

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Электроника

Образовательная программа: 11.03.01 Радиотехника, профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Курс: 2 3, семестры : 4 5

Факультет радиотехники и электроники, заочная форма обучения

		Семестр	
№	Вид деятельности	4	5
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	0	4
2	Всего часов	0	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	2	19
4	Лекции, час.	2	6
5	Практические занятия, час.	0	2
6	Лабораторные занятия, час.	0	4
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0	4
8	Аттестация, час.	0	2
9	Консультации, час.		5
10	Самостоятельная работа, час.	0	123
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)		РГЗ
12	Вид аттестации		Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.01 Радиотехника

ФГОС введен в действие приказом №179 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 20.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.01 Радиотехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТОР, протокол заседания кафедры №3 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Разинкин В. П.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Спектор А. А.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталеv В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:
з1. знать принципы действия полупроводниковых элементов
у1. уметь рассчитывать параметры схем включения полупроводниковых элементов

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Электроника	
ОПК.7.з1 знать принципы действия полупроводниковых элементов	
1.Иметь представление о физических процессах, происходящих в полупроводниковых и электровакуумных приборах.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2.Иметь представление о материалах электронной техники и их электрофизических свойствах.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3.Иметь представление о параметрах и характеристиках электронных приборов и интегральных микросхем.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.Иметь представление о технологии изготовления электронных приборов и интегральных микросхем.	Самостоятельная работа
5.Иметь представление о тенденциях развития электроники и нанoeлектроники.	Лекции; Самостоятельная работа
6.Знать физические принципы работы полупроводниковых и электровакуумных приборов.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7.Знать технологические процессы электроники и микроэлектроники.	Лекции; Самостоятельная работа
8.Иметь представление о перспективах создания новых электронных приборов.	Лекции; Самостоятельная работа
9.Знать типовые конструкции электронных приборов, применяемые в радиотехнических устройствах и системах.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
10.Знать транзисторный эффект.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
11.Знать туннельный эффект.	Лекции; Самостоятельная работа
12.Знать эффект Ганна.	Лекции; Самостоятельная работа
13.Знать физические механизмы взаимодействия электромагнитных полей с веществом.	Лекции; Самостоятельная работа
14.Знать условия генерации в автоколебательных системах.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.7.у1 уметь рассчитывать параметры схем включения полупроводниковых элементов	
15.Уметь записывать и решать уравнения движения носителей заряда в различных средах, в постоянных и переменных полях.	Лекции; Самостоятельная работа
16.Уметь записывать и решать уравнения цепи, содержащей электронный прибор.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17.Уметь обозначать электронные приборы на схемах электрических, принципиальных.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

18. Уметь по заданной характеристике выбирать оптимальный режим работы электронного прибора.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
19. Уметь по известным характеристикам электронного прибора определять параметры радиотехнических устройств.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
20. Уметь использовать основные приёмы обработки экспериментальных данных.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
21. Уметь разработать структурную схему установки для экспериментального изучения электронных приборов.	Самостоятельная работа
22. Уметь формировать гипотезы о возможных несоответствиях экспериментальных и расчётных данных.	Самостоятельная работа
23. Иметь опыт проведения испытаний электронных приборов.	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Материалы электронной техники				
1. Структура собственных и примесных полупроводников, носители заряда в полупроводниках, элементы зонной теории твёрдого тела. Закон действующих масс и принцип электронейтральности, диффузия и дрейф носителей заряда. Внутреннее электрическое поле в неоднородных полупроводниках. Уравнение непрерывности, Неравновесные носители заряда, время жизни и механизмы рекомбинации. Внутреннее поле в неоднородных полупроводниках.	0	2	1, 13, 2, 5, 8	Изучить физические свойства полупроводников, используемых в электронике.
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Свойства и характеристики р-п - перехода				
2. Образование запирающего слоя. Уравнение Пуассона. Распределение объёмных зарядов, напряжённости и потенциала в переходе. Ширина перехода. Энергетическая диаграмма перехода. ВАХ идеального р-п- перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Ток насыщения и его зависимость от основных параметров полупроводника и температуры. Барьерная и диффузионная ёмкости.	1	2	15, 6, 7, 9	Изучить физические явления при контакте полупроводников и металлов.
Дидактическая единица: Полупроводниковые диоды				

