-.м.н., доцент, Рабинович Олег Игоревич

Рабочая программа

Полупроводниковая наноэлектроника

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 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью освоения дисциплины является формирование у студентов компетенций в соответствие с учебным планом по направлению 11.04.04 в области электроники и нанoeлектроники, дающих общие представления о процессах в структурах низкой размерности, современных многокомпонентных наногетероструктурах, физических процессах в них.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.2	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.3	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.4	Технология материалов электронной техники	
2.1.5	Физика диэлектриков	
2.1.6	Физика конденсированного состояния	
2.1.7	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.8	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.9	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.10	Статистическая физика	
2.1.11	Физические свойства кристаллов	
2.1.12	Электроника	
2.1.13	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.14	Методы математической физики	
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	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 нанoeлектронике	
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	Нормы и правила оформления ВКР	
2.2.7	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.8	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники	
2.2.9	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита 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	
2.2.16	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.2.17	Элементы и устройства магнитоэлектроники	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ								
ПК-5: Способность разрабатывать технические описания на отдельные блоки изделий электронной техники								
Знать:								
ПК-5-31 изделия электронной техники								
ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения								
Знать:								
ОПК-4-31 принципы работы современных информационных технологий								
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения								
Знать:								
УК-2-31 Физическую сущность процессов, протекающих при реализации нанотехнологий.								
ПК-5: Способность разрабатывать технические описания на отдельные блоки изделий электронной техники								
Уметь:								
ПК-5-У1 разрабатывать технические описания								
ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения								
Уметь:								
ОПК-4-У1 использовать современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности								
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения								
Уметь:								
УК-2-У1 Различать физические свойства электронных системах различной размерности.								
ПК-5: Способность разрабатывать технические описания на отдельные блоки изделий электронной техники								
Владеть:								
ПК-5-В1 создавать описания изделий электронной техники								
ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения								
Владеть:								
ОПК-4-В1 разработкой алгоритмами и компьютерными программами, пригодными для практического применения								
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения								
Владеть:								
УК-2-В1 Методами выбора материала и необходимой технологии его изготовления при конструировании конкретного типа прибора с заданными характеристиками.								

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. Классификация наноразмерных структур							

1.1	Фундаментальные сведения о полупроводниковых наноразмерных структурах. Сравнительный анализ перспектив Si, Ge, соединений АЗВ5, А2В6, А4В4. Наногетероструктуры и наиболее распространенные системы полупроводниковых материалов на основе твердых растворов АЗВ5. Обзор физических свойств объёмных трёхмерных (3D) полупроводников. /Лек/	7	10	УК-2-31 УК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.2	Анализ свойств объёмных трёхмерных (3D) полупроводников – зонные энергетические диаграммы электронов, плотности состояний, легирование, статистика носителей заряда /Пр/	7	4	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.2 Л1.1Л2.1 Л3.3Л3.2 Л3.5 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.3	Подготовка к написанию контрольной работы №1 /Ср/	7	5	УК-2-У1	Л1.3 Л1.1Л3.3Л3.5 Э1	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.4	Написание контрольной работы №1 /Пр/	7	1	УК-2-31	Л1.3 Л1.1Л3.5Л3.2 Э1	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ2	
1.5	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	7	7	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.1Л3.5 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
	Раздел 2. Технологии получения низкоразмерных структур Моделирование свойств и физических процессов в многослойных гетероструктур.							
2.1	Низкоразмерные структуры и их свойства. /Лек/	7	11	ОПК-4-В1	Л1.3 Л1.1Л3.3 Л3.5Л3.4 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

