

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98bc3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Магнитные материалы для микро- и наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 2

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	25	25	25	25
Практические	26	26	26	26
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дфмн, профессор, Панина Лариса Владимировна*

Рабочая программа

**Магнитные материалы для микро- и наносистем**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-22-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО 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	Целью преподавания дисциплины является формирование знаний о ферромагнитных компонентах микросистемной техники, физических принципах их функционирования, базовых и специальных технологических операциях, используемых при создании элементов и устройств микросистемной техники с применением ферромагнитных материалов. Ставятся задачи изучения особенностей функционирования ферромагнитных элементов для устройств микросистемной техники, выбора материалов, методам их получения с заданными структурными и физическими свойствами на основе микро- нанотехнологий, а также изучения методов их характеристики.
-----	---

### 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	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.3	Методы математического моделирования	
2.1.4	Микро- и наносистемы в технике и технологии	
2.1.5	Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 1	
2.1.6	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.7	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники	
2.2.2	Металлуглеродные композиционные наноматериалы	
2.2.3	Методы синтеза углеродных наноматериалов	
2.2.4	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии	
2.2.5	Приборы и устройства магнитоэлектроники	
2.2.6	Процессы получения наночастиц и наноматериалов	
2.2.7	Электреты, мультиферроики, магнитоэлектрические явления	
2.2.8	Эпионная технология в микро- и наноиндустрии	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Преддипломная практика	

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

<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31	Технический английский язык
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31	Технический английский язык
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-33	Методы физико-технологического моделирования
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31	основные методы диагностики микро- и наномасштабных объектов, анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-32	Основы физики наноразмерных пленок

<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Работать на технологическом оборудовании (выполнять все действия, которые делает оператор)
<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У2 применять методы и средства измерения физических величин наноструктурированных объектов
ПК-3-У1 Определять экономическую целесообразность внедрений новых технологий и процессов
ПК-3-У3 применять методы моделирования в материаловедении для приборов и устройств микросистемной техники и твердотельной нанoeлектроники
<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, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 анализировать воздействие сигналов (магнитных, механических) на линейные и нелинейные процессы намагничивания микро и нано материалов
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач
<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Разработка новых технологических процессов
ПК-3-В2 Обоснование экономической целесообразности их внедрения
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 навыками работы с измерительной аппаратурой, предназначенной для определения параметров и характеристик ферромагнитных материалов и элементов нано- и микросистемной техники
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 сведениями об основных тенденциях развития нано- и микросистемной техники, а также о новейших разработках наноматериалов и компонентной базы в указанных областях
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 методами построения современных проблемно-ориентированных прикладных программных средств в области нанотехнологий и микросистем

#### 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. Введение, классификация микро и наноразмерных ферромагнитных (ферритмагнитных) микро и нано материалов</b>							
1.1	Классификация микро и наноразмерных структур: от магнитных наночастиц до нанокристаллических материалов /Лек/	2	5	ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.7Л2.4 Л2.5 Э1		КМ1	

1.2	Анализ особенностей процессов намагничивания в различных типах микро и nano структур /Пр/	2	3	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-1-31	Л1.5 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.7 Л2.8 Э1				Р4
1.3	Анализ особенностей процессов намагничивания в различных типах микро и nano структур. Анализ литературы. /Ср/	2	10	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-У3 ПК-1-31 ПК-1-33	Л1.1 Л1.6Л2.6 Э1				
<b>Раздел 2. Методы измерения магнитных параметров (микро и nano размерных материалов)</b>									
2.1	Методы измерения и анализа магнитных характеристик: кривой магнитного гистерезиса, магнитной анизотропии, температуры Кюри /Лек/	2	5	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-У3 ПК-3-В2	Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Э1			КМ1	
2.2	Оптимизация метода вибрационного магнетометра для измерения кривой намагниченности микро и nano материалов. /Пр/	2	3	ПК-2-31 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У3 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.7 Л1.8 Л1.10Л2.4 Л2.7 Л2.8 Э1				Р5
2.3	Оптимизация индуктивного метода для измерения кривой намагниченности микро и nano материалов /Пр/	2	3	ПК-2-В1 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.9 Л1.10Л2.4 Л2.6 Л2.7 Э1				Р6
2.4	Применение эллипсометрического метода для характеристики многоплочных структур /Пр/	2	2	ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-1-32	Л1.7 Л1.10Л2.7 Л2.8 Э1				Р2
2.5	Домашняя работа №1 /Ср/	2	10	ПК-2-31 ПК-3-У1 ПК-1-33 ПК-1-У1	Л1.9Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1				Р7
<b>Раздел 3. Магнетизм наночастиц, применения в биологии</b>									
3.1	Магнитные наночастицы, однодоменные частицы суперпарамагнетизм, магнитные жидкости. Использование магнитных nano и микрочастиц как маркеров. /Лек/	2	5	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-У3 ПК-3-В2 ПК-1-31 ПК-1-33	Л1.5 Л1.7 Л1.10Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1			КМ1	
3.2	Расчет размеров однодоменности магнитных наночастиц. Оценка скорости движения магнитной наночастицы в вязкой жидкости /Пр/	2	3	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.8 Э1				Р8
3.3	Домашняя работа №2 /Ср/	2	7	ПК-2-У1 ПК-3-В1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1	Л1.6 Э1				Р9
<b>Раздел 4. Магнетизм микро и nano проводов, применения в магнитной записи, сенсорах и постоянных магнитах</b>									

