Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.01.13**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**7 семестр - 5;**
Часов (всего) по учебному плану:	**180 часов**
Лекции	**7 семестр - 32 часа;**
Практические занятия	**7 семестр - 16 часов;**
Лабораторные работы	**7 семестр - 16 часов;**
Консультации	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
Самостоятельная работа	**7 семестр - 113,5 часов;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Проверочная работа** **Лабораторная работа**	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	**7 семестр - 2,5 часа;**

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Серебрянников С.С. Идентификатор: R7593b58d-SerebriannikSS-1e9481	С.С. Серебрянников
(должность)	(подпись)	(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Холодный Д.С. Идентификатор: R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d	Д.С. Холодный
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)
Заведующий выпускающей кафедры	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Славинский А.З. Идентификатор: R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214	А.З. Славинский
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью изучения дисциплины является формирование у студентов системных знаний процессов и явлений, происходящих в магнитных материалах, использующихся при создании изделий электротехники, энергетики и электроники.

Задачи дисциплины

- изучение физико-математических моделей, трактующих физические процессы и явления, наблюдаемые в магнитных материалах в зависимости от их состава, структуры, свойств в массивном, пленочном, аморфном и нанокристаллическом состоянии;;
- научить анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать основные физические явления в магнитных материалах при различных внешних воздействиях (электрического и магнитного полей, температуры, и др.);
- научить оценивать параметры магнитных структур инженерными и научными методами с использованием современных информационных технологий;
- Ознакомить со современным методами исследования радиочастотных параметров и магнитных свойств материалов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-$2_{ОПК-2}$ Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	знать: - материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и маркировку. уметь: - выбирать магнитные материалы для изготовления изделий в электротехнике и радиоэлектронике в зависимости от условий работы.
ПК-2 Способен участвовать в проведении исследований материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-$1_{ПК-2}$ Демонстрирует знания методов контроля параметров материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - основные источники научно-технической информации по магнитным материалам в электротехнике.
ПК-2 Способен участвовать в проведении исследований материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-$2_{ПК-2}$ Обладает знаниями о структуре и физико-химических свойствах материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	уметь: - теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать основные физические явления в магнитных материалах при различных внешних воздействиях.
ПК-2 Способен участвовать в проведении исследований материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-$3_{ПК-2}$ Демонстрирует знания о физических и математических моделях явлений и процессов, протекающих в материалах электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и маркировку.
ПК-3 Способен	ИД-$1_{ПК-3}$ Знает базовые	уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	- проводить диагностику магнитных материалов, магнитные и диэлектрические свой-ва.
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-2$_{ПК-3}$ Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - технологию изготовления ферромагнитных сплавов и оксидных ферримагнитных соединений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок	25	7	5	3	3	-	-	-	-	-	14	-	***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок" ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 44-93
1.1	Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок	25		5	3	3	-	-	-	-	-	14	-	
2	Строение и свойства магнитных материалов	24		6	2	2	-	-	-	-	-	14	-	***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Строение и свойства магнитных материалов" ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Строение и свойства магнитных материалов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка к лабораторной работе:*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и
2.1	Строение и свойства магнитных материалов	24		6	2	2	-	-	-	-	-	14	-	

														задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Строение и свойства магнитных материалов" материалу. ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], 23-45 [3], 43-87
3	Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике	25		5	3	3	-	-	-	-	-	14	-	***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике" ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [2], 12-32 [3], 96-123
3.1	Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике	25		5	3	3	-	-	-	-	-	14	-	
4	Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма	25		5	3	3	-	-	-	-	-	14	-	***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма"
4.1	Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма	25		5	3	3	-	-	-	-	-	14	-	
5	Ферриты с различной структурой	23		5	2	2	-	-	-	-	-	14	-	***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Ферриты с различной структурой" ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "Ферриты с различной структурой" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>***
5.1	Ферриты с различной структурой	23		5	2	2	-	-	-	-	-	14	-	

														Изучение материалов по разделу Ферриты с различной структурой и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Ферриты с различной структурой" материалу.
6	Диэлектрические свойства ферритов	22		6	3	3	-	-	-	-	-	10	-	***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Диэлектрические свойства ферритов" материалу. ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу Диэлектрические свойства ферритов и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Диэлектрические свойства ферритов". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Диэлектрические свойства ферритов" ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "Диэлектрические свойства ферритов"
6.1	Диэлектрические свойства ферритов	22		6	3	3	-	-	-	-	-	10	-	

														подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [3], 3-34
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**180.0**		**32**	**16**	**16**	**-**	**-**	**-**	**-**	**2.5**	**80**	**33.5**	
	Итого за семестр	**180.0**		**32**	**16**	**16**	**-**		**-**		**2.5**	**113.5**		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок

1.1. Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок

Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок.