2.2	Проработка лекционного материала /Ср/	7	10	ПК-5-31	Л1.3 Л1.1Л3.2Л2. 3 Э1	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		
2.3	Подготовка к контрольной работе /Ср/	7	14	УК-2-У1	Л1.3 Л1.1Л3.5Л3. 2 Л3.3 Э1 Э3	Методически е указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		
2.4	Написание контрольной работы №2 /Пр/	7	4	ОПК-4-У1	Л1.3 Л1.1Л3.4Л2. 3 Э1	Методически е указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)	КМ3	
2.5	Современные технологии получения полупроводниковых тонких пленок и наногетероструктур. /Лек/	7	2	ПК-5-В1	Л1.3 Л1.1Л3.2 Л3.3Л3.4 Л3.5 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованн ой ТСО.		
2.6	МЛЭ, Мос-гидридная технология /Пр/	7	3	ПК-5-31	Л1.3 Л1.1Л3.2 Л3.4Л3.3 Л3.5 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованн ой ТСО.		
	Раздел 3. Взаимосвязь наногетероструктур и свойства приборов нанoeлектроники							
3.1	Оптоэлектронные приборы на основе наногетероструктур /Лек/	7	8	УК-2-31	Л1.3 Л1.1Л3.2Л3. 5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованн ой ТСО.		
3.2	Проработка лекционного материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/	7	12	УК-2-У1	Л1.3 Л1.1Л2.1Л3. 3 Л3.5 Э3	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		
3.3	Подготовка и выполнение домашнего задания- /Ср/	7	20	ОПК-4-У1	Л1.3 Л1.1Л2.1Л3. 3 Э1 Э3	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		

3.4	Силовые приборы на основе наногетероструктур /Лек/	7	3	УК-2-У1	Л1.3Л3.2 Л1.1Л3.3 Л3.5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.5	Проработка лекционного материала для практических работ /Ср/	7	10	УК-2-В1	Л1.3 Л1.1Л2.1 Л3.4Л3.3 Л3.5 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.6	Защита домашнего задания /Пр/	7	4	ПК-5-У1	Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.2 Л3.5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. Проверка в системе LMS CANVAS.		P1
3.7	Подготовка к контрольной работе /Ср/	7	15	ПК-5-У1	Л1.2 Л1.1Л2.1Л3.5 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.8	Выполнение контрольной работы 3 /Пр/	7	1	ПК-5-31	Л1.3 Л1.1Л2.1Л2.3 Э3	Методические указания по решению задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ4	

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	Зачет с оценкой	УК-2-31;ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-5-31;ПК-5-В1;ПК-5-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классические и квантово-размерные явления/эффекты 2. Условия наблюдения и суть квантово-размерных эффектов 3. Квантово-размерный ямы, их классификация и особенности 4. Электроны в бескрайних и ограниченных квантово-размерных ямах 5. Размерное квантование в потенциальных ямах 6. Электронные состояния в кванто-размерных ямах 7. Множественные квантово-размерные ямы и сверхрешетки 8. Влияние электрического поля на эффекты в одиночной квантово-размерной яме 9. Влияние электрического поля на эффекты в множественных квантово-размерных ямах. Эффект туннелирования 10. Структуры с 2D электронным газом 11. 1D, 0D мерные системы-примеры и особенности 12. Особенности гетероструктур 13. δ-легирование слоев гетероструктур 14. Дефекты в гетероструктурах и их влияние на свойства материалов 15. Энергетические состояния в сверхрешетках 16. Влияние примеси на энергетические состояния в гетероструктурах, в квантово-размерных ямах 17. Нанолитография 18. Методы выращивания многокомпонентных наногетероструктур 19. Светоизлучающие диоды 20. Виды транзисторов и их основные особенности <ol style="list-style-type: none"> 1. Получить оценку предельной толщины пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений, если подвижность электронов в пленке $10^4 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$. 2. Какова предельная толщина пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре, если эффективная масса носителей $m = 0,1m_0$? 3. Для прямоугольной квантовой ямы шириной L и глубиной U получить уравнение для определения значений энергии связанных состояний. Определить число связанных состояний в яме. Найти условие, при котором расстояние по шкале энергий от вершины барьера до нижнего уровня в яме равно заданной величине E_0. 4. Поверхность тонкой монокристаллической пленки кремния имеет ориентацию (100). Рассчитайте плотность электронных состояний в таком двумерном электронном газе. Что изменится при ориентации поверхности (111)? 5. Рассчитать длину волны в максимуме спектра излучения между первыми связанными состояниями электронов и дырок в квантовой яме твердого раствора $\text{In}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ шириной 2 нм и бесконечной глубиной. Эффективная масса электронов $m_n = 0,2m_0$, эффективная масса дырок $m_p = 1,5m_0$. 6. Найти связь между концентрацией электронов и уровнем Ферми для вырожденного одномерного электронного газа. 7. Определить ток, при котором происходит полное заполнение носителями заряда активной области двойной гетероструктуры $\text{AlGaAs}/\text{GaAs}$. Высота потенциального барьера $\Delta E_C = 0,2 \text{ эВ}$. Ширина активной области равна 50 нм. 8. Энергия ионизации магния (Mg) в GaN $E_a = 200 \text{ мэВ}$. Какая часть акцепторов будет ионизирована при температуре 300 К, если их концентрация равна 10^{18} см^{-3}? 9. Определить два основных условия при которых баллистическая проводимость квантовой проволоки описывается формулой $\sigma = e^2 / \pi \hbar$ 10. Определить минимальный диаметр сферической квантовой точки в системе GaAs- Al_{0,4}Ga_{0,6}As при котором существует один электронный уровень. использовать такие параметры как разрыв в зоне проводимости $\Delta E_C = 0,3 \text{ эВ}$, эффективную массу электронов $m_n = 0,1m_0$
-----	-----------------	--	---

