

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 факульте-
та радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Нанoeлектроника

(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: **Кошелева Н.Н., 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 факульте-
та радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Нанoeлектроника (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование)

Профиль: Микroeлектроника и твердотельная электроника
(название профиля по УП)

Часов по УП: 144; Часов по РПД: 144;

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

Часов на самостоятельную работу по УП: 36 (33 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36 (33 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 7;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 7; Зачеты - 0; Зачеты с оценкой – 0; Кур-
совые 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													36	36			36	36
Лабораторные													36	36			36	36
Практические													-	-			-	-
Ауд. занятия													72	72			72	72
Сам. работа													36	36			36	36
Итого													108	108			108	108

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника». Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218

Программу составил: _____ к.т.н., Кошелева Н.Н.
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	Целью дисциплины является формирование системы знаний по физико-химическим особенностям вещества в наноформе, его получении, обработке и применении в электронике (наноэлектронике); по методам формирования квантово-размерных структур, выборе методик контроля их параметров и принципах построения квантовоэлектронных приборов на их основе; по современным тенденциям развития электроники, приборам, схемам, устройствам и установкам электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	Задачами курса служат расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения законов физики низкоразмерных полупроводниковых структур для последующего использования их при создании приборов наноэлектроники, твердотельной электроники и в технологии микро- и наноэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1.Б.17		код дисциплины в УП: Б1.Б.17
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Б1.Б.6	Физика	
Б1.Б.15	Физика конденсированного состояния	
Б1.В.ДВ.3.1	Квантовая механика и статистическая физика в микроэлектронике	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее		
Б1.В.ОД.12	Функциональная электроника	
Б1.В.ОД.19	Проектирование БИС	

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-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, нанотехнологий, квантоворазмерных структур, сложных (бинарных, третичных и т.д.) полупроводниковых монокристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок, магнитных мультислоёв, нитевидных нанокристаллов (полупроводниковых нановискеров), транзисторов с высокой подвижностью электронов (Higt Electron Mobility Tranzistor, HEMT), микро- и нано- электромеханических си-

	стем (MEMS и NEMS Micro(Nano)-Electro-Mechanical Systems) (ОПК-1);
3.1.2	основные положения макро- микро- и нанотрибологии, применительно к использованию атомно-силовой микроскопии в нанотехнологии при формировании низкоразмерных полупроводниковых структур; законы Амонтона-Кулона; модели Баудена-Табора и DMT (Derjagin, Miller, Toropov) (ОПК-1);
3.1.3	методы молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлоорганических соединений (металлоорганическая газофазная эпитаксия) и жидкостной эпитаксии – как технологические подходы получения гетероструктур; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике (островковый, послойный и промежуточный); стадии ростового процесса; определение вицинальной (разориентированной) поверхности; признаки и причины фасетирования растущей полупроводниковой пленки; основные выводы теории Андреева и Марченко (теории спонтанного образования периодически фасетированных поверхностей); метод огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах (ОПК-1);
3.1.4	модели псевдоморфного и метаморфного роста гетероструктур в нанoeлектронике; нанoeлектронные приборы на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; закон Вегарда (для описания непрерывного ряда твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки); изменения в электронной (зонной) структуре механически напряженного монокристалла по сравнению с ненапряженным полупроводниковым материалом; механизмы релаксации напряжения в псевдоморфных полупроводниковых структурах; механизмы «замораживания» дислокаций (ОПК-1);
3.1.5	типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); модели «мелкой» и «глубокой» (широкой) квантовых ям; квантование зонного электронного спектра; возможные пути применения сверхрешеток (ОПК-1);
3.1.6	квантовый целочисленный и дробный эффекты Холла; магнитные сверхрешетки и гигантский магниторезистивный эффект; основные положения теории «фазонов» и самоорганизации структур нанoeлектроники (ОПК-1);
3.2	Уметь:
3.2.1	применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ОПК-5);
3.2.2	применять положения макро- микро- и нанотрибологии при описании свойств и характеристик низкоразмерных полупроводниковых структур; применять законы Амонтона-Кулона, модели Баудена-Табора и DMT (Derjagin, Miller, Toropov) при моделировании приборов нанoeлектроники (ОПК-5);
3.2.3	описывать механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике и стадии их ростового процесса, интерпретировать причины фасетирования растущей полупроводниковой пленки, применять на практике основные выводы теории Андреева и Марченко и метода огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах (ОПК-5);
3.2.4	применять модели псевдоморфного и метаморфного роста гетероструктур для описания свойств и характеристик изделий нанoeлектроники; описывать свойства нанoeлектронных приборов на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; применять закон Вегарда для описания непрерывного ряда твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки, трактовать и описывать изменения в электронной (зонной) структуре механически напряженного монокристалла с использованием гидродинамических аналогий (гид-

