

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 13.09.2023 12:49:32

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)

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 | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | УП | РП | УП | РП |
| Неделя | 18 | | | |
| 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-23-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 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 | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 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

| | |
|---|--|
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство | |
| Знать: | |
| ПК-1-31 | Технический английский язык |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций | |
| Знать: | |
| ПК-2-31 | Технический английский язык |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство | |
| Знать: | |
| ПК-1-33 | Методы физико-технологического моделирования |
| 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 | |
| Знать: | |
| ОПК-1-31 | основные методы диагностики микро- и наномасштабных объектов, анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство | |
| Знать: | |
| ПК-1-32 | Основы физики наноразмерных пленок |

| |
|---|
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций |
| Уметь: |
| ПК-2-У1 Работать на технологическом оборудовании (выполнять все действия, которые делает оператор) |
| ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы |
| Уметь: |
| 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 |
| 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 |
| Уметь: |
| УК-1-У1 анализировать воздействие сигналов (магнитных, механических) на линейные и нелинейные процессы намагничивания микро и нано материалов |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство |
| Уметь: |
| ПК-1-У1 применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач |
| ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы |
| Владеть: |
| ПК-3-В1 Разработка новых технологических процессов |
| ПК-3-В2 Обоснование экономической целесообразности их внедрения |
| 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 |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 навыками работы с измерительной аппаратурой, предназначенной для определения параметров и характеристик ферромагнитных материалов и элементов нано- и микросистемной техники |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство |
| Владеть: |
| ПК-1-В1 сведениями об основных тенденциях развития нано- и микросистемной техники, а также о новейших разработках наноматериалов и компонентной базы в указанных областях |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций |
| Владеть: |
| 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 |
|-------------|---|----------------|-------|--|--------------------------|------------|-----|--------------------|
| | Раздел 1. Введение, классификация микро и наноразмерных ферромагнитных (ферритмагнитных) микро и нано материалов | | | | | | | |
| 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 | | | | |
| Раздел 2. Методы измерения магнитных параметров (микро и nano размерных материалов) | | | | | | | | | |
| 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 многоплечных 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 |
| Раздел 3. Магнетизм наночастиц, применения в биологии | | | | | | | | | |
| 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 |
| Раздел 4. Магнетизм микро и nano проводов, применения в магнитной записи, сенсорах и постоянных магнитах | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|----|--|--|--|-----|-----|
| 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-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 |
| Раздел 5. Магнетизм тонких пленок, эффект гигантского магнитосопротивления | | | | | | | | |
| 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/inch² возможна в этом случае? (inch=2.5 cm, 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> |
| 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 |

| | | | |
|----|-----------------------|--|---|
| 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 ₃ O ₄ 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 многопленочных 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 | | http://www.intechopen.com/books/recent-application-in-biometrics/electromagnetic-sensor-technology-for-biomedical-applications |
|----|--|---|

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 (http://elibrary.ru/) |
| И.2 | Springerlink (https://link.springer.com/) |
| И.3 | Web of Science (WOS) (https://apps.webofknowledge.com) |
| И.4 | Scopus (https://www.scopus.com/) |
| И.5 | Elsevier (https://www.sciencedirect.com/) |

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 | 4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MILA-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.