

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета
 В.А. Небольсин
 «30»августа2017г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Физические основы микро- и нанoeлектроники
 (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: «Радиоэлектронные устройства и системы»

Направление подготовки (специальности): 11.03.01 «Радиотехника»

Профиль: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»

Часов по УП: 180; **Часов по РПД:** 180;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 144; **Часов по РПД:** 144;

Часов на самостоятельную работу по УП: 108 (60 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 108 (60 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 5;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены – 4 семестр; Зачеты - 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 /		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 /		6 / 18		7 / 18		8 / 18		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции							18	18									18	18
Лабораторные							18	18									18	18
Практические							-	-									-	-
Ауд. занятия							36	36									36	36
Сам. работа							108	108									108	108
Итого							180	180									180	180

Воронеж 2017

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.01 «Радиотехника» Утверждён приказом министерства образования Российской Федерации от 6 марта 2015 г. №179

Программу составили:  д.ф.-м.н., Балашов Ю.С.
 к.ф.-м.н., Бадаев А.С.

Рецензент:  р.т.н., Токарев А.Б.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.01 «Радиотехника», специализация «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов».

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Радиоэлектронные устройства и системы»

протокол № 1 от 29.08 2017 г.

Зав. кафедрой РЭУС  Ю.С. Балашов

Согласовано:
Зав. выпускающей кафедрой
«Радиотехника»



Б.В. Матвеев

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – формирование у студентов достаточно глубоких знаний о фундаментальных физических процессах и явлениях, лежащих в основе проектирования, производства и эксплуатации радиоэлектронных устройств и систем, а также о ряде технологических процессов, связанных с производством микро- и нанoeлектронных приборов.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение студентами основных физических процессов, эффектов и явлений, составляющих фундамент проектирования, конструирования, производства и эксплуатации радиоэлектронных устройств и систем;
1.2.2	умение использовать полученные знания при разработке, производстве и эксплуатации микроэлектронных приборов, оптимизации, моделирования и автоматизации конструкторского и технологического проектирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.8
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по дисциплинам: математика, физика, химия, электроника, радиоматериалы и радиокомпоненты.		
Коды компетенций, осваивавшихся в предшествующих дисциплинах и необходимых для освоения данной дисциплины		
Б1.Б.5	Математика	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2, ПК-3, ПК-5
Б1.Б.6	Физика	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-6
Б1.Б.7	Химия	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
Б1.Б.15	Электроника	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7
Б1.Б.14	Радиоматериалы и радиокомпоненты	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее		
Б1.В.ОД.17	Оптические устройства в радиотехнике	
Б2.П.1	Практики. НИР	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико – математический аппарат.
--------------	--

<p>Знает: - физико-технологические проблемы субмикро-электронных приборов; - проблемы перехода от микро – к нанoeлектронике;</p> <p>Умеет: - использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач; - оптимизировать, моделировать и автоматизировать конструкторское и технологическое проектирование, обеспечивая прогресс микро- и нанoeлектронной техники.</p> <p>Владеет: - современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации; - современными аппаратно-программными средствами автоматизации разработки конструкций и технологий производства</p>	
ПВК-20	Способностью учитывать современные тенденции развития физико-химических исследований для развития микроэлектроники
<p>Знать: основные тенденции физико-химических исследований в области микроэлектроники</p> <p>Уметь: использовать современные методы исследований в области микроэлектроники</p> <p>Владеть: современными аппаратно-программными методами для решения задач развития микроэлектроники</p>	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	строение, организацию и свойства микро- и нанoeлектронных структур;
3.1.2	основные законы физики твердого тела;
3.1.3	основы зонной теории твердого тела;
3.1.4	основные физические процессы, связанные с формированием свободных носителей заряда в полупроводниках;
3.1.5	основные физические процессы, связанные с переносом заряд через p-n переход и через контакт металл-полупроводник;
3.1.6	основы фотоэлектрических явлений и сверхпроводимости;
3.1.7	основы квантовой и фрактальной физики; физические основы функционирования микроэлектронных приборов
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать основные физические явления и процессы при разработке, производстве эксплуатации радиоэлектронных устройств и систем;
3.2.2	использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач;
3.2.3	применять методы и средства измерения физических величин;
3.2.4	оптимизировать, моделировать и автоматизировать конструкторское и технологическое проектирование, обеспечивая прогресс микро- и нанoeлектронной техники.
3.3	Владеть:
3.3.1	современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;
3.3.2	современными аппаратно-программными средствами автоматизации разработки конструкций и технологий производства
3.3.3	методами экспериментального исследования материалов, конструкций и технологических процессов изготовления электронных средств;
3.3.4	методикой оценки технологичности конструкций изделий;
3.3.5	методами контроля качества изделий.

