

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 радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

_____ 2016 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 очная Срок обучения нормативный

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

УМКД разработал: Рембеза С.И., д. ф.-м. н.
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ
(наименование факультета)

Протокол № _____ от «_____» _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии Москаленко А.Г.
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

Вид занятия	№ 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									54	54							54	54
Лабораторные									18	18							18	18
Практические									36	36							36	36
Ауд. занятия									108	108							108	108
Сам. работа									36	36							36	36
Итого									144	144							144	144

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

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

Рецензент (ы): _____ Коваленко П.Ю., к.т.н., зам. гл. инженера АО «ВЗПП-С»

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 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 нанoeлектроники.
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 нанoeлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

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»
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 наноэлектроники. (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	5	1-4	12	4	8	8	32
2	Механические свойства твердых тел	5	5	4	4	2	2	12
3	Тепловые свойства твердых тел	5	6-8	8	4	6	6	24
4	Физические свойства диэлектриков	5	9	4	2	2	2	10
5	Магнитные свойства твердых тел	5	10-12	8	4	6	6	24
6	Оптические свойства твердых тел	5	13-15	10		8	6	22
7	Кинетические свойства твердых тел	5	16-18	8		4	6	20
Итого				54	18	36	36	144

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1. Межатомные связи и структура кристаллических решеток		12
1	Введение. Цель и задачи курса. Место курса в ряду других дисциплин. Методология рассмотрения явлений в физике конденсированного состояния. Межатомное взаимодействие и энергия связи атомов. 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.	4
2	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
3	Дифракция рентгеновского излучения и частиц высоких энергий в кристаллах. Условие Вульф-Бреггов для одномерной и трехмерной кристаллических решеток. Обратное пространство. Сфера Эвальда. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Экспериментальные рентгеновские методы исследований структуры кристаллов. Метод Лауэ и его особенности. Метод Дебая-Шерера и его особенности.	4
4	Дефекты в твердых телах и их классификация. Термодинамически равновесная концентрация точечных дефектов. Радиационные дефекты. Дислокации, их образование и свойства.	2
2. Механические свойства твердых тел		4
5	Диаграмма направление-деформация. Виды деформаций. Упругая деформация. Закон Гука. Модуль Юнга. Тензор деформаций. Пластическая деформация. Скольжение и переползание дислокаций. Формула Шмита. Физический смысл понятия «твердость». Шкала Маоса. Методы определения твердости. Микротвердость.	4
3. Тепловые свойства твердых тел		8
6	Колебания атомов кристалла. Колебания атомной линейной цепи. Собственные колебания. Зоны Бриллюэна. Дискретность спектра колебаний атомов.	2
7	Колебания одномерной решетки атомов с базисом. Оптические и акустические колебания. Колебания атомов трехмерной кристаллической решетки. Квазичастицы фонона, их поведение и описание. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Модели теплоемкости при низких температурах. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Закон Видемана и Франца.	4
8	Диффузия в твердых телах. Уравнения Фика. Частные случаи решений уравнений Фика. Диффузия из бесконечного и из ограниченного источников. Применение диффузионных процессов в технологии полупроводниковых приборов.	2
4. Физические свойства диэлектриков		4
9	Макроскопические характеристики диэлектриков. Механизмы упругой поляризации диэлектриков (электронный, ионный и ориентационный). Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери и их механизмы. Диэлектрические свойства кри-	4