3. ВАХ реального диода. Токи генерации и рекомбинации в переходе. Тепловой, лавинный и туннельный пробой. Выпрямительные диоды, конструктивное выполнение и основные параметры. Стабилитроны, температурные свойства стабилитронов. Варикапы и варакторы, добротность варикапа. Детекторные и смесительные диоды с барьером Шоттки. Диоды с накоплением заряда. Р-і-п - диоды и их применение для управления высокочастотными колебаниями. Переходные процессы в импульсных диодах.	1	1	11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 23, 3, 6, 8, 9	Изучить вольтамперные характеристики и принцип действия полупроводниковых диодов различного типа, в том числе с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
---	---	---	--	--

Дидактическая единица: Полевые транзисторы

7. Принцип действия полевого транзистора с управляющим р-п - переходом. Физические процессы в канале полевого транзистора. Статические характеристики полевого транзистора. Модель Шихмана-Ходжеса. Температурные свойства полевых транзисторов. Эквивалентная линеаризованная схема. Частотные свойства полевых транзисторов. Полевой транзистор с барьером Шоттки. Полевые транзисторы с изолированным затвором. МОП транзисторы с встроенным и индуцированным каналом. Режимы обеднения и обогащения в полевом транзисторе с встроенным каналом. Сравнение полевых и биполярных транзисторов. Усилители и коммутаторы электрических сигналов на полевых транзисторах. Перспективы развития и применения полевых транзисторов.	1	3	13, 14, 3, 6, 8	Изучить принцип действия полевых транзисторов как униполярных полупроводниковых приборов.
--	---	---	-----------------	---

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Полупроводниковые диоды				

1. Лабораторная работа № 1. Полупроводниковые диоды	0	2	1, 17, 18, 19, 2, 20, 6	Ознакомиться с реальными статическими вольт-амперными характеристиками и параметрами германиевого, кремниевого и диода с барьером Шоттки при различных температурах.
Дидактическая единица: Биполярные транзисторы				
3. Лабораторная работа № 3. Транзистор в схеме с общей базой	1	2	1, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 3, 6, 9	Ознакомиться с реальными статическими вольт-амперными характеристиками и параметрами низкочастотного транзистора малой мощности, включенного по схеме с общей базой.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Полупроводниковые диоды				
1. Физические свойства полупроводниковых материалов. Контактные явления, р-п переход	0	2	1, 2, 6	Решение задач

Таблица 3.4

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Полупроводниковые диоды				
4. Расчет колебательных систем с варикапами. Усилители на туннельных диодах. Коммутационные устройства на pin-диодах.	0	6	14, 3, 6	Решение задач
Дидактическая единица: Биполярные транзисторы				
2. Биполярный транзистор в режиме усиления, расчет положения рабочей точки, определение h-параметров.	0	8	10, 16, 6	Решение задач