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	Введение	4	23	1		2	8	11
2	Элементы квантовой физики	4	24	1		2	10	13
3	Строение микро- и нанoeлектронных структур	4	25-26	2		2	10	14
4	Основы фрактальной физики и геометрии	4	27-28	2		2	10	14
5	Физические свойства твердых тел	4	29-32	4		2	10	16
6	Основы физики полупроводников	4	33-34	2		2	15	19
7	Переход от микро- к нанoeлектронике	4	35-36	2		2	15	19
8	Физические основы функционирования устройств микро- и нанoeлектроники	4	37-39	3		2	15	20
9	Элементы оптоэлектроники. Перспективные направления микро- и нанoeлектроники	4	40	1		2	15	18
Итого				18		18	108	144

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
4 семестр		18	8
Введение		1	
23	Предмет и задачи дисциплины. Роль физики твердого тела в развитии микроэлектроники. Физические пределы совершенствования полупроводниковой микроэлектроники. Перспективы применения сверхпроводящих материалов и оптических систем. Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике. Основные понятия, определения и положения микро- и нанoeлектроники	1	
Элементы квантовой физики		1	0,5
24	Связь электроники и квантовой физики. Этапы развития электроники. Основные представления квантовой механики. Квантовая модель атома. Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Микрочастица в прямоугольном потенциальной яме. Туннельный эффект. Энергетический спектр кристалла. Волновой дуализм де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Принцип запрета Паули. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Волновые функции свободных	1	0,5

	частиц. Квантовые энергии. Частица в потенциальном ящике. Квантовое состояние и вырождение.		
Строение микро- и нанoeлектронных структур		2	1,0
25	Пространственное расположение частиц при формировании микроэлектронной структуры. Виды химической связи между атомами. Равновесное состояние системы атомов. Основные свойства материалов, определяемые особенностями химических связей. Кристаллические решетки, типы симметрии и виды решетки, индексы Миллера. Дефекты структуры. Термодинамика точечных дефектов. Влияние дефектов на механические, электрические, оптические и магнитные свойства. Особенности структуры сплавов, ионных соединений, тонких и толстых пленок. Строение полупроводниковых кристаллов.	1	0,5
26	Структурное стеклование аморфных веществ. Структурная стабилизация стеклообразных материалов, ее связь с временной стабильностью параметров элементов РЭС. Особенности структуры аморфного состояния металлов, элементарных полупроводников, халькогенидов. Структура полимеров. Линейные и пространственные полимеры. Физические состояния полимеров в зависимости от температуры. Кристалличность полимеров. ДНК – как материал нанoeлектроники. Нанотрубки. Фуллерены, фуллериты, фуллериды.	1	0,5
Основы фрактальной физики и геометрии		2	0,5
27	Понятие фрактала. Аффинная геометрия. Математические фракталы. Фрактальная размерность. Некоторые реальные фракталы. Перколяция. Понятие фрактального кластера. Свойства фрактальных кластеров. Понятие вязких пальцев.	1	
28	Фрактальный подход в микро- и нанoeлектронике. Фрактальный анализ процесса кристаллизации. Механизм кластер-кластерной агрегатизации. Фрактальная эволюция поликристаллической структуры. Фрактальные структуры. Фрактоны и их свойства. Концепция мультифрактала.	1	0,5
Физические свойства твердых тел		4	2,0
29	Тепловые и механические свойства твердых тел. Деформация и напряжение в твердых телах. Упругая и пластическая деформация кристаллов. Дислокационный механизм пластической деформации кристаллов. Механизмы и кинетика процессов механического разрушения твердых тел. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Усталость. Нормальные колебания решетки и теплоемкость кристаллов, ее зависимость от температуры. Характеристическая температура кристалла. Связь теплового расширения с теплоемкостью и упругими характеристиками кристалла, параметр Грюнайзена; влияние структурных особенностей на тепловое расширение тел. Физические процессы создания материалов с малым КТР. Учет термоупругих напряжений при конструировании микроэлектронных устройств.	1	0,5

