

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.3.1 Оптоэлектронные микро- и наноструктуры

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

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

Профиль подготовки, магистерская программа:

«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., 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 ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета
 факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

_____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.3.1 Оптоэлектронные микро- и наноструктуры

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Направления подготовки (специальности): 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»
 (код, наименование)

Профиль подготовки, магистерская программа:

«Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике»

(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 ВО, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», квалификация «магистр». 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 микро- и наноструктур на основе элементарных и сложных полупроводников.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	усвоение физических принципов и топологических основ оптоэлектронных микро- и наноструктур;
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 оптоэлектронных материалов; изложение основных представлений о структуре и свойствах двойных, тройных и четверных полупроводниковых твердых растворов;
1.2.4	описание оптических свойств твердых тел и неравновесных явлений в них;
1.2.5	изложение особенностей влияния эффекта беспорядка на оптические свойства твердых тел, описание квантово-размерных эффектов;
1.2.6	знакомство с топологией оптоэлектронных микро и наноструктур.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1.	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.3.1
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 нанoeлектроники
Б1.В.ОД.4	Моделирование физических процессов в микро- и нанoeлектронике

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 структурных свойствах сложных полупроводниковых материалов и структурных и топологических особенностях микро- и наноструктур на их основе (ОПК-4);
3.1.2	физические принципы современных светоизлучающих и фотоприемных приборов и структур (ОПК-4);
3.1.3	перспективные типы оптоэлектронных микро- и наноструктур (ОПК-2);
3.2	Уметь
3.2.1	использовать в практической деятельности фундаментальные физические закономерности, определяющие структуру и свойства микро- и наноструктур на основе сложных полупроводников (ПКВ-1);
3.2.2	практически использовать светоизлучающие и фотоприемные структуры (ПКВ-1);
3.3	Владеть:
3.3.1	методами расчета и измерения основных физических параметров сложных полупроводниковых материалов (ПК-3);
3.3.2.	навыками анализа экспериментальных результатов фотоэлектрических характеристик полупроводниковых материалов, а также микро- 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	Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры.	1	2,3	1	-	4	16	21
2	Интегральная оптоэлектроника	1	3	2	-		16	18
3	Оптоэлектронные датчики. Оптоэлектронные системы.	1	7	2	-		16	18
4	Оптические чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры.	1	6, 10,11	2	-	8	16	26
5	Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения.	1	14, 15	2	-	6	17	25
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. Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры		1	-
3	Тенденции развития оптоэлектроники. Полупроводниковые твердые растворы. Люминесцентные структуры на основе органических материалов. Структуры на основе кремния и углерода (кремний на сапфире, кремний на изоляторе, A^2B^6)	1	-

	/SiO ₂ /Si, квантово-размерные структуры на основе кремния, на основе аморфного кремния α-Si:H, алмазы, фуллерены, углеродные нанотрубки		
Модуль 2. Интегральная оптоэлектроника		2	0,5
3	Гибридные оптоэлектронные ИС. Монолитные многоэлементные приборы. Интегральные микролазеры. Интегральные фотоприемники. Оптоэлектронный микропроцессор. Микрооптика для оптических межсоединений.	2	0,5
Модуль 3. Оптоэлектронные датчики. Оптоэлектронные системы.		2	0,5
7	Датчики физических величин. Прецизионные оптоэлектронные сенсорные системы. Проблемы разработки оптоэлектронных датчиков. Оптоэлектронные системы записи, хранения и воспроизведения информации.	2	0,5
Модуль 4. Оптические чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры.		2	0,5
11	Полупроводниковые фотоприемные приборы. ПЗС-приемные фотоприборы Фотодиодные СБИС на основе МОП-транзисторов. Пиротехнические фотоприемники. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна. 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. Высокоэффективные светоизлучающие диоды.	2	0,5
Модуль 5. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения.		2	0,5
15	Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур. Лазеры на полупроводниковых квантовых ямах. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL). Лазеры на напряженных структурах с квантовыми ямами. Лазеры на квантовых точках. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Модуляторы на квантовых ямах	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 1. Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры		4	1	
2	Исследование параметров резкого анизотипного гетероперехода	4	1	Тест, отчет
Раздел 4. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры		8	2	
4	Исследование характеристик солнечных фотопреобразователей	4	1	Тест, отчет

