

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.04.2023 13:07:53

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Физика наноструктур

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Магистр**

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 2

курсовая работа 2

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	18			
Неделя	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

**Физика наноструктур**

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 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, 11.04.04-МЭН-22-2.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ШЭ и ФШ**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

**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 структурах низкой размерности, современных многокомпонентных наногетероструктурах, физических процессах в них.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.3	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.1.4	Перспективные технологии и материалы для поиска новых физических эффектов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов	
2.2.2	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства	
2.2.3	Основы предпринимательства	
2.2.4	Перспективная фотовольтаика	
2.2.5	Проектирование и технология электронной компонентной базы	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.2.9	Физика СВЧ полупроводниковых приборов	
2.2.10	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-5: Способен демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-5-31 управление проектами, рисками и изменениями	
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-31 Особенности оборудования роста гетерокомпозиций	
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 Методы физико-технологического моделирования	
<b>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</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 положения, законы и методы естественных наук	
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У2 Определять существенные для выпускаемых изделий параметры и характеристики перспективных материалов, технологических процессов и оборудования	
ПК-4-У3 Определять критерии сравнения существующих и перспективных материалов, технологических процессов и оборудования	

ПК-4-У1 Выявлять тенденции развития научных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Определять цели, постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.
<b>ОПК-5: Способен демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-5-У1 выполнять сложное проектирование
<b>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</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В2 Сравнение характеристик и параметров существующих материалов, технологических процессов и оборудования с характеристиками и параметрами перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники
ПК-4-В1 Сбор и систематизация информации о перспективных материалах, технологических процессах и оборудовании, используемых в производстве изделий микроэлектроники
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Расчет режимов технологического процесса для конкретной технологии
<b>ОПК-5: Способен демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-5-В1 практическими навыками для решения сложных задач
<b>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</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 использованием в профессиональной деятельности глубоких знаний фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях

#### 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/	2	6	ПК-1-В1 ПК-4-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.2	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	2	18	ПК-4-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.1Л2.3 Л2.1Л3.5 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.3	Анализ свойств объёмных трёхмерных (3D) полупроводников – зонные энергетические диаграммы электронов, плотности состояний, легирование, статистика носителей заряда /Пр/	2	3	ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л3.3Л3.2 Л3.5 Э2	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.4	Подготовка к написанию контрольной работы №1 /Ср/	2	16	ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л3.3Л3.5 Э1	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.5	Написание контрольной работы №1 /Пр/	2	2	ПК-1-31 ПК-4-У2	Л1.1 Л1.1Л3.5Л3.2 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ1	
	<b>Раздел 2. Технологии получения низкоразмерных структур Моделирование свойств и физических процессов в многослойных гетероструктур.</b>							
2.1	Низкоразмерные структуры и их свойства. /Лек/	2	5	ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л3.3 Л3.5Л3.4 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

2.2	Проработка лекционного материала /Ср/	2	6	ПК-4-У3	Л1.1 Л1.1Л3.2Л2. 3 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.3	Подготовка к контрольной работе /Ср/	2	15	ПК-1-У1 ПК-4-В2 ОПК-5-31 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.1Л3.5Л3. 2 Л3.3 Э1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.4	Написание контрольной работы №2 /Пр/	2	2	ПК-1-31 ПК-4-У2	Л1.1 Л1.1Л3.4Л2. 3 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ2	
2.5	Современные технологии получения полупроводниковых тонких пленок и наногетероструктур. /Лек/	2	7	ПК-1-В1 ПК-4-В1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1Л3.2 Л3.3Л3.4 Л3.5 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.6	Проработка лекционного материала для практических занятий /Ср/	2	6	ПК-1-У1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3. 2 Э1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
	<b>Раздел 3. Взаимосвязь наногетероструктур и свойства приборов нанoeлектроники</b>							
3.1	Оптоэлектронные приборы на основе наногетероструктур /Лек/	2	10	ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л3.2Л3. 5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.2	Проработка лекционного материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/	2	6	ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3. 3 Л3.5 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