4. Схемы включения транзистора. Основные режимы: активный, насыщения, отсечки, инверсный. Физические процессы в эмиттерном переходе, базе и коллекторе. Эффект модуляции ширины базы. Статические характеристики в схемах с общей базой и общим эмиттером. Модель Эберса-Молла. Частотные свойства биполярных транзисторов. Граничные частоты в различных схемах включения, максимальная частота генерации. Эквивалентная схема транзистора на переменном токе. Представление транзистора в виде четырёхполюсника. Дрейфовый транзистор. Транзистор в режиме усиления. Импульсный режим работы транзистора. Технологические типы биполярных транзисторов. Конструктивные особенности СВЧ транзисторов.	0	8	10, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 4, 6, 8	Изучить принцип действия биполярного диффузионного и дрейфового транзистора, их усилительные и частотные свойства.
Дидактическая единица: Полупроводниковые приборы с отрицательным дифференциальным сопротивлением				
5. Принцип действия однопереходного транзистора. Входные и выходные характеристики однопереходного транзистора. Структура и принцип действия тиристора. Типы тиристоры и особенности их применения.	0	4	15, 17, 6, 9	Изучить принцип действия однопереходного транзистора и различных типов тиристоры.
Дидактическая единица: Фотоэлектрические и излучательные приборы				
6. Фотоэлектронная эмиссия, фотопроводимость полупроводников, фотоэффекты в р-п- переходе. Фотоэлементы, фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры, светодиоды, полупроводниковые лазеры. Оптоэлектронные пары.	0	4	17, 18, 3, 6	Изучить принцип действия фоторезистора, фотодиода, фототранзистора и фототиристора и конструкцию оптоэлектронных пар.
Дидактическая единица: Полевые транзисторы				
3. Дифференциальные параметры полевого транзистора. Частотные свойства полевых транзисторов	0	6	13, 15, 3	Решение задач
Дидактическая единица: Переключательные полупроводниковые приборы				
8. Р-і-п - диоды и СВЧ коммутационные полевые транзисторы.	0	8	1, 11, 12, 14, 15, 4, 5, 8, 9	Изучить особенности полупроводниковых диодов СВЧ диапазона, обеспечивающих коммутацию, усиление и генерацию высокочастотных сигналов.

Дидактическая единица: Шумовые параметры электронных приборов				
9. Определение коэффициента шума. Шумовые свойства р-п - перехода. Шумовые свойства биполярных и полевых транзисторов. Частотная зависимость коэффициента шума.	0	2	1, 15, 6, 8	Изучить шумовые свойства полупроводниковых приборов различного типа.
Дидактическая единица: Приборы вакуумной электроники				
10. Термoeлектронная эмиссия. Вакуумный диод и триод. Закон степени 3/2. Многосеточные лампы. Статические анодно-сеточные и выходные характеристики. Вакуумные приборы СВЧ. Физические основы электронно-лучевых приборов. Кинескопы цветного изображения. Индикаторные устройства.	0	10	15, 17, 18, 6, 9	Изучить принцип работы электровакуумных приборов с различным количеством электродов.
Дидактическая единица: Интегральная схемотехника				
10. Типовые элементы полупроводниковых интегральных схем: диоды, диффузионные резисторы и конденсаторы, р-п-р и п-р-п транзисторы, МОП транзисторы. Изоляция элементов ИС. Основные типы аналоговых и цифровых ИС. Элементы памяти, приборы с зарядовой связью и их применение. Приборы с инжекционным питанием. Программируемые логические интегральные схемы ПЛИС. Пленочные и гибридные ИС	0	8	2, 21, 3, 4, 5, 7, 8, 9	Изучить технологию изготовления интегральных микросхем, выполненных на основе кремния.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	РГЗ	10, 6	22	2
Построение графиков по результатам моделирования сейства ВАХ транзистора., подробная информация приведена в приложениях №1 №2 №3 : Электроника. Ч. 1 : методическое руководство к проведению лабораторных работ для 2 курса РЭФ (направления: 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Меренков, В. П. Разинкин, Л. Г. Зотов]. - Новосибирск, 2012. - 66, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000170975 Электроника : программа, контрольные задания и методические указания для РЭФ заочного отделения (направления 210300 - Радиотехника, 210400 - Телекоммуникационные системы) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. П. Разинкин, В. М. Меренков]. - Новосибирск, 2009. - 23, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000121494				
2	Подготовка к занятиям	3	8	1

