

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета
заочного обучения

проф. Подоприхин М.Н. _____
(подпись)
_____ 2015 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **заочная** Срок обучения **ускоренный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и нанoeлектроники**
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Митрохин В.И., д. ф.-м. н.**
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФЗО**
(наименование факультета)

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2015 г.
Председатель методической комиссии _____
(Ф.И.О)

Воронеж 2015 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого совета фа-
 культета заочного обучения

проф. Подоприхин М.Н. _____
 _____ (подпись)
 _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 (код, наименование)

Профиль: Микроэлектроника и твердотельная электроника
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 180; Часов по РПД: 180;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 167; Часов по РПД: 167;

Часов на самостоятельную работу по УП: 131(73%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 131 (73%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 5;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 5; Зачеты - 4; Зачет с оценкой – 0;

Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 5.

Форма обучения: заочная;

Срок обучения: ускоренный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид заня- тий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции							10	10	6	6							16	16
Лабораторные							8	8	4	4							12	12
Практические							8	8									8	8
Ауд. занятия							26	26	10	10							36	36
Сам. работа							78	78	53	53							131	131
Итого							104	104	63	63							167	167

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 12 марта 2015 г. №218.

Программу составил: _____ д.ф.-м.н., Митрохин В.И.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Микроэлектроника и твердотельная электроника”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2015 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел при создании элементов, приборов и устройств микро и наноэлектроники.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения фундаментальных результатов физики твердого тела и способов практического использования свойств твердых тел;
1.2.2	развитие понимания взаимосвязи структуры и состава твердых тел, и многообразия их физических свойств;
1.2.3	практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями твердого тела, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств твердых тел и основными экспериментальными методиками;
1.2.4	создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы наноэлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и наноэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.Б.15
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь знания, полученные при изучении дисциплин:	
Б1.Б.5	«Математика»
Б1.Б.6	«Физика»
Б1.Б.7	«Химия»
Б1.В.ОД.5	«Спецглавы физики»
Б1.В.ДВ.3.1	«Квантовая механика и статистическая физика в микроэлектронике».
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее	
Б1.Б.16	Физические основы электроники
Б1.Б.19	Основы технологии электронной компонентной базы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные положения зонной теории; (ОПК-1)
3.1.2	особенности энергетического спектра электрона в кристалле; (ОПК-1)
3.1.3	классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; (ОПК-1)
3.1.4	особенности и параметры зонной структуры основных полупроводников; (ОПК-1)
3.1.5	методы расчета температурной зависимости концентрации носителей заряда; (ОПК-5)
3.1.6	основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел; (ОПК-1)
3.1.7	механизмы протекания тока; (ОПК-1)
3.1.8	особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов. (ОПК-1)
3.2	Уметь:
3.2.1	применять методы и средства измерения физических величин; (ОПК-5)
3.2.2	решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя; (ОПК-2)
3.2.3	объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах; (ОПК-7)
3.2.4	делать количественные оценки параметров физических процессов. (ОПК-5)
3.3	Владеть:
3.3.1	методами обработки и оценки погрешности результатов измерений; (ОПК-5)
3.3.2	методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов твердотельной электроники и нанoeлектроники. (ОПК-7)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС	Всего часов
1	Межатомные связи и структура кристаллических решеток	4		4	2	2	20	28
2	Механические свойства твердых тел	4		2	2	2	20	26
3	Тепловые свойства твердых тел	4		2	2	2	20	26
4	Физические свойства диэлектриков	4		2	2	2	18	24
5	Магнитные свойства твердых тел	5		2	2	-	20	24
6	Оптические свойства твердых тел	5		2	2	-	20	24
7	Кинетические свойства твердых тел	5		2	-	-	13	15
Итого				16	18	8	131	167

