

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 диэлектриков

(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.

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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика диэлектриков

(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: 72; Часов по РПД: 72;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 72; Часов по РПД: 72;

Часов на самостоятельную работу по УП: 36 (50%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36 (50%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 2

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты - 6; Зачеты (с оценкой) – 0;

Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

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											18	18					18	18
Лабораторные											18	18					18	18
Практические											-	-					-	-
Ауд. занятия											36	36					36	36
Сам. работа											36	36					36	36
Итого											72	72					72	72

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 “Микроэлектроника 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 у студентов научной основы для осознанного и целенаправленного использования физических свойств полупроводников для создания 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 закономерностей физики полупроводников и освоение способов практического использования свойств полупроводников;
1.2.2	развитие понимания связи физических свойств полупроводников с параметрами изделий микроэлектроники на базе этих материалов;
1.2.3	практическое овладение навыками физического эксперимента и основными методиками по изучению свойств диэлектриков;
1.2.4	создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы твердотельной электроники и технологии микро- и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.4.2
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.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.17	«Нанoeлектроника»
Б1.В.ОД.12	«Функциональная электроника»

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные параметры диэлектриков (ОПК-1)
3.1.2	механизмы электропроводности диэлектриков, происхождение поляронов (ОПК-1)
3.1.3	механизмы электронной, ионной и дипольной поляризации, частотную зависимость диэлектрической постоянной и ее связь с механизмами поляризации (ОПК-2)
3.1.4	природу диэлектрических потерь, их частотную зависимость (ОПК-2)
3.1.5	прямой и обратный пьезоэффект (ОПК-1, ОПК-2)
3.1.6	сегнетоэлектрические свойства диэлектриков, их температурную зависимость (ОПК-1, ОПК-2)
3.1.7	связь симметрии кристаллической решетки с ее пьезоэлектрическими свойствами (ОПК-2, ОПК-5)
3.2	Уметь:
3.2.1	определять величину диэлектрической проницаемости диэлектрика (ОПК-2)
3.2.2	оценивать вклад разных механизмов поляризации из частотных зависимостей диэлектрической проницаемости (ОПК-1)
3.2.3	оценивать природу дефектов из частотных зависимостей диэлектрических потерь (ОПК-1, ОПК-2)
3.2.4	определять параметры сегнетоэлектрика из кривой гистерезиса, температуру Кюри (ОПК-2, ОПК-5)
3.3	Владеть:
3.3.1	экспериментальными методами расчетов и измерения диэлектрической постоянной на разных частотах (ОПК-5)
3.3.2	методами подбора диэлектриков для их различного целевого использования (ОПК-5)

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	Зонная теория твердых тел	6	1-6	6	4	-	12	22
2	Электрические свойства кристаллов	6	7-8	2	4	-	4	10
3	Электромеханические свойства кристаллов	6	9-12	4	4	-	8	16
4	Методы определения пьезоэлектрических характеристик	6	13-14	2	2	-	4	8
5	Практические применения пьезоэлектриков	6	15-18	4	4	-	8	16
Итого				18	18		36	72

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1.Зонная теория твердых тел		6
1	Введение. Уравнение Шредингера для кристалла. Приближенные методы решения уравнения Шредингера – адиабатическое и валентное приближения. Одноэлектронное приближение.	2
3	Приближение сильной связи и образование зон разрешенных энергий в кристалле. Периодический характер изменения энергии в пределах зоны. Число состояний в разрешенной зоне	2
5	Приближение слабой связи. Спектр разряженных энергий электрона в кристалле. Зона Бриллюэна и характер движения электрона в зоне. Эффективная масса электрона. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной структуры.	2
2.Электрические свойства кристаллов		2
7	Поляризация кристаллов. Тензор диэлектрической проницаемости. Упругие свойства кристаллов.	2
3.Электромеханические свойства кристаллов		4
9	Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. Влияние симметрии кристалла на вид матрицы пьезомодулей	2
11	Способы определения пьезоэлектрических коэффициентов. Электрострикция и электроиндуцированный пьезоэффект. Физическая природа электромеханической связи	2
4.Методы определения пьезоэлектрических характеристик		2
13	Статические методы и квазистатический метод. Динамические методы. Продольные и сдвиговые волны в пьезоэлектрическом кристалле. Эквивалентная схема пьезоэлектрического резонатора	2
5.Практические применения пьезоэлектриков		4
15	Пьезопреобразователи энергии. Пьезоэлектрические трансформаторы и двигатели. Пьезоэлектрические датчики	2
17	Пьезоэлектрические устройства на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Электроуправляемый пьезоэффект и микропозиционеры. Перспективы пьезоэлектроники. Заключение.	2
Итого		18

4.2 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1.Зонная теория твердых тел		4	
3	Определение ширины запрещенной зоны кристалла	4	Отчет
2.Электрические свойства кристаллов		4	
6	Определение диэлектрической проницаемости разных веществ	4	Отчет
3.Электромеханические свойства кристаллов		4	
9	Исследование пьезоэлектрического эффекта	4	Отчет
4. Методы определения пьезоэлектрических характеристик		2	

12	Исследование электрострикции	2	Отчет
5. Практические применения пьезоэлектриков		4	
15	Изучение характеристик пьезоэлектрического резонатора	4	Отчет
Итого		18	

4.3 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Виды контроля	Объем часов
1. Зонная теория твердых тел			12
1	Стационарное уравнение Шредингера	Отчет	2
2	Адиабатическое приближение	Отчет	2
3	Валентное приближение	Отчет	2
4	Решение уравнение Шредингера для плоской квадратной решетки	Отчет	2
5	Построение зон Бриллюэна для прямоугольной и квадратной решеток	Отчет	2
6	Диэлектрики с точки зрения зонной теории	Отчет	2
2. Электрические свойства кристаллов			4
7	Макроскопические характеристики диэлектрика	Отчет	2
8	Влияние симметрии кристалла на его упругие свойства	Отчет	2
3. Электромеханические свойства кристаллов			8
9	Пример пьезоэлектрических кристаллов	Отчет	2
10	Природные и синтетические пьезоэлектрики	Отчет	2
11	Электрострикционные материалы	Отчет	2
12	Электроэластики	Отчет	2
4. Методы определения пьезоэлектрических характеристик			4
13	Динамические методы определения пьезоэлектрических характеристик	Отчет	2
14	Устройство пьезоэлектрического резонатора	Отчет	2
5. Практические применения пьезоэлектриков			8
15	Харвестеры	Отчет	2
16	Применение пьезодатчиков	Отчет	2
17	Поверхностные акустические волны в полупроводниках	Отчет	2
18	Использование пьезоэлектриков в туннельных микроскопах	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	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.
5.4	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 по общему курсу дисциплины для итоговой проверки
6.2	Контрольные задания для зачета по лабораторным работам
6.3	Сборник задач и вопросов для самопроверки для проведения контрольных работ и итоговой аттестации
6.4	Контрольно-измерительные материалы для зачета по курсу дисциплины

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 наноэлектроника" (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 наноэлектроника" (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 диэлектриков»

№ 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

(подпись) Небольсин В.А.

_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Физика диэлектриков

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