30	<p>Основы зонной теории твердых тел. Энергетические уровни электрона в изолированном атоме. Зонный характер энергетического спектра электронов в кристалле. Проводник, изолятор и полупроводник в свете зонной теории. Динамика электрона в идеальной кристаллической решетке. Энергия Ферми. Эффективная масса электрона. Электропроводность металлов. Классическая теория электропроводности, ее недостатки. Механизмы рассеяния носителей заряда. Квантовый подход к рассеянию носителей заряда; электрон-фононное рассеяние, рассеяние на ионизированных атомах примеси. Температурная зависимость удельной электропроводности металлов.</p>	1	0,5
31	<p>Диэлектрики. Однородные диэлектрики в постоянном и переменном электрических полях. Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери. Зависимость диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь от температуры и частоты приложенного поля. Механизмы поляризации кристаллов с низкой симметрией при механической деформации.</p>	1	0,5
32	<p>Магнитные свойства твердых тел. Ферро- и антиферромагнетизм. Термодинамические аспекты образования магнитных доменов. Механизмы намагничивания магнетиков в постоянном и переменном полях. Механизмы рассеяния энергии в ферромагнетиках при их перемагничивании. Магнитострикционный эффект и устройства на его основе. Особенности доменной структуры тонких пленок. Ферриты.</p> <p>Ферромагнетизм как эффект сосуществования нескольких магнитных подсистем. Обменные взаимодействия в подсистемах ферромагнетиков и их зависимость от координационного состояния катионов. Распространение электромагнитной волны в ферромагнетиках, поляризация электромагнитной волны, эффект Фарадея. Эффект магнитной памяти.</p>	1	0,5
Основы физики полупроводников		2	1,0
33	<p>Трактовка запрещенной зоны энергии. Примесные атомы; примесная проводимость с точки зрения зонной теории. Оценка энергии активации примеси. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в собственном и примесном полупроводнике. Концентрация электронов и дырок в зонах. Невырожденные полупроводники. Собственные полупроводники; условие электронейтральности; положение уровня Ферми; равновесная концентрация носителей заряда.</p> <p>Примесные полупроводники; равновесная концентрация носителей заряда в области истощения примесных атомов; положение уровня Ферми. Равновесная концентрация носителей при низких температурах; положение уровня Ферми. Случай сильного вырождения.</p>	1	0,5
34	<p>Различные типы процессов рекомбинации. Прямая рекомбинация зона - зона; время жизни носителей. Рекомбинация через примеси и дефекты. Стационарные</p>	1	0,5

