МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ
Декан _____ Буднев Н.М.
"19" июня 2017 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.Б.19.2 «Физическая электроника»

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Тип образовательной программы академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки "Радиоэлектронные устройства, методы обработки сигналов и автоматизация»

Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №8 от «19» июня 2017г.

Председатель _____ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой:
Протокол № 10
От «14» июня 2017г.
И.О.Зав. кафедрой _____ **Колесник С.Н.**
(*ФИО, подпись*)

Иркутск 2017 г.

Содержание

Стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля) 3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП: 3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля): 3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения) 4
5. Содержание дисциплины 4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины 4
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами 5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий 6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ 6
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) 12
Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов). 12
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): 12
а) основная литература 12
б) дополнительная литература 12
в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы 12
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины 13
10.Образовательные технологии: 13
11.Оценочные средства (ОС) 13
В развернутом виде ФОС приведены в приложении 13
11.1. Оценочные средства для входного контроля 14
11.2. Оценочные средства текущего контроля 14
11.2.1 Перечень оценочных средств 14
11.2.2 Характеристика оценочных средств 14
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации 15
11.3.1 Перечень оценочных средств 15
11.3.2 Характеристика оценочных средств 15
Приложение 1. Примерные задания для контрольного опроса 18
Приложение 2. Задания для творческого задания 18
Приложение 4. Пример экзаменационного билета и вопросы к экзамену 20

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Дисциплина «Физическая электроника» - дисциплина радиофизического цикла, изучающая физические принципы работы электронных устройств

Цель курса – дать студентам основные представления о состоянии исследований в физической электронике, ознакомить с методами, применяемыми при разработке и проектировании устройств современной микроэлектроники. Содержание дисциплины направлено на изучение принципов работы электронных устройств, описание основных физических процессов, протекающие в материалах, составляющих основу современной физической электроники и микроэлектроники.

Задачи курса - научить студентов ориентироваться в основных направлениях развития и проблематике физической электроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Физическая электроника» входит в базовую часть профессионального цикла ОПОП. Дисциплина «Физическая электроника» опирается на дисциплины математического и естественно- научного цикла, коды учебного цикла Б1.

Освоение дисциплины «Физическая электроника» необходимо для изучения всех дисциплин модуля Электроника. Изучение курса предполагает наличие основных знаний по дисциплинам: «Молекулярная физика», «Радиоэлектроника», «Теория колебаний», «Квантовая механика».

Полученные в процессе изучения курса знания и навыки могут быть использованы во время прохождения производственной практики, выполнения дипломной работы, а также в дальнейшей профессиональной работе.

Общая трудоемкость дисциплины – 3 зачетных единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-1 - способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-1:	З-1	основные физические принципы, лежащие в основе работы электронных приборов
	З-2	законы построения и функционирования устройств современных электронных систем

Уметь

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-1:	У-1	оценивать область применимости теоретических приближений к работе реальных электронных приборов
	У-2	Проводить классификацию электронных приборов по их функциональным возможностям

Владеть

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-1:	В-1	навыками применения методов расчета параметров электронных приборов
	В-2	навыками выбора элементной базы современной электроники

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	**Всего часов / зачетных единиц**	**Семестры**			
		6			
Аудиторные занятия (всего)	56/1.5	54/1.5			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	18/1	18/1	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	38/.05	36/0.5	-	-	-
Семинары (С)	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
Самостоятельная работа (всего)	25/0.5	25/0.5			
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Реферат (при наличии)	-	-	-	-	-
Другие виды самостоятельной работы	-	-	-	-	-
Вид промежуточной аттестации: экз.			-	-	-
Контроль	27/1.0	27/1.0			
Контактная работа (всего)	56/1.5	56/1.5	-	-	-
Общая трудоемкость: часы	108	108			
зачетные единицы	3	3			

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Основы зонной теории твердых тел

1.1. Уравнение Шредингера для кристалла.

1.2. Одноэлектронное приближение. Приближение Хартри- Фока.