4.1	Особенности процессов намагничивания микро и нанопроводов /Лек/	2	5	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-1-32	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1		КМ1	
4.2	Оценка размеров аксиальных доменов в микропроводах. Оценка коэрцитивности нанопроводов /Пр/	2	3	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У3 ПК-1-33	Л1.7Л2.1 Л2.4 Л2.5 Э1			Р10
4.3	Измерение кривой намагничивания микропроводов индуктивным и вибрационным методами /Пр/	2	2	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-1-33	Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.4 Э1			Р11
4.4	Определение температуры Кюри микропроводов методом RL /Пр/	2	2	ПК-2-31 ПК-1-32	Л1.3Л2.2 Л2.4 Э1			Р3
4.5	Домашняя работа №3 /Ср/	2	10	ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-33 ПК-1-У1	Л1.2Л2.4 Э1			Р12
<b>Раздел 5. Магнетизм тонких пленок, эффект гигантского магнитосопротивления</b>								
5.1	Эффект гигантского магнитосопротивления и магнитоимпеданса в мультипленочных структурах /Лек/	2	5	ПК-2-31 ПК-3-У3 ПК-1-31 ПК-1-33	Л1.2 Л1.6Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1		КМ1	
5.2	Оптимизация параметра магнитосопротивления многопленочных систем /Пр/	2	3	ПК-2-31 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-1-32	Л1.3 Л1.6Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1			Р13
5.3	Численный эксперимент-Оптимизация параметра магнитоимпеданса сэндвичевых структур. /Пр/	2	2	ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1			Р14
5.4	Курсовая работа /Ср/	2	20	УК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В2 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Э1			Р1

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-33;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ОПК-1-31;ОПК-1-В1;УК-1-У1	Часть1 Ответьте на все вопросы (каждый вопрос-2 бала )  1. Число 41 в двоичной системе имеет вид: А) 101001 В) 100101 С) 100111 D) 110001

2. Двоичное число 11000101 записывается в десятичной системе как :
- A) 107
  - B) 179
  - C) 197
  - D) 213
3. Гексагональным представлением двоичного числа 11010101 является:
- A) 6D
  - B) 6E
  - C) C5
  - D) D5
4. Килобайт равняется:
- A) 2  
8  
bytes
  - B) 1,000,000 bytes
  - C) 1024 bytes
  - D) 1000 bytes
5. Размер регистра в компьютере -
- A) Всегда 8 bits
  - B) Всегда 16 bits
  - C) Всегда 32 bits
  - D) Зависит от типа компьютера
6. Размер файла для цветной фотографии 1024 x 2048 пикселей x 24 bit colour-
- A) 300 KBytes
  - B) 900 KBytes
  - C) 2.3 MBytes
  - D) 6 Mbytes
7. Сколько битов требуется для записи адресов для 256 KByte памяти?
- A) 8
  - B) 12
  - C) 16
  - D) 18
8. Какой из следующих типов памяти является энергозависимым?
- A) RAM
  - B) ROM
  - C) Magnetic disk
  - D) Optical disk
9. Какой из следующих типов памяти является самым быстрым?
- A) Magnetic Disk
  - B) ROM
  - C) Dynamic RAM
  - D) Static Ram
10. Какой тип памяти используется в кэш ?
- A) Dynamic RAM
  - B) Static RAM