	ростатический и сдвиговой вклады), применять механизмы релаксации напряжения в псевдоморфных полупроводниковых структурах и механизмы «замораживания» дислокаций с целью описания свойств наноустройств на их основе (ОПК-5);
3.2.5	классифицировать типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом), применять модели «мелкой» и «глубокой» (широкой) квантовых ям, учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов нанoeлектроники (ОПК-5);
3.2.6	разбираться в квантовом целочисленном и дробном эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; трактовать основные положения теории «фазонов» применительно к самоорганизации структур нанoeлектроники; выполнять квантование зонного электронного спектра; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках (ОПК-5);
3.3	Владеть:
3.3.1	методами расчета нанoeлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники (ОПК-7);
3.3.2	первичными навыками работы на установках молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлоорганических соединений (металлоорганическая газофазная эпитаксия) и жидкостной; методом огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах (ОПК-5);
3.3.3	первичными навыками получения псевдоморфных и метаморфных гетероструктур, нанoeлектронных приборов на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; навыками подбора третичных и более сложных твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки; навыками расчета электронной (зонной) структуры механически напряженного монокристалла (ОПК-5);
3.3.4	терминологий квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур нанoeлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках, величин контактной разности потенциалов между зародышем новой фазы (фазоном) и средой окружения или, соответственно, размера (диаметра) фазона, исходя из величины контактной разности потенциалов зародыша новой фазы и среды окружения, демонстрируя принцип самоорганизации структур нанoeлектроники (ОПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Общие сведения об объектах нанотехнологии и размерных эффектах	7	1,2	4	-	-	4	8
2	Углеродные и кремниевые наноструктуры	7	3	2	-	8	2	12
3	Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур	7	4-7	8	-	-	2	10
4	Методы исследования наноструктурированных материалов	7	8,9	4	-	8	4	16
5	Квантоворазмерные структуры и их приборное применение	7	10-14	10	-	-	2	12
6	Самосборка и катализ	7	15	2	-	-	6	8
7	Методы формирования нанoeлектронных структур (нанотехнология)	7	16,17	4	-	-	8	12
8	Наноструктурированные материалы в электронике	7	18	2	-	20	8	30
Итого				36	-	36	36	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание практики	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
7 семестр		36	
Общие сведения об объектах нанотехнологии и размерных эффектах		4	
1-2	Наноструктурные материалы (кристаллы, кристаллиты, кластеры). Физические основы нанoeлектроники (квантовое ограничение, баллистический транспорт носителей, туннелирование носителей заряда). Основные характеристики и принцип работы туннельного диода. Определения мезоскопических структур, систем пониженной размерности, наночастиц, нанотехнологий, квантоворазмерных структур, сложных (бинарных, третичных и т.д.) полупроводниковых монокристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок, магнитных мультислоев, нитевидных нанокристаллов (полупроводниковых нановискеров), транзисторов с высокой подвижностью электронов (Higt Electron Mobility Tranzistor, HEMT), микро- и	4	

	нано- электромеханических систем (MEMS и NEMS Micro(Nano)-Electro-Mechanical Systems); специфика взаимодействия на микро- и наноуровнях; грануляция вещества при конденсации на подложках; основные положения макро- микро- и нанотрибологии; законы Амонтона-Кулона; модели Баудена-Табора и DMT (Derjagin, Miller, Toropov).		
Углеродные и кремниевые наноструктуры		2	
3	Углеродные кластеры. Углеродные нанотрубки: методы получения, структура, свойства. Применение углеродных наноструктур в электронике.	2	
Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур		8	
4-5	Методы молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлоорганических соединений (металлоорганическая газо-фазная эпитаксия) и жидкостной эпитаксии – как технологические подходы получения гетероструктур; две концептуальные парадигмы получения наноустройств – «сверху-вниз» и «снизу-вверх» (по работам Р. Феймана и Э. Дрекслера), механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике (островковый, послойный и промежуточный); стадии ростового процесса; фасетирование растущей полупроводниковой пленки; основные выводы теории Андреева и Марченко (теории спонтанного образования периодически фасетированных поверхностей); учет поверхностной энергии при формировании устройств нанoeлектроники; метод огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах; модели псевдоморфных и метаморфных гетероструктур и наноустройства на их основе;	4	
6-7	нанoeлектронные приборы на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; закон Вегарда (для описания непрерывного ряда твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки); изменения в электронной (зонной) структуре механически напряженного монокристалла по сравнению с ненапряженным полупроводниковым материалом; механизмы релаксации напряжения в псевдоморфных полупроводниковых структурах; механизмы «замораживания» дислокаций; проявление волновых свойств в кинетических явлениях мезоскопических структур; квантование зонного электронного спектра; резонансное туннелирование и туннельно-резонансные диоды.	4	
Методы исследования наноструктурированных материалов		4	
8	Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Дифракционные методы исследования. Электронная спектроскопия для химического анализа (ЭСХА). Электронная оже-спектроскопия	2	
9	Зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия.	2	
Квантоворазмерные структуры и их приборное применение		10	
10	Фотонные кристаллы. Фононный кристалл. Магнонный кристалл. Инфракрасные детекторы. Лазеры на квантовых точ-	2	