6	Исследование характеристик светоизлучающих диодов	4	1	Тест, отчет
Раздел 5. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения		6	1	
8	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. Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры. Тенденции развития оптоэлектроники. Локальные, структурные и композиционные эффекты в оптоэлектронных средах. Полупроводниковые твердые растворы. Люминесцентные структуры на основе органических материалов.	проверка конспекта, опрос	5
2	Подготовка к лабораторным занятиям	допуск к выполнению, тест	4
3	Самостоятельное изучение материала. Раздел 1. Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры. Структуры на основе кремния и углерода (кремний на сапфире, кремний на изоляторе, $A^2B^6 / SiO_2 / Si$, квантово-размерные структуры на основе кремния, на основе аморфного кремния α - Si:H, алмазы, фуллерены, углеродные нанотрубки.	проверка конспекта, опрос	5
4	Подготовка к лабораторным занятиям	допуск к выполнению, тест	4
5	Самостоятельное изучение материала. Раздел 2. Интегральная оптоэлектроника. Гибридные оптоэлектронные ИС. Монолитные многоэлементные приборы. Интегральные микролазеры. Интегральные фотоприемники. Оптоэлектронный микропроцессор. Микрооптика для оптических межсоединений.	тест, опрос	5
6	Подготовка к лабораторным занятиям.	допуск к выполнению, опрос	4
7	Самостоятельное изучение материала. Раздел 3. Оптоэлектронные датчики. Оптоэлектронные системы. Датчики физических величин. Прецизионные оптоэлектронные сенсорные системы. Проблемы разработки оптоэлектронных датчиков. Оптоэлектронные системы записи, хранения и воспроизведения информации.	тест, проверка конспектов	5
8	Самостоятельное изучение материала. Раздел 4. Оптически чувствительные и	проверка конспекта, опрос, решение задач	4

	светоизлучающие микроэлектронные структуры. Полупроводниковые фотоприемные приборы. Фотодиоды на основе <i>p-n</i> -перехода. Фотодиоды с <i>p-i-n</i> -структурой. Фотодиоды Шоттки. Фотодиоды с гетероструктурой. Лавинные фотодиоды.		
9	Самостоятельное изучение материала. Раздел 4. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. Фототранзисторы. Фототиристоры. Фоторезисторы.	проверка конспекта, опрос	5
10	Подготовка к лабораторным занятиям.	допуск к выполнению	4
11	Самостоятельное изучение материала. Раздел 4. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. ПЗС-приемные фотоприборы Фотодиодные СБИС на основе МОП-транзисторов.	проверка конспекта, опрос	5
12	Самостоятельное изучение материала. Раздел 4. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. Пиротехнические фотоприемники. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна.	проверка конспекта, опрос	5
13	Раздел 4. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур. Низкопороговые полупроводниковые лазеры, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре.	проверка конспекта, тест	4
14	Самостоятельное изучение материала. Раздел 4. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. Лазеры с распределенной обратной связью и с распределенными брэгговскими зеркалами, поверхностно-излучающие лазеры, инфракрасные лазеры на гетероструктурах II-го рода. Высокоэффективные светоизлучающие диоды.	проверка конспекта, опрос	5
15	Самостоятельное изучение материала. Раздел 5. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения. Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур. Квантовые ямы, проволоки и точки. Напряженные слои. Сверхрешетки.	проверка конспекта, тест	4
16	Самостоятельное изучение материала.	проверка конспекта, тест	5

	Раздел 5. Оптоэлектронные 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.		
17	Самостоятельное изучение материала Раздел 5. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках. Модуляторы на квантовых ямах	тест, опрос	4
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; проведение контрольных работ; – кейс-метод. – 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 практическим занятиям, 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	Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры.
6.2.2	Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры.
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Тесты по темам: Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры. Интегральная оптоэлектроника. Оптоэлектронные датчики. Оптоэлектронные системы. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. Оптоэлектронные наноструктуры, их особенности и перспективы применения.

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

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы изда- ния. Вид издания	Обеспечен- ность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Ермаков, О. Н.	Мир электроники. Прикладная оптоэлектроника	2004, печат.	1,0
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, электрон- ный ресурс	1
7.1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2011.	2011, электрон- ный 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, электрон- ный 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, электрон- ный ресурс	1
7.1.2.4	Пантелеев, В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур. - Воронеж: ВГТУ, 2000.	2000, учеб. пособ.	1
7.1.3. Методические разработки				
7.1.3.1	Свистова Т.В.	Методические указания к выполнению	2016,	1

		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).	электронный ресурс	
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	-	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: Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры. Интегральная оптоэлектроника. Оптоэлектронные датчики. Оптоэлектронные системы. Оптически чувствительные и светоизлучающие микроэлектронные структуры. Оптоэлектронные 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

«Оптоэлектронные микро- и наноструктуры»

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

1. Тенденции развития оптоэлектроники.
2. Локальные, структурные и композиционные эффекты в оптоэлектронных средах.
3. Полупроводниковые твердые растворы.
4. Люминесцентные структуры на основе органических материалов.
5. Структуры кремний на сапфире, кремний на изоляторе, $A^2B^6/SiO_2/Si$.
6. Квантово-размерные структуры на основе кремния, на основе аморфного кремния $\alpha-Si:H$,
7. Алмазы, фуллерены, углеродные нанотрубки.
8. Гибридные оптоэлектронные ИС.
9. Монолитные многоэлементные приборы.
10. Интегральные микролазеры.
11. Интегральные фотоприемники.
12. Оптоэлектронный микропроцессор.
13. Микрооптика для оптических межсоединений.
14. Датчики физических величин.
15. Прецизионные оптоэлектронные сенсорные системы.
16. Проблемы разработки оптоэлектронных датчиков.
17. Оптоэлектронные системы записи, хранения и воспроизведения информации.
18. Фотодиоды на основе $p-n$ -перехода.
19. Фотодиоды с $p-i-n$ -структурой.
20. Фотодиоды Шоттки.
21. Фотодиоды с гетероструктурой.
22. Лавинные фотодиоды.
23. Фототранзисторы.
24. Фототиристоры.
25. Фоторезисторы.
26. ПЗС-приемные фотоприборы
27. Фотодиодные СБИС на основе МОП-транзисторов.
28. Пиротехнические фотоприемники.
29. Солнечные элементы и фотодетекторы, основанные на эффекте широкозонного окна.
30. Полупроводниковые приборы на основе классических гетероструктур.
31. Низкопороговые полупроводниковые лазеры, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре.
32. Лазеры с распределенной обратной связью и с распределенными брэгговскими зеркалами.
33. Поверхностно-излучающие лазеры.
34. Инфракрасные лазеры на гетероструктурах II-го рода.
35. Высокоэффективные светоизлучающие диоды.
36. Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур.
37. Квантовые ямы, проволоки и точки.

38. Напряженные слои.
39. Сверхрешетки.
40. Лазеры на полупроводниковых квантовых ямах.
41. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL).
42. Лазеры на напряженных структурах с квантовыми ямами.
43. Лазеры на квантовых точках.
44. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках.
45. Модуляторы на квантовых ямах.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20 г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

«Оптоэлектронные микро- и наноструктуры»

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

Е.Н. Коровин

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой дисциплины «Оптоэлектронные микро- и наноструктуры»

№ п/п	Авторы/ составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченность
1. Основная литература				
Л1.1	Ермаков О. Н.	Мир электроники. Прикладная оптоэлектроника	2004, печат.	1,0
Л1.2	Игнатов А. Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника	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
Л1.4	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
Л2.3	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
Л2.4	Пантелеев В.И.	Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур	2000, учеб. пособ.	1
3. Методические разработки				
Л3.1	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

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Директор НТБ

Т.И. Буковшина

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