

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика магнитных материалов и полупроводников БЗ.ДВ.6

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Парфенов В.В.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6123417

Казань

2017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Парфенов В.В. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , Viktor.Parfenov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

ознакомление студентов с физическими свойствами важнейших материалов электронной техники - магнетиков и полупроводников. Лекционный курс сопровождается лабораторными спецпрактикумами "Полупроводни-ковые материалы" и "Магнитные материалы"

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.6 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

является дисциплиной по выбору модуля "Общая физика" профессионального цикла (блок Б.3ДВ6) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки "Физика"

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ОПК-3 (профессиональные компетенции) | способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач |
| ПК-1 (профессиональные компетенции) | способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин |
| ПК-3 (профессиональные компетенции) | готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований |
| ПК-4 (профессиональные компетенции) | способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин |
| ПК-5 (профессиональные компетенции) | способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

о механизмах переноса носителей заряда в полупроводниках и полупроводниковых приборах; о фотоэлектрических, оптических и люминесцентных явлениях в полупроводниках; механизме обменных взаимодействий в магнитных материалах; структурах и типах магнитного упорядочения магнитных материалов

2. должен уметь:

измерять на современном оборудовании физические параметры полупроводниковых и магнитных материалов и приборов на их основе

3. должен владеть:

современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований;

способностью участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Зонная структура полупроводниковых материалов. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Кинетическое явления. Диффузия носителей заряда. | 7 | 1-6 | 18 | 18 | 0 | Научный доклад Контрольная работа |
| 2. | Тема 2. Контактные явления в полупроводниках и приборы на основе контактных явлений | 7 | 7-10 | 12 | 12 | 0 | Научный доклад Контрольная работа |

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 3. | Тема 3. Обменное взаимодействие. Модель молекулярного поля Вейсса. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. | 7 | 11-14 | 12 | 12 | 0 | Научный доклад |
| 4. | Тема 4. Магнитная анизотропия. Доменная структура магнетиков. Намагничивание и перемангничивание. | 7 | 15-18 | 12 | 12 | 0 | Научный доклад Контрольная работа |
| | Тема . Итоговая форма контроля | 7 | | 0 | 0 | 0 | Экзамен |
| | Итого | | | 54 | 54 | 0 | |

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Зонная структура полупроводниковых материалов. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Кинетические явления . Диффузия носителей заряда.

лекционное занятие (18 часа(ов)):

Расчет электронной структуры твердого тела в приближении сильной связи. Эффективная масса. Зонная структура основных полупроводниковых материалов. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Неквадратичный закон дисперсии. Модель Кейна. Статистика носителей заряда в собственном и примесном полупроводнике. Вырожденные и компенсированные полупроводники. Неравновесная функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Решение КУБ в приближении времени релаксации. Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Упругое и неупругое рассеяние. Горячие электроны. Эффект Ганна. Уравнение непрерывности. Линейная и квадратичная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда. Модель Шокли-Рида. Способы влияния на величину времени жизни. Диффузия носителей заряда (ОПК-3, ПК-1, ПК-4).

практическое занятие (18 часа(ов)):

Экспериментальное исследование температурных зависимостей электропроводности, концентрации носителей заряда и их подвижности. Экспериментальное исследование времени жизни неравновесных носителей заряда (ПК-3, ПК-5).

Тема 2. Контактные явления в полупроводниках и приборы на основе контактных явлений

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Работа выхода. P-n переход в состоянии ТДР. Связь геометрических параметров перехода со свойствами полупроводников, его составляющих. Гетероструктуры. Выпрямление на p-n переходе. ВАХ тонкого и толстого диодов. Туннельный диод. Биполярные и полевые транзисторы. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках. Внутризонное, межзонное и экситонное поглощение. Люминесценция полупроводников. Спонтанное и вынужденное излучение. Условие Бернара-Дюрафура. Индуцированное излучение в резонаторе . (ОПК-3, ПК-1, ПК-4).

практическое занятие (12 часа(ов)):

Экспериментальное исследование работы полупроводниковых диодов, транзисторов, электролюминесцентных приборов (ПК-3, ПК-5).

Тема 3. Обменное взаимодействие. Модель молекулярного поля Вейсса. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Обменное взаимодействие, его природа. Механизмы обменного взаимодействия. Модель молекулярного поля Вейсса. Антиферромагнетики. Косвенное обменное взаимодействие. Модель Крамерса-Андерсена. Оксидные магнетики. Ферриты-шпинели, ферриты-гранаты, ортоферриты и гексаферриты. Структура, катионное распределение и свойства. Влияние диамагнитного замещения на магнитные свойства твердых растворов ферритов (ОПК-3, ПК-1, ПК-4).