1.3. Движение электрона в периодическом поле кристаллической решетки (модель Кронига- Пенни).

1.4. Теорема Блоха. Квазиимпульс.

1.5. Зоны Бриллюэна. Периодические граничные условия. Энергетические зоны.

1.6. Метод эффективной массы носителей заряда. Закон дисперсии. Разница между металлами и полупроводниками.

Раздел 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках

2.1. Плотность состояний с заданной энергией. Функция Ферми- Дирака.

2.2. Концентрация электронов и дырок в зонах.

2.3. Невырожденные полупроводники. Вырожденные полупроводники.

2.4. Уровень Ферми в собственном полупроводнике.

2.5. Концентрация носителей и уровень Ферми в примесном полупроводнике.

Раздел 3. Неравновесные электроны и дырки

3.1. Среднее время жизни носителей. Уравнения кинетики

3.2. Решение уравнений кинетики для одномерного полупроводника.

3.3. Подвижность носителей и коэффициент диффузии.

3.4. Квазиуровни Ферми. Свойства квазиуровней Ферми.

Раздел 4. Электронно- дырочные переходы

4.1. Двойной электрический слой на границе раздела полупроводников с разным типом проводимости. Принцип работы солнечных электрических батарей.

4.2. Инжекция неосновных носителей через p/n переход. Изменение квазиуровней Ферми в переходной области.

4.3. Концентрация носителей на границе p/n перехода.

4.4. Ширина переходной области. Емкость p/n перехода.

Раздел 5. Статические характеристики p/n перехода

5.1. Статическая вольт- амперная характеристика идеального p/n перехода.

5.2. Статическая вольт- амперная характеристика реального p/n перехода.

5.3. Полупроводниковые диоды и их функциональные возможности.

5.4. Контактная разность потенциалов. Явления на границе металл- полупроводник.

Раздел 6. p/n переход при переменном напряжении

6.1. Плотность тока, протекающего через p/n переход. Диффузионная емкость и диффузионная проводимость.

6.2. Эквивалентная схема p/n перехода на низких частотах.

6.3. Ток смещения. Эквивалентная схема p/n перехода на высоких частотах.

6.4. Пробой p/n перехода. Переходные процессы в диодах. Режим большого сигнала.

Раздел 7. Тенденции развития физической электроники и микроэлектроники.

7.1. Материалы, методы проектирования технологических процессов. Современные технологии.

7.2. Наноразмерные структуры и нанотехнологии.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ разделов и тем, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
1.	Квантовая радиофизика	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4				
2.	Волоконно-оптические линии связи	Раздел 7			+	+		
3.	Доп. главы теории колебаний	Раздел 5	Раздел 6					
4.	Государственная итоговая аттестация	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7

	(государственный экзамен)							

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Основы зонной теории твердых тел	4	8	-	-	4	16
2.	Статистика электронов и дырок в полупроводниках	3	6	-	-	4	13
3.	Неравновесные электроны и дырки	3	6	-	-	4	13
4.	Электронно- дырочные переходы	3	6	-	-	4	13
5.	Статические характеристики p/n перехода	2	4	-	-	4	10
6.	p/n переход при переменном напряжении	2	4	-	-	4	10
7.	Тенденции развития физической электроники и микроэлектроники	1	2	-	-	3	6

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1.	1.Одноэлектронное приближение	Модель Кронига- Пенни	2	Творческое задание 1. Задание к практической работе 1	ОПК-1
2.	1.Движение электрона в периодическом поле кристаллической решетки	Квазиимпульс	2	Задание к практической работе 1	ОПК-1
3.	2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках	Плотность состояний с заданной энергией. Функция Ферми-Дирака	2	Задание к практической работе 2	ОПК-1
4.	2. Статистика электронов и дырок	Невырожденные полупроводники	1	Задание к практической	ОПК-1

