

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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники
Кафедра электронных приборов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н. Хрусталеv В. А.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физические основы электроники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 2, семестры : 3 4

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр	
№	Вид деятельности	3	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4	3
2	Всего часов	144	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	81	78
4	Лекции, час.	36	36
5	Практические занятия, час.	18	18
6	Лабораторные занятия, час.	18	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18	18
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	7	4
10	Самостоятельная работа, час.	63	30
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	КР контр.	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	ДЗ	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

ФГОС введен в действие приказом №218 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 07.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

ЭП, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

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

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Бялик А. Д.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.
профессор, д.т.н. Макуха В. К.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования; в части следующих результатов обучения:
з2. основы физики вакуума, плазмы и твердого тела;
з3. принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;
Компетенция ФГОС: ПК.3 готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций; в части следующих результатов обучения:
у1. применять методы расчета параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;
Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; в части следующих результатов обучения:
з2. конструкции, параметры, характеристики приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;
у1. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Физические основы электроники	
ПК.1.з2 основы физики вакуума, плазмы и твердого тела;	
1.о методах анализа, используемых в физике полупроводниковых приборов.	Лекции; Самостоятельная работа
2.о новейших методах экспериментальных исследований твердотельных приборов и структур.	Лекции; Самостоятельная работа
3.о перспективных направлениях развития твердотельной электроники.	Лекции; Самостоятельная работа
4.О структурной модели ВППУ	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
5.О физических процессах, лежащих в основе каждого узла модели	Лекции; Самостоятельная работа
6.Об основных типах ВППУ, их возможностях и областях применения	Лекции; Самостоятельная работа
7.Принципы формирования электронных потоков и лучей	Лекции; Самостоятельная работа
8.Физические процессы в ионизированном газе	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.з3 принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;	
9.Основные характеристики полупроводниковых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
10.Основы эмиссионной электроники	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
11.Эффекты взаимодействия электронного потока с твердыми телами	Лекции; Самостоятельная работа

12. принцип действия и характеристики электронно-лучевых приборов	Лекции; Самостоятельная работа
13. принцип действия и характеристики приборов плазменной электроники	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.y1 применять методы расчета параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и наноэлектроники;	
14. Методы расчета основных электрических параметров	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
15. использовать основы теории твердого тела для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в приборах	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
16. представлять результаты решения отдельных задач, в том числе результаты курсового проектирования в удобной для восприятия форме	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17. Планирование своей деятельности при изучении дисциплины, выполнении курсовой работы, а также при проведении экспериментов на лабораторных занятиях	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
18. Предложение гипотез о возможных несовпадениях экспериментальных результатов исследования с результатами расчетов параметров модели системы	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.5.z2 конструкции, параметры, характеристики приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;	
19. Типовые программные продукты, используемые для создания приборов твердотельной электроники	Практические занятия; Лабораторные работы
ПК.5.y1 владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и наноэлектроники;	
20. выдвигать и проверять гипотезы, делать обоснованный выбор методов исследования свойств полупроводниковых приборов	Практические занятия; Лабораторные работы
21. Исследование работы ВППУ и измерению их параметров	Практические занятия; Лабораторные работы
22. Моделирование физических процессов, происходящих в ВППУ	Практические занятия; Лабораторные работы

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Структурная модель ВППУ, физические процессы				
7. Структурная модель ВППУ - три основных узла любого электронного прибора. Эмиссионный узел.	0	2	10, 11, 12, 13, 4, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Работа выхода, контактная разность потенциалов. Виды и законы эмиссии. Законы движения частиц, электронные линзы. Токотпрохождение в вакууме и газе				
13. Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов, виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной)	0	4	10, 11, 12, 13, 4, 5, 7, 8, 9	Лекционное занятие

14. Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала). Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая. Аберрации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая аберрация	0	5	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
15. Токопрохождение в вакууме и газе. Распределение потенциалов. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения	0	2	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
16. Характеристики диодного пространства а) вакуумного, б) газонаполненного с холодным катодом. Виды разрядов, основные процессы в плазме	0	5	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Приборы с квазистатическим управлением. Вакуумные и плазменные приборы. приборы плазменной электроники				
18. Формирование управляемого электронного потока. Иммерсионный объектив, назначение, конструкции. Формирование электронного луча. Устройство электронной пушки. Расчет оптической силы фокусирующей линзы по диаметру пятна на экране	0	3	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
19. Формирование интенсивных электронных и ионных потоков. Принцип построения пушек Пирса	0	2	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Электронно-лучевые приборы. фотоэлектронные приборы				
24. Примеры вакуумных приборов с квазистатическим управлением. Интегральные усилители на их основе. Диод, триод, тетрод. Основные параметры, характеристики	0	4	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
25. Электронно-лучевые приборы. Осциллографические трубки (ОЭЛТ). Назначение, конструкция, распределение потенциалов, траектории периферийных электронов. Назначение каждого узла ОЭЛТ. Системы послеускорения и послеотклонения. Основные виды аберраций в ОЭЛТ. Параметры	0	3	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие

26. Фотоэлектронные приборы. Фотоэлектронные умножители. Электронно-оптические преобразователи. Конструкции, параметры, характеристики, области применения.	0	3	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
27. Приборы плазменной электроники. Стабилитрон, плазменные панели, ртутный вентиль	0	3	10, 11, 12, 13, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Лекционное занятие
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Физические свойства р-п-переходов и контактов металл-полупроводник				
1. Физические свойства р-п-переходов. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь между зарядами и электрическими полями в полупроводниках	0	2	1, 14, 9	Лекционное занятие
2. Потенциальный барьер и р-п-переход. Контактная разность потенциалов в р-п-переходе. Зависимость ширины ОПЗ от внешнего напряжения. Емкость р-п-перехода.	0	2	1, 14, 9	Лекционное занятие
3. Неравновесные носители и генерационно-рекомбинационные процессы. Распределение носителей вблизи р-п-перехода. Инжекция и эффективность эмиттера. Генерационно-рекомбинационный ток в ОПЗ перехода. Нестационарное распределение носителей заряда вблизи перехода. Дифференциальная проводимость и диффузионная емкость. Модель диода на высоких частотах. Переключение диода из прямого направления в обратное.	0	3	1, 14, 2, 9	Лекционное занятие
4. Гетеропереходы и контакты металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Электронный и дырочный ток в гетеропереходе. Свойства контакта металл-полупроводник. Токи в контакте металл-полупроводник	0	3	1, 14, 2, 9	Лекционное занятие

