

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.ОД.1 Физика низкоразмерных структур в микро- и нанoeлектронике
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки: **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: **Кошелева Н.Н., 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.** _____
(Ф.И.О)

Воронеж 2017 г.

[illegible]

Сведения о ФГОС ВО, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» квалификация магистр. Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 октября 2014 г. № 1407

Программу составил: _____ к.т.н., Кошелева Н.Н.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки специалистов по направлению 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, магистерская программа " Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике "

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № ____ от _____ 2017 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью освоения дисциплины является формирование набора общекультурных и профессиональных компетенций будущего магистра по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» путем освоения теоретического материала и возможностей использования средств вычислительной техники и программного обеспечения для научных расчетов.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	– формирование у студентов физических представлений о низкоразмерных структурах и их свойствах;
1.2.2	– ознакомление с современными технологиями изготовления квантово-размерных структур;
1.2.3	– развитие представлений о применении устройств и приборов на основе квантово-размерных структур в микро- и нанoeлектронике.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.1	
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося			
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по физике, физике твердого тела, квантовой механики			
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее			
Б1.В.ОД.4	Моделирование физических процессов в микро- и нанoeлектронике		
Б1.Б.5	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники		

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПКВ-1	способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов проектирования твердотельных приборов и устройств
ПКВ-2	теоретическая и практическая готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства приборов и устройств микро- и нанoeлектроники
ПКВ-3	способность аргументировано идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере электроники и нанoeлектроники, проектирования, технологии изготовления и применения новых функциональных материалов и устройств
ПКВ-4	способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства микро- и нанoeлектроники, работающие на новых физических принципах

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	знать:
3.1.1	– физические основы и свойства низкоразмерных структур (ПКВ-3);
3.1.2	– возможности современных технологий изготовления квантово-размерных структур (ПКВ-2);
3.1.3	– области применения низкоразмерных структур в электронике (ПКВ-3);
3.2	уметь:
3.2.1	– моделировать наноструктуры с использованием отечественного и зарубежного опыта (ПКВ-4);
3.2.2	– видеть перспективу применения низкоразмерных структур в развитии различных направлений электроники (ПКВ-3);
3.3	владеть:
3.3.1	– современными физическими представлениями о свойствах низкоразмерных структур (ПКВ-3);
3.3.2	– современными информационными технологиями для оценки количественных и качественных показателей низкоразмерных структур и прогноза их характеристик (ПКВ-2).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудо- емкость в часах				
				Лекции	Практические за- нятия	Лабораторные. работы	СРС	Всего часов
1	Общие сведения об объектах нано-технологии и размерных эффектах	1	2		2	2	18	22
2	Углеродные и кремниевые нано-структуры	1	4		2	4	18	24
3	Методы исследования наноструктурированных материалов	1	6,8		4	8	18	30
4	Свойства нанокластеров и наночастиц	1	10,12		4		18	22
5	Самосборка и катализ	1	14		2		18	20
6	Методы формирования нанoeлектронных структур (нанотехнология)	1	16		2		9	11
7	Наноструктурированные материалы в электронике	1	18		2	4	9	15
Итого					18	18	108	144

4.1 Практика

Неделя семестра	Тема и содержание практики	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1 семестр		18	10
Общие сведения об объектах нанотехнологии и размерных эффектах		2	2
2	Наноструктурные материалы (кристаллы, кристаллиты, кластеры). Физические основы наноэлектроники (квантовое ограничение, баллистический транспорт носителей, туннелирование носителей заряда). Основные характеристики и принцип работы туннельного диода.	2	2
Углеродные и кремниевые наноструктуры		2	
4	Углеродные кластеры. Углеродные нанотрубки: методы получения, структура, свойства. Применение углеродных наноструктур в электронике.	2	
Методы исследования наноструктурированных материалов		4	4
6	Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Дифракционные методы исследования. Электронная спектроскопия для химического анализа (ЭСХА). Электронная оже-спектроскопия	2	2
8	Зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия.	2	2
Свойства нанокластеров и наночастиц		4	
10	Фотонные кристаллы. Фононный кристалл. Магнонный кристалл. Инфракрасные детекторы. Лазеры на квантовых точках.	2	
12	Основы одноэлектроники. Приборные структуры одноэлектроники. Одноэлектронные транзисторные структуры кремниевые, металлические структуры.	2	
Самосборка и катализ		2	2
14	Процесс самосборки. Полупроводниковые островковые структуры. Монослой. Природа катализа. Площадь поверхности наночастиц. Пористые материалы. Коллоиды.	2	2
Методы формирования наноэлектронных структур (нанотехнология)		2	2
16	Традиционные методы осаждения пленок. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Атомная инженерия. Локальное окисление металлов и полупроводников. Нанолитография. Электронно-лучевая литография. Нанопечать	2	2
Наноструктурированные материалы в электронике		2	
18	Микроэлектромеханические системы. Наноэлектромеханические системы. Молекулярные и супрамолекулярные триггеры. Нанокапсулы. Наножидкостные устройства. Сенсоры на основе наноматериалов.	2	
Итого часов		18	10