	в полупроводниках	. Вырожденные полупроводники		работе 3	
5.	3. Неравновесные электроны и дырки	Решение уравнений кинетики для одномерного полупроводника	3	Задание к практической работе 4	ОПК-1
6.	4. *p/n* переход	Инжекция неосновных носителей через *p/n* переход. Изменение квазиуровней Ферми в переходной области	2	Задание к практической работе 4	ОПК-1
7.	5. Статическая вольт- амперная характеристика *p/n* перехода	Статическая вольт- амперная характеристика идеального *p/n* перехода	1	Задание к практической работе 5	ОПК-1
8.	6. *p/n* переход при переменном напряжении	Ток смещения. Эквивалентная схема *p/n* перехода на высоких частотах	2	Задание к практической работе 5	ОПК-1
9.	7. Современные технологии	Наноразмерные структуры	1	Задание к практической работе 6	ОПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Колич. часов
1.	Система многих частиц. Уравнение Шредингера для кристалла.	Внеаудиторная	- работа с конспектом лекции; - повторная работа над учебным материалом	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	1,5
1	Область применимости одноэлектронного приближения	Внеаудиторная	- работа с конспектом лекции;	Источники из основной и дополнительной	2

			- повторная работа над учебным материалом. - Выполнение первой части творческого задания 1	литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	
2	Способ задания граничных условий. Периодические граничные условия. Следствия, вытекающие из периодических граничных условий.	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме;	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	1,5
2 -3	Метод сильно связанных электронов. Ридберговские кристаллы. Рекомендации по расчету структурных характеристик кристаллов.	Внеаудиторная Аудиторная	- работа с конспектом лекции; - повторная работа над учебным материалом. - Выполнение второй части творческого задания 1.	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	4
3	Историческая справка об этапах развития физической электроники. Обзор методов кристаллографии. Квантовомеханические методы расчета энергетического спектра кристаллов. Первые кристаллические полупроводниковые приборы. Аналогия между методами построения зоны Бриллюэна и расчетом зон покрытия в сотовой телефонии.	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме;	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	2

	Создание интегральных микросхем.				
4-5	Закон дисперсии. Разница между полупроводниками и металлами.	Аудиторная	- практическая работа 1. Выполнение и защита; - подготовка к следующей практической работе	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	4
5 - 6	Эффективная масса носителей заряда. Непрямые межзонные переходы.	Аудиторная	- практическая работа 2. Выполнение и защита; - подготовка к следующей практической работе	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	2
5 - 6	Степень вырождения электронно- дырочной системы..	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме;	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	0,5
6- 7	Методы расчета уровня Ферми	Аудиторная	- практическая работа 3. Выполнение и защита; - подготовка к следующей практической работе	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	2

				и Сторонние сайты	
8	Физический смысл среднего времени неравновесных носителей. Общее решение уравнений кинетики.	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - самостоят. изучение литературы по теме;	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	0,5
9	Изменение квазиуровней Ферми в области *p-n* перехода. Аналогия с петлей гистерезиса при намагничивании ферромагнетика.	Аудиторная	- практическая работа 4. Выполнение и защита;- подготовка к следующей практической работе	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	2
10	Характеристики электрических солнечных батарей. Солнечная энергетика.	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; самостоятель-ное изучение литературы по теме;	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	0,5
11-12	Изменение концентрации носителей на границе *p-n* перехода при прямом смещении.	Аудиторная	- практическая работа 5. Выполнение и защита; - подготовка к следующей практической работе	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	2

13-14	Приборы СВЧ диапазона. Полупроводниковые приборы и их функциональные возможности. Лазеры с *p-n* переходами и гетеропереходами. Наноразмерные структуры.	Внеаудиторная	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - самостоят. изучение литературы по теме;	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	0,5
15-16	Доклады по тенденциям развития физической электроники и микроэлектроники	Аудиторная	- практическая работа 6. Выполнение и защита.	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

а) Методические рекомендации по изучению теоретической части учебного модуля

Теоретические занятия дисциплины представлены в виде лекций.

Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом дисциплины.

Задачи лекционных занятий – дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить студентам основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде.