5. Туннельные диоды. Вольтамперная характеристика туннельного диода Эквивалентная схема и частотные свойства. Резонансный туннельный диод	0	2	1, 14, 2, 9	Лекционное занятие
6. Пробой р-п-перехода Лавинное умножение. Коэффициент ионизации при лавинном пробое. Коэффициент умножения в р-п-переходе Зависимость напряжения пробоя от легирования и температуры Тепловой пробой	0	2	1, 14, 2, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Процессы в биполярных транзисторных структурах				
8. Процессы в биполярных транзисторах .Р-п-р и п-р-п транзисторные структуры. Статические ВАХ в схемах ОБ и ОЭ. Распределение носителей в базе транзистора. Время диффузии сквозь базу и коэффициент передачи тока. Модель транзистора в режиме большого сигнала. Модуляция базы коллекторным напряжением. Обратная связь и выходная проводимость транзистора. У- и Н-параметры транзисторов. Схемы ОБ, ОЭ и ОК.	0	3	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
9. Частотные и импульсные свойства биполярных тран-зисторов. Частотная зависимость коэффициента передачи тока в схемах ОБ и ОЭ. Модель транзистора на ВЧ. Влияние емкостей переходов и сопротивления базы Импульсные свойства транзисторов. Транзисторы в режиме переключения. Изменение заряда в базе при переключении транзистора. Длительность фронта, спада и рассасывания при переключении транзистора постоянным базовым током	0	3	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
10. Физическая структура и топология биполярного тран-зистора интегральных схем. Назначение скрытого слоя и разделительной диффузии в интегральном транзисторе Эквивалентная схема интегрального транзистора.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
11. Особенности транзисторов СВЧ диапазона. Кремние-вые СВЧ транзисторы. Максимальная частота и мощ-ность.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие

12. Тиристоры. Принцип действия тиристора. ВАХ тиристорной структуры. Влияние тока управления на ВАХ тиристора. Включение тиристора по цепи управления. Выключение тиристора по анодной цепи. Основные параметры и предельно допустимые режимы работы тиристоров. Симметричные тиристоры. Запираемые тиристоры.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: Свойства полевых транзисторов				
17. Кремниевые полевые транзисторы. Вольтамперная характеристика полевого транзистора с управляющим р-п-переходом. Транзисторы со статической индукцией.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
Дидактическая единица: МДП-структуры. Приборы с зарядовой связью. Оптоэлектронные приборы.				
20. Физические свойства МДП структур. Классификация зарядов в окисле и свойства поверхностных состояний. Энергетическая диаграмма МДП структуры. Напряжение плоских зон. Распределение потенциала в полупроводнике при обеднении и инверсии.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
21. Особенности транзисторов со структурой МДП. Пороговое напряжение МДП транзистора. Заряд в канале и ВАХ транзистора в крутой области. Влияние подложки на ВАХ транзистора. ВАХ МДП транзистора в пологой области. Конструкции МДП транзисторов интегральных схем.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
22. Приборы с зарядовой связью. Режим неравновесного обеднения МДП структуры. ПЗС со скрытым каналом.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие
23. Оптоэлектронные приборы и устройства. Действие света на р-п-переход. Фотодиоды и ФГЭ. Светодиоды и полупроводниковые лазерные диоды. Оптроны и оптоэлектронные ИС.	0	2	1, 14, 2, 3, 9	Лекционное занятие

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
-------------------------	----------------------	------	-------------------------------	----------------------

Семестр: 3				
Дидактическая единица: Приборы с квазистатическим управлением. Вакуумные и плазменные приборы. приборы плазменной электроники				
8. Исследование тлеющего разряда	2	5	14, 16, 17, 18, 21, 22	Студенты исследуют вольтамперную характеристику устройства при различных расстояниях между катодом и анодом, высказывают гипотезы по причинам их различия
Дидактическая единица: Электронно-лучевые приборы. фотоэлектронные приборы				
5. Исследование термоэлектронной эмиссии	2	4	16, 17, 18, 19, 21, 22	Получение участка вольтамперной характеристики исследуемого диода, соответствующий режиму пространственно-зарядного ограничения
6. Исследование фотоэлектронной эмиссии	2	4	15, 16, 17, 18, 21, 22	Студенты получают вольт - амперные характеристики диода с фотокатодом при различных световых потоках и потоках с определенной длиной волны
7. Управление электронным потоком на примере осциллографической электронно-лучевой трубки.	2	5	14, 16, 17, 18, 20, 21, 22	исследует процесс фокусировки электронного пучка, наблюдая и фиксируя изменение диаметра пятна на экране при изменении соотношения потенциалов на электродах одиночной линз
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Физические свойства р-п-переходов и контактов металл-полупроводник				
1. Полупроводниковые диоды	2	4	14, 15, 16, 19, 20	Знакомится с методами измерений вольт-амперных характеристик прибо-ра.
2. Стабилитроны	2	4	14, 15, 16, 19, 20	Измеряет характеристики и по ним определяет статические параметры.
Дидактическая единица: Процессы в биполярных транзисторных структурах				
3. Биполярный транзи-стор в схеме ОБ	2	5	14, 15, 16, 19, 20	Знакомится с методами измерений. Анализирует температурные зависимости параметров
4. Тиристор	3	5	14, 15, 16, 19, 20	Выбирает методику построения ВАХ прибора, сравнивает различные методы определения параметров.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				