	<p>состояния; большой уровень возбуждения; малый уровень возбуждения; время жизни. Поверхностная рекомбинация.</p> <p>Контакт металл - полупроводник в равновесном и неравновесном состоянии, барьер Шоттки.</p> <p>P-n переход. Контактная разность потенциалов; энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Резкий и плавный P-n переходы. Распределение потенциалов и напряженности электрического поля в резком p-n переходе. Толщина обедненного слоя; ее зависимость от прямого и обратного смещения.</p> <p>Вольт-амперная характеристика p-n перехода. Формула Шокли. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. Отклонения от формулы Шокли. Зарядная и диффузионная емкости p-n перехода. Пробой p-n перехода, его механизмы (плавный, туннельный, тепловой).</p>		
Переход от микро- к нанoeлектронике		2	1,0
35	<p>Кванторазмерные эффекты. Простейшие виды кванторазмерных объектов. Квантовая яма. Квантовая нить. Квантовая точка. Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в низкоразмерных областях. Важнейшие квантовомеханические характеристики тел. Энергетический спектр 3D-электронного газа. Энергетический спектр 2D-электронного газа. Электронный газ в квантовой нити (1D-газ). Электронный газ в квантовой точке (0D-газ). 2D-электронный газ в магнитном поле. Резонансный туннельный эффект. Полупроводниковые сверхрешетки.</p>	1	0,5
36	<p>Одноэлектроника. Кулоновская блокада туннелирования. Спинотроника. Гигантское магнитосопротивление. Туннельное магнитосопротивление. Макромолекулярная электроника. Молекулярная электроника (молетроника).</p>	1	0,5
Физические основы функционирования устройств микро- и нанoeлектроники		3	1,5
37	<p>Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Варикапы.</p> <p>Биполярный транзистор. Структура и энергетическая диаграмма. Инжекция носителей. Активный режим, режимы насыщения и отсечки. Схемы включения с общей базой, общим эмиттером и коллектором. Коэффициент усиления по току. Эффективность эмиттера и коллектора, коэффициент переноса неосновных носителей заряда через базу. Модель Эберса-Молла. Эффект Эрли. Вольт-амперные характеристики при включении по схеме с общей базой и общим эмиттером. Переходные процессы в биполярном транзисторе. Частота отсечки.</p>	1	0,5
38	<p>Полевые транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом. Вольт-амперные характеристики этих приборов. Ток насыщения, крутизна характеристики. МДП (МОП) транзисторы. Идеальная МДП структура. Эффект поля. МДП транзисторы со встроенным и индуцированным каналом. Режимы обеднения, обогащения и инверсии. Вольт-</p>	1	0,5

	амперная характеристика МДП транзистора. Приближенная модель и ее уточнение; роль поверхностных состояний. Разновидности МОП транзисторов. Переходные процессы в полевых транзисторах. Эквивалентная схема МОП транзистора		
39	Резонансно-туннельный диод. Устройства на основе сверхрешеток. Металлический одноэлектронный транзистор. Спиновый полевой транзистор. Элементы памяти на магнитных моментах ядер. КНИ-транзисторы. Транзисторы с двойным затвором. Гетеротранзисторы. Нанотранзистор на основе углеродных нанотрубок. Молекулы–диоды. Молекулы-транзисторы	1	0,5
Элементы оптоэлектроники. Перспективные направления микро- и наноэлектроники		1	0,5
40	Фотоэффект и электролюминесценция. Фоторезисторы. Фотодиоды и фототранзисторы. Светодиоды. Оптроны. ИМС с использованием оптоэлектронных элементов. Лазеры. Лазерные наноструктуры. Фотоприемники на квантовых точках.	1	0,5
Итого часов		18	8

4.2 Практические занятия – не предусмотрены

4.3 Лабораторный практикум

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
4 семестр		18	8	
Строение микро- и наноэлектронных структур		2	1	
24	Анализ структуры твердых тел	2	1	отчет
Физические свойства твердых тел		2	2	
26	Исследование теплового расширения твердых тел	0,5	0,5	отчет
28	Исследование пьезоэффекта и распространения звуковых волн в твердых телах	0,5	0,5	отчет
30	Исследование электропроводности металлов и полупроводников	0,5	0,5	отчет
32	Размерные эффекты в тонких пленках	0,5	0,5	отчет
Основы физики полупроводников		2	1	
34	Эффект Пельтье и термоэлектрические охлаждающие модули	2	1	отчет
Переход от микро- к наноэлектронике		2	1	
36	Физические основы получения и свойства наноразмерных пленок	2	1	отчет
Физические основы функционирования устройств микро- и наноэлектроники		2	1	
38	Студенты выполняют одну из работ в соответствии с индивидуальным графиком: Исследование физических процессов в биполярном транзисторе;	2	1	отчет

	Исследование физических процессов в МДП транзисторе			
Элементы оптоэлектроники		2	1	
40	Исследование фотовольтаического эффекта (с помощью солнечной батареи) Изучение характеристик фоторезистора и фотодиода	2	1	отчет
Итого часов		18	7	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
4 семестр		Экзамен	108
23	Изучение материала раздела № 1	проверка конспекта	4
24	Изучение материала раздела № 2. Основные положения квантовой механики. Макромир, микромир, наномир, мир элементарных частиц. Основные понятия квантовой механики. Квазичастицы. Фононы, Магноны. Экситоны. Поляроны.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
25	Изучение материала раздела № 3. Кристаллографические системы координат. Радиационные дефекты. Источники дислокаций. Движение дислокаций. Анализ структуры тонких пленок.	проверка конспекта	4
26	Изучение материала раздела № 3. Особенности структуры аморфного состояния твердого тела. Жидкие кристаллы. Классификация и структура жидких кристаллов. Перспективы применения фуллеренов и нанотрубок. Проблема атомных радиусов.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
27	Изучение материала раздела № 4. Реальные фрактальные структуры. Модельные механизмы формирования фракталов. Методы определения фрактальной размерности реальных фракталов. Физические методы измерения фрактальной размерности. Методы получения фрактальных структур в микро- и нанотехнологии.	проверка конспекта	4
28	Изучение материала раздела № 4.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
29	Изучение материала раздела № 5. Закон Гука для изотропных и анизотропных	проверка конспекта	4

	твердых тел. Колебания атомов трехмерной решетки. Теплопроводность твердых тел. Решеточная и электронная составляющие теплопроводности. Материалы с низкими и высокими коэффициентами теплопроводности.		
30	Изучение материала раздела № 5. Электропроводность сплавов. Правило Маттисена. Правило Курнакова-Нордгейма. Высокотемпературная сверхпроводимость.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
31	Изучение материала раздела № 5. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Электрическая прочность. Пьезоэлектрический эффект. Сегнетоэлектрики. Применение.	проверка конспекта	4
32	Изучение материала раздела № 5. Ферромагнитные домены и магнитный резонанс. Тонкие магнитные пленки. Наноструктурированные магнитные материалы. Нанокристаллы ферромагнитные жидкости.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
33	Изучение материала раздела № 6. Диффузионная и дрейфовая составляющие тока. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности с учетом дрейфового тока, генерации и рекомбинации носителей заряда. Релаксация фотоиндуцированных носителей. Инжекция носителей через поверхность образцов.	проверка конспекта	4
34	Изучение материала раздела № 6. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Электрические свойства кремния, германия, арсенида галлия. Зонная структура, подвижность носителей, их эффективная масса. Равновесные и неравновесные носители заряда. Понятие о квазиуровнях Ферми. Скорость генерации, рекомбинации, время жизни носителей заряда. Нанокристаллы кремния. Наноструктуры Si-Ge с квантовыми точками. Кремниевые нанопроволоки и нанотрубки.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
35	Изучение материала раздела № 7.	проверка конспекта	4

