

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

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)

# Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*дфмн, профессор, Панина Лариса Владимировна*

Рабочая программа

**Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики**

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 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , 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	Дать представления об основных физических явлениях и эффектах, используемых в магнитоэлектронике. Научить методам моделирования технологических процессов магнитоэлектронной техники: формулирование необходимых свойств, анализ модельных допущений и ограничений, выбор оптимальных математических методов, способы проверки адекватности модели, и анализ конкретных направлений ее практического применения.
1.2	Задачи – научить
1.3	1. использовать методы и аппарат математического анализа и готовые математические модели для описания современных технологических процессов магнитоэлектроники (тонкопленочные технологии и фотолитография) с целью их анализа, прогнозирования и приборного использования, оптимизации и управления, а также
1.4	2. давать математическим результатам соответствующую техническую и экономическую интерпретацию.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.09
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.2	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.3	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.4	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.5	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.1.6	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.7	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.8	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.9	Приемники оптического излучения	
2.1.10	Физика импульсного отжига	
2.1.11	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.12	Физические основы электроники	
2.1.13	Функциональная нанoeлектроника	
2.1.14	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.15	Инженерная математика	
2.1.16	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.17	Технология материалов электронной техники	
2.1.18	Физика диэлектриков	
2.1.19	Физика конденсированного состояния	
2.1.20	Физика магнитных явлений	
2.1.21	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.22	Актуальные проблемы современной электроники, нанoeлектроники и магнитоэлектроники	
2.1.23	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.24	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.25	Физические свойства кристаллов	
2.1.26	Электроника	
2.1.27	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.28	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.29	Электротехника	
2.1.30	Информатика	
2.1.31	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	Методы математического моделирования	
2.2.2	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.2.3	Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники	
2.2.4	Силовые полупроводниковые приборы	
2.2.5	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.2.6	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
2.2.7	Физика наноструктур	

2.2.8	Физико-химия и технология наноструктур
2.2.9	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике
2.2.10	Компьютерные технологии в исследованиях материалов электроники и нанoeлектроники
2.2.11	Компьютерные технологии в научных исследованиях
2.2.12	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники
2.2.13	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.14	Микросхемотехника
2.2.15	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии
2.2.16	Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций
2.2.17	Планирование научной деятельности
2.2.18	Приборные структуры на некристаллических материалах
2.2.19	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках
2.2.20	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.21	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.22	Программирование микроконтроллеров
2.2.23	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1
2.2.24	Технология наногетероструктур
2.2.25	Конструирование светоизлучающих устройств
2.2.26	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии
2.2.27	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов
2.2.28	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.29	Проектирование и технология электронной компонентной базы
2.2.30	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.31	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.32	Физика и техника магнитной записи
2.2.33	Физика СВЧ полупроводниковых приборов
2.2.34	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.35	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6
2.2.36	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.37	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.38	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.39	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

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

**ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники**

**Знать:**

ПК-5-31 Методики поиска необходимых данных в литературных источниках

**ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники**

**Знать:**

ПК-3-31 магнитные среды и радиокерамику

**ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники**

**Знать:**

ПК-1-31 Особенности оборудования роста гетерокомпозиций

ПК-1-32 Иметь представление об имеющихся пакетах программ для компьютерного моделирования

**ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники**

**Знать:**

ПК-5-33 Анализ результатов моделирования и подготовка рекомендаций по последовательностям и режимам

технологических операций
ПК-5-32 Перечислять основные технологические процессы построения магнитоэлектронных приборов и давать им характеристику
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-32 Выбирать методики и средства моделирования технологических процессов
ПК-3-33 Анализировать результаты моделирования и готовить рекомендации по экспериментальной отработке технологических режимов
<b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-4-32 Особенности параметров современных наносистем
ОПК-4-33 Методики и приемы научного исследования
ОПК-4-34 Характеризовать математические подходы к решению физических и технологических проблем
ОПК-4-31 Формулировать основные физические принципы магнитоэлектроники
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У3 Использовать стандартные компьютерные программы для обработки статистических данных
ПК-3-У1 выбирать методы и средства решения поставленных задач
ПК-3-У2 Тестировать разработанные модели в соответствующей программной среде с обоснованием выбора критериев и производить оптимизацию физических свойств и экономического эффекта
<b>ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У2 Анализировать наиболее эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов
<b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У2 Выбрать необходимый материал для достижения желаемых параметров приборов
ОПК-4-У3 Строить математические модели физических явлений и технологических процессов и выбирать оптимальные технологические параметры для использования в развиваемых моделях
<b>ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Выбирать оптимальный метод достижения необходимых свойств микросистем
<b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 Создавать модели, описывающие структуру и свойства полупроводников
<b>ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-5-В2 Методом выбора материала и необходимой технологии его изготовления при конструировании конкретного типа прибора с заданными характеристиками

ПК-5-В1 Критический опыт понимания перспектив развития новых технологий
<b>ПК-1: Способность контролировать подготовку и техническое оснащение рабочих мест на участках производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Методами выбора оптимальной технологии производства
<b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 Создавать модели, описывающие структуру и свойства полупроводников
<b>ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В2 Аналитическими методиками обобщения результатов моделирования
ПК-3-В1 анализом зависимости свойств различных магнитных сред

#### 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. Основы магнитоэлектроники и основные модельные представления</b>							
1.1	Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния /Лек/	8	6	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-33 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1			
1.2	Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния /Пр/	8	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-3-У1 ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.3	Моделирование высокочастотных свойств магнитной керамики (ферритов) /Лек/	8	6	ОПК-4-34 ПК-1-32 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1			
1.4	Моделирование высокочастотных свойств магнитной керамики (ферритов) /Пр/	8	2	ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2			

1.5	Анализ современного состояния магнитоэлектроники /Ср/	8	10	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-33 ОПК-4-34 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2			
1.6	Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния /Лаб/	8	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-1-В1 ПК-3-В1 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			
	<b>Раздел 2. Моделирование и проектирование магнитоэлектронных систем</b>							
2.1	Моделирование многопленочных систем для достижения GMR (spin valve GMR, spin-tunnelling TMR); оптимизация состава /Лек/	8	10	ОПК-4-34 ПК-1-32 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-5-31 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1			
2.2	Моделирование многопленочных систем для достижения GMR (spin valve GMR, spin-tunnelling TMR); оптимизация состава /Пр/	8	3	ОПК-4-У1 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			
2.3	Моделирование многопленочных систем для достижения GMR (spin valve GMR, spin-tunnelling TMR); оптимизация состава /Лаб/	8	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

2.4	Курсовая работа 1 /Ср/	8	20	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-33 ОПК-4-34 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2			
2.5	Моделирование спиновой поляризации проводящих электронов /Лек/	8	6	ОПК-4-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-5-31 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1			
2.6	Моделирование спиновой поляризации проводящих электронов /Пр/	8	3	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.7	Моделирование спиновой поляризации проводящих электронов /Лаб/	8	2	ОПК-4-34 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 3. Моделирование технологических процессов получения магнитной керамики (ферритов) для различных диапазонов частот</b>							
3.1	Моделирование анизотропных магнетиков для цифровых приборов /Пр/	8	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			



3.2	Моделирование анизотропных магнетиков для цифровых приборов /Лаб/	8	1	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			
3.3	Моделирование высокочастотных свойств магнитной керамики (ферритов) /Лаб/	8	1	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.4	Анализ основных технологических процессов (тонкопленочные технологии, фотолиитография) /Ср/	8	10	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-33 ОПК-4-34 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			
3.5	Расчетно-графическая работа 2 (групповая) /Ср/	8	16	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-33 ОПК-4-34 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			

	<b>Раздел 4. Анализ перспектив использования магнитоэлектронной технологии для перепрограммируемых логических систем</b>							
4.1	Моделирование логических электронных компонентов /Лек/	8	6	ОПК-4-32 ОПК-4-33 ОПК-4-34 ПК-1-32 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1			
4.2	Моделирование логических электронных компонентов: -магнитный биполярный диод (МБД); -магнитный биполярный транзистор (МБТ) /Пр/	8	3	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2			
4.3	Моделирование логических электронных компонентов: -магнитный биполярный диод (МБД); -магнитный биполярный транзистор (МБТ) /Лаб/	8	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
4.4	Моделирование логического прибора – спин-инжектируемый полевой транзистор (SI FET) /Пр/	8	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2			
4.5	Моделирование логического прибора – спин-инжектируемый полевой транзистор (SI FET) /Лаб/	8	4	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