Дидактическая единица: Работа выхода, контактная разность потенциалов. Виды и законы эмиссии. Законы движения частиц, электронные линзы. Токопрохождение в вакууме и газе				
9. Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов, виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной)	3	6	18, 20, 21, 22	Решение задач
10. Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала). Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая. Аберрации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая аберрация	3	6	10, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 4	Решение задач
11. Токопрохождение в вакууме и газе. Распределение потенциалов. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения	3	4	14, 16, 17, 18, 21, 22	Решение задач
Дидактическая единица: Приборы с квазистатическим управлением. Вакуумные и плазменные приборы. приборы плазменной электроники				
12. Приемник заряженных частиц. Основные процессы, происходящие при бомбардировке твердого тела заряженными частицами: люминесценция, зарядка мишени. Потенциал мишени при бомбардировке электронным лучом, измерение тока электронного луча, алюминирование экрана	1	2	13, 14, 16, 17, 18, 21, 22	Решение задач
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Физические свойства р-п-переходов и контактов металл-полупроводник				
1. Генерационно-рекомбинационные процессы и ВАХ Р-N-перехода.	2	4	14, 15, 16, 19, 20	Студенты знакомятся с модельными представлениями о токах через Р-N переход.
2. Туннелирование в Р-N-переходе.	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Проводит расчет коэффициента прозрачности барьера, исходя из параметров полупроводникового материала, и проводит анализ процессов переноса заряда через р-п- переход.

3. Построение зонной диаграммы и расчет эффективности широкозонного эмиттера.	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Построение зонной диаграммы и расчет эффективности широкозонного эмиттера.
4. Транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник.	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Решает задачу определения оптимального сочетания исходных параметров материалов
5. Контакт металл-полупроводник	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Анализ использования различных приближений
6. Лавинное умножение.	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Расчет коэффициента ионизации в зависимости от напряженности поля и коэффициента умножения в переходе.
Дидактическая единица: Процессы в биполярных транзисторных структурах				
7. Биполярные транзисторы	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Делает оценки для различных концентраций в базе и эмиттере, анализирует полученные результаты
Дидактическая единица: Свойства полевых транзисторов				
8. Полевые транзисторы	1	2	14, 15, 16, 19, 20	Построение модели транзистора с управляющим р-п-переходом и диодом Шоттки в качестве затвора.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	14, 17, 6, 9	15	0
: Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060				
2	Курсовая работа	12, 16, 3, 6	15	0
: Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011				
3	Подготовка к занятиям	10, 3, 4	10	5
: Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011				
4	Подготовка к занятиям	12, 18, 5	13	0

: Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100 - Электроника и микроэлектроника и 210600 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин и др.]. - Новосибирск, 2009. - 63, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000111662 Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060				
5	Дополнительная учебная деятельность	16, 18, 3, 5, 9	0	0
: Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060				
6	Подготовка к аттестации	13, 17, 4, 8	10	2
: Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника " для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263				
Семестр: 4				
1	Контрольные работы	11, 15, 3, 9	5	0
: Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011				
2	РГЗ	2, 3	15	2
: Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060				
3	Подготовка к занятиям	12, 14, 18, 2, 6	10	2
: Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100 - Электроника и микроэлектроника и 210600 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин и др.]. - Новосибирск, 2009. - 63, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000111662				
4	Дополнительная учебная деятельность	11, 17, 2, 7	0	0
: Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060				
5	Подготовка к аттестации	1, 13, 9	0	0
: Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011				

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	Портал НГТУ
Консультирование	Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

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: 3		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника " для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263 "		
<i>Практические занятия:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника " для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263 "		
<i>Контрольные работы:</i>	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника " для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263 "		
<i>Курсовая работа:</i>	50	100 (в состав баллов за КР)
Контролирующие материалы приводятся в "Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника " для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263 "		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника " для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263 "		
Семестр: 4		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011 "		
<i>Практические занятия:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011 "		
<i>Контрольные работы:</i>	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011 "		

РГЗ:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011 "		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011 "		

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

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Защита КП/КР	Зачет
ПК.1	з2. основы физики вакуума, плазмы и твердого тела;	+	+	+	+
	з3. принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;	+			+
ПК.3	у1. применять методы расчета параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;				+
ПК.5	з2. конструкции, параметры, характеристики приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;				+
	у1. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;	+			+

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

7. Литература

Основная литература

1. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электроника и микроэлектроника" и по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электроника и микроэлектроника"] / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - М., 2006. - 478, [1] с. : ил.
2. Петров К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : учебное пособие для вузов / К. С. Петров. - СПб. [и др.], 2006. - 521 с. : ил.
3. Лисицына Л. И. Расчет и конструирование приборов отображения информации. Ч. 1 : [учебное пособие] / Л. И. Лисицына ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 70, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000163988
4. Лисицына Л. И. Вакуумные и плазменные приборы. Ч. 1 : учебное пособие / Л. И. Лисицына ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 40, [4] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000182161
5. Шука А. А. Электроника : [учебное пособие для вузов по направлению 654100 "Электроника и микроэлектроника"] / А. А. Шука ; под ред. А. С. Сигова. - СПб., 2006. - 799 с. : ил.
6. Сушков А. Д. Вакуумная электроника : физико-технические основы : учебное пособие для вузов по направлениям "Электроника и микроэлектроника" / А. Д. Сушков. - СПб. [и др.], 2004. - 462 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Тугов Н. М. Полупроводниковые приборы : Учебник для вузов по спец. "Пром. электроника" / Н. М. Тугов, Б. А. Глебов, Н. А. Чарыков; Под ред. В. А. Лабунцова. - М., 1990. - 576 с. : ил.
2. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника / Л. Росадо ; пер. с исп. С. И. Баскакова ; под ред. В. А. Терехова. - М., 1991. - 350, [1] с. : ил.
3. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники : [учебное пособие для вузов] / И. П. Степаненко. - М., 2004. - 488 с. : ил.
4. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 1 : В 2 кн. : Пер. с англ. / Под ред. Р. А. Суриса. - М., 1984. - 455 с. : ил.
5. Берковский А. Г. Вакуумные фотоэлектронные приборы / А. Г. Берковский, В. А. Гаванин, И. Н. Зайдель. - М., 1988. - 272 с. : ил.
6. Катус Г. П. Электронно-лучевые информационные устройства. - Киев, 1987. - 302, [1] с.
7. Быстров Ю. А. Электронные приборы для отображения информации / Ю. А. Быстров, И. И. Литвак, Г. М. Персианов. - М., 1985. - 238, [1] с. : ил.