	сталлов и тензор диэлектрической проницаемости. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект. Сегнетоэлектрики, природа сегнетоэлектричества. Практическое применение пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков.	
5.Магнитные свойства твердых тел		8
10	Природа и свойства диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Практическое использование магнетипов в науке и технике.	2
11	Парамагнитные резонансы. Ядерный магнитный резонанс. Методы наблюдения магнитного резонанса. Магнитная томография. Электронный парамагнитный резонанс. Устройство спектрометра ЭПР. Информация о твердом теле, получаемая с помощью ЭПР. Сверхпроводимость твердых тел. Теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Свойства сверхпроводников: эффект Мейсснера, флюксоны, сверхпроводники первого и второго рода.	4
12	Высокотемпературная сверхпроводимость. Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости. Свойства высокотемпературных сверхпроводников. Практическое применение сверхпроводящих керамик.	2
6. Оптические свойства твердых тел		10
13	Законы сохранения в оптике. Закон Бугера-Ламберта. Механизмы поглощения света при межзонных оптических переходах. Поглощение света прямозонными и непрямозонными полупроводниками и диэлектриками. Электронное поглощение света. Поглощение света в полупроводниках с участием примесных уровней. Поглощение света на свободных электронах. Решеточное поглощение света. Полный спектр поглощения света полупроводником.	4
14	Неравновесные эффекты при оптическом поглощении. Квазиуровень Ферми. Биполярная световая генерация носителей зарядов. Монополярная световая генерация неравновесных носителей зарядов. Основные механизмы рекомбинации неравновесных носителей зарядов.	2
15	Механизмы излучательной рекомбинации неравновесных носителей зарядов. Спектр фотолюминесценции и его особенности. Информация о свойствах полупроводника, получаемая из спектра фотолюминесценции. Методы наблюдения фотолюминесценции и ее практическое применение. Фотопроводимость твердых тел. Механизмы фотопроводимости. Спектр собственной и примесной фотопроводимости. Релаксация фотопроводимости, определение времени жизни неравновесных носителей из фотопроводимости. Методы измерения фотопроводимости и ее практическое применение.	4
7. Кинетические явления в твердых телах		8
16	Кинетические явления в металлах и полупроводниках. Уравнение Больцмана. Время релаксации. Частные случаи решения уравнения Больцмана. Упругое рассеивание носителей заряда точечными дефектами.	2
17	Эффективное сечение рассеивания. Основные механизмы рассеивания носителей зарядов в твердом теле. Рассеивание на нейтральных и заряженных примесях, на дислокациях и тепловых колебаниях решетки. Температурная зависимость подвижности носителей зарядов. Гальваномагнитные явления в полупроводниках. Эффект Холла и сопутствующие ему явления. Учет реального распределения электронов по скоростям. Магнитосопротивление.	4

18	Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Разогрев электронного газа. Критерий сильного электрического поля. Эффект Ганна в полупроводниках. Высокочастотный генератор на эффекте Ганна. Основные механизмы пробоя полупроводников (термоэлектронная ионизация, лавинный пробой, туннельный пробой). Заклучение	2
Итого		54

4.2 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1. Межатомные связи и структура кристаллических решеток		4	
4	Изучение структуры кристаллов и рентгеновских спектров	4	Отчет
2. Механические свойства твердых тел		4	
7	Измерение микротвердости твердых тел	4	Отчет
3. Тепловые свойства твердых тел		4	
10	Тепловое расширение и теплопроводность твердых тел	4	Отчет
4. Физические свойства диэлектриков		2	
13	Определение диэлектрической проницаемости разных веществ	2	Отчет
5. Магнитные свойства твердых тел		4	
16	Исследование магнитных свойств твердых тел	4	Отчет
Итого		18	

4.3 Практические занятия

Неделя семестра	Наименование практического занятия	Объем часов	Виды контроля
1. Межатомные связи и структура кристаллических решеток		8	
1	Типы межатомных связей. Расчет энергий связи. Постоянная Маделунга.	2	Отчет
2	Элементы симметрии кристаллов. Индексы Миллера. Координаты атомов. Решетки Браве.	2	Отчет
3	Дифракция рентгеновских лучей на кристалле. Формула Вульфа-Бреггов. Расчеты межплоскостных расстояний по рентгенограммам Дебая-Шерера.	2	Отчет
4	Точечные и линейные дефекты. Расчеты концентрации термодинамически равновесных дефектов. Дислокации в кристаллах.	2	Отчет
2. Механические свойства твердых тел		2	
5	Упругая деформация. Модуль Юнга. Пластическая деформация. Разрушение кристаллов.	2	Отчет
3. Тепловые свойства твердых тел		6	
6	Колебания атомов в линейной цепочке. Зоны Бриллюэна. Спектр собственных колебаний атомов.	2	Отчет
7	Теплоемкость твердых тел. Температура Дебая. Теплопроводность твердых тел. Закон Видемана-Франца.	2	Отчет
8	Диффузия в твердых телах. Частные случаи решений уравнений Фика. Применение диффузии в технологии полупроводникового производства.	2	Отчет

4. Физические свойства диэлектриков		2	
9	Диэлектрические свойства твердых тел. Расчет параметров диэлектриков. Пьезоэффект. Сегнетоэлектрики.	2	Отчет
5. Магнитные свойства твердых тел		6	
10	Ферромагнетизм. Физическая природа магнитных моментов в твердых телах.	2	Отчет
11	Сверхпроводимость твердых тел и ее природа. Свойства сверхпроводников.	2	Отчет
12	Высокотемпературная сверхпроводимость. Свойства материалов ВТСП и их применение.	2	Отчет
6. Оптические свойства твердых тел		8	
13	Механизмы поглощения света в веществе. Спектры поглощения и их характеристика.	2	Отчет
14	Неравновесные эффекты при поглощении света. Биполярная и монополярная световая генерация неравновесных носителей зарядов.	2	Отчет
15	Излучательная рекомбинация в полупроводниках. Фотoluminesценция и ее спектры.	2	Отчет
16	Фотопроводимость твердых тел. Релаксация фотопроводимости. Определение времени жизни неравновесных носителей зарядов.	2	Отчет
7. Кинетические явления в твердых телах		4	
17	Основные механизмы рассеивания носителей зарядов. Температурная зависимость подвижности носителей зарядов.	2	Отчет
18	Гальваномагнитные явления в полупроводниках. Эффект Холла. Явления в сильных электрических полях.	2	Отчет
Итого		36	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Энергия связи атомов	Отчет	2
2	Плоские решетки Браве	Отчет	2
3	Условия Вульфа-Бреггеров для трехмерной решетки	Отчет	2
4	Виды радиационных дефектов. Трансмутационное легирование	Отчет	2
5	Методы определения твердости материалов	Отчет	2
6	Спектр колебаний сплошной струны	Отчет	2
7	Зависимость теплопроводности от свойств твердых тел	Отчет	2
8	Изготовление р-п переходов с помощью диффузии примесей	Отчет	2
9	Практическое применение пьезоэлектриков	Видеосюжет	2
10	Практическое применение ферромагнетиков	Отчет	2
11	Магнитная томография в медицине	Видеосюжет	2
12	Практическое применение сверхпроводящей керамики	Отчет	2
13	Определение параметров полупроводников из спектров оптического поглощения	Отчет	2
14	Механизмы излучательной рекомбинации неравновесных носителей зарядов	Отчет	2

15	Практическое применение фотопроводимости	Видеосюжет	2
16	Рассеивание носителей на тепловых колебаниях решетки	Отчет	2
17	Эффект магнитосопротивления и его применение.	Отчет	2
18	Практическое применение эффекта Ганна	Отчет	2
Итого			36

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, проблемные лекции.
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 аудиторские 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	Шрертер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г.	Широкозонные полупроводники: Учеб. пособие / Ю.Г. Шрертер [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 наноэлектроника" (профиля "Микроэлектроника и твердо-	2012	

		тельная электроника") очной формы обучения. Ч.1 / Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", (рег. номер 229-2012).		
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 нанoeлектроника" (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.	Обеспе- ченность
1. Основная литература				
1.1	Рембеза С.И.	Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч.1/С.И. Рембеза. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2007, печат.	1,0
1.2	Рембеза С.И.	Физика твердого тела : учеб. пособие. Ч.2 / С. И. Рембеза. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"	2007, печат.	1,0
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
1.4	Шалимова К.В.	Физика полупроводников, Учеб. изд-ие / К.В. Шалимова. – Санкт-Петербург. «Лань».	2014	1,0
2. Дополнительная литература				
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
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
3. Методические разработки				
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	1,0
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	1,0
3.3	Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине "Физика конденсированного состояния" для	2012	1,0

		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).		
3.4	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	1,0

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

_____ Небольсин В.А.
(подпись)
_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Физика конденсированного состояния

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от «___» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

Порядко- вый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (за- менить, аннулиро- вать, добавить)	Номер и дата при- каза об изменении	Фамилия и инициа- лы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесе- ния измене- ния