			<p>C) Flash D) EPROM</p> <p>11. Какое положение относительно динамической RAM (DRAM) является неправильным? A) Для сохранения информации достаточно поддерживать питание. B) Один бит такой памяти использует один транзистор и один конденсатор. C) Этот тип памяти используется в синхронизированной DRAM (SDRAM). D) Один бит такой памяти является наиболее миниатюрным, то есть такая память обладает высокой плотностью информации.</p> <p>12. Какое положение относительно перпендикулярной магнитной записи (PMR) является неправильным? A) PMR имеет высокую тепловую стабильность из-за большого объема бита. B) Магнитные биты, расположенные перпендикулярно поверхности, позволяют осуществить быстрый доступ к информации. C) Магнитные биты, расположенные перпендикулярно поверхности, позволяют достичь большей плотности записи D) Дальнейшее развитие PMR требует использование многопленочной технологии, что позволяет уменьшить разброс осей анизотропии.</p> <p>13. Какие две технологии позволяют осуществить перезаписывающие оптические диски? A) Формирование на поверхности канавок и выступов. B) Химическое изменение состояния покрытия. C) Фазовые переходы между упорядоченными и неупорядоченными состояниями. D) Магнитооптические среды.</p> <p>14. Определите преимущество магнитооптической записи по сравнению с оптическим методом, использующим изменение фазы состояния (кристаллическая и аморфная). A) Большая плотность записи B) Меньший размер бита C) Более сильный считываемый сигнал D) Более высокая скорость считывания</p> <p>15. С помощью какого процесса логический дизайн процессора переносится на чип? A) Испарительные технологии B) Фотолитография C) Маскировочные технологии D) Распылительные технологии</p> <p>16. Предполагается, что один бит твердотельной памяти будет иметь размер порядка 10 нм. Какая максимальная плотность записи в Tera-bytes/inch<sup>2</sup> возможна в этом случае? (inch=2.5 см, для простоты: 1 TB=10 A) 625 B) 0.8 C) 6.25</p>
--	--	--	---



			<p>D) 80</p> <p>17. Что не является типом ROM?</p> <p>A) EEPROM B) DRAM C) FLASH D) EPROM</p> <p>Часть 2</p> <p>2.1 С помощью диаграмм объясните расположение битов информации, а также принцип записи и чтения для магнитного жесткого диска</p> <p>2.2. С помощью диаграмм объясните расположение битов информации, а также принцип записи и чтения для оптического диска</p> <p>2. 3 Объем информации на DVD значительно превышает возможности CD. Проведите сравнительный анализ технологий DVD и CD, объясняющий дополнительные возможности DVD.</p> <p>2.4. Эффект магнитосопротивления и его применение для считывающих головок и для сенсоров.</p> <p>2.5. Объясните принцип измерения механического напряжения с помощью эффекта магнитосопротивления</p> <p>2.6. Проведите сравнительный анализ технологий и использования статической RAM (SRAM) и динамической RAM (DRAM).</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	Курсовая работа	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-33;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ОПК-1-31	Анализ аналоговых сигналов с помощью цифровых технологий Микроволновые свойства композитов на основе проводящих полимеров и ферритовых наночастиц (структура ферритов-гексаферриты) Создание градиентных магнитных полей с помощью микропроводов Исследование свойств ферритовых пленок с помощью Мёссбауэровской спектроскопии Микроволновые свойства композитов на основе проводящих полимеров и ферритовых наночастиц (структура ферритов-шпинели) Свойства и применение нанопроводов на основе сплавов FeCo Преимущества нанокристаллических материалов по сравнению с аморфными при аналогичных составах Свойства и применение нанопроводов на основе сплавов FeNi Применение магнитных частиц для гипертермии Свойства суперпарамагнитных частиц Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Применение суперпарамагнитных частиц в биологии Технологии получения и свойства ферритовых наночастиц (выбрать тип структуры феррита) Технологии получения и свойства ферритовых пленок (выбрать тип структуры феррита)
P2	Лабораторная работа 1	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Применение эллипсометрического метода для характеристики многоплочных структур.
P3	Лабораторная работа 2	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-В1;ПК-3-У3;ПК-3-У2	Определение температуры Кюри микропроводов методом RL
P4	ПР1	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Анализ особенностей процессов намагничивания в различных типах микро и нано структур
P5	ПР2	УК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Оптимизация метода вибрационного магнетометра для измерения кривой намагниченности микро и нано материалов.
P6	ПР3	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Оптимизация индуктивного метода для измерения кривой намагниченности микро и нано материалов
P7	Домашняя работа №1	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-У3;ПК-3-В2	
P8	ПР4	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Расчет размеров однодоменности магнитных наночастиц. Оценка скорости движения магнитной наночастицы в вязкой жидкости
P9	Домашняя работа №2	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	