Подготовка по конспекту лекций и литературе.: Электроника. Ч. 1 : методическое руководство к проведению лабораторных работ для 2 курса РЭФ (направления: 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Меренков, В. П. Разинкин, Л. Г. Зотов]. - Новосибирск, 2012. - 66, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000170975 Электроника : программа, контрольные задания и методические указания для РЭФ заочного отделения (направления 210300 - Радиотехника, 210400 - Телекоммуникационные системы) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. П. Разинкин, В. М. Меренков]. - Новосибирск, 2009. - 23, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000121494				
3	Дополнительная учебная деятельность	23, 5	8	0
: Электроника. Ч. 1 : методическое руководство к проведению лабораторных работ для 2 курса РЭФ (направления: 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Меренков, В. П. Разинкин, Л. Г. Зотов]. - Новосибирск, 2012. - 66, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000170975 Электроника : программа, контрольные задания и методические указания для РЭФ заочного отделения (направления 210300 - Радиотехника, 210400 - Телекоммуникационные системы) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. П. Разинкин, В. М. Меренков]. - Новосибирск, 2009. - 23, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000121494				
4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3	21	2
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Электроника. Ч. 1 : методическое руководство к проведению лабораторных работ для 2 курса РЭФ (направления: 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Меренков, В. П. Разинкин, Л. Г. Зотов]. - Новосибирск, 2012. - 66, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000170975 Электроника : программа, контрольные задания и методические указания для РЭФ заочного отделения (направления 210300 - Радиотехника, 210400 - Телекоммуникационные системы) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. П. Разинкин, В. М. Меренков]. - Новосибирск, 2009. - 23, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000121494				
5	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 23, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	64	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.4 : Электроника. Ч. 1 : методическое руководство к проведению лабораторных работ для 2 курса РЭФ (направления: 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Меренков, В. П. Разинкин, Л. Г. Зотов]. - Новосибирск, 2012. - 66, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000170975				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:razinkin_vp@mail.ru; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail:razinkin_vp@mail.ru
Контроль	e-mail:razinkin_vp@mail.ru
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Дискуссия	ОПК.7;
Формируемые умения: з1. знать принципы действия полупроводниковых элементов		
Краткое описание применения: Обсуждение перспективных направлений развития электроники.		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 5		
<i>Лабораторная №1:</i> Выполнение лабораторной работы и защита	12	20
<i>Лабораторная №2:</i> Выполнение лабораторной работы и защита	12	20
<i>Практические занятия:</i>	0	
<i>РГЗ:</i> Выполнение и защита	12	20
<i>Экзамен:</i>	20	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.7	з1. знать принципы действия полупроводниковых элементов	+	+
	у1. уметь рассчитывать параметры схем включения полупроводниковых элементов		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Петров К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : учебное пособие для вузов / К. С. Петров. - СПб. [и др.], 2006. - 521 с. : ил.
2. Гусев В. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. - М., 2008. - 797, [1] с. : ил.

3. Разинкин В. П. Электроника. Ч. 1 : учебное пособие / В. П. Разинкин, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 46, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/razin.rar>
4. Разинкин В. П. Электроника. Ч. 2 : учебное пособие / В. П. Разинкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 103, [2] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/rasinkin.pdf>

Дополнительная литература

1. Садовой Г. С. Микроволновая и квантовая электроника : учебное пособие / Г. С. Садовой ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 155, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000125829

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Электроника. Ч. 1 : методическое руководство к проведению лабораторных работ для 2 курса РЭФ (направления: 210400 - Радиотехника, 210700 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Меренков, В. П. Разинкин, Л. Г. Зотов]. - Новосибирск, 2012. - 66, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000170975
2. Электроника : программа, контрольные задания и методические указания для РЭФ заочного отделения (направления 210300 - Радиотехника, 210400 - Телекоммуникационные системы) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. П. Разинкин, В. М. Меренков]. - Новосибирск, 2009. - 23, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000121494

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Windows
- 2 Office

9. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Стенд "ЭЛЕКТРОНИКА"	Универсальный лабораторный стенд позволяет выполнить 12 работ