практическое занятие (12 часа(ов)):

Экспериментальное исследование магнитного фазового перехода в ферримагнетике (ПК-3, ПК-5).

Тема 4. Магнитная анизотропия. Доменная структура магнетиков. Намагничивание и перемагничивание.

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Магнитная анизотропия. Магнитокристаллическая, магнитоупругая и магнитостатическая анизотропия. Доменная структура магнетиков. Намагничивание и перемагничивание. Манганиты редкоземельных элементов. Гигантское магнитосопротивление в РЗЭ манганитах. Магнитооптические явления в магнетиках, Эффекты Фарадея и Керра (ОПК-3, ПК-1, ПК-4).

практическое занятие (12 часа(ов)):

Экспериментальное исследование процессов намагничивания и перемагничивания ферро- и ферримагнетиков (ПК-3, ПК-5).

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|--|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Зонная структура полупроводниковых материалов. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Кинетические явления. Диффузия носителей заряда. | 7 | 1-6 | подготовка к контрольной работе | 4 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к научному докладу | 16 | научный доклад |
| 2. | Тема 2. Контактные явления в полупроводниках и приборы на основе контактных явлений | 7 | 7-10 | подготовка к контрольной работе | 4 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к научному докладу | 16 | научный доклад |

| № | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|--|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 3. | Тема 3. Обменное взаимодействие. Модель молекулярного поля Вейсса. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. | 7 | 11-14 | подготовка к научному докладу | 16 | научный доклад |
| 4. | Тема 4. Магнитная анизотропия. Доменная структура магнетиков. Намагничивание и перемагничивание. | 7 | 15-18 | подготовка к контрольной работе | 4 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к научному докладу | 12 | научный доклад |
| | Итого | | | | 72 | |

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, лабораторные и практические занятия, Интерактивные методы работы постоянное взаимодействие между преподавателем и студентом в процессе обучения, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Зонная структура полупроводниковых материалов. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Кинетическое явления . Диффузия носителей заряда.

контрольная работа , примерные вопросы:

1.Эффективная масса. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. 2. Статистика носителей заряда в собственном и примесном полупроводнике. 3. Электропроводность и подвижность. 4. Линейная и квадратичная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда.

научный доклад , примерные вопросы:

"Время жизни неравновесных носителей заряда при рекомбинации через глубокие центры" (ОПК-3), "Время релаксации носителей заряда при рассеянии на акустических фононах" , (ПК-1, ПК-4). "Время релаксации носителей заряда при рассеянии на ионизированных примесях" (ПК-1), "Легирование п/п методом ионной имплантации" (ПК-3),

Тема 2. Контактные явления в полупроводниках и приборы на основе контактных явлений

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Работа выхода. Р-п переход в состоянии ТДР. 2. Выпрямление на р-п переходе. ВАХ тонкого и толстого диодов. 3. Люминесценция полупроводников. Спонтанное и вынужденное излучение. Условие Бернара-Дюрафура. 4. Индуцированное излучение в резонаторе .

научный доклад , примерные вопросы:

"Униполярные транзисторные структуры"(ПК-3,ПК-5) "Тиристоры, управляемые тиристоры, симмисторы", (ПК-3,ПК-5) "Пути уменьшения порогового тока в инжекционных лазерах"(ПК-1), "Области применения полупроводниковых лазеров"(ПК-3,ПК-5)

Тема 3. Обменное взаимодействие. Модель молекулярного поля Вейсса. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.

научный доклад , примерные вопросы:

"Влияние диамагнитного замещения на магнитные свойства твердых растворов феррошпинелей"(ПК-1,ПК-4), "Магнитооптические носители информации на ЦМД"(ПК-3,ПК-5), "Кинетический обмен. Модель Зинера"(ПК-1,ПК-4),

Тема 4. Магнитная анизотропия. Доменная структура магнетиков. Намагничивание и перемангничивание.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Модель молекулярного поля Вейсса. 2. Косвенное обменное взаимодействие. Модель Крамерса-Андерсена. 3. Магнитная анизотропия. Магнитокристаллическая, магнитоупругая и магнитостатическая анизотропия. 4. Доменная структура магнетиков. Намагничивание и перемангничивание.