3.3	Подготовка и выполнение КР /Ср/	2	16	ПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.3 Э1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.4	Силовые приборы на основе наногетероструктур /Лек/	2	6	ПК-4-В1	Л1.1Л3.2 Л1.1Л3.3 Л3.5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
3.5	Проработка лекционного материала для практических работ /Ср/	2	5	ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л3.4Л3.3 Л3.5 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.6	Защита КР /Пр/	2	7	ПК-4-31 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Л3.5 Э1 Э3	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО. Проверка в системе LMS CANVAS.		
3.7	Подготовка к контрольной работе /Ср/	2	5	ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.5 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
3.8	Выполнение контрольной работы 3 /Пр/	2	3	ПК-4-У1 ПК-4-В2 ОПК-5-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.3 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ3	

## 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	ПК-1-31;ПК-4-У2;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1	<p>1. GaN: это материал АІВVI или АІІІBV?</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>
КМ2	Контрольная работа 2	ПК-1-31;ПК-4-У2;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1	<p>1. Получить оценку предельной толщины пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений, если подвижность электронов в пленке <math>10^4 \text{ см}^2 / (\text{В с})</math>.</p> <p>2. Какова предельная толщина пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре, если эффективная масса носителей <math>m = 0.1m_0</math>?</p> <p>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 <math>E_0</math>.</p> <p>4. Поверхность тонкой монокристаллической пленки кремния имеет ориентацию (100). Рассчитайте плотность электронных состояний в таком двумерном электронном газе. Что изменится при ориентации поверхности (111)?</p>
КМ3	Контрольная работа 3	ПК-4-У1;ПК-4-В2;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1	<p>1. Гетероструктуры в системе AlInGaN могут быть полярными или нет, Какие структуры выращенные на подложке Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в направлении -c ?</p> <p>2. Что обозначает MOSFET - ?</p> <p>3. Что означает НЕМТ - ?</p> <p>4. Рассчитать длину волны в максимуме спектра излучения между первыми связанными состояниями электронов и дырок в квантовой яме твёрдого раствора In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N шириной 2 нм и бесконечной глубиной. Эффективная масса электронов <math>m_n = 0.2m_0</math>, эффективная масса дырок <math>m_p = 1.5m_0</math>.</p> <p>5. Найти связь между концентрацией электронов и уровнем Ферми для вырожденного одномерного электронного газа.</p> <p>6. Определить ток, при котором происходит полное заполнение носителями заряда активной области двойной гетероструктуры AlGaAs/GaAs. Высота потенциального барьера <math>\Delta E_C = 0.2 \text{ эВ}</math>. Ширина активной области равна 50 нм.</p>



