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

Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения очная Срок обучения нормативный

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

УМКД разработал: Свистова Т.В., к.т.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

Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

(код, наименование)

Профиль: “Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике”

(название профиля по УП)

Часов по УП: 108; Часов по РПД: 108;

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

Часов на самостоятельную работу по УП: 36;

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36;

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 1; Зачеты – 0; Зачеты с оценкой - 0;

Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ 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	-	-															-	-
Лабораторные	18	18															18	18
Практические	18	18															18	18
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) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» квалификация «Магистр». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 октября 2014 г. № 1407.

Программу составил: _____ к.т.н., Свистова Т.В.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель освоения дисциплины
1.1.1	состоит в формировании знаний физических и топологических основ оптоэлектронных гетеро- и наноструктур в полупроводниках на основе элементарных и сложных полупроводников.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	усвоение физических принципов и топологических основ оптоэлектронных гетеро- и наноструктур на основе сложных полупроводников;
1.2.2	формирование у студентов на этой основе современных представлений о физике и технике сложных полупроводниковых материалов и структур;
1.2.3	ознакомление студентов с видами перспективных гетеро- и наноструктур в полупроводниках;
1.2.4	изложение основных представлений о структуре и свойствах двойных, тройных и четверных полупроводниковых твердых растворов;
1.2.5	описание оптических свойств твердых тел и неравновесных явлений в них;
1.2.6	знакомство с топологией полупроводниковых гетеро- и наноструктур.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1.	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.7.2
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника»	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б1.Б.5	Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники
Б1.В.ОД.6	Моделирование физических процессов в микро- и наноэлектронике
Б1.В.ДВ.4.1	Перспективные технологические процессы для производства больших интегральных схем, микро- и наносистем

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-2	способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры
ОПК-4	способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области
ПК-3	готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени
ПКВ-1	способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов проектирования твердотельных приборов и устройств

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	современные представления об основных свойствах сложных полупроводниковых материалов и структурных и топологических особенностях гетеро- и наноструктур в полупроводниках (ОПК-4);
3.1.2	физические принципы современных приборов на основе гетеро- и нано-структур в полупроводниках (ОПК-4);
3.1.3	перспективные типы гетеро- и наноструктур в полупроводниках (ОПК-2);
3.2	Уметь
3.2.1	использовать в практической деятельности фундаментальные физические закономерности, определяющие структуру и свойства гетеро- и нано-структур на основе сложных полупроводников (ПКВ-1);
3.2.2	иметь навыки практического использования светоизлучающих и фотоприемных структур на основе полупроводниковых гетеро- и наноструктур (ПКВ-1);
3.3	Владеть:
3.3.1	методами расчета и измерения основных физических параметров гетеро- и наноструктур в полупроводниках (ПК-3);
3.3.2.	навыками анализа экспериментальных результатов физических характеристик полупроводниковых гетеро- и наноструктур (ПК-3).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость в часах					
				Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	СРС	Экз.	Всего часов
1	Свойства сложных полупроводниковых материалов	1	2-4	-	4	-	8		12
2	Полупроводниковые гетеро-структуры, их особенности и применение	1	6-12	-	8	12	16		36
3	Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения	1	14-18	-	6	6	12		24
	Подготовка к экзамену							36	36
	Итого			-	18	18	36	36	108

4.1 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
Раздел 1. Свойства сложных полупроводниковых материалов		4	
2	Кристаллическая и зонная структура полупроводников. Собственные дефекты в полупроводниках. Примеси в полупроводниках.	2	
4	Методы определения параметров примесных центров. Явления переноса. Сложные полупроводники.	2	
Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение		8	
6	Гетероструктуры в современной микроэлектронике. Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов. Физические явления в классических гетероструктурах. Односторонняя инжекция. Сверхинжекция. Диффузия во встроенном квазиэлектрическом поле. Электронное ограничение. Оптическое ограничение. Эффект широкозонного окна. Диагональное туннелирование через гетерограницу.	2	
8	Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур. Низкопороговые полупроводниковые лазеры, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре, лазеры с распределенной обратной связью и с распределенными брэгговскими зеркалами, поверхностно-излучающие лазеры, инфракрасные лазеры на гетероструктурах II-го рода.	2	
10	Высокоэффективные светоизлучающие диоды. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна. Полупроводниковая интегральная оптика, основанная на полупроводниковых РОС и РБЗ лазерах.	2	
12	Гетеробиполярные транзисторы с широкозонным эмиттером. Транзисторы, тиристоры, динисторы с передачей светового сигнала. Мощные диоды и тиристоры. Преобразователи света из инфракрасного в видимый диапазон. Эффективные холодные катоды.	2	
Раздел 3. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения		6	
14	Полупроводниковые наноструктуры. Квантовые ямы, проволоки и точки. Напряженные слои. Сверхрешетки.	2	
16	Лазеры на полупроводниковых квантовых ямах. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL). Лазеры на напряженных структурах с квантовыми ямами. Лазеры на квантовых точках.	2	
18	Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Модуляторы на квантовых ямах	2	
Итого часов		18	

4.2. Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение		12		
2	Исследование параметров резкого анизотипного гетероперехода	4		Тест, отчет
4	Исследование характеристик солнечных фотопреобразователей	4		Тест, отчет
6	Исследование характеристик светоизлучающих диодов	4		Тест, отчет
Раздел 3. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения		6		
8	Исследование характеристик и параметров полупроводникового лазера	6		Тест, отчет
Итого часов		18		

4.3 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Самостоятельное изучение материала.	проверка конспекта, опрос	3
2	Подготовка к лабораторным занятиям	допуск к выполнению, тест	3
3	Самостоятельное изучение материала.	проверка конспекта, опрос, решение задач	3
4	Подготовка к лабораторным занятиям	допуск к выполнению, тест	3
5	Самостоятельное изучение материала	Тест, опрос, решение задач	3
6	Подготовка к лабораторным занятиям.	допуск к выполнению, опрос	3
7	Самостоятельное изучение материала.	Тест, решение задач	3
8	Подготовка к лабораторным занятиям.	Допуск к выполнению	3
9	Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта, опрос, решение задач	3
10	Самостоятельное изучение материала.	Проверка конспекта, опрос	3
11	Самостоятельное изучение материала.	Проверка конспекта, опрос	3
12	Самостоятельное изучение материала.	Проверка конспекта, решение задач	3
13	Самостоятельное изучение материала.	Проверка конспекта	3
14	Самостоятельное изучение материала	Тест	3
15	Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта, тест	3
16	Самостоятельное изучение материала	Тест, опрос	3
17	Самостоятельное изучение материала	Проверка конспекта	3
18	Подготовка к лабораторным занятиям	Тест, опрос	3

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Практические занятия: а) работа в команде - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий, решение творческих задач (метод Делфи); метод дневников; мозговой штурм; б) выступления по темам рефератов; в) проведение контрольных работ;
5.2	Лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком; – кейс-метод. – защита выполненных работ;
5.3	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, – метод дневников, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка реферата, отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену;
5.4	консультации по всем вопросам учебной программы.

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

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – опрос – тесты – отчет и защита выполненных лабораторных работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные варианты контрольных работ, тестовые задания; вопросы к экзамену.
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов.
6.2.2	Квантовые ямы, проволоки и точки. Напряженные слои. Сверхрешетки.
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Тесты по темам: Свойства сложных полупроводниковых материалов Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения.

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	Пантелеев В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур	2000, учеб. пособ.	1
7.1.1.2	Игнатов А. Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника	2011, учеб. пособ.	0,9
7.1.1.3	Смирнов, Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В..	Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013.	2013, электронный ресурс	1
7.1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2011.	2011, электронный ресурс	1
7.1.1.5	Лозовский В.Н., Константинова Г.С. Лозовский С.В.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие /. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008.	2008, электронный ресурс	1
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Щука А.А.	Электроника / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005.	2005, учеб. пособие.	0,28
7.1.2.2	Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф.	Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. 336 с.	2006, учеб. пособие,	1
7.1.2.3	Марголин В. И., Жабров В. А., Лукьянов Г. Н.	Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс] : учебное пособие / [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012.	2012, электронный ресурс	1
7.1.3. Методические разработки				
7.1.3.1				
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	<ul style="list-style-type: none"> - http://www.nanometer.ru - http://www.nanonewsnet.ru - http://www.nanoware.ru - http://www.nanoobr.ru - http://www.mikrosystems.ru - Системные программные средства: Microsoft Windows XP, Microsoft Vista 			
7.1.4.4	Мультимедийные лекционные демонстрации:			
	Свойства сложных полупроводниковых материалов Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения.			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет
8.2	Технологическое оборудование
8.3	Контрольно-измерительное оборудование

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой дисциплины
«Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках»**

№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченность
1. Основная литература				
Л1.1	Пантелеев В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур. - Воронеж: ВГТУ, 2000.	2000, учеб. пособ.	1,0
Л1.2	Игнатов А. Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань, 2011.	2011, учеб. пособ.	0,9
Л1.3	Смирнов, Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В..	Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2013.	2013, электронный ресурс	1,0
Л1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2011.	2011, электронный ресурс	1,0
	Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие [Электронный ресурс]: учебное пособие /. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008.	2008, электронный ресурс	1,0
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Щука А.А.	Электроника / под ред. А.С. Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005.	2005, учеб. пособие.	0,28
Л2.2	Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф.	Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. 336 с.	2006, учеб. пособие,	1,0
	Марголин В. И., Жабрев В. А., Лукьянов Г. Н.	Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс] : учебное пособие / [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012.	2012, электронный ресурс	1,0

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Директор НТБ

Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20 г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

«Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках»

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

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

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

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения