

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 21:51:01

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)

# Оборудование производства магнитных материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

51

курсовая работа 7

самостоятельная работа

57

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Нуриев Александр Вадимович; ктн, доцент, Крутогин Дмитрий Григорьевич; ктн, доцент, Подгорная Светлана Владимировна*

Рабочая программа

**Оборудование производства магнитных материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , 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 Костишин Владимир Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Учебная цель освоения дисциплины- формирование базовых представлений о способах создания, исходных материалах, оборудовании и технологических процессов для производства магнитных нано- и микрокомпонентов современной электроники на основе ферритовых материалов и радиокерамики.
1.2	Получение практических навыков работы с оборудованием для производства материалов по керамической технологии.
1.3	Задачи:
1.4	
1.5	1. Научить оценке функциональных магнитных параметров, используемых в наноманитном узле, подборе материала или структуры, реализующих требуемый уровень свойств.
1.6	2. Сформировать представление о исходном сырье, технологии и оборудовании, необходимом для получения, обработки, и испытания микро- и наноманитных компонентов.
1.7	Дисциплина является практикоориентированным курсом, формирующим один из основных компонентов (технологические знания) профессиональной подготовки бакалавра электроники.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Материаловедение наноструктурированных материалов	
2.1.2	Материалы и элементы микро- и наносенсорике	
2.1.3	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	
2.1.4	Физика диэлектриков	
2.1.5	Физика конденсированного состояния	
2.1.6	Физика магнитных явлений	
2.1.7	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники	
2.1.8	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.9	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники	
2.1.10	Общее материаловедение	
2.1.11	Статистическая физика	
2.1.12	Физические свойства кристаллов	
2.1.13	Электроника	
2.1.14	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.15	Методы математической физики	
2.1.16	Основы квантовой механики	
2.1.17	Практическая кристаллография	
2.1.18	Физика	
2.1.19	Физическая химия	
2.1.20	Электротехника	
2.1.21	Математика	
2.1.22	Органическая химия	
2.1.23	Информатика	
2.1.24	Химия	
2.1.25	Инженерная и компьютерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.2.2	Магнитные измерения	
2.2.3	Моделирование и проектирование микро- и наносистем	
2.2.4	Основы спинтроники	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.7	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.2.8	Химия наноматериалов и наносистем	

<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ</b>
<b>УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения</b>
<b>Знать:</b>
УК-2-31 Основные марки ферритов используемые промышленностью и диапазоны их частот
<b>ПК-4: Способен разрабатывать на основе современных программных продуктов эффективные алгоритмы решения задач по созданию материалов микро- и наносистемной техники с заданным набором эксплуатационных характеристик, а также технологий их получения</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Физические принципы работы элементов и устройств магнитотехники, магнитной и магнитооптической памяти
<b>ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 Понимать роль качества материалов в работе компонентной базы
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 Технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники
<b>ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 Оперативно решать технологические проблемы в процессе производства изделий микроэлектроники
<b>УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 Подбирать необходимый состав композиции для получения заданных свойств материала
<b>ПК-4: Способен разрабатывать на основе современных программных продуктов эффективные алгоритмы решения задач по созданию материалов микро- и наносистемной техники с заданным набором эксплуатационных характеристик, а также технологий их получения</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Выполнять расчеты необходимые для выбора режимов работы технологического оборудования при проектировании устройств современной радиоэлектроники
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Производить выбора материала, типа конструкции и режимов эксплуатации изделий магнитоэлектроники и радиокерамики
<b>ПК-4: Способен разрабатывать на основе современных программных продуктов эффективные алгоритмы решения задач по созданию материалов микро- и наносистемной техники с заданным набором эксплуатационных характеристик, а также технологий их получения</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навыками обработки цифровых изображений микроструктуры ферритов и керамики для оптимизации технологического процесса новых изделий
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>
<b>Владеть:</b>

УК-1-В1	Опытом оценки технологии получения и использования материалов и приборов магнитоэлектроники
<b>УК-2:</b>	<b>Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения</b>
<b>Владеть:</b>	
УК-2-В1	Навыками выбора материала, типа конструкции и режимов эксплуатации изделий магнитоэлектроники и радиокерамики
<b>ПК-3:</b>	<b>Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники</b>
<b>Владеть:</b>	
ПК-3-В1	Методиками оценки качества исходных компонентов для получения заданных свойств изделий магнитоэлектроники