2. Строение и свойства магнитных материалов

2.1. Строение и свойства магнитных материалов

Строение и свойства магнитных материалов.

3. Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике

3.1. Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике

Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике.

4. Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма

4.1. Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма

Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма.

5. Ферриты с различной структурой

5.1. Ферриты с различной структурой

Ферриты с различной структурой.

6. Диэлектрические свойства ферритов

6.1. Диэлектрические свойства ферритов

Диэлектрические свойства ферритов.

3.3. Темы практических занятий

1. результирующего магнитного момента и фактор Ланде многоэлектронного атома;
2. Расчет магнитного момента атома. Величина диамагнитной восприимчивости;
3. Расчет доменной структуры магнитных материалов. Размеры доменов и величина границ доменов. Стенки Блоха и Нееля. Цилиндрические магнитные домены;
4. Расчет намагниченности ферритов со структурой магнетоплюмбита.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования;
2. Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот;
3. Термографический анализ композиционных магнитных материалов и керамических систем;
4. Измерение частотной зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости композиционных материалов.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Строение и свойства магнитных материалов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ферриты с различной структурой"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Диэлектрические свойства ферритов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Строение и свойства магнитных материалов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Ферриты с различной структурой"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Диэлектрические свойства ферритов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
Знать:								
материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и маркировку	ИД-2$_{ОПК-2}$	+						Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования
основные источники научно-технической информации по магнитным материалам в электротехнике	ИД-1$_{ПК-2}$		+					Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования
материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и маркировку	ИД-3$_{ПК-2}$			+				Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот»
технологию изготовления ферромагнитных сплавов и оксидных ферримагнитных соединений	ИД-2$_{ПК-3}$				+			Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот»
Уметь:								
выбирать магнитные материалы для изготовления изделий в электротехнике и радиоэлектронике в зависимости от условий работы	ИД-2$_{ОПК-2}$					+		Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования
теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать основные физические явления в магнитных материалах при различных внешних воздействиях	ИД-2$_{ПК-2}$						+	Проверочная работа/Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона. Момент количества движения и орбитальный магнитный момент. Магнетон Бора. Орбитальное магнетомеханическое отношение. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Орбитальный магнитный момент сложного атома. Пространственное квантование. Векторная модель электронной оболочки.
проводить диагностику магнитных	ИД-1$_{ПК-3}$						+	Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 Технология

материалов, магнитные и диэлектрические свой-ва								изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона. Момент количества движения и орбитальный магнитный момент. Магнетон Бора. Орбитальное магнетомеханическое отношение. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Орбитальный магнитный момент сложного атома. Пространственное квантование. Векторная модель электронной оболочки. (Проверочная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторная работа №1 Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа №2 «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

стандаттные

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Боков, А. Г. Исследование и разработка источников сильных магнитных полей для испытания магнитотвердых материалов : 05.14.07 - Теоретические основы электротехники : Диссертация кандидата технических наук / А. Г. Боков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1976 . – 140 с. - Автореферат есть .;
2. Кравченко, А. Ф. Магнитная электроника / А. Ф. Кравченко ; Отв. ред. И. Г. Неизвестный ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников . – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002 . – 400 с. - ISBN 5-7692-0485-0 .;
3. А. Б. Борисов, В. В. Киселев- "Квазиодномерные магнитные солитоны", Издательство: "Физматлит", Москва, 2014 - (519 с.) https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467704.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Майнд Видеоконференции;
4. GPSS World Student.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. **ЭБС Лань** - https://e.lanbook.com/
2. **ЭБС "Университетская библиотека онлайн"** - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитные материалы

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона. Момент количества движения и орбитальный магнитный момент. Магнетон Бора. Орбитальное магнетомеханическое отношение. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Орбитальный магнитный момент сложного атома. Пространственное квантование. Векторная модель электронной оболочки. (Проверочная работа)

КМ-2 Лабораторная работа №1 Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования (Лабораторная работа)

КМ-3 Лабораторная работа №2 «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот» (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	15
1	Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок				
1.1	Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок			+	
2	Строение и свойства магнитных материалов				
2.1	Строение и свойства магнитных материалов			+	
3	Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике				
3.1	Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике				+
4	Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма				
4.1	Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма				+
5	Ферриты с различной структурой				
5.1	Ферриты с различной структурой			+	
6	Диэлектрические свойства ферритов				
6.1	Диэлектрические свойства ферритов		+	+	+
		Вес КМ, %:	30	30	40