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
4 семестр			
1. Межатомные связи и структура кристаллических решеток		4	
2	Типы связей в твердых телах и их физическая природа. Ван-дер-Ваальсово взаимодействие. Природа и свойства Ван-дер-Ваальсовой связи. Ионная связь, ее природа и свойства. Ковалентная связь, ее природа и свойства. Металлическая связь, ее природа и свойства.	2	
3	Влияние типа связи на свойства твердых тел и строение кристаллов решетки Браве и элементы симметрии кристаллов. Структура кристаллов. Координаты атомов, обозначения плоскостей и направлений в кристаллах.	2	
2. Механические свойства твердых тел		2	
7	Диаграмма направление-деформация. Виды деформаций. Упругая деформация. Закон Гука. Модуль Юнга. Тензор деформаций. Пластическая деформация.	2	
3. Тепловые свойства твердых тел		2	2
9	Колебания атомов кристалла. Колебания атомной линейной цепочки. Собственные колебания. Зоны Бриллюэна. Дискретность спектра колебаний атомов.	2	2
4. Физические свойства диэлектриков		2	
13	Макроскопические характеристики диэлектриков. Механизмы упругой поляризации диэлектриков (электронный, ионный и ориентационный). Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери и их механизмы.	2	
5. Магнитные свойства твердых тел		2	
15	Природа и свойства диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Практическое использование магнетипов в науке и технике.	2	
Всего		10	2
5 семестр			
6. Оптические свойства твердых тел		2	
1	Законы сохранения в оптике. Закон Бугера-Ламберта. Механизмы поглощения света при межзонных оптических переходах. Поглощение света прямозонными и непрямозонными полупроводниками и диэлектриками.	2	
7. Кинетические явления в твердых телах		2	
11	Кинетические явления в металлах и полупроводниках. Уравнение Больцмана. Время релаксации. Частные случаи решения уравнения Больцмана. Упругое рассеивание носителей заряда точечными дефектами.	2	
Всего		6	2
Итого		16	2

4.2 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1. Межатомные связи и структура кристаллических решеток		4		
	Изучение структуры кристаллов и рентгеновских спектров	4		Отчет
2. Механические свойства твердых тел		4	2	
	Измерение микротвердости твердых тел	4	2	Отчет
3. Тепловые свойства твердых тел		4		
	Тепловое расширение и теплопроводность твердых тел	4		Отчет
Итого		12	2	

4.3 Практические занятия

Неделя семестра	Наименование практического занятия	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
5 семестр				
1. Межатомные связи и структура кристаллических решеток		2		
	Типы межатомных связей. Расчет энергий связи. Постоянная Маделунга. Элементы симметрии кристаллов. Индексы Миллера. Координаты атомов. Решетки Браве.	2		Отчет
2. Механические свойства твердых тел		2		
	Упругая деформация. Модуль Юнга. Пластическая деформация. Разрушение кристаллов.	2		Отчет
3. Тепловые свойства твердых тел		2		
	Колебания атомов в линейной цепочке. Зоны Бриллюэна. Спектр собственных колебаний атомов.	2		Отчет
4. Физические свойства диэлектриков		2	2	
	Диэлектрические свойства твердых тел. Расчет параметров диэлектриков. Пьезоэффект. Сегнетоэлектрики.	2	2	Отчет
Всего		8		
Итого		8	2	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
4 семестр			
	Энергия связи атомов	Отчет	8
	Плоские решетки Браве	Отчет	6

	Условия Вульфа-Бреггеров для трехмерной решетки	Отчет	6
	Виды радиационных дефектов. Трансмутационное легирование	Отчет	6
	Методы определения твердости материалов	Отчет	6
	Спектр колебаний сплошной струны	Отчет	8
	Зависимость теплопроводности от свойств твердых тел	Отчет	6
	Изготовление p-n переходов с помощью диффузии примесей	Отчет	6
	Практическое применение пьезоэлектриков	Видеосюжет	6
	Практическое применение ферромагнетиков	Отчет	8
	Магнитная томография в медицине	Видеосюжет	6
	Практическое применение сверхпроводящей керамики	Отчет	6
Всего			78
5 семестр			
	Определение параметров полупроводников из спектров оптического поглощения	Отчет	10
	Механизмы излучательной рекомбинации неравновесных носителей зарядов	Отчет	8
	Практическое применение фотопроводимости	Видеосюжет	10
	Рассеивание носителей на тепловых колебаниях решетки	Отчет	8
	Эффект магнитосопротивления и его применение.	Отчет	9
	Практическое применение эффекта Ганна	Отчет	8
Всего			53
Итого			131

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: использование демонстраций опытов и экспериментов, активное применение мультимедийных средств, видеофрагментов, электронных презентаций, лекции – визуализации (ИФ), проблемные лекции (ИФ)
5.2	Лабораторные работы: проводятся реальные физические эксперименты с использованием лабораторного оборудования, оценивается точность и погрешность измерений, анализируется физический смысл полученных результатов. В ряде случаев проводятся исследования физических явлений с использованием компьютерного моделирования.
5.3	Практические занятия: обсуждаются вопросы лекций, домашних заданий, проводятся контрольные и аудиторные самостоятельные работы, делаются устные сообщения по теме занятия, разбирается решение задач. Организация занятий предусматривает участие всех студентов в дискуссии, в мозговом штурме при анализе различных физических ситуаций и проблем.
5.4	Самостоятельная работа студентов: усвоение материала, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение индивидуальных расчетных заданий, работу с учебниками, иной учебной и учебно-методической литературой, подготовку к текущему контролю успеваемости. Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется регулярно путем опросов, защиты лабораторных работ, проверки выполнения домашних заданий, проведения физических диктантов, тестирования по отдельным темам дисциплины, коллоквиумов.