#### 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. Подготовка исходных компонентов. Смешение и измельчение шихты.</b>							
1.1	Исходные материалы для получения ферритов. /Лек/	7	4	УК-1-31 УК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.10Л3.2 Л3.4 Л3.5 Л3.6			
1.2	Методы получения ферритовых шихт /Пр/	7	2	УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.9Л3.4			
1.3	Смешение исходных компонентов (получение шихты) /Ср/	7	5	УК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.1Л2.4Л3.4			
1.4	Лабораторная работа №1. Подготовка исходной шихты. /Лаб/	7	3	УК-1-У1 УК-2-У1 УК-2-В1	Л1.1 Л1.1Л2.10			
1.5	Расчет шихты ферритов с заданной химической формулой. /Пр/	7	3	УК-1-У1 УК-2-В1	Л1.1Л2.4			
1.6	Домашнее задание №1. Расчет режимов смешения ферритовой шихты. /Ср/	7	7	УК-2-31 УК-2-У1	Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.10Л3.4			
	<b>Раздел 2. Диффузионный обжиг и ферритизация</b>							
2.1	Диффузионный обжиг /Лек/	7	2	УК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.1Л2.10Л3.4			
2.2	Ферритизация шихты /Ср/	7	3	УК-1-31	Л1.1 Л1.1Л1.2Л2.10 Л3.3			
	<b>Раздел 3. Измельчение ферритовых порошков</b>							
3.1	Измельчение ферритовых порошков /Пр/	7	2	УК-1-В1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.1Л2.10			
3.2	Лабораторная работа №2. Смешение и измельчение. /Лаб/	7	4	УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.1 Л1.1Л1.2Л3.2			

	<b>Раздел 4. Методы формовки ферритовых и керамических изделий. Спекание заготовок.</b>							
4.1	Сушка распылением в ферритовом производстве /Лек/	7	2	УК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л1.1			
4.2	Литье под давлением /Ср/	7	6	УК-1-31 УК-2-31	Л1.1 Л1.1Л2.10			
4.3	Лабораторная работа №3. Прессование. /Лаб/	7	3	УК-1-В1 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.1Л2.7			
4.4	Твердофазное спекание /Лек/	7	3	УК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.4Л3.3			
	<b>Раздел 5. Методы оценки качества ферритовых и керамических изделий.</b>							
5.1	Рекристаллизация и рост зерен /Лек/	7	2	ПК-3-31	Л1.2 Л1.1Л2.3			
5.2	Лабораторная работа №4. Анализ микроструктуры ферритов шпинелей. /Лаб/	7	4	ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.1Л2.7			
5.3	Лабораторная работа №5. Анализ микроструктуры ферритов гранатов. /Лаб/	7	3	ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2 Л1.1Л2.3 Л1.1Л3.3			
5.4	Фазовый состав и свойства феррогранатов /Ср/	7	5	ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.7Л3.4			
5.5	Прочность ферритовых и керамических изделий. Влияние способа получения на прочность ферритов. /Пр/	7	2	ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л1.1 Л1.1			
5.6	Домашнее задание №2. Расчет механической прочности керамических материалов и ферритов /Ср/	7	6	ПК-4-У1	Л1.2 Л1.1Л1.1 Л1.1Л3.2			
	<b>Раздел 6. Ферритовые и керамические изделия.</b>							
6.1	Низкочастотные ферриты /Лек/	7	2	ПК-4-31	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.10			
6.2	Низкочастотные ферриты /Пр/	7	2	ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.4			
6.3	Феррогранаты для изделий радиоэлектроники /Ср/	7	6	ПК-3-31 ПК-4-31	Л1.2 Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.7			
6.4	Анизотропные керамические магниты /Лек/	7	2	УК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.6			
6.5	СВЧ ферриты и ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса /Пр/	7	4	УК-2-31 ПК-3-У1 ПК-4-31	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.9Л3.5			
6.6	Литиевые ферриты /Пр/	7	2	УК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.7Л3.3 Л3.4 Л3.6			
	<b>Раздел 7. Курсовая работа</b>							

