

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе
и инновациям

Кризский В.Н.

26 » 08 2013 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВЫБОРУ АСПИРАНТА (ОД.А.05.1)

Физика полупроводников

наименование дисциплины по учебному плану подготовки аспиранта

модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального
образования подготовки аспирантов (ОП ППО)
по специальности научных работников

01.04.07

шифр

Физика конденсированного состояния

наименование научной специальности

УМК одобрен на заседании
кафедры Общей физики
Протокол № 1 от 21.08 2013 г.

Зав.кафедрой


подпись

Биккулова Н.Н., д.ф.-м.н., профессор
Ф.И.О., ученая степень, звание

Разработчик программы


подпись

Кутушева Р.М., к.ф.-м.н., доцент
Ф.И.О., ученая степень, звание

Стерлитамак – 2013 г.

Оглавление

1. Общие положения	
2. Цели изучения дисциплины	
3. Результате освоения дисциплины	
4. Структура и содержание дисциплины	
4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов	
5. Содержание дисциплины	
5.1 Содержание лекционных занятий	
5.2 Практические занятия	
5.3 Самостоятельная работа аспиранта.....	
6. Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума	
7. Образовательные технологии	
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
8.1 Основная литература (год издания не должен быть более 5 лет):	
8.2 Дополнительная литература	
8.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.....	
9. Материально-техническое обеспечение	

1. Общие положения

1.1 Настоящий учебно-методический комплекс обязательной дисциплины по выбору аспиранта Физика полупроводников - модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) разработан на основании законодательства Российской Федерации в системе послевузовского профессионального образования, в том числе: Федерального закона РФ от 22.08.1996 № 125-ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», Положения о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденного приказом Министерства общего и профессионального образования РФ от 27.03.1998 № 814 (в действующей редакции); составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к разработке, на основании Приказа Минобрнауки России №1365 от 16.03.2011г. «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)» и инструктивного письма Минобрнауки России от 22.06.2011 г. № ИБ-733/12.

2. Цели изучения дисциплины

Цель курса - дать базовые знания по физике полупроводников, необходимые как для понимания физических процессов, протекающих в полупроводниках, так и для понимания явлений, изучаемых в других курсах по специальности.

Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- основных законов физики полупроводников.
- кинетических явлений, а также связанной непосредственно с ними теории рассеяния.
- электрических, фотоэлектрических и оптических явлений в полупроводниках.

3. Результаты освоения дисциплины

Аспирант или соискатель должен:

- знать:

стистику электронов и дырок в полупроводниках, кинетические явления происходящие в полупроводниках, рассеяние электронов и дырок в полупроводниках.

- уметь:

пользоваться основными формулами для оценок статистических параметров полупроводников, а также величин, характеризующих кинетические явления в полупроводниках и неравновесные носители заряда, проводить соответствующие измерения и расчеты.

- демонстрировать:

способность свободно владеть фундаментальными разделами физики полупроводников, необходимыми для решения научно-исследовательских задач.

самостоятельно изучать и понимать специальную (отраслевую) научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Физика полупроводников

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу 36 часов.

4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов

Вид учебной работы	Кол-во зачетных единиц*/уч.часов
Аудиторные занятия	0,5/18
Лекции (минимальный объем теоретических знаний)	0,5/18
Семинар	—
Практические занятия	—

Другие виды учебной работы	–
Внеаудиторные занятия:	
Самостоятельная работа аспиранта	0,5/18
ИТОГО	1/36
Вид итогового контроля	Составляющая экзамена кандидатского минимума

5. Содержание дисциплины

5.1 Содержание лекционных занятий

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Статистика электронов и дырок в полу-проводниках. Эффективная масса носителей заряда. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок. Уравнение электронейтральности. Заполнение электронами примесных центров. Зависимость уровня Ферми и концентрации носителей заряда от температуры в собственном и примесном полупроводниках. Полупроводник, содержащий донорную и акцепторную примесь.	4
2	Кинетические явления Элементарная теория электропроводности. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в кристалле. Приближение времени релаксации. Неравновесная функция распределения в приближении параболического закона дисперсии. Плотность электрического тока и потока энергии. Тензоры кинетических коэффициентов. Электропроводность полупроводников; многодолинный полупроводник. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Эффекты Эттингсгаузена и Нернста. Электронная теплопроводность. Термоэлектрические явления (Зеебека, Пельтье, Томсона). Термомагнитные эффекты. Флуктуационная неустойчивость и эффект Ганна.	6
3	Рассеяние электронов и дырок в полупроводниках. Эффективное сечение рассеяния. Время релаксации для упругих соударений. Рассеяние электронов на ионах примеси. Рассеяние на акустических и полярных оптических фононах. Рассеяние на нейтральных атомах примеси, дислокациях и вакансиях.	4
4	Неравновесные электроны и дырки Неравновесные носители заряда. Уравнение непрерывности. Время жизни. Соотношение Эйнштейна. Приближение квазинейтральности. Квазиуровни Ферми. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Уравнение непрерывности в амбиполярной форме. Длины диффузии и дрейфа.	4
Всего:		18