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Электроника приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	з1. знать принципы действия полупроводниковых элементов	<i>P-i-n</i> - диоды и СВЧ коммутационные полевые транзисторы. ВАХ реального диода. Токи генерации и рекомбинации в переходе. Тепловой, лавинный и туннельный пробой. Выпрямительные диоды, конструктивное выполнение и основные параметры. Стабилитроны, температурные свойства стабилитронов. Варикапы и варакторы, добротность варикапа. Детекторные и смесительные диоды с барьером Шоттки. Диоды с накоплением заряда. <i>P-i-n</i> - диоды и их применение для управления высокочастотными колебаниями. Переходные процессы в импульсных диодах. Лабораторная работа № 2. Полупроводниковый стабилитрон. Образование запирающего слоя. Уравнение Пуассона. Распределение объемных зарядов, напряженности и потенциала в переходе. Ширина перехода. Энергетическая диаграмма перехода. ВАХ идеального <i>p-n</i> - перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Ток насыщения и его зависимость от основных параметров полупроводника и температуры. Барьерная и диффузионная ёмкости. Определение коэффициента шума. Шумовые свойства <i>p-n</i> - перехода. Шумовые свойства биполярных и полевых транзисторов. Частотная зависимость коэффициента шума. Принцип действия однопереходного транзистора. Входные и выходные характеристики однопереходного транзистора. Структура и принцип	РГЗ, разделы 1, 2.	Экзамен, вопросы 4-13, 15-32, 34-35.

		действия тиристора. Типы тиристоров и особенности их применения. Принцип действия полевого транзистора с управляющим $p-n$ - переходом. Физические процессы в канале полевого транзистора. Статические характеристики полевого транзистора. Модель Шихмана-Ходжеса. Температурные свойства полевых транзисторов. Эквивалентная линеаризованная схема. Частотные свойства полевых транзисторов. Полевой транзистор с барьером Шоттки. Полевые транзисторы с изолированным затвором. МОП транзисторы с встроенным и индуцированным каналом. Режимы обеднения и обогащения в полевом транзисторе с встроенным каналом. Сравнение полевых и биполярных транзисторов. Усилители и коммутаторы электрических сигналов на полевых транзисторах. Перспективы развития и применения полевых транзисторов. Структура собственных и примесных полупроводников, носители заряда в полупроводниках, элементы зонной теории твёрдого тела. Закон действующих масс и принцип электрической нейтральности, диффузия и дрейф носителей заряда. Внутреннее электрическое поле в неоднородных полупроводниках. Уравнение непрерывности, Неравновесные носители заряда, время жизни и механизмы рекомбинации. Внутреннее поле в неоднородных полупроводниках. Схемы включения транзистора. Основные режимы: активный, насыщения, отсечки, инверсный. Физические процессы в эмиттерном переходе, базе и коллекторе. Эффект модуляции ширины базы. Статические характеристики в схемах с общей базой и общим эмиттером. Модель Эберса-Молла. Частотные свойства биполярных транзисторов. Граничные частоты в различных схемах включения, максимальная частота		
--	--	---	--	--