7.1	Курсовая работа на выбранную тему /Ср/	7	19	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л3.6Л2.3 Л2.4 Л2.10 Л2.7 Л2.9Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5			
-----	--	---	----	--	--	--	--	--

### 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		<p>Основные марки ферритов используемые промышленностью и диапазоны их частот</p> <p>Области применения и ограничения возможностей использования металлических магнитных материалов</p> <p>Магнитомягкие и магнитотвердые металлические сплавы, важнейшие предельные параметры</p> <p>Магнитные оксидные керамики, области применения, достоинства и недостатки, предельные параметры</p> <p>Технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники</p> <p>Основные особенности технологии радиокерамики (в сравнении с конструкционной)</p> <p>Роль процессов смешения в технологии радиокерамики.</p> <p>Технологии и агрегаты для процессов смешения</p> <p>Основные направления применения ферритов и магнитодиэлектриков в электронике.</p> <p>Методы уменьшения влияния технологических факторов, вызывающих погрешности изготовления изделий микроэлектроники</p> <p>Диффузионный обжиг шихты, зачем он нужен, какие процессы в нем протекают?</p> <p>Режимы и способы оформления процесса диффузионного обжига. Нужна ли 100% ферритизация?</p> <p>Основные условия получения высокой индукции насыщения</p> <p>Физические принципы работы элементов и устройств магнитотехники, магнитной и магнитооптической памяти</p> <p>Доменные границы, виды границ, движение границ.</p> <p>Механизмы намагничивания магнитного материала.</p> <p>Методы получения ферритовых магнитопроводов.</p> <p>Понимать роль качества материалов в работе компонентной базы</p> <p>Этапы подготовки пресс –массы(измельчение, пластификация, гранулирование.) Агрегаты массозаготовительного процесса.</p> <p>Ферриты-гранаты, их особенности, возможности управления их полезными свойствами.</p> <p>Подобрать необходимый состав композиции для получения заданных свойств материала</p> <p>Ферриты-шпинели, формирование основных свойств в них (намагниченность, коэрцитивная сила, проницаемость, петля гистерезиса)</p> <p>Гексаферриты, их структура, способы управления свойствами, особенности применения. Анизотропные изделия из гексаферритов.</p> <p>Основные условия получения высокопроницаемого магнитомягкого материала.</p> <p>Оптимизация микроструктуры керамики применительно к основным типам применения магнитных керамик(магн.мягкие, магн.жесткие, свч)</p> <p>Эффективная анизотропия магнитных свойств.</p> <p>Кристаллографическая анизотропия</p> <p>Помол- виды измельчения, роль мелющих тел, среды помола,</p>