P10	ПР5	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Оценка размеров аксиальных доменов в микропроводах. Оценка коэрцитивности нанопроводов
P11	ПР6	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Измерение кривой намагничивания микропроводов индуктивным и вибрационным методами
P12	Домашняя работа №3	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	
P13	ПР7	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Оптимизация параметра магнитосопротивления многоплечных систем
P14	ПР8	ОПК-1-В1;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Численный эксперимент- Оптимизация параметра магнитоимпеданса сэндвичевых структур.

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

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов. Экзамен сдается устно. Билеты хранятся на кафедре.

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

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации состоит из: типовых контрольных заданий к экзамену.

Контроль качества освоения дисциплины (модуля) 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.

Критерии оценки:

«отлично» – 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» – 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» – 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» – 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.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Орликов Л. Н.	Технология материалов и изделий электронной техники: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Дубровский В. Г., Харламов Г. В.	Электричество и магнетизм: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011
Л1.3	Сарина М. П.	Электричество и магнетизм: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л1.4	Густав М. И., Соколов Ф. Ф., Хвольсон О. Д.	Курс электричества и магнетизма	Электронная библиотека	Одесса: б.и., 1912
Л1.5	Верещагина Я. А.	Инновационные технологии: введение в нанотехнологии: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно- исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009
Л1.6	Григорьев Б. В., Зайцев Е. В.	Метрология и физико- технические измерения: учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов II курса направлений 16.03.01 «Техническая физика», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Тюмень: Тюменский государственный университет, 2017
Л1.7	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и наноэлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л1.8	Дзидзигури Э. Л., Сидорова Е. Н.	Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л1.9	Пархоменко Ю. Н., Полисан А. А.	Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014
Л1.10	Крутогин Д. Г.	История и методология науки и техники в области электроники и нанотехнологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Акулов Н. С.	Ферромагнетизм: монография	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное издательство технико- теоретической литературы, 1939
Л2.2	Польгалов Ю. И.	Электричество и магнетизм: практикум	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014
Л2.3	Пацева Ю. В.	Электромагнетизм: лекции по физике: курс лекций	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ- Медиа, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Аленков В. В., Евсеев В. А., Ершова С. А., др., Кузнецов Т. Д.	Технология материалов электронной техники: Разд.: Микротехнология тонких пленок и твердотельных структур: Лаб. практикум для студ. направлений 550700, 551600, 553100 и спец. 200100, 200200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.5	Канева И. И., Подгорная С. В., Андреев В. Г.	Технология микро- и нанoeлектроники. Технология материалов магнитоэлектроники: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.6		Нано- и микросистемная техника	Библиотека МИСиС	М.: Новые технологии,
Л2.7		Нанотехнологии. Наука и производство	Библиотека МИСиС	М.: Образование,
Л2.8		Нанотехнологии: разработка, применение	Библиотека МИСиС	М.: Сайнс-Пресс,

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

Э1		<a href="http://www.intechopen.com/books/recent-application-in-biometrics/electromagnetic-sensor-technology-for-biomedical-applications">http://www.intechopen.com/books/recent-application-in-biometrics/electromagnetic-sensor-technology-for-biomedical-applications</a>
----	--	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft Office
П.4	MS Teams
П.5	Microsoft Visual Studio 2015

### 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> )

## 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.
К-428	Учебная аудитория/Лаборатория «Синтеза углеродных наноматериалов»:	4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MFLA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекции проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint и содержат анимационные представления с использованием программного обеспечения Mathematica
2. Домашние задания выполняются с использованием программных средств:

для математических вычислений – Mathematica;

для моделирования технологических процессов- среды программирования Visual C++, Mathematica.

Эти же средства используются для выполнения самостоятельных проектов.

3. Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются еженедельные консультации в компьютеризированном классе.

Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется путем индивидуального опроса студентов во время практических занятий. Студенты также выполняют индивидуальные и групповые проекты, которые оцениваются путем презентации и демонстрации.

Перед началом занятий студенты знакомятся с графиком выдачи и сдачи домашних заданий и проектов.

Рекомендуется на каждом практическом занятии проводить экспресс-опрос (с проставлением оценки) с целью установления усвояемости дисциплины.