КМ2	Контрольная работа 1	УК-2-31	<p>1. GaN: это материал AIBVI или AIIIBV?</p> <p>2. GaAs, InN, AlP, Si: какой из представленных материалов является прямозонным ?</p> <p>3. Ответьте как изменится энергетическая запрещённая зоны с увеличением X (содержанием элемента)?</p> <p>4. В какой структуре наилучшее согласование между слоями AlAs-GaAs and GaP-InP ?</p> <p>5. Плёнки GaN films выращены МОС-гидридной технологией: какие наиболее используемые источники.?</p> <p>6. Токи какой природы не протекают в квантово-размерных ямах двойной гетероструктуры: дрейфово-диффузионной, термоэлектронной или туннелирования?</p> <p>7. Какой вид подложки для гетероструктур AlGaInN, выращенных МОС-гидридной технологий</p>
КМ3	Контрольная работа 2	ОПК-4-У1	<p>8. Получить оценку предельной толщины пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений, если подвижность электронов в пленке $10^4 \text{ см}^2 / (\text{В с})$.</p> <p>9. Какова предельная толщина пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре, если эффективная масса носителей $m = 0.1m_0$?</p> <p>10. Для прямоугольной квантовой ямы шириной L и глубиной U получить уравнение для определения значений энергии связанных состояний. Определить число связанных состояний в яме. Найти условие, при котором расстояние по шкале энергий от вершины барьера до нижнего уровня в яме равно заданной величине E_0.</p> <p>11. Поверхность тонкой монокристаллической пленки кремния имеет ориентацию (100). Рассчитайте плотность электронных состояний в таком двумерном электронном газе. Что изменится при ориентации поверхности (111)?</p>
КМ4	Контрольная работа 3	ПК-5-31	<p>12. Гетероструктуры в системе AlInGaN могут быть полярными или нет, Какие структуры выращенные на подложке Al₂O₃ в направлении -c ?</p> <p>13. Что обозначает MOSFET - ?</p> <p>14. Что означает HEMT - ?</p> <p>15. Рассчитать длину волны в максимуме спектра излучения между первыми связанными состояниями электронов и дырок в квантовой яме твёрдого раствора In_{0.1}Ga_{0.9}N шириной 2 нм и бесконечной глубиной. Эффективная масса электронов $m_n = 0.2m_0$, эффективная масса дырок $m_p = 1.5m_0$.</p> <p>16. Найти связь между концентрацией электронов и уровнем Ферми для вырожденного одномерного электронного газа.</p> <p>17. Определить ток, при котором происходит полное заполнение носителями заряда активной области двойной гетероструктуры AlGaAs/GaAs. Высота потенциального барьера $\Delta E_C = 0.2 \text{ эВ}$. Ширина активной области равна 50 нм.</p>
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	Домашнее задание	ПК-5-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Размерное квантование. Двумерные (2D) системы – квантово-размерные ям в двойных гетероструктурах на основе соединений AlGaInN 2. Соединения АПВВ и традиционные материалы Si/Ge – различия основных характеристик 3. Одномерные (1D) системы –квантовые точки (КТ). Спектр и плотность электронных состояний, статистика и транспорт носителей заряда. 4. Особенности транспорта носителей заряда в 3D, 2D, 1D и 0D системах 5. Баллистический транспорт и проводимость в квантовых проволоках (КП). 6. Метод молекулярно лучевой эпитаксии и МОС-гидридная технология получения соединений АПВВ – преимущества и недостатки. 7. Основные методы и инструментарий для исследований структурных свойств наноразмерных материалов: атомно-силовая микроскопия, сканирующее –туннельная микроскопия, Оже-микроскопия, рентгеновская микроскопия 8. Экситоны в одномерных (1D) квантовые проволоки (КП) и нульмерных (0D) –квантовые точки (КТ) системах. 9. Самоорганизующие системы в соединениях АПВВ. 10. Основы и инструментарий нанолитографии 11. Полевые транзисторы с двумерным газом (2D) на основе Si MOSFET и на гетероструктурах AlGaAs/GaAs с высокой подвижностью электронов в канале (HEMT): сравнение их характеристик. 12. AlGaInN – Светоизлучающие диоды. 13. Роль квантово-размерных ям в оптическом свечении излучающих диодов 14. Гетеролазеры с КЯ и КТ на основе соединений АПВВ. 15. Пьезоэлектрическое поле, спонтанная поляризация, эффект поляризации и Штарка. 16. Одноэлектронный компьютер – физические основы и перспективы.
----	------------------	---------	---