			<p>интенсификация процесса помола.          Спекание, процессы при спекании, температурно-временные режимы , стадии процесса спекания          Роль газовой атмосферы при спекании. Твердофазное и жидкофазное спекание          Электропроводность ферритов. Как управлять ею, понизить или повысить проводимость данного типа феррита?          Как структура керамического магнитного материала влияет на формирование его свойств?          Формулирование целей и задач проведения работ по экспериментальной разработке технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем          Оформление изделий. Массовые(высокопроизводительные) и специальные технологии оформления.          Горячее и изостатическое прессование, шликерное литье.          Ограничения спецтехнологий.          Способы оценки качества готовой шихты          Формирование микроструктуры в процессе спекания. Параметры микроструктуры</p>
<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	Курсовой проект	ПК-3-31;ПК-4-31;ПК-4-У1	<p>По выбранной теме работы готовиться реферат, а также презентация с кратким содержанием, каждая работа проходит защиту.</p> <p>Темы курсовых работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности технологии изделий из анизотропных гексаферритов</li> <li>2. Физика процессов измельчения и пути их интенсификации</li> <li>3. Спекание ферритов в контролируемой газовой атмосфере и используемое оборудование</li> <li>4. Пути повышения механической прочности ферритовых изделий</li> <li>5. Композиты на основе магнитных керамик, их свойства и применение</li> <li>6. Магнитные потери в ферритах</li> <li>7. Особенности технологии цинксодержащих ферритов-шпинелей</li> <li>8. Физико-химические процессы спекания и роль температурно-временных параметров при их реализации</li> <li>9. Методы и оборудование оформления магнитных керамических изделий</li> <li>10. Технология получения монокристаллов ферритов-гранатов</li> <li>11. Технологии получения монокристаллов ферритов-шпинелей</li> <li>12. Технологии получения эпитаксиальных феррит-гранатовых структур</li> <li>13. Технологии получения высокоплотных керамических структур (изостатическое и горячее прессование)</li> <li>14. Режимы охлаждения марганец-цинковых высокопроницаемых Ферритов</li> <li>15. Технологические характеристики оксидной и ферритовой шихты</li> <li>16. Сравнительная оценка основного помольно- смесительного оборудования</li> <li>17. Технологии двустадийного синтеза ферритовых керамик как путь управления пористостью и микроструктурой</li> <li>18. Промышленные методы и оборудование получения прессмасс (пресспорошков)</li> <li>19. Влияние микрокомпонентов и микропримесей на структуру и свойства ферритов</li> <li>20. Особенности диаграммы состояния <math>Mn_2O_3 - Fe_2O_3</math></li> <li>21. Особенности диаграммы состояния <math>Fe_2O_3 - LiFeO_2</math></li> <li>22. Особенности диаграммы состояния <math>Fe_2O_3 - YFeO_3</math></li> <li>23. Особенности диаграммы состояния <math>BaO - Fe_2O_3</math></li> <li>24. Особенности диаграммы состояния <math>Fe-O</math> и <math>NiO - Fe_2O_3</math></li> <li>25. Оптимизация микроструктуры керамики применительно к основным типам применения магнитных керамик (магн.мягкие, магн.жесткие, свч)</li> <li>26. Основные направления применения ферритов и магнитодиэлектриков в электронике.</li> <li>27. Магнитные многослойные структуры для устройств памяти.</li> <li>28. Магнитные полупроводники для устройств спинтроники.</li> <li>29. Виды керамических и металлокерамических корпусов для изделий электроники.</li> <li>30. Свойства ферритов как фаз переменного состава.</li> <li>31. Электрические свойства твердых растворов ферритов.</li> </ol>
P2	РГР №1	ПК-4-У1	Расчет режимов смещения ферритовой шихты (18)
P3	РГР №2	ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Расчет механической прочности керамических материалов (19)
P4	ЛР №1	ПК-4-В1;ПК-3-В1	<p>Лабораторная работа №1. Подготовка исходной шихты. Приготовление исходной шихты, расчет массы в соответствии с заданной формулой феррита и необходимой массой шихты. Учесть ГОСТ, чистоту и маркировку исходных материалов. Взвесить нужную массу на аналитических весах, проанализировать каждую навеску с помощью ситового анализа. Построить распределение по размерам частиц.</p>

P5	ЛР №2	ПК-4-У1;ПК-3-В1	Лабораторная работа №2. Смешение и измельчение. Произвести смешение шихты для равномерного распределения компонентов в смесителе. Подготовить шаровую мельницу для засыпки шихты, рассчитать необходимое количество шаров, учитывая параметры барабана, размер шаров и определить необходимую скорость вращения барабана.
P6	ЛР №3	ПК-3-В1	Лабораторная работа №3. Прессование. Расчёт параметров для прессования. Рассчитать плотность пресс заготовки Mn-Zn феррита в виде пластины a.b.h при одностороннем и двустороннем прессовании.
P7	ЛР №4	ПК-3-У1	Лабораторная работа №4. Анализ микроструктуры ферритов шпинелей. Произвести микрофотографии со шлифов (при необходимости подготовить шлиф) спеченных заготовок ферритов-шпинелей с разной температурой спекания и проанализировать.
P8	ЛР №5	ПК-3-В1	Лабораторная работа №5. Анализ микроструктуры ферритов гранатов. Произвести микрофотографии со шлифов (при необходимости подготовить шлиф) спеченных заготовок ферритов-гранатов с разной температурой спекания и проанализировать.

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

Экзаменационный билет состоит из 3 теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

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

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля), промежуточная аттестация обучающихся - оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (модулю) (в том числе результатов курсового проектирования (выполнения курсовых работ)).

Текущий контроль успеваемости включает в себя задания для самостоятельного выполнения и контрольные мероприятия по их проверке.

Студент в ходе работы должен выполнять все самостоятельные работы, в том числе курсовую работу, а также участвовать в обсуждении курсовых работ.