36	Изучение материала раздела № 7. Примеры влияния квантоворазмерных эффектов на свойства вещества. Полупроводниковая спинотроника. Молекулы-проводники и молекулы-изоляторы. Молекулярные компьютеры.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
37	Изучение материала раздела № 8. Диоды Шоттки. СВЧ-диоды. Лавинно-пролетные диоды. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Переходные процессы в диодах. Статические параметры, режимы работы, частотные свойства биполярных транзисторов.	проверка конспекта	4
38	Изучение материала раздела № 8. Особенности работы субмикронных МОП-транзисторов.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.	допуск к выполнению	4
39	Изучение материала раздела № 8. Гетероструктурный транзистор на квантовых точках. Квантовые компьютеры. Вычислители на основе ДНК. Молекулярные ИМС.	проверка конспекта	4
40	Оптроны. Оптическая бистабильность. Оптические волноводы. Эффект Ааронова-Бома. Магнитный и электростатический эффекты. Фаза ПСИ-функции и ее связь с потенциалом. Эффекты Джозефсона, стационарный и нестационарный. Связь силы тока и разности фаз. Переменный ток и излучение. Понятие о СКВИДе. Применение сверхпроводящих устройств в качестве элементов ЭВМ и микропроцессорных систем. Измерительные устройства на основе СКВИДов. Криотроны, запоминающие устройства. Перспективные направления микро- и нанoeлектроники.	проверка конспекта	4
	Подготовка к выполнению лабораторной работы.		4

4.5 Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (модуля)

Для успешного освоения дисциплины (модуля) студент должен каждую неделю прорабатывать материал соответствующих разделов учебных пособий, представленных в разделе 7 настоящей рабочей программы и в Приложении 1.

При подготовке к выполнению лабораторных работ необходимо изучать материал домашних заданий из методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы микро- и нанoeлектроники» №1 - 2 и №3 – 6, составитель Бадаев А. С.,

ФГБОУ ВПО «ВГТУ», Воронеж, 2014 № 102 – 2014 и №103 – 2014, а также материал методических указаний из раздела 7 и Приложения 1.

После изучения соответствующих разделов в учебных пособиях и методических указаний следует ответить на контрольные вопросы, представленных в этих источниках.

Кроме этого, для самоконтроля рекомендуется выполнить контрольные задания из Фонда оценочных средств (Приложение 3).

4.6 Перечень учебно – методического обеспечения для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине (модюлю)

Учебно – методическое обеспечение представлено в разделе 7, Приложениях 1 и 3 настоящей рабочей программы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	В обычной форме: информационные лекции, лекции визуализации; лабораторные работы; практические занятия; самостоятельная работа; консультация; тьюторство
5.2	В интерактивной форме: индивидуальное обучение; опережающая самостоятельная работа при освоении материала лекций; информационные технологии и проектирование при подготовке к лабораторным работам и их выполнении; методы группового решения творческих задач и проектирования; работа в команде при всех формах учебного процесса.

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	для текущего контроля:
6.1.2	- промежуточного контроля
6.1.3	- контроля остаточных знаний
6.1.4	- итогового контроля
6.2	Другие виды контроля
6.2.1.	- тестовые вопросы и задания

6.3 Паспорт фонда оценочных средств

Вид контроля	Разделы дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
Текущий	1 – 3	Основные понятия, положения микро- и нанoeлектроники. Элементы квантовой физики. Строение микро- и нанoeлектронных структур	Тестирование. Контрольная работа	Письменный	3 недели
Промежуточная аттестация	1 – 5	Объекты текущего контроля. Фронталы. Физические свойства твёрдых тел	Тестирование. Контроль	Письменный	4 недели

			бная работа		
Текущий	6 – 8	Основы физики полупроводников. Переход от микро- к нанoeлектронике	Тестиرو вание. Контрол ьная работа	Письменны й, устный	2 недел и
Итоговый	1 – 9	Все разделы дисциплины	Экзамен	Письменны й	4 часа
Контроль остаточных знаний	1 – 9	Все разделы дисциплины	Тестиро вание. Контрол ьная работа	Письменны й	2 недел и

Наименование и содержание разделов представлены в П.4 настоящей рабочей программы.

Полная спецификация оценочных средств, процедур и контролируемых результатов в привязке к формулируемым компетенциям, показателей и критериев оценивания приводятся в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющимся приложением к рабочей программе.

