

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность подготовки: Физика конденсированного состояния

Одобрено на заседании
Ученого совета ИМЕТ РАН
09 февраля 2017 г.
Протокол № 1/17

Москва 2017 год

Курс «Физика и технология магнитных материалов» направлен на углубленное изучение теоретических основ магнитных материалов и современных технологий их производства; формирование научной основы осознанного и целенаправленного использования магнитных материалов при создании элементов приборов, узлов, электромашин, средств связи и др.

Темы курса

1. Основные проблемы магнетизма
2. Магнитные свойства веществ, не обладающих атомным магнитным порядком (диамагнетики и парамагнетики)
3. Магнитные свойства веществ с атомным магнитным порядком (ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики)
4. Влияние атомного магнитного порядка на немагнитные свойства веществ
5. Связь между структурой ферромагнитных материалов и их магнитными свойствами
6. Экспериментальные методы измерения основных магнитных свойств
7. Магнитные свойства тонких плёнок и мелких частиц
8. Структура ферромагнитных доменов
9. Структуры ферромагнитных областей в плёнках и малых частицах
10. Количественная проверка современных представлений о структуре ферромагнитных областей
11. Расчёт магнитных систем с постоянными магнитами
12. Термомагнитная обработка
13. Измерения магнитных свойств на вибрационном магнитометре и гистерезис-графе
14. Измерения магнетокалорического эффекта
15. Магнитомягкие материалы и области их применения
16. Магнитотвёрдые материалы и области их применения
17. Ферриты и области их применения
18. Принципы использования магнитных материалов
19. Технологии производства металлических магнитных материалов, ферритов и композиционных магнитных материалов
20. Магнитные жидкости

Вопросы к собеседованиям по темам курса

Собеседование 1 (темы 1,2). Контрольные вопросы:

1. Понятие магнетизма.
2. Понятие магнитное свойство вещества.
3. Природа обменного взаимодействия. Опыт, характеризующий природу обменного взаимодействия.

4. Параметры энергии обменного взаимодействия.
5. Понятия локальной и кристаллической анизотропии.
6. Какие вещества обладают диамагнетизмом.

Собеседование 2 (темы 3, 4). Контрольные вопросы:

1. Понятие молекулярного поля.
2. Особенности теплоёмкости ферромагнитного и неферромагнитного материала.
3. Понятие и природа доменной структуры ферромагнетиков.
4. Понятие и природа магнитного гистерезиса. Параметры магнитной петли гистерезиса.
5. Понятия магнитострикции и термострикции.
6. Эффект Баркгаузена.

Собеседование 3 (темы 5, 6). Контрольные вопросы:

1. Составляющие энергии ферромагнитных областей.
2. Понятия энергии анизотропии, магнитоэластической и магнитоупругой энергии.
3. Структура переходного слоя между ферромагнитными областями.
4. Оценка толщины и энергии граничного слоя.
5. Понятие малых частиц. Коэрцитивная сила малых частиц.
6. Понятие суперпарамагнетизма.
7. Методы измерения энергии кристаллографической магнитной анизотропии.

Собеседование 4 (темы 7, 8). Контрольные вопросы:

1. Понятие тонкой магнитной плёнки. Методы получения тонких магнитных плёнок и области их применения.
2. Понятие размерного эффекта в тонких магнитных плёнках.
3. Понятие цилиндрических магнитных доменов (ЦМД), их природа, значение для техники.
4. Природа магнитной анизотропии в плоскости плёнки.
5. Анизотропия тонких магнитных плёнок.
6. Особенности доменной структуры тонких магнитных плёнок.
7. Порошковые фигуры Акулова-Биттера.

Собеседование 5 (темы 9, 12). Контрольные вопросы:

1. Факторы, определяющие структуру ферромагнитных областей тонких магнитных плёнок.
2. Влияние внешнего магнитного поля на структуру ферромагнитных областей тонких плёнок.
3. Условие существования однодоменности в малых магнитных частицах.
4. Цель и назначение проведения термомагнитной обработки.
5. Виды термомагнитной обработки. Теории термомагнитной обработки.
6. Примеры сплавов, подвергаемых термомагнитной обработке.