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. Элементная база электроники : методическое руководство к лабораторным работам для РЭФ направления 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" по дисциплине "Элементная база электроники" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2012. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171011
2. Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060
3. Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100 - Электроника и микроэлектроника и 210600 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин и др.]. - Новосибирск, 2009. - 63, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000111662
4. Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Вакуумная и плазменная электроника" для 3 курса РЭФ направления 210100 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Б. Беркин, Л. И. Лисицына, С. А. Чипурнов]. - Новосибирск, 2012. - 64, [1] с. : схемы, граф.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000169263

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	МИКРОАМПЕРМЕТР Ф-214-1/9	Используется в учебном процессе для выполнения лабораторных работ
2	ГЕНЕРАТОР Г5-54 импульсов	Используется в учебном процессе для выполнения лабораторных работ
3	ИСТОЧНИК ВИП-009	Используется в учебном процессе для выполнения лабораторных работ

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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники
Кафедра электронных приборов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы электроники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и наноэлектроника

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Физические основы электроники** 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)
ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	32. основы физики вакуума, плазмы и твердого тела;	Гетеропереходы и контакты металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Электрон-ный и дырочный ток в гетеропереходе. Свойства контакта металл-полупроводник. Токи в контакте металл-полупроводник Кремниевые полевые транзисторы. Вольтамперная характеристика полевого транзистора с управляющим р-п-переходом. Транзисторы со статической индукцией. Неравновесные носители и генерационно-рекомбинационные процессы. Распределение носителей вблизи р-п-перехода. Инжекция и эффективность эмиттера. Генерационно-рекомбинационный ток в ОПЗ перехода. Нестационарное распределение носителей заряда вблизи перехода. Дифференциальная проводимость и диффузионная емкость. Модель диода на высоких частотах. Переключение диода из прямого направления в обратное. Оптоэлектронные приборы и устройства. Действие света на р-п-переход. Фотодиоды и ФГЭ. Светодиоды и полупроводниковые лазерные диоды. Оптроны и оптоэлектронные ИС. Особенности транзисторов СВЧ диапазона. Кремние-вые СВЧ транзисторы. Максимальная частота и мощность. Особенности транзисторов со структурой МДП. По-роговое напряжение МДП транзистора. Заряд в канале и ВАХ транзистора в крутой области. Влияние подложки на ВАХ транзистора. ВАХ МДП	Зачет, Контрольные работы, РГЗ	1-16 (из списка вопросов за 3семестр), 1-36 (из списка вопросов за 4 семестр)

		транзистора в пологой области. Конструкции МДП транзисторов интегральных схем. Потенциальный барьер и р-п-переход. Контактная разность потенциалов в р-п-переходе Зависимость ширины ОПЗ от внешнего напряжения. Емкость р-п-перехода. Приборы плазменной электроники. Стабилитрон, плазменные панели, ртутный вентиль Приборы с зарядовой связью. Режим неравновесного обеднения МДП структуры. ПЗС со скрытым каналом. Примеры вакуумных приборов с квазистатическим управлением. Интегральные усилители на их основе. Диод, триод, тетрод. Основные параметры, характеристики Пробой р-п-перехода Лавинное умножение. Коэффициент ионизации при лавинном пробое. Коэффициент умножения в р-п-переходе Зависимость напряжения пробоя от легирования и температуры Тепловой пробой Процессы в биполярных транзисторах .Р-п-р и п-р-п транзисторные структуры. Статические ВАХ в схемах ОБ и ОЭ. Распределение носителей в базе транзистора. Время диффузии сквозь базу и коэффициент передачи тока. Модель транзистора в режиме большого сигнала. Модуляция базы коллекторным напряжением. Обратная связь и выходная проводимость транзистора. У- и Н-параметры транзисторов. Схемы ОБ, ОЭ и ОК. Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов, виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной) Структурная модель ВППУ - три основных узла любого электронного прибора. Эмиссионный узел. Тиристоры. Принцип действия тиристора. ВАХ тиристорной структуры Влияние тока управления на ВАХ тиристора. Включение тиристора по цепи управления. Выключение		
--	--	--	--	--

		тиристора по анодной цепи. Основные па-раметры и предельно допустимые режимы работы тиристорov. Симметричные тиристоры. Запираемые тиристоры. Токопрохождение в вакууме и газе. Распределение потенциалов. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения Туннельные диоды. Вольтамперная характеристика туннельного диода Эквивалентная схема и частотные свойства. Резонансный туннельный диод Физическая структура и топология биполярного транзистора интегральных схем. Назначение скрытого слоя и разделительной диффузии в интегральном транзисторе Эквивалентная схема интегрального транзистора. Физические свойства р-п-переходов. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь между зарядами и электрическими полями в полупроводниках Физические свойства МДП структур. Классификация зарядов в окисле и свойства поверхностных состояний. Энергетическая диаграмма МДП структуры. Напряже-ние плоских зон. Распределение потенциала в полупро-воднике при обеднении и инверсии. Формирование интенсивных электронных и ионных потоков. Принцип построения пушек Пирса Формирование управляемого электронного потока. Иммерсионный объектив, назначение, конструкции. Формирование электронного луча. Устройство электронной пушки. Расчет оптической силы фокусирующей линзы по диаметру пятна на экране Фотоэлектронные приборы. Фотоэлектронные умножители. Электронно-оптические преобразователи. Конструкции, параметры, характеристики, области применения. Характеристики диодного пространства а) вакуумного, б) газонаполненного с холодным катодом. Виды разрядов, основные процессы в плазме		
--	--	--	--	--