КМ4	Зачет с оценкой	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классические и квантово-размерные явления/эффекты</li> <li>2. Условия наблюдения и суть квантово-размерных эффектов</li> <li>3. Квантово-размерный ямы, их классификация и особенности</li> <li>4. Электроны в бескрайних и ограниченных квантово-размерных ямах</li> <li>5. Размерное квантование в потенциальных ямах</li> <li>6. Электронные состояние в кванто-размерных ямах</li> <li>7. Множественные квантово-размерные ямы и сверхрешетки</li> <li>8. Влияние электрического поля на эффекты в одиночной квантово-размерной яме</li> <li>9. Влияние электрического поля на эффекты в множественных квантово-размерных ямах. Эффект туннелирования</li> <li>10. Структуры с 2D электронным газом</li> <li>11. 1D, 0D мерные системы-примеры и особенности</li> <li>12. Особенности гетероструктур</li> <li>13. <math>\delta</math>-легирование слоев гетероструктур</li> <li>14. Дефекты в гетероструктурах и их влияние на свойства материалов</li> <li>15. Энергетические состояния в сверхрешетках</li> <li>16. Влияние примеси на энергетические состояния в гетероструктурах, в квантово-размерных ямах</li> <li>17. Нанолитография</li> <li>18. Методы выращивания многокомпонентных наногетероструктур</li> <li>19. Светоизлучающие диоды</li> <li>20. Виды транзисторов и их основные особенности</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получить оценку предельной толщины пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений, если подвижность электронов в пленке <math>10^4 \text{ см}^2 / (\text{В с})</math>.</li> <li>2. Какова предельная толщина пленки, при которой возможно наблюдение квантово-размерных явлений при комнатной температуре, если эффективная масса носителей <math>m = 0,1m_0</math>?</li> <li>3. Для прямоугольной квантовой ямы шириной <math>L</math> и глубиной <math>U</math> 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 <math>E_0</math>.</li> <li>4. Поверхность тонкой монокристаллической пленки кремния имеет ориентацию (100). Рассчитайте плотность электронных состояний в таком двумерном электронном газе. Что изменится при ориентации поверхности (111)?</li> <li>5. Рассчитать длину волны в максимуме спектра излучения между первыми связанными состояниями электронов и дырок в квантовой яме твердого раствора <math>\text{In}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}</math> шириной 2 нм и бесконечной глубиной. Эффективная масса электронов <math>m_n = 0,2m_0</math>, эффективная масса дырок <math>m_p = 1,5m_0</math>.</li> <li>6. Найти связь между концентрацией электронов и уровнем Ферми для вырожденного одномерного электронного газа.</li> <li>7. Определить ток, при котором происходит полное заполнение носителями заряда активной области двойной гетероструктуры <math>\text{AlGaAs}/\text{GaAs}</math>. Высота потенциального барьера <math>\Delta E_C = 0,2 \text{ эВ}</math>. Ширина активной области равна 50 нм.</li> <li>8. Энергия ионизации магния (Mg) в GaN <math>E_a = 200 \text{ мэВ}</math>. Какая часть акцепторов будет ионизирована при температуре 300 К, если их концентрация равна <math>10^{18} \text{ см}^{-3}</math>?</li> <li>9. Определить два основных условия при которых баллистическая проводимость квантовой проволоки описывается формулой <math>\sigma = e^2 / \pi \hbar</math></li> <li>10. Определить минимальный диаметр сферической квантовой точки в системе GaAs- <math>\text{Al}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{As}</math> при котором существует один электронный уровень. использовать такие параметры как разрыв в зоне проводимости <math>\Delta E_C = 0,3 \text{ эВ}</math>, эффективную массу электронов <math>m_n = 0,1m_0</math></li> </ol>
-----	-----------------	---	--

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	КР	ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-В2	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).

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

В данном курсе предусмотрен Зачет с оценкой, 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 КР.

Оценки за контрольную работу выставляются по следующим критериям:

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

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

- «отлично» – студент правильно провел анализ информации, полно представил работу, сделал правильные выводы, исчерпывающе ответил на вопросы при защите работы;
- «хорошо» – студент правильно или с небольшими ошибками представил информацию, сделал правильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;;
- «удовлетворительно» – студент провел необходимые расчеты с незначительными ошибками, представил неверный анализ, сделал неполные или неправильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;
- «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 КР

## 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

#### 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

<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Зи С. М., Трутко А. Ф.	Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973
ЛЗ.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
ЛЗ.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
ЛЗ.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
ЛЗ.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
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1	Курс "Физика наноструктур" в LMS CANVAS	<a href="https://lms.misis.ru/enroll/TRWTH6">https://lms.misis.ru/enroll/TRWTH6</a>		
Э2	ЭБС "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>		
Э3	База статей Scopus	<a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a>		
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit			
П.2	ANSYS Academic Research CFD			
П.3	Microsoft Office			
П.4	LMS Canvas			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И.1	Научные журналы и статьи			
И.2	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>			
И.3	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>			
И.4	Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>			
И.5	Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>			
И.6	Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>			
<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>				
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.		

К-505	Учебная лаборатория/ Лаборатория "Силовая электроника":	установка измерения удельного сопротивления 4-х зондовым методом (вольтметр В7-21А; вольтметр В7-77; источник питания Motech LPS-305, 4-х зондовая головка ); установка измерения времени жизни н.н.з. (осциллограф С1-99, генератор Г5-54); установка измерения статических параметров ИС (измеритель Л2-41, вольтметр В7-21А ); установка измерения попороговых ВАХ МДП-транзисторов (вольтметрВ7-21А, источник питания Motech LPS-305); установка измерения динамических параметров ИС (осциллографС1-96, генератор Г5-54, источник питания Motech LPS-305; печь для отжига полупроводниковых структур; ПК; пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
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 Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест

### 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/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.