Структура и содержание основных разделов (приведена в рабочей программе учебной дисциплины, раздел 5)

Методы и средства проведения теоретических занятий

При изучении учебного модуля студенты должны посещать лекционные занятия, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам вопросы, указанные преподавателем. (список основной литературы приведен разделе 8).

В ходе лекций предполагается рассматривать только основные теоретические положения. Подробное изучение теоретических положений и решение задач должно проводиться в часы проведения практических работ, а также внеаудиторной СРС. Для этого преподаватель выдает студентам рекомендации для самостоятельной работы.

б) Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения (параллельно с лекциями) предлагаются темы изучаемых разделов и график их изучения.

Полностью на самостоятельное изучение выносятся вопросы связанные с практическими применениями полупроводниковых приборов.

Оценка самостоятельной работы студентов по разделу 1 и 2 проверяется на контрольном опросе. Примерные вопросы для проверки самостоятельной работы приведены в прил. 1.

Для подготовки к практическим и контрольным опросам рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в разделе 8 и распределенной по темам изучения в разделе 6.1.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов)

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Глазачев А.В., Петрович В.П. Физические основы электроники: учеб. пособие, Изд-во Томского политех. ун-та, 2013, 208с. https://e.lanbook.com/book/45131?category_pk=2789#authors
2. Скоробогатова, Людмила Анатольевна. Полупроводниковая электроника: учеб. пособие/ Л. А. Скоробогатова, А. Л. Семенов ; рец.: А. И. Непомнящих, Н. М. Буднев; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак.. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 250 с.-36 экз.
3. Ю.В.Аграфонов. Физическая электроника: учеб. пособие/ Ю.В.Аграфонов, И.С.Петрушин.-Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015.- 104 с.- 70 экз.

б) дополнительная литература

1. Аплеснин, С.С. Основы спинтроники. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/551
2. Бабенко С.П. Изучение свойств p-n переходов: учеб. пособие. Изд-во Московского госуд. техн. ун-та. Им. Н.Э.Баумана, 2011, 16с. https://e.lanbook.com/book/52483?category_pk=2789#authors
3. В. И. Старосельский. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие. М.: Юрайт: ИД Юрайт, 2014. – 463с.-ЭЧЗ «Библиотех», неограниченный доступ.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

http://library.isu.ru/ - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

- https://isu.bibliotech.ru/ - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- http://e.lanbook.com - ЭБС «Издательство «Лань»;
- http://rucont.ru - ЭБС «Руконт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- http://ibooks.ru/ - ЭБС «Айбукс»- интернет ресурсы в свободном доступе;

Сторонние сайты:

- http://www.habrahabr.ru/ - Сайт о современных достижениях в области компьютерных и информационных технологиях;

- https://technet.microsoft.com – Библиотека, содержащая техническую документацию продуктов Microsoft;
- http://www.intuit.ru/ – Сайт открытого университета новых информационных технологий.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного и семинарского материала.

10. Образовательные технологии:

Чтение лекций по разделам 1 – 4 предполагает решение тематических задач в качестве примеров, подкрепляющих теоретический материал; по разделу 5 проводится деловая игра для формирования навыков выбора оптимальных вариантов решения задач.

При проведении семинарских занятий студентам (в отдельных случая – группам студентов) предлагается решать разнообразные задачи по текущей теме семинара и обсуждать некоторые задания, предназначенные для курсовых работ.

11. Оценочные средства (ОС)

В развернутом виде ФОС приведены в приложении.

При изучении дисциплины для оценки достижений студентов в процессе изучения дисциплины; управления процессом приобретения студентами необходимых знаний, умений, навыков и формирования компетенций; оценки способностей студента к творческой деятельности, обеспечивающей решения новых задач, связанных с недостаточностью конкретных специальных знаний и отсутствием общепринятых алгоритмов профессионального поведения в квазиреальной деятельности; обеспечения соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности осуществляется поэтапный контроль степени освоения компетенций. В таблице приведены этапы освоения компетенций и виды оценочных средств, предназначенных для оценивания компетенций на разных стадиях обучения студентов.