При успешном освоении дисциплины студент допускается к экзамену. На экзамене, в случае правильного ответа на 3 теоретических вопроса - оценка отлично, 2 правильных вопроса - оценка хорошо, 1 правильный вопрос - оценка удовлетворительно, ноль правильных ответов - неудовлетворительно.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Летюк Л. М., Балбашов А. М., Крутогин Д. Г., др., Летюк Л. М.	Технология производства материалов магнитoeлектроники: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1994

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В.	Технология ферритовых материалов магнитoeлектроники	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.2	Летюк Л. М., Журавлев Г. И.	Химия и технология ферритов: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	СПб.: Химия, 1983

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Иванова А. В., Крутогин Д. Г., Потапов Ю. В., Горелик С. С.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков:Разд.:Структур а и свойства полупроводников и металлов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 0604,0629,0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.4	Канева И. И., Крутогин Д. Г., Летюк Л. М., Летюк Л. М.	Материалы и компоненты магнитоэлектроники: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 20.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1990
Л2.5	Летюк Л. М., Морченко А. Т., Захаров Н. А.	Материаловедение ферритов. Разделы: Процессы выращивания эпитаксиальных ферритовых пленок. Подложечные материалы, их особенности и области применения: Учеб. пособие для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л2.6	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
Л2.7	Крутогин Д. Г.	Элементы и устройства магнитоэлектроники: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2008
Л2.8	Канева И. И., Подгорная С. В., Андреев В. Г.	Технология микро- и наноэлектроники. Технология материалов магнитоэлектроники: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.9	Крутогин Д. Г.	Функциональные материалы электроники и их технологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Летюк Л. М., Приходько Э. В., Шипко М. Н.	Материаловедение ферритов. Разд.: Химическая связь в окислах и родственных им соединениях. Валентное состояние ионов и их распределение в ферритах: Учеб. пособие для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1984
Л3.2	Летюк Л. М., Ануфриев А. Н., Морченко А. Т.	Физика магнитных материалов: Лаб. практикум для студ. спец. 0648	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л3.3	Крутогин Д. Г.	Материалы и элементы электронной техники: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006
Л3.4	Канева И. И., Летюк Л. М., Горелик С. С.	Технология ферритовых элементов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1976
Л3.5	Крутогин Д. Г.	История и методология науки и техники в области электроники и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.6	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Маренкин С. Ф., Подгорная С. В.	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

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

Э1	<a href="https://lms.misis.ru/courses/6664">https://lms.misis.ru/courses/6664</a>
----	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams

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

И.1	www.istokmw.ru
И.2	www.magneton.ru
И.3	www.pulsar.ru
И.4	www.domen.ru

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-427	Учебная аудитория	стационарные компьютеры 6 шт., 4 ноутбука, пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели 25 посадочных мест
К-436	Лаборатория	измеритель магнитной индукции, генератор, петлемер индукционный, установка МК-39, универсальная магнитооптическая установка на базе микроскопа NU-2E, комплект учебной мебели на 6 посадочных мест
К-435	Лаборатория	спектральный эллипсометрический комплекс, векторный анализатор электрических цепей, петлемер индукционный, смеситель, магнитометр АТЕ-8702, комплект учебной мебели на 8 посадочных мест
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
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

Чтение лекций по данной дисциплине проводится как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций. Слайд-конспект курса лекций имеется LMS Canvas, предназначен для более глубокого усвоения материала при изучении разделов, связанных с теоретической частью курса. Презентация позволяет преподавателю иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в учебном пособии, но и полноцветными фотографиями, рисунками и т.д. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю.

При проведении практических занятий преподавателю рекомендуется не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом:

- вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены);
  - беглый опрос;
  - решение 1-2 типовых задач у доски;
  - самостоятельное решение задач;
  - разбор типовых ошибок при решении
- Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:
1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.
  2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.
- По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку. Оценка предварительной подготовки студента к практическому занятию может быть сделана путем экспресс-тестирования в течение 5, максимум – 10 минут.
- По материалам модуля или раздела целесообразно выдавать студенту домашнее задание и на последнем практическом занятии по разделу или модулю подвести итоги его изучения (например, провести контрольную работу в целом по модулю), обсудить результаты