		генерации. Эквивалентная схема транзистора на переменном токе. Представление транзистора в виде четырёхполюсника. Дрейфовый транзистор. Транзистор в режиме усиления. Импульсный режим работы транзистора. Технологические типы биполярных транзисторов. Конструктивные особенности СВЧ транзисторов. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумный диод и триод. Закон степени $3/2$. Многосеточные лампы. Статические анодно-сеточные и выходные характеристики. Вакуумные приборы СВЧ. Физические основы электронно-лучевых приборов. Кинескопы цветного изображения. Индикаторные устройства. Типовые элементы полупроводниковых интегральных схем: диоды, диффузионные резисторы и конденсаторы, р-п-р и п-р-п транзисторы, МОП транзисторы. Изоляция элементов ИС. Основные типы аналоговых и цифровых ИС. Элементы памяти, приборы с зарядовой связью и их применение. Приборы с инжекционным питанием. Программируемые логические интегральные схемы ПЛИС. Плёночные и гибридные ИС Фотоэлектронная эмиссия, фотопроводимость полупроводников, фотоэффекты в р-п- переходе. Фотоэлементы, фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фото тиристоры, светодиоды, полупроводниковые лазеры. Оптоэлектронные пары.		
ОПК.7	у1. уметь рассчитывать параметры схем включения полупроводниковых элементов	Лабораторная работа № 1. Полупроводниковые диоды Лабораторная работа № 2. Полупроводниковый стабилитрон. Лабораторная работа № 3. Транзистор в схеме с общей базой Лабораторная работа № 4. Транзистор в схеме с общим эмиттером. Лабораторная работа № 5. Моделирование биполярного транзистора в режиме большого сигнала. Лабораторная работа № 6. Полевой транзистор с управляющим переходом. Образование запирающего слоя.	РГЗ, разделы 3, 4. Задачи 1-13.	Экзамен, вопросы 1-3, 7, 14, 20, 21-24, 33.

		Уравнение Пуассона. Распределение объёмных зарядов, напряжённости и потенциала в переходе. Ширина перехода. Энергетическая диаграмма перехода. ВАХ идеального p - n - перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Ток насыщения и его зависимость от основных параметров полупроводника и температуры. Барьерная и диффузионная ёмкости. Принцип действия однопереходного транзистора. Входные и выходные характеристики однопереходного транзистора. Структура и принцип действия тиристора. Типы тириستоров и особенности их применения.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.7.

Экзамен проводится в письменной форме по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.7, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ОПК.7, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или

выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Количество баллов составляет от 50 до 72.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Количество баллов составляет от 73 до 86.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Количество баллов составляет от 87 до 100.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Электроника», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-18, второй вопрос из диапазона вопросов 19-36 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4). Задача берется из диапазона типовых задач.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Электроника»

1. Вопрос 1. Физические свойства полупроводников.
2. Вопрос 2. Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.
3. Задача. Несимметричный полупроводниковый диод выполнен на основе $p^+ - n$ перехода со следующими параметрами: коэффициент диффузии дырок $D_p = 12 \text{ см}^2/\text{с}$; диффузионная длина дырок $L_p = 10^{-4} \text{ см}$; прямой ток $I = 10 \text{ мА}$; температура $T = 300\text{К}$.
Определить диффузионную емкость для указанного режима.

Утверждаю: зав. кафедрой ТОР _____ Спектор А.А.
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 16 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при

ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 17-24 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 25-34 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов. Приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 25-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Электроника»

1. Физические свойства полупроводников.
2. Собственные и примесные полупроводники.
3. Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках.
4. Электронно-дырочный переход. Контактная разность потенциалов.
5. Прямое смещение p - n перехода.
6. Обратное смещение p - n перехода.
7. ВАХ p - n перехода.
8. Диффузионная ёмкость p - n перехода.
9. Барьерная ёмкость p - n перехода.
10. Малосигнальная эквивалентная схема p - n перехода.
11. Лавинный, туннельный и тепловой пробой p - n перехода.
12. Туннельные диоды.
13. СВЧ-полупроводниковые диоды (детекторные, смесительные и варикапы).
14. Неоднородные полупроводники. Диоды с накоплением заряда.
15. Принцип действия биполярного транзистора.
16. Физические процессы в эмиттерном переходе биполярного транзистора.
17. Физические процессы в базе биполярного транзистора.
18. Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общей базой.
19. Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.
20. Дифференциальные параметры транзистора. Малосигнальные эквивалентные схемы.
21. Работа биполярного транзистора в усилительном режиме.
22. Представление транзистора в виде четырёхполюсника.
23. Модель Эберса – Мола для биполярного транзистора.
24. Частотные свойства биполярных транзисторов.
25. Дрейфовый транзистор.
26. Принцип действия полевого транзистора с управляющим p - n переходом.