№ п/п	Модуль, раздел (в соответствии с РП)	Контролируемые компетенции (или их части)	Вид оценочного средства
1	Раздел 1	ОПК-1	Контрольный опрос
2	Раздел 2	ОПК-1	Разноуровневые задания к практическим работам
3	Раздел 3	ОПК-1	Разноуровневые задания к практическим работам
4	Раздел 4	ОПК-1	Контрольный опрос
		ОПК-1	Разноуровневые задания к практическим работам
5	Раздел 5	ОПК-1	Разноуровневые задания к практическим работам
6	Раздел 6	ОПК-1	Разноуровневые задания к практическим работам
7	Раздел 7	ОПК-1	Разноуровневые задания к практическим работам
8	Аттестация		Комплект экзаменационных билетов

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Не требуются.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

В расширенном виде ФОС приведены в приложении.

11.2.1 Перечень оценочных средств

Назначение оценочных средств ТК – выявить сформированность компетенций (ОПК-1). Ниже приведен перечень оценочных средств текущего контроля:

1. Контрольный опрос студентов по материалам лекций;
2. Рефераты на заданную тему

11.2.2 Характеристика оценочных средств

1. Контрольный опрос студентов по материалам лекций.

Назначение контрольного опроса - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента является получение им тестового балла превышающего пороговое значение.

Контрольный опрос состоит из 6 устных вопросов. За каждый правильный ответ студенты начисляется по 1 баллу или 2 балла, в зависимости от сложности задания. Простых заданий в опросе должно быть 2, а более сложных - 4. Контрольный опрос проводится по окончанию каждой темы в ходе изучения дисциплины.

Примерные списки вопросов представлены в приложении 1 рабочей программы дисциплины

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	15 мин
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	5
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	случайная
Критерии оценки:	
«5», если	8 -10 баллов
«4», если	6-7 балл
«3», если	4-5 баллов

2. Творческое задание к практическим работам

Использование творческого задания преследует три цели: проверка степени усвоения теоретического материала из раздела 1, контроль самостоятельной работы студентов в части поиска электронных источников для написания рефератов по предложенной теме, а также подготовительный этап выполнения практических работ. Представленный проект используется для реализации на практических занятиях. По результатам выполнения индивидуального задания студент допускается к выполнению практических заданий. Полученная оценка влияет на рейтинг студента. Темы заданий представлены в приложении 2 рабочей программы дисциплины. Творческое задание студент выполняет во время самостоятельной работы поэтапно:

1. Исходный проект;
2. Обсуждение с преподавателем; Корректировка проекта (данный этап повторяется до полного устранения всех замечаний преподавателя)
3. Сдача окончательного проекта после устранения всех замечаний преподавателя.

Срок сдачи проекта – 4-я неделя обучения, перед началом цикла практических занятий.

Параметры оценочного средства

Критерии оценки:	
«5», если	Устранены все замечания по выполнению работы. Уверенно оперирует терминами, введенными в разделе 1 рабочей программы дисциплины; аргументированно использует теоретические знания из этого раздела для реализации проекта. Работа сдана в срок.
«4», если	Устранены все замечания по выполнению работы. Ошибается при использовании терминов и теоретических знаний, полученных при изучении раздела 1 рабочей программы дисциплины. Работа сдана в срок.
«3», если	Устранены все замечания по выполнению работы. Ошибается при использовании терминов, введенных в разделе 1, недостаточно прочные теоретические знания для реализации проекта. Работа сдана после установленного срока.

3. Разноуровневые задания к практическим работам

Для получения навыков работы и использованию электронных ресурсовв ходе практических работ студенты выполняют различные по сложности и направленности задания (в рамках выбранной в творческом задании предметной области).

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

11.3.1 Перечень оценочных средств

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Студент допускается к теоретическому экзамену в том случае, если он выполнит все виды промежуточного контроля и наберет пороговый балл.