Собеседование 6 (темы 13). Контрольные вопросы:

1. Цель и назначение вибрационного магнитометра и гистерезисграфа.
2. Понятие размагничивающего фактора образца.
3. Учёт размагничивающего фактора образца при измерениях на вибрационном магнитометре и гистерезисграфе.
4. Достоинства и недостатки вибрационного магнитометра и гистерезисграфа.
5. Требования к образцам, измеряемых на вибрационном магнитометре и гистерезисграфе.

6. Процесс измерения магнитных гистерезисных свойств на гистерезисграфе Permagraph L.

Собеседование 7 (темы 15). Контрольные вопросы:

1. Основные виды магнитомягких материалов.
2. Основные условия разработки новых магнитомягких материалов.
3. Аморфные магнитомягкие сплавы.
4. Назначение термомагнитной обработки магнитомягких материалов.
5. Магнитомягкие ферриты.
6. Методы измерения магнитных свойств магнитомягких материалов.

Собеседование 8 (темы 16). Контрольные вопросы:

1. Виды магнитотвёрдых материалов.
2. Факторы, определяющие магнитную твёрдость магнитотвёрдых материалов.
3. Теории коэрцитивной силы магнитотвёрдых материалов.
4. Области применения магнитотвёрдых материалов.
5. Механизмы перемагничивания магнитотвёрдых материалов.
6. Понятие магнитотвёрдого материала.

Собеседование 9 (темы 17-18). Контрольные вопросы:

1. Виды ферритов.
2. Специфические особенности использования ферритов в технике.
3. Технология производства ферритов.
4. Основное назначение использования ферромагнитных материалов.
5. Основные требования к технологии производства магнитных материалов.
6. Основные требования, предъявляемые к магнитным материалам, и задачи технологии по их обеспечению.

Собеседование 10 (темы 19-20). Контрольные вопросы:

1. Общие и специфические черты технологии производства ферритов, редкоземельных магнитотвёрдых сплавов и магнитомягких материалов.
2. Понятие магнитной жидкости.
3. Способы получения магнитных жидкостей.
4. Понятие агрегативной устойчивости магнитных жидкостей и способы её достижения.
5. Области применения магнитных жидкостей.
6. Влияние внешнего магнитного поля на магнитную жидкость. Эффект «нестабильность в нормально направленном поле».

**Самостоятельная работа
по дисциплине «Физика и технология магнитных материалов»**

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и подготовки презентаций.

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются доступом к сети Интернет, к не менее, чем одной электронной библиотеке, и к электронным научным базам. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки с доступом к ресурсам Интернет, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

За время обучения аспиранты готовят две презентации, которые докладывают на семинарских занятиях: по теме 18 «Принципы использования магнитных материалов» и по теме 20 «Магнитные жидкости».

Примерные темы презентаций:

1. «Ферромагнитные жидкости»;
2. «Природа и механизмы коэрцитивной силы»;
3. «Магнитомягкие магнитные материалы и области их применения»;
4. «Магнитная запись. Магнитные носители информации»;
5. «Магнитотвёрдые магнитные материалы и области их применения»;
6. «Ферриты. Области применения»;
7. «Роль термомагнитной обработки в формировании магнитных свойств магнитных материалов».

