

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:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Приборы и устройства на основе наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 10

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

Приборы и устройства на основе наносистем

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 20.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью освоения дисциплины является формирование у студентов компетенций в соответствии с учебным планом по направлению 11.04.04 в области электроники и нанoeлектроники, дающих общие представления о процессах в современных многокомпонентных наногетероструктурах и приборах на их основе.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

	Блок ОП:	Б1.В.ДВ.16
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Методы математического моделирования	
2.1.2	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.1.3	Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники	
2.1.4	Силовые полупроводниковые приборы	
2.1.5	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.6	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
2.1.7	Физика наноструктур	
2.1.8	Физико-химия и технология наноструктур	
2.1.9	Вакуумная и плазменная электроника	
2.1.10	Квантоворазмерные структуры в нанoeлектронике	
2.1.11	Магнитные измерения	
2.1.12	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.1.13	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.1.14	Нанoeлектроника полупроводниковых приборов и устройств	
2.1.15	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.1.16	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники	
2.1.17	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.1.18	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.1.19	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.1.20	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.1.21	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.1.22	Элементы и устройства магнитоэлектроники	
2.1.23	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.24	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.25	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.26	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.27	Методы исследования материалов и структур электроники	
2.1.28	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.1.29	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.30	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.31	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.32	Приемники оптического излучения	
2.1.33	Физика импульсного отжига	
2.1.34	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.35	Физические основы электроники	
2.1.36	Функциональная нанoeлектроника	
2.1.37	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.38	Инженерная математика	
2.1.39	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.40	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.41	Технология материалов электронной техники	
2.1.42	Физика диэлектриков	
2.1.43	Физика конденсированного состояния	
2.1.44	Физика магнитных явлений	
2.1.45	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	

2.1.46	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике
2.1.47	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике
2.1.48	Статистическая физика
2.1.49	Физические свойства кристаллов
2.1.50	Электроника
2.1.51	Математическая статистика и анализ данных
2.1.52	Методы математической физики
2.1.53	Практическая кристаллография
2.1.54	Физика
2.1.55	Физическая химия
2.1.56	Математика
2.1.57	Органическая химия
2.1.58	Химия
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.2	Проектирование и технология электронной компонентной базы
2.2.3	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.4	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.5	Физика и техника магнитной записи
2.2.6	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.7	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A ₂ B ₆
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

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники

Знать:

ПК-5-31 технологические процессы микроэлектроники

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

Знать:

ОПК-2-31 представления полученных данных

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

Знать:

ОПК-1-31 методы естественных наук и математики

ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники

Уметь:

ПК-5-У1 выбирать перспективные технологические процессы

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

Уметь:

ОПК-2-У1 проводить экспериментальные исследования

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Уметь:
ОПК-1-У1 использовать положения естественных наук
ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники
Владеть:
ПК-5-В1 анализом данных
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Владеть:
ОПК-2-В1 анализом экспериментальных данных
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Владеть:
ОПК-1-В1 использование методов математики для решения задач инженерной деятельности

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. Наноразмерные структуры							
1.1	Основные понятия о полупроводниковых наноразмерных структурах. Низкоразмерные композиции. /Лек/	10	3	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 3 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.2	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	10	10	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.3	Подготовка к написанию контрольной работы №1 /Ср/	10	6	ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.4	Написание контрольной работы №1 /Пр/	10	9	ОПК-2-31 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л3.4Л3. 3 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

	Раздел 2. Методы выращивания гетероструктур. Моделирование процессов роста							
2.1	Современные методы выращивания наногетероструктур - МЛЭ и Мос-гидридный методы /Лек/	10	4	ОПК-2-У1 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.2	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	10	6	ОПК-2-В1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2Л3.4Л3. 3 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.3	Подготовка к написанию контрольной работы 2 /Ср/	10	6	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.4	Написание контрольной работы №2 /Пр/	10	10	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 3 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.5	Самоорганизованный рост наноструктур. /Лек/	10	4	ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л3.3Л2. 1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.6	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	10	6	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
	Раздел 3. Устройства нанoeлектроники на основе многокомпонентных гетероструктур							
3.1	Транзисторы и СВЧ-приборы на основе наноструктур /Лек/	10	3	ОПК-1-У1 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

3.2	Исследование параметров транзисторов /Лаб/	10	17	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.3	Подготовка к контрольной работе 3 /Ср/	10	17	ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.3 Э2	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.4	Написание контрольной работы №3 /Пр/	10	15	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.4 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.5	Светоизлучающие диоды и солнечные элементы. /Лек/	10	3	ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л3.4Л2.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.6	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	10	10	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л3.4Л2.1 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.7	Подготовка и выполнение домашнего задания /Ср/	10	15	ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.4 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		Р1

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	Экзамен	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	<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- $\text{Al}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{As}$ 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	ОПК-2-31;ПК-5-31	<p>1. GaN: это материал AIBVI или AIBV?</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-1-31	<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	ОПК-2-В1	<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 Экзамен, как финальное испытание.

Экзаменационный 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 экзаменационного билета прикреплен в разделе Приложения.

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

По дисциплине для получения экзамена студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить и защитить все лабораторные 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 экзамен 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	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1976
Л1.2	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Рабинович Олег Игоревич	Микроэлектроника. Компьютерное моделирование параметров полупроводниковых компонентов микроэлектроники: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л3.2	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Евсеев Виктор Алексеевич	Основы технологии электронной компонентной базы. Моделирование технологических процессов получения тонкопленочных материалов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л3.3	Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Рабинович Олег Игоревич	Конструирование компонентов и элементов микро- и нанoeлектроники. Компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л3.4	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Маренкин Сергей Федорович, Подгорная Светлана Владимировна	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л3.5	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Подгорная Светлана Владимировна, Маренкин Сергей Федорович	Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологий: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э1	Курс в LMS CANVAS - Приборы и устройства на основе наносистем	https://lms.misis.ru/enroll/BYHLRA		
Э2	Springer	https://link.springer.com/		
Э3	Elsevier	https://www.sciencedirect.com/		
6.3 Перечень программного обеспечения				
П.1	ANSYS Academic Research CFD			

П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft Office
П.4	MATCAD
П.5	Win Pro 10 32-bit/64-bit
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/
И.7	Электронный курс на платформе LMS CANVAS

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 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
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. Расчетно-графические работы выполняются с помощью пакета прикладных программ.

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 занятий обучающимся рекомендуется самостоятельно просмотреть теоретический материал по тематике предстоящего занятия. Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте <https://lms.misis.ru/enroll/ВУНЛРА>. 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.