27. Принцип действия МОП транзистора.
28. Принцип действия однопереходного транзистора.
29. Принцип действия тиристора.
30. Полупроводниковые фотоэлектронные приборы.
31. Принцип действия вакуумного триода.
32. Многосеточные лампы.
33. Шумовые свойства электронных приборов.
34. Полупроводниковые интегральные микросхемы. Основы планарной технологии полупроводниковых приборов.
35. Гибридные интегральные микросхемы.
36. Перспективы развития современных больших интегральных схем. Микропроцессоры и ПЛИС.

5. Задачи к экзамену по дисциплине «Электроника»

Задача № 1.

Несимметричный полупроводниковый диод выполнен на основе p^+-n перехода со следующими параметрами: коэффициент диффузии дырок $D_p = 12 \text{ см}^2/\text{с}$; диффузионная длина дырок $L_p = 10^{-4} \text{ см}$; прямой ток $I = 10 \text{ мА}$; температура $T = 300 \text{ К}$.

Определить диффузионную емкость для указанного режима.

Задача № 2.

Для полупроводникового диода получите уравнение и постройте качественный график $C_{\text{диффузион.}} = f(U_{\text{прямое}})$.

Задача № 3.

Кристалл кремниевого собственного полупроводника имеет следующие параметры: коэффициент диффузии дырок $D_p = 12 \text{ см}^2/\text{с}$; температура $T = 300 \text{ К}$; площадь поперечного сечения $S = 10^{-2} \text{ см}^2$; длина кристалла $\ell = 0,1 \text{ см}$. Определить дрейфовый дырочный ток при наличии внешнего напряжения 1 Вольт.

Задача № 4.

В кремниевом полупроводниковом переходе с неоднородной базой величина внутреннего электрического поля равна $E = 10^4 \text{ В/м}$; коэффициент диффузии дырок $D_p = 12 \text{ см}^2/\text{с}$; температура $T = 300 \text{ К}$. Определить скорость дырки в базовой области.

Задача № 5.

В симметричном полупроводниковом диоде площадь поперечного сечения равна $S = 10^{-2} \text{ см}^2$; подвижность электрона равна $\mu_n = 1300 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$; диффузионная длина электрона $L_n = 10^{-4} \text{ см}$; температура $T = 300 \text{ К}$; $\mu_n/\mu_p = 2,8$. Определить ток насыщения диода.

Задача № 6.

Полупроводниковый диод при комнатной температуре 300 К и фиксированном прямом токе имеет дифференциальное сопротивление $R_i = 26 \text{ Ом}$. Определить дифференциальное сопротивление диода при температуре 350 К.

Задача № 7.

Диффузионная емкость полупроводникового диода при значении прямого тока 10 мА и комнатной температуре $T_1 = 300 \text{ К}$ равна $C_{диф1} = 1000 \text{ пФ}$. Определить диффузионную емкость диода при температуре $T_2 = 350 \text{ К}$.

Задача № 8.

Барьерная емкость кремниевого полупроводникового диода при обратном напряжении смещения 4 Вольта равна 10 пФ. Ширина запрещенной зоны кремния равна 1,12 электрон-Вольт. Определить барьерную емкость диода при обратном напряжении смещения 8 Вольт.

Задача № 9.

Через полупроводниковый диод при комнатной температуре протекает постоянный прямой ток 10 мА. Амплитуда гармонической составляющей тока равна 1 мА. Определить амплитуду гармонической составляющей напряжения, подведенного к диоду.

Задача № 10.

Барьерная емкость полупроводникового диода при заданном обратном напряжении смещения составляет 10 пФ. К диоду в рабочей точке приложено переменное напряжение частотой 1 МГц и амплитудой 0,2 Вольта. Определить амплитуду переменной составляющей тока 1 МГц.

Задача № 11.