		Частотные и импульсные свойства биполярных транзисторов. Частотная зависимость коэффициента передачи тока в схемах ОБ и ОЭ. Модель транзистора на ВЧ. Влияние емкостей переходов и сопротивления базы Импульсные свойства транзисторов. Транзисторы в режиме переключения. Изменение заряда в базе при переключении транзистора. Длительность фронта, спада и рассасывания при переключении транзистора постоянным базовым током Электронно-лучевые приборы. Осциллографические трубки (ОЭЛТ). Назначение, конструкция, распределение потенциалов, траектории периферийных электронов. Назначение каждого узла ОЭЛТ. Системы послеускорения и послеотклонения. Основные виды aberrаций в ОЭЛТ. Параметры Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала). Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая. Aberrации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая aberrация		
ПК.1	з3. принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;	Гетеропереходы и контакты металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Электрон-ный и дырочный ток в гетеропереходе. Свойства контакта металл-полупроводник. Токи в контакте металл-полупроводник Неравновесные носители и генерационно-рекомбинационные процессы. Распределение носителей вблизи р-п-перехода. Инжекция и эффективность эмиттера. Генерационно-рекомбинационный ток в ОПЗ перехода. Нестационарное распределение носителей заряда вблизи перехода. Дифференциальная проводимость и диффузионная емкость. Модель диода на высоких частотах. Переключение диода из прямого направления в обратное. Потенциальный барьер и р-п-переход.	Зачет, Контрольные работы, РГЗ	1-16 (из списка вопросов за 3семестр), 1-36 (из списка вопросов за 4 семестр)

		Контактная разность потенциалов в р-п-переходе Зависимость ширины ОПЗ от внешнего напряжения. Емкость р-п-перехода. Приборы плазменной электроники. Стабилитрон, плазменные панели, ртутный вентиль Примеры вакуумных приборов с квазистатическим управлением. Интегральные усилители на их основе. Диод, триод, тетрод. Основные параметры, характеристики Пробой р-п-перехода Лавинное умножение. Коэффициент ионизации при лавинном пробое. Коэффициент умножения в р-п-переходе Зависимость напряжения пробоя от легирования и температуры Тепловой пробой Процессы в биполярных транзисторах .Р-п-р и п-р-п транзисторные структуры. Статические ВАХ в схемах ОБ и ОЭ. Распределение носителей в базе транзистора. Время диффузии сквозь базу и коэффициент передачи тока. Модель транзистора в режиме большого сигнала. Модуляция базы коллекторным напряжением. Обратная связь и выходная проводимость транзистора. У- и Н-параметры транзисторов. Схемы ОБ, ОЭ и ОК. Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов, виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной) Структурная модель ВППУ - три основных узла любого электронного прибора. Эмиссионный узел. Туннельные диоды. Вольтамперная характеристика туннельного диода Эквивалентная схема и частотные свойства. Резонансный туннельный диод Физические свойства р-п-переходов. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь между зарядами и электрическими полями в полупроводниках Формирование интенсивных электронных и ионных потоков. Принцип построения		
--	--	---	--	--

		пушек Пирса Формирование управляемого электронного потока. Иммерсионный объектив, назначение, конструкции. Формирование электронного луча. Устройство электронной пушки. Расчет оптической силы фокусирующей линзы по диаметру пятна на экране Фотоэлектронные приборы. Фотоэлектронные умножители. Электронно-оптические преобразователи. Конструкции, параметры, характеристики, области применения. Характеристики диодного пространства а) вакуумного, б) газонаполненного с холодным катодом. Виды разрядов, основные процессы в плазме Частотные и импульсные свойства биполярных транзисторов. Частотная зависимость коэффициента передачи тока в схемах ОБ и ОЭ. Модель транзистора на ВЧ. Влияние емкостей переходов и сопротивления базы Импульсные свойства транзисторов. Транзисторы в режиме переключения. Изменение заряда в базе при переключении транзистора. Длительность фронта, спада и рассасывания при переключении транзистора постоянным базовым током Электронно-лучевые приборы. Осциллографические трубки (ОЭЛТ). Назначение, конструкция, распределение потенциалов, траектории периферийных электронов. Назначение каждого узла ОЭЛТ. Системы послеускорения и послеотклонения. Основные виды aberrаций в ОЭЛТ. Параметры Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала). Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая. Aberrации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая aberrация		
ПК.3 готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде	у1. применять методы расчета параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной,	Биполярные транзисторы Генерационно-рекомбинационные процессы и ВАХ P-N-перехода. Контакт металл-полупроводник Кремниевые полевые транзисторы.	Зачет, Контрольные работы, РГЗ	17-40 (из списка вопросов за 3семестр), 1-36 (из списка вопросов за 4 семестр)

научных отчетов, публикаций, презентаций	плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;	Вольтамперная характеристика полевого транзистора с управляющим р-п-переходом. Транзисторы со статической индукцией. Лавинное умножение. Неравновесные носители и генерационно-рекомбинационные процессы. Распределение носителей вблизи р-п-перехода. Инжекция и эффективность эмиттера. Генерационно-рекомбинационный ток в ОПЗ перехода. Нестационарное распределение носителей заряда вблизи перехода. Дифференциальная проводимость и диффузионная емкость. Модель диода на высоких частотах. Переключение диода из прямого направления в обратное. Полевые транзисторы Построение зонной диаграммы и расчет эффективности широкозонного эмиттера. Потенциальный барьер и р-п-переход. Контактная разность потенциалов в р-п-переходе Зависимость ширины ОПЗ от внешнего напряжения. Емкость р-п-перехода. Приемник заряженных частиц. Основные процессы, происходящие при бомбардировке твердого тела заряженными частицами: люминесценция, зарядка мишени. Потенциал мишени при бомбардировке электронным лучом, измерение тока электронного луча, алюминирование экрана Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов, виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной) Тиристоры. Принцип действия тиристора. ВАХ тиристорной структуры Влияние тока управления на ВАХ тиристора. Включение тиристора по цепи управления. Выключение тиристора по анодной цепи. Основные параметры и предельно допустимые режимы работы тириستоров. Симметричные тиристоры. Запираемые тиристоры. Токопрохождение в вакууме и		
--	---	---	--	--