5.2. Самостоятельная работа аспиранта

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Кол-во уч. часов
1	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
2	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
3	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
4	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
Всего:		18

6. Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума

Итоговая аттестация аспиранта включает сдачу кандидатских экзаменов и представление диссертации в Диссертационный совет. Порядок проведения кандидатских экзаменов включает в кандидатский экзамен по научной специальности дополнительные разделы, обусловленные спецификой научной специальности. Билеты кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук должны охватывать разделы Специальной дисциплины отрасли науки и научной специальности (ОД.А.) и Дисциплины научной специальности по выбору аспиранта (ОДН.А.).

Перечень вопросов к экзаменам кандидатского минимума:

1. Силы связи в твердых телах

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO₃.

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Симметрия твердых тел

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

3. Дефекты в твердых телах

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

4. Дифракция в кристаллах

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

5. Колебания решетки

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

6. Тепловые свойства твердых тел

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

7. Электронные свойства твердых тел

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость,

оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

8. Магнитные свойства твердых тел

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.

Спиновые волны, магноны.

Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.

Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

10. Сверхпроводимость

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

Эффект Джозефсона.

Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

7. Образовательные технологии

В процессе обучения применяются следующие образовательные технологии:

1. Сопровождение лекций показом визуального материала.
2. Использование компьютерных моделей физических процессов в конденсированных средах.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебная, учебно-методическая и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантирует возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. Кафедра располагает научно-технической литературой, научными журналами и трудами конференций.

8.1. Основная литература

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библиотеке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	2	3	4	5
1	Физика полупроводников.	Шалимова К.В.– М.: Лань, 2010. – 392 с.	1	3
2	Основы физики полупроводников	Г. Г. Зегря, В. И. Перель, Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г.	1	3
3	Введение в теорию полупроводников.	Ансельм А.И. – М.: Лань, 2008. – 616 с.	1	3

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библиотеке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	2	3	4	5
1	Физика полупроводников	Киреев П.С. – М.: Высшая школа, 1975. – 584 с	1	3
2	Физика полупроводников.	Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. . – М.: Наука, 1990. – 688 с.	1	3
3	Введение в физику полупроводников.	Фистуль В.И. . – М.: Высшая школа, 1984. – 352 с.	1	3
4	Электронные явления переноса в полупроводниках.	Аскеров В.М. – М.: Наука, 1985.	1	3
5	Полупроводники.	Смит Р. – М.: Мир, 1982. – 560 с.	1	3

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Ресурс электронно-библиотечной системы	Ссылка	Реквизиты договора
1	ЭБС «eLIBRARY.RU» (сторонняя)	http://elibrary.ru/defaultx.asp/	Организация-владелец: ООО «РУНЭБ». Договор № SU-05-02/2013-3 от 12/03/2013
2	ЭБС «БиблиоТЕХ» (собственная)	http://bibliotech.sspa.edu.ru/Account/LogOn/	Организация-владелец: ООО «БиблиоТЕХ». Договор № 025 от 12.01.2011
3	ЭБС «Лань» (сторонняя)	http://e.lanbook.com/	Организация-владелец: Издательство «Лань». Договор № 19/24 от 14.12.2012

Прим.: Аспирантам обеспечена возможность свободного доступа (на основе индивидуальных логинов и паролей) к ресурсам всех выше

перечисленных электронно-библиотечных систем.

9. Материально-техническое обеспечение

Кафедра общей физики располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.

№ п/п.	Название дисциплины	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов
1	2	3	4
1.	Физика полупроводников	Лекционная аудитория, мультимедийный проектор, Компьютерный класс, Учебно-исследовательская научная лаборатория «Физика конденсированного состояния», автоматизированный дифрактометр ДРОН-4-07, вакуумная установка для синтеза образцов в бескислородной среде, установка для исследования электропроводности, ионной проводимости, термоЭДС, установка для титрования, микроскоп металлографический, программный комплекс Sage MD, программа для расчета кристаллической структуры GSAS, пакет программ Quantum Espresso	пр-т. Ленина, 37 физико-математический факультет, СФ БашГУ, кабинеты № 312, 315, 216, 116