

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 14:50:46

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)

Приборы и устройства на основе наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Технологии микро- и нанoeлектроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

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 - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.04.04-МЭН-23-3.plx Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Технологии микро- и нанoeлектроники, 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 соответствие 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
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Компьютерные технологии в научных исследованиях	
2.1.2	Методы исследования материалов	
2.1.3	Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур	
2.1.4	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии	
2.1.5	Научно-исследовательская практика	
2.1.6	Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций	
2.1.7	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.1.8	Термодинамика и микротехнология многокомпонентных гетероструктур	
2.1.9	Технологии получения материалов	
2.1.10	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)	
2.1.11	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.12	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.13	Конструирование светоизлучающих устройств	
2.1.14	Конструирование фотопреобразователей	
2.1.15	Методы математического моделирования	
2.1.16	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.17	Физика квантоворазмерных полупроводниковых гетерокомпозиций	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-31 методы естественных наук и математики
ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами
Знать:
ПК-4-31 Особенности оборудования роста гетерокомпозиций
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Знать:
ПК-2-31 Механизмы оптимизации процессов выращивания гетероструктур
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Знать:
УК-1-31 анализ и синтез информации

ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 Анализировать основные технологические процессы, с помощью которых в настоящее время создаются низкоразмерные тонкие плёнки и гетероструктуры неорганических полупроводниковых материалов.
ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У1 использовать положения естественных наук
ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируруемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами
Уметь:
ПК-4-У1 Анализировать наиболее эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов.
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Уметь:
УК-1-У1 осуществлять поиск и критический анализ информации
ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируруемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами
Владеть:
ПК-4-В1 Выбора материала и необходимой технологии его изготовления при конструировании конкретного типа прибора с заданными характеристиками.
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Владеть:
УК-1-В1 системным подходом для решения поставленных задач
ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Владеть:
ОПК-1-В1 использование методов математики для решения задач инженерной деятельности
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В1 Методологиями и методами моделирования процессов роста

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/	3	3	УК-1-31 ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 3 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

1.2	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	3	10	УК-1-У1 ОПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-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/	3	4	УК-1-В1 ОПК-1-В1 ПК-2-В1 ПК-4-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/	3	5	ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л3.4Л3. 3 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ2	
	Раздел 2. Методы выращивания гетероструктур. Моделирование процессов роста							
2.1	Современные методы выращивания наногетероструктур - МЛЭ и Мос-гидридный методы /Лек/	3	4	УК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.2	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	3	6	ПК-4-У1	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/	3	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/	3	5	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 3 Э3	Методически е указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)	КМ3	
2.5	Самоорганизованный рост наноструктур. /Лек/	3	4	ПК-2-У1 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л3.3Л2. 1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.6	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	3	6	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э2	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		
Раздел 3. Устройства нанoeлектроники на основе многокомпонентных гетероструктур								
3.1	Транзисторы и СВЧ-приборы на основе наноструктур /Лек/	3	3	ПК-2-31 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.2	Проработка лекционного материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/	3	10	ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э3	Методически е указания на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		
3.3	Подготовка к контрольной работе 3 /Ср/	3	7	ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 3 Э2	Методически е указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)		
3.4	Написание контрольной работы №3 /Пр/	3	7	УК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 4 Э3	Методически е указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутству ют на кафедре)	КМ4	

3.5	Светоизлучающие диоды и солнечные элементы. /Лек/	3	3	ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л3.4Л2.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.6	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	3	10	ПК-2-В1 ПК-4-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/	3	15	ПК-2-В1 ПК-4-У1	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-1-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-В1;УК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-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 $10^4 \text{ см}^2 / (\text{В с})$. 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 $\text{GaAs}-\text{Al}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{As}$ 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	ПК-2-31	<p>1. GaN: это материал АІВVI или АІВV?</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	УК-1-В1	<p>12. Гетероструктуры в системе AlInGaN могут быть полярными или нет, Какие структуры выращенные на подложке Al2O3 в направлении -с ?</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 In0.1Ga0.9N 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-2-В1;ПК-4-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 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 В. П., Кузнецов Г. Д., Рабинович О. И.	Микроэлектроника. Компьютерное моделирование параметров полупроводниковых компонентов микроэлектроники: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
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., Маренкин С. Ф., Подгорная С. В.	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л3.5	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Подгорная С. В., Маренкин С. Ф.	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.