В легированном полупроводнике n- типа при комнатной температуре $T = 300 \text{ К}$

$[\mu_n = 1300 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})]$ под воздействием внешнего напряжения протекает ток 1 мА.

Определить ток в данном полупроводнике при температуре $T = 350 \text{ К}$.

Задача 12.

Во сколько раз измениться ширина запорного слоя кремниевого полупроводникового диода при изменении прямого смещения с +0,7 Вольта на обратное напряжение -0,7 Вольта, если ширина запрещенной зоны кремния равна 1,12 электрон-вольт.

Задача 13.

Контактная разность потенциалов кремниевого диода равна 0,72 Вольта при комнатной температуре $T = 300 \text{ К}$. Чему равна контактная разность потенциалов при температуре $T = 350 \text{ К}$.

Задача 14. Какова толщина базовой области кремниевого полупроводникового диода, если её сопротивление равно 50 Ом, а удельная проводимость равна 0,1 Сименс/см.

Задача 15. Транзисторный каскад включен по схеме с общим эмиттером: $I_b = 1 \text{ мА}$,

$r_{\bar{o}}=100 \text{ Ом}$, $\beta = 10$, $R_N=1,0 \text{ кОм}$, $T=300 \text{ К}$.

Определить коэффициент усиления по напряжению K_U .

Задача 16. Определить в области низких частот коэффициент передачи тока эмиттера α биполярного транзистора для схемы с общей базой, если удельное сопротивление эмиттера $\rho_{\bar{e}} = 0,01 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, удельное сопротивление базы $\rho_{\bar{b}} = 5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, а коэффициент переноса в базе равен $\chi = 0,98$.

Задача 17. Дифференциальные параметры полевого транзистора в рабочей точке соответственно равны: крутизна $S=2,5 \text{ мА/В}$, внутреннее сопротивление $R_i=4 \text{ кОм}$. Амплитуда переменного напряжения на входе равна $0,05 \text{ В}$. Сопротивление нагрузки равно $R_N=4,0 \text{ кОм}$. Определить амплитуду переменной составляющей тока стока и амплитуду усиленного выходного напряжения.

Задача 18. Полевой транзистор в заданной рабочей точке имеет следующие дифференциальные параметры: крутизна $S=2 \text{ мА/В}$, статический коэффициент усиления $\mu = 10$. Для сопротивления нагрузки $R_N= 5 \text{ кОм}$ определите коэффициент усиления каскада по напряжению.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Электроника», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны **индивидуально** в лаборатории определить с помощью экспериментальных измерений коэффициент усиления по току и обратный ток коллектора биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером. При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны на основе полученных экспериментальных данных, пользуясь моделью Эберса-Молла, рассчитать семейства входных и выходных характеристик с учетом эффекта модуляции ширины базы. Сделать выводы по полученным параметрам и характеристикам.

Обязательные структурные части РГЗ. 1. Результаты экспериментального определения электрических параметров биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером. 2. Результаты расчета параметров модели Эберса-Молла. 3. Результаты расчета семейства статических входных и выходных характеристик.

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ экспериментально измеренных величин токов и напряжений, а также результатов расчета параметров модели Эберса-Молла. Программные средства моделирования не выбраны или не соответствуют современным требованиям, есть более одной принципиальной ошибки, оценка составляет менее 12 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ экспериментально измеренных токов и напряжений биполярного транзистора выполнен без учета заданного режима его работы, полученные семейства статических характеристик недостаточно обоснованы, Программные средства моделирования не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 13-14 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если экспериментальные и расчетные части задания выполнены в полном объеме, полученные параметры и семейства статических характеристик обоснованы. Алгоритмы для моделирования семейства статических характеристик разработаны, но не достаточно оптимизированы. Программные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 15-17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ экспериментально измеренных значений токов и напряжений выполнен в полном объеме, параметры модели Эберса-Молла определены обоснованно. Алгоритмы для моделирования семейства статических характеристик разработаны и оптимизированы, выбор программных средств обоснован, оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.