11.3.2 Характеристика оценочных средств

В течение семестра за выполнение заданий текущего контроля студенту начисляются баллы и в конце семестра суммируется для вычисления рейтинга студента. К теоретическому экзамену допускается студент, выполнивший все виды промежуточного контроля и имеющий более 60 баллов.

Форма проведения экзамена – устный по билетам / письменный по билетам. Экзамены проводятся во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием. При проведении экзаменов в аудиториях студенты рассаживаются по 1 человеку на 1 парту.

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и одного практического задания, основанного на заданиях практических работ. Экзаменационные задания (билеты) для приема экзаменов выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе экзамена. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к экзамену приведены в приложении 4.

Показатели и критерии выставления оценки по теоретическому экзамену приведены в таблице на следующей странице.

Стоит отметить, что при получении оценки «неудовлетворительно» хотя бы по одному критерию, студент считается не сдавшим экзамен по дисциплине и направляется на повторную сдачу экзамена.

Итоговая оценка вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему 20 – 25 баллов, «хорошо» выставляется студенту, набравшему 16 – 19 баллов, «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему 12 – 15 баллов,

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Знание	Всесторонние глубокие знания **(9 -10 баллов)**	Знание материала в пределах программы **(7 -8 баллов)**	Отмечены пробелы в усвоении программного материала **(5 -6 баллов)**	Не знает основное содержание дисциплины **(менее 5 баллов)**
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются **(7 - 8 баллов)**	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы **(5 -6 баллов)**	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные **(3 -4 баллов)**	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы **(менее 3 баллов)**
Применение профессиональной терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию**(4 балла)**	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию **(3 балла)**	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию **(2 балла)**	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (**менее 2 баллов**)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения **(3 балла)**	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки **(2 балла)**	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала **(1 балл)**	Косноязычная речь искажает смысл ответа (**0 баллов**)

Разработчики:

_____ (подпись) профессор кафедры (занимаемая должность) Ю.В.Аграфонов (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники

от «14» июня 2017г. Протокол №10.
И.О. Зав.кафедрой_____Колесник С.Н.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Приложение 1. Примерные задания для контрольного опроса

Задания к разделу 1.

1. Написать уравнение Шредингера для свободно движущейся частицы (1 балл)
2. Какой вид имеет волновая функция свободно движущегося электрона (1 балл)
3. Сформулировать законы сохранения в классической механике (2 балла)
4. Запишите распределение Максвелла классического идеального газа (2 балла)
5. Запишите выражение для емкости плоского конденсатора (2 балла)
6. Запишите формулу вольт- амперной характеристики диода(2 балла)

Приложение 2. Задания для творческого задания

Задание:

1. Провести поиск литературных источников в предметной области научных исследований, используя Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемые Научной библиотекой ИГУ
2. Подготовить научное сообщение по выбранной тематике.

Список предметных областей

Вариант 1. Предметная область: Закон дисперсии для электронов в зоне проводимости
Вариант 2. Предметная область: Разница между металлами и полупроводниками.
Вариант 3. Предметная область: Невырожденные и вырожденные полупроводники
Вариант 4. Предметная область: Подвижность носителей и коэффициент диффузии
Вариант 5. Предметная область: Двойной электрический слой на границе раздела полупроводников с разным типом проводимости
Вариант 6. Предметная область: Статическая вольт- амперная характеристика реального p/n перехода
Вариант 7. Предметная область: Пробой p/n перехода

Приложение 3. Примерные разноуровневые задания к практическим занятиям

Практическая работа 1.

1. Записать волновую функцию для электрона в свободном пространстве (0,1 балла).
2. Найти собственное значение оператора импульса (0,1 балла).
3. Записать волновую функцию для электрона в кристаллической решетке (0,1 балла).
4. Записать пределы изменения компонент квазиимпульса в первой зоне Бриллюэна (0,1 балла).
5. Нарисовать энергетическую диаграмму для металлов и полупроводников (0,1 балла).