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

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспе-чен-ность
7.1.1 Основная литература				
7.1.1.1	Балашов Ю.С., Горлов М.И.	Физические основы функционирования интегральных устройств микроэлектроники: учеб. пособие	2008, печат.	1
7.1.1.2	Бадаев А.С., Чернышов А.В.	Физические основы микроэлектроники: Ч. 1: Физические свойства твердых тел: учеб. пособие	2011, печат.	1
7.1.1.3	Степаненко И.П.	Основы микроэлектроники	2004, печат.	1
7.1.1.4	Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В.	Нанотехнологии в электронике: учеб. пособие	2008, печат.	0,5
7.1.1.5	Щука А.А.	Нанoeлектроника	2007, магнит. носит.	1
7.1.2 Дополнительная литература				
7.1.2.1	Бадаев А.С.	Физические основы полупроводников и микроэлектронной техники: учеб. пособие	2009, печат.	1
7.1.2.2	Балашов Ю.С., Иевлев В.П.	Физические основы микроэлектроники: учеб. пособие	2003, печат.	0,5
7.1.2.3	Марголин В.И., Жабреев В.А., Тупик В.А.	Физические основы микроэлектроники: учебник	2008, магнит. носит.	1

7.1.2.4	Красников Г.Я.	Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов	2011, печат.	0,5
7.1.2.5	Пул И. Оуэнс Ф.	Нанотехнологии	2005, магнит. носит.	1
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Балашов Ю.С., Бадаев А.С.	Методические указания к лабораторным работам № 1-3 «Исследование физических свойств твердых тел»	2010, печат.	1
7.1.3.2	Балашов Ю.С., Бадаев А.С.	Методические указания к лабораторным работам № 4-6 «Исследование физических свойств твердых тел»	2009, печат.	1
7.1.3.3	Бадаев А.С.	Методические указания по выполнению тестовых заданий по дисциплине «Физические основы микроэлектроники»	2010, печат.	1
7.1.4 Справочно-библиографическая литература				
7.1.4.1	Под ред. Джексона К.А., Шретера В.	Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов: Т.1: Электронная структура и свойства полупроводников	2004, печат.	0,5
7.1.5 Научные периодические издания				
7.1.5.1		Микроэлектроника / Отделен. информац. технологий и вычисл. систем РАН. – М.: Наука	2007, печат.	0,5
7.1.5.2		Российские нанотехнологии. – М.: ООО «Парк-медиа»	2009, печат.	0,5
7.1.5.3		Современная электроника. – М.: №СТА-ПРЕСС»	2009, печат.	0,5
7.1.5.4		Электроника: наука, технологии, бизнес. – М.: РИЦ «Техносфера»	2009, печат.	0,5
7.1.6 Программное обеспечение и Интернет ресурсы				
7.1.6.1	Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте:			
7.1.6.2	Компьютерные практические работы: - Исследование влияния геометрии канала на характеристики субмикронных МОП-транзисторов; - Изучение влияния конструктивных особенностей биполярных транзисторов на их основные характеристик; - Исследование характеристик субмикронных МОП-транзисторов в зависимости от подзатворного диэлектрика и количества затворов; - Моделирование параметров полупроводниковых диодов.			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
8.2	Специализированная учебная лаборатория № 228/3 , оборудованная вакуумными установками ВУП-1 и ЭВП-2, приборами измерения вакуума, механическими вакуумными насосами, наглядными пособиями по вакуумной технике, микроскопом МИИ-8.
8.3	Средства обеспечения освоения дисциплины: - Программа расчета электронограмм. - Программа расчета КТР и напряжений в спае металл-стекло. - Программа расчета зависимости теплоэлектрического эффекта Пельтье от тока,

	<p>протекающего через охлаждающий модуль.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Набор слайдов по структуре твердых тел. - Диапроектор со слайдами. - Плакаты, используемые на лекциях и для оформления лаборатории. - Персональный компьютер с программами лабораторных работ. - Стенды по основным темам дисциплины.
8.4	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.
8.5	Установки и оборудование филиала кафедры, расположенного в ОАО «Концерн «Созвездие», НПО «РИФ».