	ках.		
11	Основы одноэлектроники. Приборные структуры одноэлектроники. Одноэлектронные транзисторные структуры кремниевые, металлические структуры.	2	
12,13	Определения, физические свойства и применение квантовых точек, ям, проволок, полупроводниковых сверхрешеток и их комбинаций, структур с двумерным электронным газом, магнитных сверхрешеток; модели «мелкой» и «глубокой» (широкой) квантовых ям; квантование зонного электронного спектра; сверхрешетки и блоховские осцилляции;	2	
14	квантовый целочисленный и дробный эффекты Холла (дробные заряды и промежуточная статистика) в двумерном электронном газ; использование гигантского магниторезистивного эффекта для конструирования приборов нового поколения; основные положения теории «фазонов» и самоорганизации структур нанoeлектроники; возможности самосборки элементов устройств низкоразмерных полупроводниковых приборов.	4	
Самосборка и катализ		2	
15	Процесс самосборки. Полупроводниковые островковые структуры. Монослои. Природа катализа. Площадь поверхности наночастиц. Пористые материалы. Коллоиды.	2	
Методы формирования нанoeлектронных структур (нанотехнология)		4	
16, 17	Традиционные методы осаждения пленок. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Атомная инженерия. Локальное окисление металлов и полупроводников. Нанолитография. Электронно-лучевая литография. Нанопечать	4	
Наноструктурированные материалы в электронике		2	
18	Микроэлектромеханические системы. Нанoeлектромеханические системы. Молекулярные и супрамолекулярные триггеры. Нанокapsулы. Наножидкостные устройства. Сенсоры на основе наноматериалов.	2	
Итого часов		36	

4.2 Практические занятия не предусмотрены учебным планом

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
6 семестр		36		
Углеродные и кремниевые наноструктуры		8		
2	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Физика и техническое применение наноструктур (исследование вольт-амперной характеристики туннельного диода).	4		Отчет

4	Физика и техническое применение наноструктур (изучение структурных свойств углеродных нанотрубок)	4		Отчет, тест
Методы исследования наноструктурированных материалов		8		
6	Методы исследования наноструктурированных материалов. Электронная микроскопия.	4		Отчет
8	Методы исследования наноструктурированных материалов. Зондовая микроскопия.	4		Отчет
Наноструктурированные материалы в электронике		20		
10	Наноструктурированные материалы в электронике. Сенсоры на основе наноматериалов.	4		Отчет
12	Методика оценки предельных характеристик одноэлектронных транзисторов	4		Отчет
14	Двумерная численная модель металлического одноэлектронного транзистора	4		Отчет
16	Исследование одноэлектронных транзисторов на различных материалах	4		Отчет
18	Программа моделирования структур на основе эффекта одноэлектронного туннелирования SET-NANODEV	4		Отчет
Итого часов		36		

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
7 семестр		Экзамен	36
1	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к выполнению теста		2
2	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к выполнению теста	тест	2
3	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
4	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	2
5	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
6	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	2
7	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
8	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	2
9	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
10	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		2
11	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
12	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		2
13	Работа с конспектом лекций, с учебником		2

14	Работа с конспектом лекций, с учебником подготовка курсовой работы		2
15	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
16	Работа с конспектом лекций, с учебником подготовка курсовой работы		2
17	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
18	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к экзамену, защита курсовой работы	экзамен	2

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, вопросы к экзамену.
6.2	Темы письменных работ
7 семестр	
6.2.1	Контрольная работа по теме «Углеродные нанотрубки»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Атомно-силовая микроскопия»
3.2.3	Контрольная работа по теме «Физические основы нанoeлектроники»
6.3	Другие виды контроля

6.3.1	Тесты по темам: «Физические основы нанoeлектроники» «Углеродные нанотрубки»
-------	---

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.	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.	
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 наноконструкций : 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 нанoeлектроника. — 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.		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	
7.1.2.2	Щука А.А.	Нанoeлектроника: учебное пособие / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 342 с.	2012	
7.1.2.3	Борисенко В.Е.	Нанoeлектроника : учебное пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - 2-е изд. (эл.).-М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.- 223 с.	2012	
7.1.2.4	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Ниж. Нов. 2004. -114 с.	2004	
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1				
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	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.			
7.1.4.2	Мультимедийные видеофрагменты: Конструкция и описание сканирующего зондового микроскопа, Углерод и его аллотропные модификации			
7.1.4.3	Мультимедийные лекционные демонстрации:			
7.1.4.4	– 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

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой по дисциплине «Нанoeлектроника»

1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы из- дания. Вид издания	Обеспечен- ность
1.1. Основная литература				
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.	0,5
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</i>
1.1.3	Мошников В.А.	Золь-гель технология микро- и нанокомпози- тов : 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</i>
1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и нанoeлектроника. — Спб. : "Лань", 2011.— 528 с.	2011	1,0 <i>Сайт Лань</i>
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>
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</i>
1.2. Дополнительная литература				
1.2.1	Харрис П.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2003. – 366 с.	2003	0,1
1.2.2	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Ниж. Нов. 2004. -114 с.	2004	0,1

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

_____ Небольсин В.А.
(подпись)
_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Нанoeлектроника

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