4.6	Анализ использования ферритов для экранирования электронных схем /Лаб/	8	3	ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2			
4.7	Курсовая работа 2 /Ср/	8	20	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ОПК-4-33 ОПК-4-34 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-У3 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-У3 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2			

### 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	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-33;ОПК-4-34;ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-У3;ОПК-4-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-3-31;ПК-1-В1;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	<p>Темы для подготовки:</p> <p>Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния</p> <p>Моделирование анизотропных магнетиков для цифровых приборов</p> <p>Моделирование спиновой поляризации проводящих электронов</p> <p>Моделирование многоплечных систем для достижения GMR (spin valve GMR, spin-tunnelling TMR); оптимизация состава</p> <p>Моделирование приборов магнитоэлектроники на основе GMR и TMR</p> <p>Моделирование высокочастотных свойств магнитной керамики (ферритов)</p> <p>Анализ использования ферритов для экранирования электронных схем</p> <p>Моделирование логических электронных компонентов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-магнитный биполярный диод (МВД);</li> <li>-магнитный биполярный транзистор (МВТ)</li> </ul> <p>Моделирование логического прибора – спин-инжектурируемый полевой транзистор (SI FET)</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	Расчётно - графическая работа 1	ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-У3;ОПК-4-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование многоплёночных систем для достижения GMR (spin valve GMR, spin-tunnelling TMR); оптимизация состава (Fe, Co, Ni, Cu, Cr, Ru) и толщины слоев, формирование свободных и фиксированных магнитных слоев
P2	Расчётно - графическая работа 2	ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-У3;ОПК-4-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование технологических процессов получения магнитной керамики (ферритов) для различных диапазонов частот
P3	Курсовая работа	ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-У3;ОПК-4-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-3-В1;ПК-3-В2	

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

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов. Экзамен сдаётся 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	Хвольсон О. Д.	Популярные лекции об электричестве и магнетизме	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Типография товарищества Общественная польза, 1886
Л1.2	Гордиенко А. Б., Золотарев М. Л., Кравченко Н. Г.	Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009
Л1.3	Корабельников Д. В., Кравченко Н. Г., Поплавной А. С.	Физика наноструктур: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Таперо Константин Иванович, Диденко Сергей Иванович	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники. Радиационные эффекты в изделиях электронной техники: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подг. 210100 - Электроника и микроэлектроника	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Королёв М. А., Крупкина Т. Ю., Ревелева М. А., Чаплыгин Ю. А.	Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.2	Юрчук Сергей Юрьевич, Мурашев Виктор Николаевич	Моделирование полупроводниковых приборов: Курс лекций для студ. спец. 200100- Микроэлектроника и твердотельная электроника	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Вознесенский Александр Сергеевич	Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи: учеб. пособие по лаб.-практ. занятиям по курсу "Радиоэлектроника устройства систем и приборов контроля"	Библиотека МИСиС	М.: МГИ, 1990

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

Э1	R. Ridley and A. Nace, Modelling ferrite core losses	<a href="http://www.switchingpowermagazine.com/downloads/7%20Modeling%20Ferrite%20Core%20Losses.pdf">http://www.switchingpowermagazine.com/downloads/7%20Modeling%20Ferrite%20Core%20Losses.pdf</a>
Э2	Никоненко В.А. Математическое моделирование технологических процессов	<a href="http://www.exponenta.ru/educat/systemat/nikonenko/main.asp">http://www.exponenta.ru/educat/systemat/nikonenko/main.asp</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ОС Linux (Ubuntu) / Windows
П.2	MS Teams
П.3	LMS Canvas
П.4	КОМПАС-3D v17

#### 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
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

Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
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.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для полноценного освоения учебного материала по дисциплине студент должен использовать знания, полученные при изучении следующих дисциплин: Дифференциальное исчисление, Интегральное исчисление, Ряды и дифференциальное исчисление, Аналитическая геометрия, Электричество и магнетизм.

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 предоставлением оценки) с целью установления усвояемости дисциплины.