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

В данном курсе предусмотрен Зачет, как финальное испытание.

Билет состоит из 2-х вопросов.

Вопросы для оценки располагаются в разделе для самоподготовки.

Первый вопрос - теоретический и типовые варианты представлены в разделе для самоподготовки.

Второй вопрос - расчетно-графический и типовые варианты представлены в разделе для самоподготовки.

Вариант билета прикреплен в разделе Приложения.

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

По дисциплине для получения Зачета студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить и защитить ДЗ.

Оценки за контрольную работу выставляются по следующим критериям:

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

Защита ДЗ происходит в электронной среде Canvas. Оценка выставляется по следующим критериям:

- а) «отлично» – студент правильно провел анализ информации, полно представил работу, сделал правильные выводы, исчерпывающе ответил на вопросы при защите работы;
- б) «хорошо» – студент правильно или с небольшими ошибками представил информацию, сделал правильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;;
- в) «удовлетворительно» – студент провел необходимые расчеты с незначительными ошибками, представил неверный анализ, сделал неполные или неправильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;
- г) «неудовлетворительно» – студент провел представил анализ с грубыми ошибками, сделал неправильные выводы, не ответил или ответил неверно на вопросы при защите работы;.

Оценка за Зачет формируется как среднеарифметическое за все контрольные работы и ДЗ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Павлов Л. П.	Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1975
Л1.2	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1976
Л1.3	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1971

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ковалев А. Н.	Транзисторы на основе полупроводниковых гетероструктур: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.2	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Зи С. М., Трутко А. Ф.	Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973
Л3.2	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Евсеев В. А.	Основы технологии электронной компонентной базы. Моделирование технологических процессов получения тонкопленочных материалов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л3.3	Сушков В. П., Кузнецов Г. Д., Рабинович О. И.	Конструирование компонентов и элементов микро- и нанoeлектроники. Компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л3.4	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г.	Основы технологии электронной компонентной базы. Методы контроля характеристик материалов в технологических процессах получения тонкопленочных материалов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л3.5	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Маренкин С. Ф., Подгорная С. В.	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Курс "Физика наноструктур" в LMS CANVAS	https://lms.misis.ru/enroll/TRWTH6
Э2	ЭБС "Лань"	https://e.lanbook.com
Э3	База статей Scopus	www.scopus.com

6.3 Перечень программного обеспечения	
П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	ANSYS Academic Research CFD
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas
П.5	MATCAD
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
И.1	Научные журналы и статьи
И.2	http://elibrary.ru/
И.3	https://link.springer.com/
И.4	Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.5	Scopus https://www.scopus.com/
И.6	Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
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
<p>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. Расчетно-графические работы выполняются с помощью пакета прикладных программ.</p> <p>Выполнение лабораторных работ связано с использованием электроизмерительных приборов и стендов, являющихся источниками повышенной опасности, так как некоторые элементы их находятся под высоким напряжением. Поэтому к лабораторным работам студенты допускаются только после инструктажа по технике безопасности. Выполнение работ в отсутствие преподавателя запрещается.</p> <p>Практические занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением. Электронные презентации и (или) опорные конспекты теоретических основ дисциплины заранее передаются обучающимся для предварительного ознакомления. Перед проведением практических и лабораторных занятий обучающимся рекомендуется самостоятельно просмотреть теоретический материал по тематике предстоящего занятия. Лабораторные работы проводятся в два этапа: проверка готовности студентов к выполнению работы и проведение всех запланированных экспериментов, защита лабораторных работ.</p> <p>Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте https://lms.misis.ru/enroll/TRWTH6. 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.</p>