

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 28.07.2023 15:40:31

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)

# Наноструктурированные покрытия, порошки и технологии их получения

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Материалы и технологии магнитоэлектроники

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

56

часов на контроль

54

### 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	56	56	56	56
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.тн, доцент, Муратов Дмитрий Геннадьевич*

Рабочая программа

**Наноструктурированные покрытия, порошки и технологии их получения**

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-22-1.plx Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника, Материалы и технологии магнитоэлектроники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения д.ф.-м.н., профессор Костишин Владимир Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	– дать представление о многообразии методов получения наноструктурированных материалов и научить использовать математический аппарат физико-химии и кинетических закономерностей для создания новых наноматериалов и наноструктур с контролируемыми свойствами (полимерные и углеродные композиты, содержащие наночастицы металлов, полупроводников и диэлектриков, наноструктурированных покрытий), перспективных для применения в области магнитоэлектроники.
1.2	- научить применять физико-химическую теорию зарождения наночастиц и кинетические закономерности твердофазных реакций для реализации контролируемого синтеза нанопорошков и наноструктурированных покрытий с заданными свойствами;
1.3	- ориентироваться в технологических процессах производства изделий микро- и нанoeлектроники с учетом необходимых требований, а также уметь применять те или иные технологические приемы для получения необходимых наноструктур;
1.4	- научить выбирать и применять современные методы получения наноструктурированных покрытий и порошков для создания материалов и изделий магнитоэлектроники.

**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	Компьютерные технологии в научных исследованиях	
2.1.2	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники	
2.1.3	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники	
2.1.4	Методы исследования материалов	
2.1.5	Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур	
2.1.6	Научно-исследовательская практика	
2.1.7	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2	
2.1.8	Физико-химия и технология наноструктур	
2.1.9	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.10	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.11	Методы математического моделирования	
2.1.12	Основы технологии углеродных наноматериалов	
2.1.13	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.14	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
2.1.15	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования	
2.1.16	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
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****ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций****Знать:**

ПК-2-31 Технический английский язык

ПК-2-32 Возможные пути оптимизации технологических операций при производстве материалов и устройств микро-, нано- и магнитоэлектроники

ПК-2-33 Базовые технологические процессы нанoeлектроники

**ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники****Знать:**

ПК-4-31 Основные проблемы и задачи научных исследований в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии наноструктурированных материалов микро-, нано- и магнитоэлектроники.

**Уметь:**

ПК-4-У1 Формулировать цели и задачи конкретного научного исследований с планированием реализации их проведения.
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У4 Разрабатывать элементную базу изделия (операционные, маршрутные и контрольные карты)
ПК-2-У3 Разрабатывать операционные карты
ПК-2-У2 Выявлять определяющие факторы при работе с оборудованием, влияющие на конечный результат.
ПК-2-У1 Работать на технологическом оборудовании (выполнять все действия, которые делает оператор)
<b>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, выработать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Выбирать и применять наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов для решения научных задач в области синтеза и применения наноструктурированных материалов.
<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-У2 Выявлять сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора
ОПК-1-У1 Применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук и в междисциплинарных областях
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В4 Навыками корректировки технологических режимов по результатам тестирования (при необходимости).
<b>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, выработать стратегию действий</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 Навыками критического анализа новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте
<b>ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их проведение в области физики магнитных явлений, материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники, применения энергосберегающих технологий и использования последних достижений науки и техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навыками постановки и решения задач в области материаловедения и технологии магнитных материалов в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники, микро-нанoeлектроники
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Навыками расчета режимов выполнения технологической операции.
<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 Навыками анализа и синтеза информации из различных источников касательно поставленных задач
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В3 Навыками тестирования экспериментального образца изделия.
ПК-2-В2 Навыками поэтапного контроля технологических и электрофизических параметров контрольных пластин

