

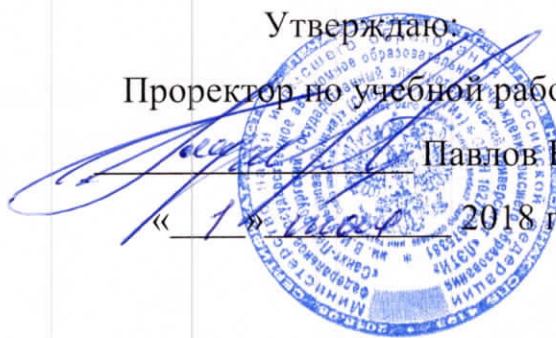
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**

Утверждаю:

Проректор по учебной работе

Павлов В. Н.

« 1 » *марта* 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТЫ»
для подготовки бакалавров
по направлению
11.03.04 - «Электроника и наноэлектроника»
по профилям
«Нанотехнология в электронике»
«Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Санкт-Петербург

2018

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№№ учебных планов:	326, 026, 126, 325
Обеспечивающий факультет:	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра:	МНЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	2
Курс	3
Семестр	6

Виды занятий

Лекции (академ. часов)	18
Практические занятия (академ. часов)	18
Лабораторные занятия (академ. часов)	18
Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов)	54
Самостоятельная работа (академ. часов)	18
Всего (академ. часов)	72

Вид промежуточной аттестации

Дифференцированный зачёт (семестр)	6
------------------------------------	---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры микро- и наноэлектроники - протокол № 2 от 1 марта 2018.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета электроники протокол № 2 от 16 марта 2018.

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТЫ»

Дисциплина «Магнитные материалы и элементы» направлена на изучение студентами физических явлений, происходящих в материалах, обладающих сильными магнитными свойствами; современных магнитных материалов и основных направлений их применения. Рассматриваются магнитные свойства электрона и атома, а также взаимодействия, приводящие к появлению кооперативных явлений- ферро, ферри и антиферромагнитному состоянию в твердых телах. Значительное место уделяется рассмотрению явлений, происходящих в магнитоупорядоченных материалах при воздействии на них электромагнитного поля. При рассмотрении свойств магнитных материалов большое внимание уделяется магнитомягким материалам и, в частности, ферритам и аморфным магнетикам, а также магнитным элементам и приборам на их основе.

SUBJECT SUMMARY « MAGNETIC MATERIALS and ELEMENTS »

In the course of «**Magnetic materials and elements**» students study physical phenomena occurring in materials with high magnetic properties, modern magnetic materials and their major application. The course covers magnetic properties of electron and atom, as well as interactions that cause such phenomena like ferro, ferri and antiferromagnetic state of solid materials. A special attention is paid to phenomena occurring in magnetic materials under the influence of magnetic field. Considering the properties of magnetic materials a special attention is paid to soft magnetic materials, in particular ferrites and amorphous magnetics as well as the using magnetic materials for design the different electronic elements and devices.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение дисциплины «Магнитные материалы и элементы» позволяет приобрести знания об основных видах магнитного состояния вещества и причинах их возникновения; физических процессов, обуславливающих те или иные магнитные явления и свойства;

2. Формирование навыков использования полученных знаний для экспериментальных исследований, синтезу и анализу магнитных материалов и применению их в нано и микросистемной технике.

3. Освоение материала дисциплины позволяет приобрести умения создания устройств, основанных на использовании магнитных свойств материала, выбора оптимального для того или иного устройства материала с учетом физических свойств, технологических и экономических критериев.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ООП.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Магнитные материалы и элементы» относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Физика» (для УП № 326)
2. «Химия»
3. «Материалы электронной техники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

4. «Основы проектирования электронной компонентной базы»
5. «Технология материалов и элементов электронной техники».

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение (2 академ. часа, ауд.ч.-1, сам.ч.-1)

История развития теории магнетизма, приборов и устройств на основе магнитных материалов.

Тема 1. Магнитные свойства электрона и электронной оболочки атома. (4 академ. часа, ауд.ч.-2, сам.ч.-2)

Орбитальные и спиновые моменты электрона. Гиромагнитные опыты (Эйнштейна-де-Гааза, Штерна и Герлаха, Барнета). Момент количества движения и магнитный момент атома. Фактор Ланде.

Тема 2. Диамагнетизм и парамагнетизм. (6 академ. часов, ауд.ч.-2, сам.ч.-4)

Основные виды магнитного состояния вещества.

Явление диамагнетизма: его качественное объяснение и математическое описание-теория Ланжевена. Парамагнитное состояние вещества, феноменологическая трактовка парамагнетизма - теория Ланжевена. Парамагнитная восприимчивость: законы Кюри и Кюри—Вейсса.

Тема 3. Макроскопические характеристики и теории спонтанного намагничивания ферромагнетиков. (10 академ. часов, ауд.ч.-4, сам.ч.-6)

Характерные особенности ферромагнетиков. Кривая намагничивания. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Петля гистерезиса и ее параметры. Электромагнитные потери. Намагничивание ферроматериалов переменным полем. Комплексная магнитная проницаемость. Влияние воздушного зазора на параметры изделий. Гипотезы Вейсса. Теория ферромагнетизма Вейсса. Квантовая теория самопроизвольной намагниченности. Обменное взаимодействие.

Тема 4. Основные виды взаимодействий в магнитном кристалле. (4 академ. часов, ауд.ч.-2, сам.ч.-2)

Виды энергии в магнитном кристалле: обменная энергия, энергия магнитной кристаллографической анизотропии, энергия магнитострикционной де-

формации, магнитоупругая энергия, магнитная энергия взаимодействия с внешним полем. Условия устойчивого состояния ферромагнетика.

Тема 5. Доменные структуры, процессы намагничивания и перемагничивания ферромагнетиков. (14 академ. часов, ауд.ч.-8, сам.ч.-6)

Распределение спонтанной намагниченности в кристалле. Возникновение и структуры доменов и доменных границ. Энергия доменных границ и размеров доменов. Однодоменные частицы. Методы экспериментального наблюдения доменных структур. Траектория хода кривой намагничивания и петли гистерезиса. Теория процессов смещения доменных границ. Теория процессов вращения вектора намагниченности. Влияние температуры на магнитную проницаемость. Модели начальной магнитной проницаемости. Теория петли гистерезиса. Частотная зависимость магнитной проницаемости. Уравнение движения доменной границы. Резонанс и релаксация доменных границ. Уравнение движения вектора намагниченности. Ферромагнитный резонанс.

Тема 6. Антиферромагнетизм и Ферримагнетизм.(4 академ. часа, ауд.ч.-2, сам.ч.-2)

Антиферромагнитное упорядочение магнитных моментов. Ферримагнетики. Кристаллические структуры ферритов. Основные положения теории Ферримагнетизма Нееля. Косвенное обменное взаимодействие.

Тема 7. Металлические и неметаллические магнитные материалы. (14 академ. часов, ауд.ч.-8, сам.ч.-6)

Общая классификация и требования к магнитным материалам. Магнитомягкие материалы: технически чистое железо, электротехнические стали, пермаллон. Ферромагнетизм металлов. Модель жестких зон Стонера. Магнитомягкие ферриты. Вопросы технологии изготовления поликристаллических ферритов. Методы выращивания монокристаллических ферритов. Марганец-цинковые и никель-цинковые ферриты.. Магнитодиэлектрики.. Получение аморфных магнитных сплавов. Высокопроницаемые и высокоиндукционные сплавы. Материалы с ЦМД. Области применения. Магнитотвердые материалы: классификация и общие требования. Намагничивание и размагничивание по-

стоянных магнитов. Стабильность постоянных магнитов. Сплавы дисперсного твердения. Магниты из порошков. Материалы на основе редкоземельных элементов.

Тема 8. Магнитные жидкости. (4 академ. часа, ауд.ч.-2, сам.ч.-2)

Понятие магнитной жидкости. Способы получения. Статические свойства магнитных суспензий. Коллоидные системы. Устойчивость магнитных коллоидов, образование цепей и кластеров. Статические магнитные свойства. Механизмы релаксации намагниченности. Области применения магнитных жидкостей.

Тема 9. Магнитные наночастицы и нанокристаллические магнитные материалы. (4 академ. часа, ауд.ч.-2, сам.ч.-2)

Методы получения магнитных наночастиц: диспергирование компактных материалов, химический синтез. Модели строения наночастиц. Модельные представления о магнетизме наночастиц. Однодоменность и суперпарамагнетизм. Магнитные характеристики наночастиц. Нанокристаллические магнитные материалы.

Тема 10. Применение магнитных материалов в технике (4 академ. часа, ауд.ч.-2, сам.ч.-2)

Индуктивные элементы, трансформаторы, магнитные усилители. Электромагнитные экраны и поглотители электромагнитных волн. Запись, хранение и считывание информации на магнитном носителе. Магнитные головки. Постоянные магниты в СВЧ-технике. Электромагнитные датчики.

Заключение (2 академ. часа, ауд.ч.-1, сам.ч.-1)

Перечень лабораторных работ

1. Исследование кривых намагничивания и петель гистерезиса металлических ферромагнетиков.
2. Определение кривых намагничивания и петель гистерезиса ферритов.
3. Определение частотной зависимости начальной магнитной проницаемости.
4. Определение температурной зависимости магнитной проницаемости.
5. Исследование влияния температуры спекания феррита на начальную магнитную проницаемость.
6. Исследование магнитных спектров поликристаллических ферритов.

Перечень практических занятий

1. Расчет магнитных моментов электрона и сравнение с экспериментальными данными.
2. Диамагнитная и парамагнитная восприимчивость твердых тел.
3. Температурная зависимость намагниченности насыщения и температура Кюри – теоретические представления и экспериментальные результаты.
4. Анизотропия намагниченности в ферромагнитном кристалле.
5. Домены и доменные границы. Резонанс и релаксация доменных границ.
6. Расчет частотной зависимости магнитной проницаемости с учетом влияния вихревых токов.
7. Ферромагнитная упорядоченность на примерах ферритов со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита.
8. Устойчивость магнитных жидкостей. Статические магнитные свойства.
9. Магнетизм наночастиц и нанокристаллов.
10. Головки магнитной записи и воспроизведения информации

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
Основная литература			
1	Гареев К.Г., Мирошкин В.П. Физические основы магнитных материалов. Учебное пособие. - Санкт-Петербург, 2014.	6	20
3	Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники, т. 2: Учебник – М: Академия, 2015	6	526 (+4; 2016)
Дополнительная литература			
1	Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы. Учебник, М., Высшая школа, 1986	6	74

Зав. отделом учебной литературы *Кис* Т.В. Киселева
24.10.17.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№	Электронный адрес
1	http://ferrite.ru
2	http://amtc.ru
3	http://magneton.ru

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины в методических указаниях к лабораторным работам, учебном пособии к практическим занятиям.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине и методика текущего контроля содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся в течение первых недель обучения.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

к.ф.-м.н., доц.

Мирошкин В.П.

Рецензент

зам. декана ФЭЛ по учебно-методической работе

к.т.н., доцент

Иванов Б.В.

Зав. каф. МНЭ

д.т.н., проф.

Лучинин В.В.

Декан факультета электроники

д.ф.-м.н., проф.

Соломонов А.В.

Согласовано

Председатель УМК факультета электроники

к.ф.-м.н., доц.

Александрова О.А.

Начальник МО

д.ф.-м.н., проф.

Грязнов А.Ю.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Дата	Изменение	Дата заседания УМК, № прот-ла	Автор	Нач. МО
1	26.04.2018	Дисциплина добавлена в учебный план №325 по профилю «Микроэлектроника и твердотельная электроника»	протокол № 2 от 16 марта 2018.	Мирошкин В.П.	Грязнов А.Ю. 