4.2 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1 семестр		18		
Общие сведения об объектах нанотехнологии и размерных эффектах				
2	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Физика и техническое применение наноструктур (исследование вольт-амперной характеристики туннельного диода).	2		тест
Углеродные и кремниевые наноструктуры				
4	Физика и техническое применение наноструктур (изучение структурных свойств углеродных нанотрубок)	4		тест
Методы исследования наноструктурированных материалов				
6	Методы исследования наноструктурированных материалов. Электронная микроскопия.	4		
8	Методы исследования наноструктурированных материалов. Зондовая микроскопия.	4		
Наноструктурированные материалы в электронике				
9	Наноструктурированные материалы в электронике. Сенсоры на основе наноматериалов.	4		
Итого часов		18		

4.3 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1 семестр		Экзамен	36
2	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к выполнению теста	тест	12
4	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	12
6	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	12
8	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	12
10	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		12
12	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		12
14	Работа с конспектом лекций, с учебником подготовка курсовой работы		12
16	Работа с конспектом лекций, с учебником подготовка курсовой работы		12
18	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к экзамену, защита курсовой работы	экзамен	12

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Информационные лекции;
5.2	Практические занятия: а) работа в команде - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий; б) проведение контрольных работ;
5.3	лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком, – защита выполненных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка реферата, отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету и экзамену; – подготовка курсовой работы
5.5	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: – контрольные работы; – 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 тестов, примерные темы курсовых работ, вопросы к экзамену.
6.2	Темы письменных работ
1 семестр	
6.2.1	Контрольная работа по теме «Свойства нанокластеров и наночастиц»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Самосборка и катализ»
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Тест по темам: Общие сведения об объектах нанотехнологии и размерных эффектах Углеродные и кремниевые наноструктуры

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

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид изда- ния	Обеспече- ность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Рембеза С.И.	Физические свойства низкоразмерных структур / С. И. Рембеза, Е. С. Рембеза, Н. Н. Кошелева. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 139 с. - 138-52; 250 экз.	2011 печат.	1
7.1.1.2	Марголин В.И.	Введение в нанотехнологию : Учебник / В. И. Марголин [и др.]. - СПб. : Лань, 2012. - 464 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1318-8 : 1685-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2012 печат.	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.3	Мошников В.А.	Золь-гель технология микро- и нанокompозитов : Учеб. пособие / В. А. Мошников, Ю. М. Таиров ; под ред. Шиловой. - СПб. : Лань, 2013. - 304 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1417-8 : 925-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника. — СПб. : "Лань", 2011.— 528 с.	2011	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.5	Лозовский В.Н.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. — СПб. : Лань, 2008.— 328 с.	2008	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.6	Смирнов Ю.А.	Основы нано- и функциональной электроники / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — СПб. : Лань, 2013.— 311 с.	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>

7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Харрис П.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2003. – 366 с.	2003	0,5
7.1.2.4	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Ниж. Нов. 2004. -114 с.	2004	0,5
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: http://vorstu.ru/kafedrry/ftf/kaf/frp/uchpl/			
7.1.4.2	Компьютерные практические работы: Исследование вольт-амперной характеристики с использованием учебного стенда по электронике LESO3. Измерительное оборудование выполнено в виде приставки к компьютеру, на экране которого отображаются результаты измерения.			
7.1.4.3	Мультимедийные видеофрагменты: Конструкция и описание сканирующего зондового микроскопа, Углерод и его аллотропные модификации			
7.1.4.4	Мультимедийные лекционные демонстрации:			
	– Физические основы наноэлектроники – Углеродные нанотрубки – Зондовая микроскопия – Электронная микроскопия			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
Дисциплины «Физика низкоразмерных структур в микро- и
наноэлектронике»

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид изда- ния	Обеспечен- ность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Рембеза С.И.	Физические свойства низкоразмерных структур / С. И. Рембеза, Е. С. Рембеза, Н. Н. Кошелева. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 139 с. - 138-52; 250 экз.	2011 печат.	1
7.1.1.2	Марголин В.И.	Введение в нанотехнологию : Учебник / В. И. Марголин [и др.]. - СПб. : Лань, 2012. - 464 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1318-8 : 1685-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2012 печат.	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.3	Мошников В.А.	Золь-гель технология микро- и наноком- позитов : Учеб. пособие / В. А. Мошников, Ю. М. Таиров ; под ред. Шиловой. - СПб. : Лань, 2013. - 304 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1417-8 : 925-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биоме- дицинской техники и автоматизации в ка- честве учеб. пособия для студентов вузов	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника. — СПб. : "Лань", 2011.— 528 с.	2011	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.5	Лозовский В.Н.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Ло- зовский. — СПб. : Лань, 2008.— 328 с.	2008	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.6	Смирнов Ю.А.	Основы нано- и функциональной электроники / Ю.А. Смирнов, С.В. Соко- лов, Е.В. Титов. — СПб. : Лань, 2013.— 311 с.	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>

7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Харрис П.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2003. – 366 с.	2003	0,5
7.1.2.4	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Ниж. Нов. 2004. -114 с.	2004	0,5

Зав. кафедрой _____ / _____ /

Директор НТБ _____ / _____ /