Объем презентации – 10-12 слайдов, обязательны выводы в конце презентации.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации –зачету

1. Когда целесообразно использовать термомагнитную термообработку?
2. Специфика применения пермаллоев.
3. Какие известны группы магнитотвёрдых материалов?
4. Как определить размер однодоменности?
5. Что такое технология?
6. Способы описания технологии?
7. Типы и виды магнетиков?
8. Что такое магнитные жидкости и области их применения?
9. Области использования магнитомягких и магнитотвёрдых сплавов.
10. Области использования ферритов.
11. Природа обменного взаимодействия.
12. Что такое метамагнетизм?
13. Механизмы перемагничивания ферромагнитных материалов.
14. Различия в использовании вибрационного магнитометра и гистерезисграфа.
15. Что такое размагничивающий фактор и с чем он связан?
16. Что такое коллинеарный и неколлинеарный ферромагнетик?
17. Виды магнитной анизотропии.
18. Методы наблюдения доменной структуры ферромагнетиков.
19. Теория кривых намагничивания ферромагнетиков.
20. Природа ферромагнетизма и антиферромагнетизма.
21. Что такое магнитное охлаждение?

Литература для подготовки по дисциплине «Физические основы радиационного материаловедения»

Основная литература

1. Мешков И.Н. Электромагнитное поле. Часть 1. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]/ Мешков И.Н., Чириков Б.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2014.— 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28923>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Полунин В.М. Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей [Электронный ресурс]/ Полунин В.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 384 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24511>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Стародубцев Ю.Н. Магнитомягкие материалы [Электронный ресурс]: энциклопедический словарь-справочник/ Стародубцев Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2011.— 664 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12727>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Катанин А.А. Модельные подходы к магнетизму двумерных зонных систем [Электронный ресурс]/ Катанин А.А., Ирхин В.Ю., Игошев П.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24517>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. Аплеснин С.С. Магнитные и электрические свойства сильнокоррелированных магнитных полупроводников с четырехспиновым взаимодействием и с орбитальным упорядочением [Электронный ресурс]/ Аплеснин С.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 172 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Белов К.П. Эффекты парапроцесса в ферромагнетиках и антиферромагнетиках [Электронный ресурс]/ Белов К.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24966>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
7. Тимофеев И.А. Динамика удельных потерь в ферромагнетике/ Известия ВУЗов «Физика». 2008, - т. 51, - №1, -С. 23-28. Доступ: elibrary.ru.
8. Шилинг Г.С., Толеботров Ю.В. Влияние поверхностной и внутриобъемной анизотропии на доменные структуры в тонкой пластинке /Известия ВУЗов «Физика». 2010, - т. 53, - №4, - С. 30-32. Доступ: elibrary.ru.
9. Харин Е.В., Шефтель Е.Н. Микромагнитная структура магнитомягких нанокристаллических плёнок на основе Fe /Физика металлов и металловедение. 2015, - т. 116, - №8, С. 795-802. Доступ: elibrary.ru.
10. Упорао С.А., Рыльцев Р.Е. и др. Структурные и магнитные особенности сплава $Al_{86}Ni_8Sm_6B$ в аморфном, кристаллическом и жидком состояниях /Физика металлов и металловедение. 2015, - т. 116, -№2, С.136-144. Доступ: elibrary.ru.
11. Гладков С.О., Богданова С.Б. К вопросу магнитной восприимчивости фрактальных ферромагнитных проволок /Известия ВУЗов «Физика». 2014, - т. 57, - №4, - С. 44-47. Доступ: elibrary.ru.
12. Драгошанский Ю.Н., Губернаторов В.В., Пудов В.И. и др. Комплексные термомагнитная и ионно-лучевая обработки электротехнических материалов /Физика металлов и металловедение. 2011, - т. 111, - №6, - С. 592-598. Доступ: elibrary.ru.

Дополнительная литература:

1. Боровик Е.С. Лекции по магнетизму [Электронный ресурс]/ Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.— 511 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17301>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Ирхин В.Ю. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d- и f -металлах и их соединениях [Электронный ресурс]/ Ирхин В.Ю., Ирхин Ю.П.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2008.— 476 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16665>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Электронные ресурсы:

1. <http://elibrary.ru/> - сайт научной библиотеки e-LIBRARY

Методические материалы разработал
Профессор,
Доктор технических наук

И.М. Миляев