научный доклад , примерные вопросы:

Мощные постоянные магниты на основе интерметаллидов (Nd-Fe-B и др.)"(ПК-3,ПК-5), "Двухцентровые оптические переходы в МО спектрах"(ПК-1,ПК-4), "Модели ГМС в манганитах"(ПК-1,ПК-4)

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

1. Типы химической связи в твердых телах. Корреляция типа хим.связи, структуры и электрических свойств твердых тел. Основные полупроводниковые материалы.

2. Косвенное обменное взаимодействие.

1. Электропроводность в сильных электрических полях. Горячие электроны. Лавинная и туннельная ионизация. Эффект Ганна.

2. Парамагнетики. Орбитальный и спиновый магнитные моменты. Температурная зависимость магнитной восприимчивости для парамагнетиков.

1. Зонная структура твердых тел. Электроны и дырки. Эффективная масса. Зонная структура основных полупроводниковых материалов.

2. Магнитная анизотропия. Виды магнитной анизотропии.

1. Уравнение непрерывности. Межзонная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда. Динамика избыточной концентрации носителей при линейной и квадратичной рекомбинации.

2. Доменная структура магнетиков.

1. Статистика носителей заряда в собственном полупроводнике. То же в примесном полупроводнике. Вырожденные полупроводники.

2. Обменное взаимодействие, его природа. Механизмы обменного взаимодействия. Энергия обменного взаимодействия двух атомов. Обменный гамильтониан Гейзенберга.

1. Неравновесная функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Решение КУБ в приближении времени релаксации в отсутствие внешнего магнитного поля. Кинетические коэффициенты.

2. Антиферромагнетики. Теория Нееля.

1. Диффузия носителей заряда. Коэффициент диффузии и диффузионная длина. Работа выхода. Инжекция в контакте металл-полупроводник. Диоды Шоттки.

2. Ферриты-шпинели. Структура, катионное распределение и свойства.

1. Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Температурные зависимости электропроводности и подвижности.

2. Ферриты-гранаты. Катионное распределение и свойства.

1. P-n переход в состоянии термодинамического равновесия. Выпрямление на p-n переходе. Разновидности диодов: диоды с двойной инжекцией, туннельные диоды, стабилитроны и т.д.

2. Ортоферриты и гексаферриты. Структура и свойства.

1. Термоэлектрические явления и электронная теплопроводность. Соотношение Видемана-Франца.

2. Манганиты редкоземельных элементов. Гигантское магнитосопротивление в РЗЭ манганитах.

1. Биполярные транзисторные структуры. Устройство и принцип действия. Основные характеристики.

2. Электрические свойства ферритов.

1. Решение КУБ в ненулевом магнитном поле. Эффект Холла и магнитосопротивление.

2. Магнитооптические явления в магнетиках. Эффекты Фарадея и Керра.

1. Люминесценция полупроводников. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсная заселенность и условия Бернара-Дюрафура.

2. Частотная зависимость магнитной восприимчивости.

1. Униполярные транзисторные структуры: с управляющим р-п переходом, с изолированным затвором, с затвором Шоттки. Устройство, принцип действия. ППЗУ на МОП-транзисторах. ПЗС и ФотоПЗС.

2. Намагничивание и перемагничивание. Магнитный гистерезис.

1. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках. Поглощение свободными носителями заряда.

2. Упорядочение в ансамбле обменно-связанных атомов. Модель молекулярного поля Вейсса. Температура Кюри.

7.1. Основная литература:

Основная литература

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов .? Издание 4-е, стереотипное .? Лань, 2011 .? 288 с.

2. Шалимова К.В. Физика полупроводников, Лань, 2010. - 384 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=648

3. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников, Лань, 2008. - 763 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=693

7.2. Дополнительная литература:

1. Бурбаева Н.В. Основы полупроводниковой электроники, Физматлит, 2012.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5261

2. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов, Физматлит, 2008.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2244

7.3. Интернет-ресурсы:

зонная структура полупроводников - http://femto.com.ua/articles/part_2/2974.html

кинетическое уравнение Больцмана -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3484/%D0%9A%D0%98%D0%9D%D0%95%D0%A2%D0%98

обменное взаимодействие в ферромагнетиках -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2243/%D0%A4%D0%95%D0%A0%D0%A0%D0%9E%D0%9C

рекомбинация носителей заряда - <http://www.pilab.ru/csi/AUK/Microelectr/page18.html>

ферриты -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2240/%D0%A4%D0%95%D0%A0%D0%A0%D0%98%D0%A2

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физика магнитных материалов и полупроводников" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Спецпрактикум "Магнитные материалы и гетероструктуры"

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Парфенов В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.