5.5	консультации по всем вопросам учебной программы, НИРС, написания тезисов, статей, докладов на конференции, рефератов.
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы для коллоквиумов по данному разделу физики конденсированного состояния
6.2	Контрольные вопросы по общему курсу дисциплины для итоговой проверки
6.3	Контрольные задания для зачета по лабораторным работам
6.4	Сборник задач и вопросов для самопроверки для проведения контрольных работ и итоговой аттестации
6.5	Примерные темы курсовых работ
6.6	Контрольно-измерительные материалы для зачетов и итоговой аттестации по дисциплине

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Рембеза С.И.	Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч.1/С.И. Рембеза. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2007, печат.	1,52
7.1.1.2	Рембеза С.И.	Физика твердого тела : учеб. пособие. Ч.2 / С. И. Рембеза. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2007, печат.	1,52
7.1.1.3	Павлов П.В., Хохлов А. Ф.	Физика твердого тела: Учеб. пособие / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. - 3-е изд., стереотип. - М.: Высш. шк.	2000, печат.	0,26
7.1.1.4	Шалимова К.В.	Физика полупроводников, Учеб. изд-ие / К.В. Шалимова. – Санкт-Петербург. «Лань».	2014	
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г.	Широкозонные полупроводники: Учеб. пособие / Ю.Г. Шретер [и др.]. - СПб. : Наука	2001	0,24
7.1.2.2	Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера	Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов : Пер. с англ. Э.П. Домашевский. Т.1 : Электронная структура и свойства полупроводников / Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. - Воронеж : Изд-во "Водолей"	2004	0,86
7.1.3 Методические разработки				

7.1.3.1	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-3 по дисциплине "Физика твердого тела" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения / Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 477-2010)	2010	1,05
7.1.3.2	Новокрещенова Е.П.	478-2010 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 4-7 по дисциплине "Физика твердого тела" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения / Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет, (рег. номер 478-2010).	2010	1
7.1.3.3	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине "Физика конденсированного состояния" для студентов направления 210100.62 "Электроника и микроэлектроника" (профиля "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения. Ч.1 / Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 229-2012).	2012	
7.1.3.4	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине "Физика конденсированного состояния" для студентов направления 210100.62 "Электроника и микроэлектроника" (профиля "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения. Ч.2 / Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 230-2012).	2012	
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Учебные лаборатории: физика твердого тела
8.2	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума
8.3	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
«Физика конденсированного состояния»**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
1. Основная литература				
Л1.1	Рембеза С.И.	Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч.1/С.И. Рембеза. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2007, печат.	1,52
Л1.2	Рембеза С.И.	Физика твердого тела : учеб. пособие. Ч.2 / С. И. Рембеза. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2007, печат.	1,52
Л1.3	Павлов П.В., Хохлов А. Ф.	Физика твердого тела: Учеб. пособие / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. - 3-е изд., стереотип. - М.: Высш. шк.	2000, печат.	0,26
Л1.3	Шалимова К.В.	Физика полупроводников, Учеб. издание / К.В. Шалимова. – Санкт-Петербург. «Лань».	2014	
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г.	Широкозонные полупроводники: Учеб. пособие / Ю.Г. Шретер [и др.]. - СПб. : Наука	2001	0,24
Л2.2	Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера	Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов : Пер. с англ. Э.П. Домашевский. Т.1 : Электронная структура и свойства полупроводников / Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. - Воронеж : Изд-во "Водолей"	2004	0,86
3. Методические разработки				
Л3.1	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-3 по дисциплине "Физика твердого тела" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения / Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 477-2010)	2010	1,05
Л3.2	Новокрещенова Е.П.	478-2010 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 4-7 по дисциплине "Физика твердого тела" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения / Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 478-2010).	2010	1

ЛЗ.2	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине "Физика конденсированного состояния" для студентов направления 210100.62 "Электроника и наноэлектроника" (профиля "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения. Ч.1 / Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 229-2012).	2012	
ЛЗ.4	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине "Физика конденсированного состояния" для студентов направления 210100.62 "Электроника и наноэлектроника" (профиля "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения. Ч.2 / Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 230-2012).	2012	

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина