

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)

_____ 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.3.2 Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): **11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»**
(код, наименование)

Профиль подготовки, магистерская программа:

«Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике»

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **очная** Срок обучения **нормативный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и наноэлектроники**

(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Свистова Т.В., кандидат технических наук**

(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании

методической комиссии **ФРТЭ**

(наименование факультета)

Протокол № ____ от «____» _____ 2017 г.

Председатель методической комиссии **Коровин Е.Н.** _____

Воронеж 2017 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)

_____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.3.2 Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

для направления подготовки (специальности): 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
 (код, наименование)

Профиль подготовки, магистерская программа:

«Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике»

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Часов по УП: 108; Часов по РПД: 108;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; Часов по РПД: 108;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: 6;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: 6;

Часов на самостоятельную работу по УП: 81;

Часов на самостоятельную работу по РПД: 81;

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты – 1; 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	9	9															9	9
Лабораторные	18	18															18	18
Практические																		
Ауд. занятия																		
Сам. работа	81	81															81	81
Итого	108	108															108	108

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника». Утвержден Приказом Министерства образования и науки 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 специалистов по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерская программа «Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике»

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2017 г.

Заведующий 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

Дисциплина Б1.В.ДВ.3.2 «Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках» – альтернатива к дисциплине Б1.В.ДВ.3.1 «Оптоэлектронные микро- и наноструктуры».

Цикл (раздел) ООП: Б1.	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.3.2
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении курсов	
	Квантовая и оптическая электроника
	Физические основы микроэлектронных приборов
	Нанoeлектроника
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.4	Моделирование физических процессов в микро- и наноэлектронике

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	Всего часов
1	Свойства сложных полупроводниковых материалов	1	3	1	-	-	11	12
2	Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение	1	2, 3, 6, 7, 10	4	-	12	35	51
3	Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения	1	11, 14, 15	4	-	6	35	45
Итого				9		18	81	108

4.1. Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1 семестр		9	2
Модуль 1. Свойства сложных полупроводниковых материалов		1	-
3	Кристаллическая и зонная структура полупроводников. Собственные дефекты в полупроводниках. Примеси в полупроводниках. Методы определения параметров примесных центров. Явления переноса. Сложные полупроводники.	1	-
Модуль 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение		4	1

3	Гетероструктуры в современной микроэлектронике. Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов. Физические явления в классических гетероструктурах. Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур. Высокоэффективные светоизлучающие диоды. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна.	2	0,5
7	Полупроводниковая интегральная оптика, основанная на полупроводниковых РОС и РБЗ лазерах. Гетеробиполярные транзисторы с широкозонным эмиттером. Транзисторы, тиристоры, динисторы с передачей светового сигнала. Мощные диоды и тиристоры.	2	0,5
Модуль 3. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения		4	1
11	Полупроводниковые наноструктуры. Квантовые ямы, проволоки и точки. Напряженные слои. Сверхрешетки. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Модуляторы на квантовых ямах	2	0,5
15	Лазеры на полупроводниковых квантовых ямах. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL). Лазеры на напряженных структурах с квантовыми ямами. Лазеры на квантовых точках.	2	0,5
Итого часов		9	2

4.2. Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1 семестр		18	4	
Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение		12	3	
2	Исследование параметров резкого анизотипного гетероперехода	4	1	Тест, отчет
6	Исследование характеристик солнечных фотопреобразователей	4	1	Тест, отчет
10	Исследование характеристик светоизлучающих диодов	4	1	Тест, отчет
Раздел 3. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения		6	1	
14	Исследование характеристик и параметров полупроводникового лазера	6	1	Тест, отчет
Итого часов		18	4	

4.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1 семестр		Зачет	81
1	Самостоятельное изучение материала. Раздел 1. Свойства сложных полупроводниковых материалов.	Проверка конспекта, опрос	5

	Кристаллическая и зонная структура полупроводников. Собственные дефекты в полупроводниках. Примеси в полупроводниках.		
2	Подготовка к лабораторным занятиям	Допуск к выполнению, тест	4
3	Самостоятельное изучение материала. Раздел 1. Свойства сложных полупроводниковых материалов. Методы определения параметров примесных центров. Явления переноса. Сложные полупроводники.	Проверка конспекта, опрос, тест	5
4	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Гетероструктуры в современной микроэлектронике. Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов.	Тест	4
5	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Физические явления в классических гетероструктурах. Односторонняя инжекция. Сверхинжекция. Диффузия во встроенном квазиэлектрическом поле. Электронное ограничение. Оптическое ограничение. Эффект широкозонного окна. Диагональное туннелирование через гетерограницу	Тест, опрос	5
6	Подготовка к лабораторным занятиям.	Допуск к выполнению, опрос	4
7	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур. Низкопороговые полупроводниковые лазеры, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре.	Тест, опрос	5
8	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Лазеры с распределенной обратной связью и с распределенными брэгговскими зеркалами, поверхностно-излучающие лазеры, инфракрасные лазеры на гетероструктурах II-го рода.	Проверка конспекта, опрос	4
9	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые	Проверка конспекта, опрос	5

	гетероструктуры, их особенности и применение. Высокоэффективные светоизлучающие диоды. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна.		
10	Подготовка к лабораторным занятиям	Проверка конспекта, опрос	4
11	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Полупроводниковая интегральная оптика, основанная на полупроводниковых РОС и РБЗ лазерах.	Проверка конспекта, опрос	5
12	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Гетеробиполярные транзисторы с широкозонным эмиттером. Транзисторы, тиристоры, динисторы с передачей светового сигнала.	Проверка конспекта,	4
13	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Полупроводниковые гетероструктуры, их особенности и применение. Мощные диоды и тиристоры. Преобразователи света из инфракрасного в видимый диапазон. Эффективные холодные катоды.	Проверка конспекта	5
14	Подготовка к лабораторным занятиям	Тест	4
15	Самостоятельное изучение материала. Раздел 3. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения. Полупроводниковые наноструктуры. Квантовые ямы, проволоки и точки. Напряженные слои. Сверхрешетки.	Проверка конспекта, тест	5
16	Самостоятельное изучение материала. Раздел 3. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения. Лазеры на полупроводниковых квантовых ямах. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL). Лазеры на напряженных структурах с квантовыми ямами. Лазеры на квантовых точках.	Тест, опрос	4
17	Самостоятельное изучение материала. Раздел 3. Полупроводниковые наноструктуры, их особенности и перспективы применения. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Модуляторы на квантовых ямах	Проверка конспекта	5
18	Подготовка к зачету	Тест	4

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лабораторные работы: <ul style="list-style-type: none"> – выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком; – кейс-метод, проведение контрольных работ; – защита выполненных работ;
5.2	самостоятельная работа студентов: <ul style="list-style-type: none"> – изучение теоретического материала, работа в команде (ИФ) - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий, решение творческих задач (метод Делфи); метод дневников; мозговой штурм; – подготовка к лабораторным работам, – метод дневников, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка реферата, отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету;
5.3	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: <ul style="list-style-type: none"> – 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 зачету.
6.2	Темы письменных работ
1 семестр	
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.	Обеспеченность

			Вид издания	
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., Жабрев 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	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Оптоэлектронные микро- и наноструктуры» для студентов направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (магистерская программа «Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике») очной формы обучения .(№ 54-2016).	2016, электронный ресурс	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 			
7.1.4.2	Компьютерные практические работы:			
	-			

7.1.4.3	Мультимедийные видеофрагменты:
	-
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

9. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Гетеро- и наноструктуры в полупроводниках»

Фонды оценочных средств по дисциплине представляют собой перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий.

1. Кристаллическая и зонная структура полупроводников.
2. Собственные дефекты в полупроводниках.
3. Примеси в полупроводниках.
4. Методы определения параметров примесных центров.
5. Явления переноса.
6. Сложные полупроводники.
7. Гетероструктуры в современной микроэлектронике.
8. Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов.
9. Физические явления в классических гетероструктурах.
10. Односторонняя инжекция.
11. Сверхинжекция.
12. Диффузия во встроенном квазиэлектрическом поле.
13. Электронное ограничение.
14. Оптическое ограничение.
15. Эффект широкозонного окна.
16. Диагональное туннелирование через гетерограницу.
17. Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур.
18. Низкопороговые полупроводниковые лазеры, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре,
19. Лазеры с распределенной обратной связью и с распределенными брэгговскими зеркалами, поверхностно-излучающие лазеры,
20. Инфракрасные лазеры на гетероструктурах II-го рода.
21. Высокоэффективные светоизлучающие диоды.
22. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна.
23. Полупроводниковая интегральная оптика, основанная на полупроводниковых РОС и РБЗ лазерах.
24. Гетеробиполярные транзисторы с широкозонным эмиттером.
25. Транзисторы, тиристоры, динисторы с передачей светового сигнала.
26. Мощные диоды и тиристоры.
27. Преобразователи света из инфракрасного в видимый диапазон.
28. Эффективные холодные катоды.
29. Полупроводниковые наноструктуры.
30. Квантовые ямы, проволоки и точки.
31. Напряженные слои. Сверхрешетки.
32. Лазеры на полупроводниковых квантовых ямах.
33. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL).
34. Лазеры на напряженных структурах с квантовыми ямами.
35. Лазеры на квантовых точках.
36. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках.
37. Модуляторы на квантовых ямах.

«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 нанoeлектроники

Протокол № _____ от « ____ » _____ 20 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

Е.Н. Коровин

«Согласовано»

С.И. Рембеза

**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
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
Л1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2011.	2011, электронный ресурс	1
	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
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
	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
3. Методические разработки				
Л3.1				

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Директор НТБ

Т.И. Буковшина

Лист регистрации изменений

Порядков ый 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