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
	<b>Раздел 1. Физико-химическая теория зарождения наночастиц. Кинетические закономерности твердофазных реакций</b>							
1.1	Основы физико-химической теории зарождения частиц. Кинетические закономерности твердофазных реакций. /Лек/	3	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ПК-2-32 ПК-2-33	Л1.7 Л1.9Л2.7 Л2.10 Л2.11		КМ5	
1.2	Применение теории зародышеобразования и кинетических закономерностей для расчета реальных процессов формирования нанопорошков и нанопокровов. /Пр/	3	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.7 Л2.10 Л2.11Л3.3		КМ5	Р9
1.3	Ознакомление с дополнительной литературой. Решение индивидуальной задачи по пройденному материалу. /Ср/	3	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-4-У1	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.7 Л2.10 Л2.11Л3.3	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ4,КМ5	Р3
1.4	Подготовка реферата по одной из предложенных тем. /Ср/	3	15	УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.7 Л1.9Л2.7 Л2.10 Л2.11Л3.3		КМ1,КМ5	Р1
	<b>Раздел 2. Базовые технологические процессы микро-и нанoeлектроники</b>							
2.1	Технологический цикл производства материалов и изделий микро- и нанoeлектронной техники. /Лек/	3	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У3 ПК-2-У4	Л1.7 Л1.9Л2.7 Э5	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ5	
2.2	Базовые технологические процессы микро- и нанoeлектроники для получения наноразмерных пленок покрытий и эпитаксиальных структур. Методы создания наноструктурированных покрытий. /Лек/	3	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33	Л1.3 Л1.7 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.7 Э5	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ5	

2.3	Освоение методики расчета скорости роста пленок из паровой фазы при вакуум-термическом напылении в различных режимах газодинамики. /Пр/	3	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л3.3		КМ2,К М5	Р6
2.4	Анализ современной литературы. Выявление перспективных направлений научных исследований и практических разработок. Подготовка доклада по тематике курса /Ср/	3	6	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.3 Л1.7 Л1.9 Л1.11Л2.7	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ5	Р2,Р3
2.5	Изучение процессов эпитаксиального роста из паро-газовой фазы и расчет параметров эпитаксиальных слоев. /Пр/	3	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-4-У1	Л1.3 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л3.3		КМ2,К М5	Р7
2.6	Освоение методики расчета параметров процесса эпитаксиального роста с использованием химических транспортных реакций. /Ср/	3	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л3.3		КМ4,К М5	
2.7	Подготовка к практической работе по синтезу субмикронных углеродных композиционных пленок. Самостоятельное ознакомление с рекомендованной литературой. /Ср/	3	6	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-33 ПК-2-У2	Л3.2	Литература приведена в методических указаниях п.2	КМ5	Р3
2.8	Синтез и измерение параметров субмикронных углеродных композиционных пленок. /Пр/	3	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 ПК-2-В4	Л3.2		КМ5	Р8
	<b>Раздел 3. Технологии и методы синтеза нанопорошков и наночастиц с контролируемыми свойствами</b>							
3.1	Современные подходы, методы и технологии синтеза нанопорошков (наночастиц) и возможности контроля их структуры, состава и свойств. /Лек/	3	4	ПК-2-32	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.12 Л2.15 Л2.16 Э3 Э4	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ5	

3.2	Подготовка к контрольной работе. /Ср/	3	3	ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.11 Л1.12 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.12 Л2.15 Л2.16 Э3 Э4	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ5	Р5
3.3	Контрольная работа по пройденным темам. /Пр/	3	2	ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.11 Л1.12 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.12 Л2.15 Л2.16 Э3 Э4	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ3	
3.4	Поиск и анализ актуальной научной и научно-технической литературы по тематике курса. Подготовка доклада с презентацией. /Ср/	3	6	ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.12 Л2.15 Л2.16 Э4	Дополнительная литература Указана в методических рекомендациях	КМ5	Р2
	<b>Раздел 4. Материалы и элементы магнитоэлектроники</b>							
4.1	Материалы и элементы магнитоэлектроники. Особенности и области применения. /Лек/	3	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л1.5 Л1.8 Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.13 Л2.14 Э1 Э2		КМ5	
4.2	Подготовка к практическому занятию. Ознакомление с рекомендованной литературой. /Ср/	3	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-В3 ПК-4-31	Л1.5 Л1.8 Л2.1 Л2.2 Л2.8 Л2.9 Л2.13 Л2.14 Л3.1		КМ5	Р3
4.3	Освоения методов анализа и расчета характеристик магнитных материалов. Магнитометрия. /Пр/	3	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-2-В3 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.5 Л1.8 Л2.9 Л2.14 Л3.1		КМ5	Р4
4.4	Ознакомление и анализ актуальной научной и научно-технической литературы по тематике курса. Подготовка доклада с презентацией для практического занятия. /Ср/	3	6	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л1.5 Л1.8 Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.13 Л2.14 Э1 Э2		КМ5	Р2, Р3
4.5	Выступление с подготовленным докладом. Применение магнитофазового анализа для определения состава ферромагнитных материалов. /Пр/	3	2	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-У2 ПК-2-В3 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.5 Л1.8 Л2.9 Л2.14 Л3.1 Э6		КМ2, КМ5	Р4

**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	Защита реферата	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Согласно теме реферата.
КМ2	Доклад с презентацией по выбранной теме. Защита доклада.	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-4-31	Согласно теме доклада. В общем виде смысл вопросов: - в чем актуальность представленных методов, способов, материалов и т.п. - какие особенности и перспективы представленных методов, способов, материалов и т.п. - в чем отличие от аналогов - перспективы применения
КМ3	Письменная контрольная работа по первой половине курса	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В4	Согласно пройденным темам
КМ4	Проверка письменных решений задач	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В4	
КМ5	Экзамен	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-32;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-2-В4;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1	

**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
Р1	Подготовка реферата по предложенным темам.	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-4-31;ПК-4-В1	Подготовка в течение семестра письменной работы на предложенные темы с последующей защитой.
Р2	Подготовка докладов по тематике курса	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-4-В1;ПК-4-31	Подготовка доклада и презентации по тематике курса с последующей защитой доклада на практических занятиях.
Р3	Подготовка к практическому занятию.	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-4-У1	Ознакомление с рекомендованной литературой согласно тематики.



P4	Освоения методов анализа и расчета характеристик магнитных материалов. Магнитометрия.	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В3;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Применение методов анализа для расчетов характеристик магнитных материалов на примерах.
P5	Подготовка к контрольной работе	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-У2;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-В1;ПК-2-В4	В перечень вопросов и задач КР входят все пройденные темы.
P6	Освоение методики расчета скорости роста пленок из паровой фазы при вакуум-термическом напылении в различных режимах газодинамики.	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Примеры решения конкретных задач по вакуум-термическому напылению
P7	Изучение процессов эпитаксиального роста из парогазовой фазы и расчет параметров эпитаксиальных слоев.	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Решение типовых задач по эпитаксиальному росту наноструктур
P8	Получение субмикронных композиционных углеродных покрытий и пленок	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-2-В4;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Получение практических навыков синтеза композиционных углеродных покрытий и пленок путем пиролиза металлоорганики.
P9	Решение практических задач	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-4-У1	Решение задач в виде практических примеров из реальных исследований

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

Пример экзаменационного билета:

1. Что такое эпитаксия? Как реализуется процесс молекулярно-лучевой эпитаксии?
2. Оцените размеры зародышей критического размера кластеров воды и ртути и определите, какие из них образуются с большей термодинамической вероятностью при температуре 200С и давлении 5000 Па. Поверхностное натяжение воды и ртути при заданной температуре равно 72,5 мДж/м<sup>2</sup> и 470,9 мДж/м<sup>2</sup> соответственно; плотность воды и ртути 0,998 г/см<sup>3</sup> и 13,546 г/см<sup>3</sup> соответственно; давление насыщенных паров воды и ртути 2336,8 Па и 162,66·10<sup>-3</sup> Па соответственно.
3. Вопрос по реферату.

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

Для допуска к экзамену необходимо:

- решить задания для самостоятельного освоения;
- написать реферат;
- написать на положительную оценку контрольную работу;
- сделать минимум один устный доклад.

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационный билет содержит три пункта: два вопроса по материалам читаемого курса (два теоретических вопроса, либо один вопрос теоретический, один теоретически-прикладной (минизадача)), и третий вопрос по реферату.

Для положительной оценки достаточно ответить на один из вопросов полностью, два частично.

Для оценки уровня освоения материала по дисциплине используется следующая 5-ти бальная шкала оценок:

«отлично» (5) – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;

«хорошо» (4) – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;

«удовлетворительно» (3) – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

«неудовлетворительно» (2) – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

"неявка" - студент не пришел на экзамен в отведенное время.

В процессе обучения студенты выступают с презентацией. Положительно оцененный доклад дает на экзамене +0,5 балла (суммарно не более 1 балла).

Примерные темы рефератов и докладов:

1. Эволюция светодиодов
2. Технология производства «солнечного» кремния
3. Технология германия
4. Технология получения монокристаллов полупроводников типа АПВВ
5. Полупроводниковые соединения: виды, свойства, особенности получения, применение.
6. Нанокремний
7. Углеродные нанотрубки как функциональный материал.
8. Графен как функциональный материал.
9. Фуллерены и фуллериты.
10. Перспективные материалы нанoeлектроники.
11. Полимеры как перспективные функциональные материалы электроники.
12. Термоэлектрические материалы. Эволюция и перспективы.
13. Мультифероики
14. Вода в технологиях микро- и нанoeлектроники.
15. Графит как функциональный материал.
16. Сегнетоэлектрики.
17. Композиты как функциональные материалы.
18. Перспективные магнитные материалы
19. Эволюция материалов солнечной энергетики
20. Функциональные керамические материалы
21. Технология монокристаллов ферритов
22. Молекулярно-лучевая эпитаксия как метод создания наноструктур.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Илюшин В. А.	Физикохимия наноструктурированных материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Барыбин А. А., Бахтина В. А., Томилин В. И., Томилина Н. П.	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л1.3	Дубровский В. Г.	Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019
Л1.4	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.5	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991
Л1.6	Добаткин С. В.	Наноматериалы. Объемные металлические нано- и субмикрористаллические материалы, полученные интенсивной пластической деформацией: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л1.7	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Технология материалов электронной техники: Теория процессов полупроводниковой технологии: Учебник для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1995
Л1.8	Летюк Л. М., Балбашов А. М., Крутогин Д. Г., др., Летюк Л. М.	Технология производства материалов магнитоэлектроники: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1994
Л1.9	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: Учебник для студ. вузов по спец. 'Технология спец. материалов электронной техники'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1982
Л1.10	Соколов И. А.	Технология материалов электронной техники: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 20.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1990
Л1.11	Курочка С. П., Сергиенко А. А.	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии. Методы формирования наноструктурированных гетерокомпозиций: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л1.12	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Преображенский А. А.	Магнитные материалы	Электронная библиотека	Москва: Высш. школа, 1955

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л2.3	Хасанов О. Л., Двилис Э. С., Бикбаева З. Г., Качаев А. А., Полисадова В. В.	Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.4	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.5	Сигов А. С.	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.6	Кекало И. Б., Шуваева Е. А.	Аморфные нано- и микрокристаллические магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.7	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л2.8	Рабкин Л. И., Соскин С. А., Эпштейн Б. Ш.	Ферриты: строение, свойства, технология производства	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1968
Л2.9	Введенский В. Ю., Лилеев А. С.	Физические методы исследования. Магнитные свойства: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение, спец. 150702 - Физика металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л2.10	Кузнецов Г. Д.	Атомно-молекулярные процессы кристаллизации: Разд.: Поверхностные явления на границе раздела фаз: учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1985
Л2.11	Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы процессов кристаллизации: Разд.: Механизм и кинетика роста кристаллов: Курс лекций для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1980
Л2.12	Самсонова Г. В., Левина В. В., Рыжонков Д. И.	Ультрадисперсные среды: Разд.: Ультрадисперсные материалы с регулируемыми свойствами: Курс лекций для студ. спец. 0708	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.13	Кекало И. Б.	Аморфные магнитные материалы: Разд.: Получение, процессы аморфизации, атомное строение, свойства: Курс лекций для студ. направл. 651800 и 654100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л2.14	Канева И. И., Крутогин Д. Г., Андреев В. Г., Летюк Л. М., Летюк Л. М.	Ферритовые материалы и компоненты магнитоэлектроники: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л2.15	Юрчук С. Ю.	Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Моделирование наносистем методами молекулярной динамики: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.16	Юрчук С. Ю.	Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур с нанометровыми размерами: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Кекало И. Б., Столяров В. Л., Кекало И. Б.	Физические свойства металлов и сплавов: Разд.: Магнитные методы исследования металлов и сплавов (магнитный анализ): лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1976
Л3.2	Кузнецов Г. Д., Никоненко В. А., Полистанский Ю. Г., Сушков В. П., Кузнецов Г. Д.	Методика определения параметров тонких пленок и эпитаксиальных слоев: лаб. практикум для студ. напр. 550700, 551600, 553100 и спец. 200110, 200200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л3.3	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Улыбин В. А.	Технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 200100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Мочалов В.Д. Магнитная микроэлектроника. - Москва: Сов. радио, 1977. - 366с. - Режим доступа: Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". - URL: <a href="https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_5739d24579a8160fc072a2ba95464b5b/">https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_5739d24579a8160fc072a2ba95464b5b/</a>	<a href="https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_5739d24579a8160fc072a2ba">https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_5739d24579a8160fc072a2ba</a>
Э2	Johnson M. Magnetoelectronics [Book]. — Elsevier Academic press, 2004. — 410 p. — Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". — URL: <a href="https://doi.org/10.1016/B978-012088487-2/50000-5">https://doi.org/10.1016/B978-012088487-2/50000-5</a>	<a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780120884872/magnetoelectronics">https://www.sciencedirect.com/book/9780120884872/magnetoelectronics</a>

Э3	Тест по основным вопросам физико-химии наноматериалов. - РХТУ им. Менделеева. - Режим доступа: Открытый доступ. URL: <a href="http://nano.muctr.ru/study/physics-chemistry/physics-chemistry_test">http://nano.muctr.ru/study/physics-chemistry/physics-chemistry_test</a>	<a href="http://nano.muctr.ru/study/physics-chemistry/physics-chemistry_test">http://nano.muctr.ru/study/physics-chemistry/physics-chemistry_test</a>
Э4	Физико-химия наноструктурированных материалов. Учебное пособие для студентов факультета нано- и биомедицинских технологий. Под общей редакцией проф. Климова Б.Н. и проф. Штыкова С.Н. - ГОУ ВПО Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, 2009. - 217 с. - Режим доступа: Открытый доступ. - URL: <a href="https://www.studmed.ru/klimov-bn-shtykov-sn-i-dr-fiziko-himiya-nanostrukturovannyh-materialov_80e631bec3e.html">https://www.studmed.ru/klimov-bn-shtykov-sn-i-dr-fiziko-himiya-nanostrukturovannyh-materialov_80e631bec3e.html</a>	<a href="https://www.studmed.ru/klimov-bn-shtykov-sn-i-dr-fiziko-himiya-nanostrukturovannyh-materialov_80e631bec3e.html">https://www.studmed.ru/klimov-bn-shtykov-sn-i-dr-fiziko-himiya-nanostrukturovannyh-materialov_80e631bec3e.html</a>
Э5	Award Winning Semiconductor & Technology Films. - Режим доступа: Открытый (DEMO). - URL: <a href="https://siliconrun.com/">https://siliconrun.com/</a>	<a href="https://siliconrun.com/">https://siliconrun.com/</a>
Э6	Апаев Б.Л. Фазовый магнитный анализ сплавов. М.: «Металлургия», 1973. - 280 с. - Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". - URL: <a href="https://www.studmed.ru/apaev-bl-fazovyy-magnitnyy-analiz-splavov_4b0a67f8fb6.html">https://www.studmed.ru/apaev-bl-fazovyy-magnitnyy-analiz-splavov_4b0a67f8fb6.html</a>	<a href="https://www.studmed.ru/apaev-bl-fazovyy-magnitnyy-analiz-splavov_4b0a67f8fb6.html">https://www.studmed.ru/apaev-bl-fazovyy-magnitnyy-analiz-splavov_4b0a67f8fb6.html</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ANSYS Academic Research CFD
П.2	ИБТАН ТЕРМО
П.3	MS Teams
П.4	Microsoft Office
П.5	MATCAD
П.6	ThermoCalc
П.7	Win Pro 10 32-bit/64-bit

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ( <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> )
И.2	Springerlink ( <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a> )
И.3	Web of Science (WOS) ( <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a> )
И.4	Scopus ( <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a> )
И.5	Elsevier ( <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a> )
И.6	Silicon Run Productions ( <a href="https://siliconrun.com/">https://siliconrun.com/</a> )

## 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
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 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

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. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации. Выполнение заданий на самостоятельную работу проводится с широким использованием компьютерных программ, как для выполнения, так и для оформления работы. Расчетно-графические работы выполняются с помощью соответствующих компьютерных программ. Чтение лекций по данной дисциплине проводится с использованием мультимедийных презентаций. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю. Слайд-конспект курса лекций по адресу выкладывается в облачном хранилище «Яндекс-диск», к которому предоставляется доступ посредством ссылки.

Также для более глубокого усвоения материала рекомендуется ознакомиться с дополнительной литературой, не вошедшей в общий список:

1. Модели и алгоритмы технологических процессов получения новых материалов: учебное пособие/ Головатый Ю.П., Косушкин В.Г., Емельянов С.Г., Червяков Л.М., Костишин В.Г., Кожитов Л.В., Бебенин В.Г. Курск, 2014.283с.
2. Л. В. Кожитов, И. В. Запороцкова, В. С. Сонькин, Н. П. Борознина, А. В. Попкова, С. В. Борознин, А. В. Шадрин. Синтез и свойства наночастиц, сплавов и композиционных наноматериалов на основе переходных металлов // коллект. моногр.; Федер. гос. авт. образоват. учреждение высш. образования «Волгогр. гос. Ун-т». – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2017. – 644 с.
3. Ю.Д.Третьяков, Х.Лепис. Химия и технология твердофазных материалов. М.: МГУ, 1985.
4. Брусенцов, Ю.А. Материалы твёрдотельной микро- и наноэлектроники :учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев, И.С. Филатов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
5. Модели и алгоритмы решения задач технологии материалов микро- и наноэлектроники: учебное пособие/ Косушкин В.Г., Кожитов Л.В., Головатый Ю.П, Емельянов С.Г, Червяков Л. М., Муратов Д. Г.; Юго-Западный государственный университет, - Курск, 2018. – 359 с. ISBN: 978-5-7681-1272-1
6. Удалов Ю.П., Германский А.М., Жабрев В.А. и др. Технология неорганических порошковых материалов и покрытий функционального назначения. / Учеб. Пособие. Под ред. Ю.П. Удалова - Спб., 1999.
7. Химическая термодинамика : учеб. пособие / А. А. Онищук; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2015. – Ч. II. Термодинамика многокомпонентных систем. – 101 с.
8. Технология материалов микро- и наноэлектроники / Л. В. Кожитов, С.Г. Емельянов, В.Г. Косушкин [и др.]. Юго-Зап. гос. ун-т. 2-е изд., перераб. и испр. Курск, 2012. - 862 с.