		газе. Распределение потенциалов. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения Транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник. Туннелирование в P-N-переходе. Физические свойства р-п-переходов. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь между зарядами и электрическими полями в полупроводниках Частотные и импульсные свойства биполярных транзисторов. Частотная зависимость коэффициента передачи тока в схемах ОБ и ОЭ. Модель транзистора на ВЧ. Влияние емкостей переходов и сопротивления базы Импульсные свойства транзисторов. Транзисторы в режиме переключения. Изменение заряда в базе при переключении транзистора. Длительность фронта, спада и рассасывания при переключении транзистора постоянным базовым током Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала). Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая. Аберрации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая аберрация		
ПК.5 готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	32. конструкции, параметры, характеристики приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники;	Биполярные транзисторы Генерационно-рекомбинационные процессы и ВАХ P-N-перехода. Контакт металл-полупроводник Лавинное умножение. Полевые транзисторы Построение зонной диаграммы и расчет эффективности широкозонного эмиттера. Тиристор Транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник. Туннелирование в P-N-переходе.	Зачет, Контрольные работы, РГЗ	1-16 (из списка вопросов за 3семестр), 20-36 (из списка вопросов за 4 семестр)
ПК.5	у1. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств	Биполярные транзисторы Генерационно-рекомбинационные процессы и ВАХ P-N-перехода. Контакт металл-полупроводник Лавинное умножение. Полевые транзисторы Построение	Зачет, Контрольные работы, РГЗ	1-40 (из списка вопросов за 3семестр), 20-36 (из списка вопросов за 4 семестр)

	вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и наноэлектроники;	зонной диаграммы и расчет эффективности широкозонного эмиттера. Приемник заряженных частиц. Основные процессы, происходящие при бомбардировке твердого тела заряженными частицами: люминесценция, зарядка мишени. Потенциал мишени при бомбардировке электронным лучом, измерение тока электронного луча, алюминирование экрана. Работа выхода твердых тел, контактная разность потенциалов, виды и законы различных видов эмиссий (термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторичной, ионно-электронной, фотоэлектронной) Токопрохождение в вакууме и газе. Распределение потенциалов. Законы тока для вакуумного и газового пространства. Режимы насыщения и пространственно-зарядного ограничения Транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник. Туннелирование в P-N-переходе. Электростатические линзы (линза-диафрагма, иммерсионная, одиночная; цилиндрическая; квадрупольная; электронные зеркала). Магнитные линзы: длинная магнитная линза, короткая. Аберрации линз: сферическая, дисторсия. Хроматическая аберрация		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1, ПК.3, ПК.5.

Зачет 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 являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются контрольная работа, курсовая работа. Требования к выполнению контрольной работы, курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы, курсовой работы.

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 компетенций ПК.1, ПК.3, ПК.5, 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. Оценка составляет 0-49 баллов.

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. Оценка составляет 50-74 баллов.

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. Оценка составляет 75-89 баллов.

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. Оценка составляет 90-100 баллов.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники
Кафедра электронных приборов

Паспорт зачета

по дисциплине «Физические основы электроники», 3 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-20, второй вопрос из диапазона вопросов 21-40 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Физические основы электроники»

1. Вопрос 1. Формула скорости заряженной частицы в электромагнитных полях.

2. Вопрос 2. Динамический режим триода.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

3. Критерии оценки

- Ответ на билет (тест) для зачета 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 0-9 баллов.
- Ответ на билет (тест) для зачета засчитывается на пороговом уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 10-13 баллов.

- Ответ на билет (тест) для зачета 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 14-17 баллов.
- Ответ на билет (тест) для зачета 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 18-20 баллов.

4. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

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

5. Вопросы к зачету по дисциплине «Физические основы электроники»

1. Однородное электрическое поле.
2. Формула скорости заряженной частицы в электромагнитных полях.
3. Работа выхода электрона из металла и полупроводника. Оксидный катод.
4. Контактная разность потенциалов.
5. Вторичная электронная эмиссия.
6. Фотоэлектронная эмиссия.
7. Ионно-электронная эмиссия.
8. Траектория заряженной частицы в однородном электрическом поле.
9. Оптико-механическая аналогия.
10. Линза диафрагмы.
11. Иммерсионная линза.
12. Одиночная линза.
13. Квадрупольная линза.
14. Длинная магнитная линза.
15. Короткая магнитная линза.
16. Сферическая абберация.
17. Дисторсия.
18. Искровой разряд.
19. Коронный разряд.
20. Тлеющий разряд.
21. Стабилитрон.
22. Система послеускорения в осциллографической ЭЛТ.
23. Иммерсионный объектив.
24. Отклоняющая система в осциллографической ЭЛТ.
25. Вакуумный диод. Анодная характеристика.
26. ВАХ газонаполненного двухэлектродного прибора с холодным катодом.
27. Газонаполненный знаковый индикатор.
28. Распределение потенциалов в осциллографической ЭЛТ, траектории периферийных электронов от катода до экрана.

29. Фотоэлектронный умножитель.
30. Электроннооптический преобразователь.
31. Диссектор.
32. Механическая развёртка изображения в передающем приборе.
33. Диод. Анодная характеристика.
34. Динамический режим триода.
35. Запоминающий прибор с длительным воспроизведением записи.
36. Кинескоп чёрно-белого изображения.
37. Плазмотрон.
38. Видикон.
39. Конструкция газонаполненного лазера.
40. Триод. Анодносеточная характеристика.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физические основы электроники», 3 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме (темам) первой половины части курса
ФОЭ, читаемого в 3 семестре, включает 5 задания. Выполняется письменно.

Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается невыполненной, если тема раскрыта менее, чем на 50%. Оценка составляет 0-19 баллов.

Работа выполнена на пороговом уровне, если тема раскрыта на 50-70%. Оценка составляет 20-30 баллов.

Работа выполнена на базовом уровне, если тема раскрыта на 70-90%. Оценка составляет 31-36 баллов.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если тема раскрыта на 90-100%. Оценка составляет 37-40 баллов.