Практическая работа 2.

1. Записать выражение плотности состояний с заданной энергией для дырок в валентной области (0,5 балла).
2. Оценить погрешность формулы для вычисления концентрации электронов в зоне проводимости (1 балл).
3. Показать, что вырожденный электронный газ становится тем более идеальным, чем выше его плотность (1 балл).

Практическая работа 3.

1. Записать уравнения кинетики для одномерного полубесконечного полупроводника, облучаемого с торца внешним электромагнитным источником (1 балл).
2. Дать обоснование понятий квазиуровней Ферми (1 балл)
3. Вывести соотношения между подвижностью и коэффициентом диффузии неравновесных носителей. Оценить величину температурного потенциала при комнатной температуре..

Практическая работа 4.

1. Нарисовать схему генерации электронно- дырочной пары в *p-n* переходе солнечных электрических батарей (0,5 балла).
2. Нарисовать график изменения квазиуровней Ферми в области *p-n* перехода (1 балл).
3. Рассчитать электрическую емкость *p-n* перехода (1 балл)

Практическая работа 5.

1. Сформулировать причины отклонения вольт- амперной характеристики диода от идеального *p-n* перехода (0.5 балла)
2. Провести классификацию полупроводниковых диодов по их функциональным возможностям (0.5 балла).
3. Нарисовать и пояснить энергетическую диаграмму перехода металл-полупроводник (1 балл).

Практическая работа 6.

1. Рассчитать плотность тока, протекающего через *p-n* переход в режиме малого сигнала (1 балл)
2. Нарисовать эквивалентную схему *p-n* перехода на низких частотах (0.5 балла).
3. Нарисовать эквивалентную схему *p-n* перехода на высоких частотах (0.5 балла).
4. Рассмотреть явления, возникающие при пробое *p-n* перехода (1 балл).

Практическая работа 7.

1. Дать краткую характеристику методам проектирования технологических процессов при производстве микросхем (0.5 балла).
2. Провести краткий анализ наноразмерных структур, применяемых в электронике (1 балл).
3. Сформулировать тенденции развития элементной базы современной электроники (1 балл).

Приложение 4. Пример экзаменационного билета и вопросы к экзамену

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»)

_____физический_____
(название факультета (института))

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета (директор института)
_____
«_____» _____20____ г.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
экзамена по дисциплине
«Физическая электроника»

1. Плотность состояний с заданной энергией.
2. Диффузионная емкость и диффузионная проводимость.

Линия разреза----------

Перечень вопросов к экзамену:

1. Уравнение Шредингера для кристалла.
2. Одноэлектронное приближение.
3. Модель Кронига- Пенни.
4. Теорема Блоха.
5. Зоны Бриллюэна.
6. Энергетические зоны.
7. Эффективная массы носителей заряда.
8. Закон дисперсии.
9. Разница между металлами и полупроводниками.
10. Плотность состояний с заданной энергией.
11. Функция Ферми- Дирака.
12. Концентрация электронов и дырок в зонах.
13. Невырожденные и вырожденные полупроводники.
14. Среднее время жизни носителей.
15. Кинетическое уравнение Больцмана.
16. Подвижность носителей и коэффициент диффузии.
17. Квазиуровни Ферми.
18. Диоды для оптоэлектроники. Солнечный элемент. Светоизлучающий диод.
19. Двойной электрический слой на границе раздела полупроводников с разным типом проводимости.
20. Принцип работы солнечных электрических батарей.
21. Инжекция неосновных носителей через p/n переход.
22. Концентрация носителей на границе p/n перехода.
23. Ширина и емкость p/n перехода.
24. Статическая вольт- амперная характеристика идеального и реального p/n перехода.
25. Плотность тока, протекающего через p/n переход.
26. Диффузионная емкость и диффузионная проводимость.
27. Эквивалентная схема p/n перехода на низких и высоких частотах.
28. Пробой p/n перехода.
29. Переходные процессы в диодах.