Максимальная оценка за контрольную работу составляет 40 баллов

2. Шкала оценки

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

Максимальная оценка по дисциплине составляет 100 баллов. Оценка за контрольную работу входит в итоговую как составная часть.

3. Пример варианта контрольной работы

Вариант типового задания для контрольной работы.

Пример 1

1. Траектория заряженной частицы в однородном электрическом поле, её зависимость от заряда и массы частицы.
2. Основной критерий непараксиальности электронов.
3. Условие возникновения коронного разряда.
4. Дана зависимость диаметра пятна на экране от соотношения потенциалов на электродах собирающей линзы.
Нарисовать траекторию электрона от кроссовера до экрана для точки, расположенной на возрастающей ветви зависимости.
5. Аберрация – кома.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Физические основы электроники», 3 семестр

1. Методика оценки.

Задание на курсовую работу студенты получают на 2 неделе 5-го семестра. Срок защиты курсовой работы - 15-16 недели, объем работы - 30 час. Курсовая работа может быть двух типов: расчетная и реферативная.

При выполнении курсовой работы первого типа студент изучает соответствующие разделы курса, обосновывает выбранную расчетную модель, выполняет расчеты и, делает выводы.

При выполнении курсовой работы второго типа студент подробно изучает конструкцию и принцип работы определенного прибора, физические процессы, на использовании которых построен прибор, делает обзор литературы по данному прибору.

Работа оформляется в виде пояснительной записки. В процессе защиты курсовой работы студент должен проявить соответствующие знания и умения.

2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если не выработана и не обоснована (не полностью обоснована) основная расчетная модель задания, оценка составляет 0-49 баллов.
- работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если присутствуют несущественные ошибки в основных расчетах, оценка составляет 50-74 баллов.
- работа считается выполненной **на базовом** уровне, если основные расчеты выполнены правильно, но присутствуют ошибки счета, оценка составляет 75-89 баллов.
- работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все расчеты проведены верно, сделаны соответствующие выводы по работе, оценка составляет 90-100 баллов.

3. Шкала оценки.

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

Максимальное количество баллов за курсовой проект – 100.

Итоговый рейтинг	Оценка за курсовой проект
Более 89 баллов	Отлично
От 75 до 89 баллов	Хорошо
От 50 до 74 баллов	Удовлетворительно
0-49 баллов	Неудовлетворительно

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

1. Плазменные индикаторы.
2. Иконоскоп.
3. Супериконоскоп.
4. Ортикон.
5. Суперортикон.
6. Видикон.
7. Супервидикон.
8. Пушки Пирса.
9. Потенциалоскоп с длительным воспроизведением записи.
10. Усилитель яркости.
11. Современные кинескопы для цветного телевидения.
12. Плоские кинескопы.
13. Просвечивающие электронные микроскопы.
14. Растровые электронные микроскопы.
15. Плазмотроны.
16. Генераторные лампы.
17. Осциллографические электронно-лучевые трубки.
18. Кинескоп чёрно-белого изображения.
19. Электронно-оптические преобразователи.
20. Фотоэлектронные умножители.
21. Графekon.

Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Принцип работы прибора.
2. Физические процессы, на которых основана работа основных узлов прибора.
3. Эмиссионный узел.
4. Пространство дрейфа в приборе.
5. Коллекторный узел.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники
Кафедра электронных приборов

Паспорт зачета

по дисциплине «Физические основы электроники», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной (письменной) форме, по билетам (тестам). Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-14, второй вопрос из диапазона вопросов 15-36 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Физические основы электроники»

1. Вопрос 1. Явления переноса зарядов в полупроводниках. Диффузия НЗ. Диффузионные токи.

2. Вопрос 2. Составляющие тока базы БТ с ОБ.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет (тест) для зачета 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 0-9 баллов.
- Ответ на билет (тест) для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные,

оценка составляет 10-13 *баллов*.

- Ответ на билет (тест) для зачета 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 14-17 *баллов*.
- Ответ на билет (тест) для зачета 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 18-20 *баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

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

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Физические основы электроники»

1. Статистика Ферми-Дирака. Равновесная концентрация носителей заряда.
2. Уровень Ферми. Собственная концентрация носителей заряда.
3. Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.
4. Равновесная концентрация носителей заряда в примесных полупроводниках. Закон действующих масс.
5. Температурные зависимости концентрации носителей заряда (объяснить).
6. Явления переноса зарядов в полупроводниках. Дрейф НЗ. Дрейфовые токи.
7. Явления переноса зарядов в полупроводниках. Диффузия НЗ. Диффузионные токи.
8. Электронно-дырочный переход. Процессы, происходящие при образовании электронно-дырочного перехода.
9. Зонные (энергетические) диаграммы электронно-дырочного перехода (в равновесном состоянии, при наличии смещения).
10. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Вывод выражений. Свойства, вытекающие из выражений для высоты потенциального барьера.
11. Электронно-дырочный переход при нарушении условий термодинамического равновесия.
12. Определение границ и толщины электронно-дырочного перехода
13. Барьерная емкость электронно-дырочного перехода. Вывод выражений.
14. ВАХ электронно-дырочного перехода. Вывод выражений.
15. Полупроводниковые диоды. Разновидности. Выражение для ВАХ идеализированного полупроводникового диода.
16. Факторы, приводящие к отличию ВАХ реального от идеализированного диода.

17. Температурные зависимости обратных токов полупроводниковых диодов.
18. Температурные зависимости прямых напряжений полупроводниковых диодов.
19. Контакт «Металл - полупроводник». Работа выхода. Диод Шоттки.
20. Контакт «Металл - полупроводник». Омический контакт.
21. Пробой электронно-дырочного перехода. Лавинный пробой.
22. Туннельный пробой.
23. Тепловой пробой.
24. Стабилитроны. Параметры стабилитронов. Пути снижения ТКН.
25. Биполярный транзистор. Структура. Режимы работы.
26. Принцип действия биполярного транзистора в режиме с ОБ.
27. Входные и выходные ВАХ БТ с ОБ. Расчет коэффициента усиления.
28. Коэффициент передачи тока α .
29. Составляющие тока базы БТ с ОБ.
30. h - параметры (физический смысл, вывод). Эквивалентные схемы.
31. Тиристор. Структура. Принцип действия
32. Параметры и ВАХ тиристора.
33. Полевой транзистор с управляющим р-п -переходом. Структура и принцип действия.
34. Выходные и передаточные ВАХ ПТУП. Графики и выражения
35. Полевой транзистор с изолированным затвором. Структура и принцип действия МДП транзистора с индуцированным каналом.
36. Выходные и передаточные ВАХ МДП транзистора с индуцированным каналом. Графики и выражения.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физические основы электроники», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме (темам) первой половины части курса ФОЭ, читаемого в 4 семестре, включает 2 задания. Выполняется письменно.

Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается невыполненной, если тема раскрыта менее, чем на 50%. Оценка составляет 0-9 баллов.

Работа выполнена на пороговом уровне, если тема раскрыта на 50-70%. Оценка составляет 10-13 баллов.

Работа выполнена на базовом уровне, если тема раскрыта на 70-90%. Оценка составляет 14-17 баллов.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если тема раскрыта на 90-100%. Оценка составляет 18-20 баллов.

Максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов

2. Шкала оценки

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

Максимальная оценка по дисциплине составляет 100 баллов. Оценка за контрольную работу входит в итоговую как составная часть.

3. Пример варианта контрольной работы

Вариант типового задания для контрольной работы.

1. Привести и объяснить статистику Ферми-Дирака.
2. Нарисовать и объяснить зонные (энергетические) диаграммы электронно-дырочного перехода (в равновесном состоянии, при наличии смещения).

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физические основы электроники», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны решить набор задач в рамках изучаемого курса.

Обязательные структурные части РГЗ: 10 расчетных заданий в рамках изучаемого курса

Оцениваемые позиции: общая стратегия решения, вывод рабочих формул, математические вычисления

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), оценка составляет 0-9 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: не оптимально выбрана стратегия решения задач, оценка составляет 10-13 баллов, имеются ошибки в вычислениях
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если оптимально выбрана стратегия решения задач, приведены правильно выведенные рабочие формулы, однако имеются ошибки в вычислениях, оценка составляет 14-17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если оптимально выбрана стратегия решения задач, приведены правильно выведенные рабочие формулы, отсутствуют ошибки вычислениях, 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.

Максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов

Максимальная оценка по дисциплине составляет 100 баллов. Оценка за РГЗ входит в итоговую как составная часть.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Определить отношение концентраций электронов в собственных германии и кремнии при температурах T_1 и T_2 к концентрации электронов при комнатной температуре ($T = 300$ К). Считать, что эффективные плотности состояний в зоне проводимости N_C и в валентной зоне N_V не зависят от температуры. Вычислить значения удельного сопротивления для германия ρ_{Ge} и кремния ρ_{Si} при температурах T_1 и T_2 . Считать, что удельное сопротивление собственного германия при комнатной температуре ρ_{Ge} , собственного кремния – ρ_{Si} , а подвижность электронов μ_n не зависит от температуры.

2. Найти положение уровня Ферми в собственном германии при $T = 300$ К, если известно, что эффективные массы электронов и дырок равны $m_n = x_1 \cdot m_0$ и $m_p = x_2 \cdot m_0$ соответственно, где m_0 – масса свободного электрона.

3 Имеется кремниевый р-п переход, удельные проводимости р – и п – областей которого равны σ_p , σ_n соответственно. Подвижности электронов и дырок равны μ_n и μ_p соответственно. $T = 300$ К. Определить контактную разность потенциалов ϕ_k , ширину р-п перехода со стороны р- и п- областей d_n и d_p соответственно, и полную ширину перехода d , а также максимальную величину напряженности электрического поля перехода E_M . Как изменится высота потенциального барьера ϕ , если к р-п переходу приложить внешнее напряжение: а) $U_1 = +0,7$ В и б) $U_2 = -10$ В.

4 Определить ширину областей пространственного заряда в каждой из областей р-п перехода, общую ширину области пространственного заряда р-п перехода и емкость р-п перехода при концентрации доноров N_D и акцепторов N_A , площади р-п перехода S и контактной разности потенциалов $\phi_k = 0,6$ В. Относительная диэлектрическая проницаемость рассматриваемого полупроводника $\epsilon = 12$.

5 Определить, как изменится плотность тока насыщения j_s через идеальный р-п переход, изготовленный из арсенида галлия (GaAs), при изменении температуры от T_1 до T_2 . При изменении температуры ширина запрещенной зоны арсенида галлия изменяется по закону $\Delta E(T) = \Delta E(300\text{ K}) - \alpha \cdot (T - 300\text{ K})$, где $\alpha \cdot 10^{-4}$ – температурный коэффициент.

6 В п – р – п транзисторе концентрация доноров в эмиттере N_D , концентрация акцепторов в базе N_A . Считая, что подвижности электронов μ_n и дырок μ_p , определить отношение дырочного тока к электронному на переходе эмиттер-база.

7 В п – р – п транзисторе концентрация электронов на эмиттерном переходе равна n . Площади эмиттерного и коллекторного переходов одинаковы и равны S_E и S_K . Определить ток коллектора, если эффективная ширина базы $\omega_{эфф.}$, подвижность электронов при $T = 300$ К составляет μ_n .

8 Определить постоянный ток базы р – п – р транзистора при температуре $T = 300$ К. Током утечки перехода база – эмиттер пренебречь. Ток коллектора составляет I_K , время жизни носителей заряда τ_p , подвижность дырок μ_p , ширина базы ω .

9 В транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, известен ток коллектора I_K , ток базы I_B , обратный ток коллектора $I_{КБО}$. Определить коэффициенты α , $h_{21Э}$, а также ток $I_{ЭБО}$.

10 Определить напряжение между эмиттером и коллектором транзистора в режиме насыщения (остаточное напряжение U_0) при следующих известных параметрах: I_K , I_B , α_N , α_I . Температура, при которой работает транзистор, составляет $T = 300$ К. Объемными сопротивлениями эмиттерной и коллекторной областей пренебречь.