

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

_____ Д.В. Старов

«4» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой технологий
материалов и промышленной инженерии
_____ Е.Ю. Степанович

«4» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Твердотельная электроника»

Составитель(и)	Хлебцов А.П. старший преподаватель кафедры ТМПИ
Направление подготовки / специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность (профиль) / специализация ОПОП	Инжиниринг аналоговых и цифровых сложно функциональных систем
Квалификация (степень)	бакалавр
Форма обучения	очная
Год приёма	2021 год
Курс	4
Семестр(ы)	8

Астрахань – 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) формирование у студентов комплекса

профессиональных знаний, умений и владений и усвоение физических принципов работы

твердотельных электронных приборов, их параметров, характеристик, их теоретического и

экспериментального исследования и практического применения в изделиях электронной

техники.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): формирование и углубление знаний о

физической природе электропроводности полупроводников и тех ее важнейших аспектах,

которые непосредственно касаются возможности практической реализации

полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной

электроники и микроэлектроники; формирование умений теоретически исследовать

физические процессы, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и

интегральных схем; формирование владений методами и навыками экспериментального

исследования и теоретического расчета параметров и характеристик полупроводниковых

приборов, оптимизации режимов их работы; формирование знаний практического

использования полупроводниковых электронных приборов и интегральных схем в

радиоэлектронной аппаратуре различного функционального назначения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина (модуль) относится к части элективных дисциплин и осваивается в 8 семестре(ах).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):

- Высшая математика:

Знания: линейной алгебры, математического анализа, дифференциальных уравнений, теории функций комплексной переменной;

Умения: выполнять матричные вычисления, решать дифференциальные уравнения, выполнять преобразования выражений с комплексными числами;

Навыки: применения аппарата математического анализа для решения задач оптимизации, построения систем дифференциальных уравнений для описания динамических процессов в технических системах;

- Физика:

Знания: основные понятия статистической физики, кинетической теории, механики и электродинамики сплошных сред;

Умения: строить статистические и кинетические модели;

Навыки: владеть навыками кинетического, статистического и гидродинамического описания физико-химических процессов;

- Физические основы электроники:

Знания: параметры и характеристики различных электронных устройств; методы и средства автоматизации схемотехнического моделирования;

Умения: составлять схемы замещения различных электронных устройств

Навыки: владение методиками расчета и экспериментального определения параметров электронных устройств, синтезом логических схем;

- Теоретические основы электротехники:

Знания: государственные стандарты правил выполнения электрических схем;

Умения: проводить анализ и разработку структурных и принципиальных схем современных электронных устройств;

Навыки: владение навыками работы с электронными измерительными приборами.

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

- Преддипломная практика;

- Выпускная квалификационная работа.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей(их) компетенции(ий) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности: профессиональных (ПК): ПК-1 Способен 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

Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-1	ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а	ПК-1.1 Знает основы построения физических и математических моделей приборов	ПК-1.2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	ПК-1.3 Владеет навыками компьютерного моделирования

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
	также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования			

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины в соответствии с учебным планом составляет 5 зачетные единицы (180 часа).

Трудоемкость отдельных видов учебной работы студентов заочной форм обучения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Трудоемкость отдельных видов учебной работы по формам обучения

Вид учебной и внеучебной работы	для очной формы обучения
Объем дисциплины в зачетных единицах	5
Объем дисциплины в академических часах	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе (час.):	44
- занятия лекционного типа, в том числе: - практическая подготовка (если предусмотрена)	22
	-
- занятия семинарского типа (семинары, практические, лабораторные), в том числе: - практическая подготовка (если предусмотрена)	22
	-
- консультация (предэкзаменационная)	
- промежуточная аттестация по дисциплине	

Вид учебной и внеучебной работы	для очной формы обучения
Самостоятельная работа обучающихся (час.)	136
Форма промежуточной аттестации обучающегося (зачет/экзамен), семестр (ы)	Диф.зачет - 8 семестр.

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий и самостоятельной работы, для каждой формы обучения представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.							СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
	Л		ПЗ		ЛР		КР / КП			
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
Семестр 8.										
Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод	3		3					19	25	Опрос
Тема 2. Лавинно -пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в ІМРАТТ и TRAPATТ режимах. Основные параметры. Применение.	3		3					19	25	Опрос
Тема 3. Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли -Уоткинса -Хилсума. Применение	3		3					19	25	Опрос

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.							СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
	Л		ПЗ		ЛР		КР / КП			
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.										
Тема 4. Биполярные транзисторы	3		3					19	25	Опрос
Тема 5. Динисторы и тиристоры.	3		3					20	26	Опрос
Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ).	3		3					20	26	Опрос
Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.	4		4					20	28	Опрос
Консультации										
Контроль промежуточной аттестации										Диф.зачет
ИТОГО за семестр:	22		22					136	180	
ИТОГО за весь период	22		22					136	180	

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; ПП – практическая подготовка; КР / КП – курсовая работа / курсовой проект; СР – самостоятельная работа

Таблица 3. Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-1	
Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод	25	+	1
Тема 2. Лавинно -пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.	25	+	1
Тема 3. Особенности ЛПД с	25	+	1

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-1	
барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли - Уоткинса -Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.			
Тема 4. Биполярные транзисторы	25	+	1
Тема 5. Динисторы и тиристоры.	26	+	1
Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ).	26	+	1
Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.	28	+	1

Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод.

Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод.

Тема 2. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.

Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.

Тема 3. Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли-Уоткинса-Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.

Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли-Уоткинса-Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.

Тема 4. Биполярные транзисторы. Структура и основные режимы работы.

Взаимодействие двух рп-переходов. Схемы включения. Энергетическая схема. Виды потоков

носителей заряда. Принцип действия биполярного транзистора (БТ) в качестве усилителя.

Распределение концентрации инжектированных носителей в базе БТ. Физические параметры

БТ и связь между ними. БТ на постоянном токе. Расчет распределения концентрации

неосновных носителей заряда в базе БТ и его физических параметров. Дрейфовый транзистор.

Эффекты, связанные высоким уровнем инжекции, рекомбинацией дырок на поверхности

базы, лавинным пробоем БТ. Статические характеристики БТ. Физика работы транзистора

на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема БТ. Факторы, определяющие быстродействие транзистора. БТ как 4-х-полюсник. Системы малосигнальных z -, y - и h -параметров. Новые принципы создания БТ.

Биполярные транзисторы. Структура и основные режимы работы. Взаимодействие двух р-р-переходов. Схемы включения. Энергетическая схема. Виды потоков носителей заряда. Принцип

действия биполярного транзистора (БТ) в качестве усилителя. Распределение концентрации инжектированных носителей в базе БТ. Физические параметры БТ и связь между

ними. БТ на постоянном токе. Расчет распределения концентрации неосновных носителей заряда в

базе БТ и его физических параметров. Дрейфовый транзистор. Эффекты, связанные высоким

уровнем инжекции, рекомбинацией дырок на поверхности базы, лавинным пробоем БТ. Статические характеристики БТ. Физика работы транзистора на малом переменном сигнале.

Эквивалентная схема БТ. Факторы, определяющие быстродействие транзистора. БТ как 4-х-полюсник. Системы малосигнальных z -, y - и h -параметров. Новые принципы создания БТ.

Тема 5. Динисторы и тиристоры. Структура и принцип действия динистора.

Параметры и ВАХ динистора. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры.

Условия переключения. Применение.

Динисторы и тиристоры. Структура и принцип действия динистора. Параметры и ВАХ динистора. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры. Условия переключения.

Применение.

Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ). ПТ с управляющим р-п-переходом: принцип действия. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ. Частотные свойства

ПТ с управляющим р-п-переходом. ПТ с барьером Шоттки и его особенности. ПТ с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. Частотные свойства МДП-транзисторов. Факторы, определяющие быстродействие МДП-транзисторов. Расчет основных параметров и характеристик. Малосигнальные параметры ПТ.

ПТ с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. Частотные свойства МДП-транзисторов. Факторы, определяющие

быстродействие МДП-транзисторов. Расчет основных параметров и характеристик.

Малосигнальные параметры ПТ.

Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный

диод СВЧ. СВЧ детектор на термоЭДС горячих носителей заряда. Фоторезистор. Фотодиод.

Полупроводниковый гетеролазер.

Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ. СВЧ

детектор на термоЭДС горячих носителей заряда. Фоторезистор. Фотодиод.

Полупроводниковый
гетеролазер.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Указания по организации и проведению лекционных, практических (семинарских) и лабораторных работ.

При разработке учебных программ по ФГОС-3 поколения предполагается использование кроме традиционных форм проведения занятий также активные и интерактивные формы. При этом студенты глубже понимают учебный материал, память также акцентируется на проблемных ситуациях, что способствует запоминанию учебного материала.

В процессе обучения необходимо обращать внимание в первую очередь на те методы, при которых слушатели идентифицируют себя с учебным материалом, включаются в изучаемую ситуацию, побуждаются к активным действиям, переживают состояние успеха и соответственно мотивируют свое поведение. Всем этим требованиям в наибольшей степени отвечают интерактивные методы обучения.

Интерактивные лекционные занятия проводятся в следующей форме.

1. Лекция-беседа

В названном виде занятий планируется диалог с аудиторией, это наиболее простой способ индивидуального общения, построенный на непосредственном контакте преподавателя и студента.

Участие (внимание) слушателей в данной лекции обеспечивается путем вопросно-ответной беседы с аудиторией (постановка проблемного задания).

Вначале лекции и по ходу ее преподаватель задает слушателям вопросы не для контроля усвоения знаний, а для выяснения уровня осведомленности по рассматриваемой проблеме.

Вопросы могут быть элементарными: для того, чтобы сосредоточить внимание, как на отдельных нюансах темы, так и на проблемах.

2. Лекция с элементами обратной связи.

В данном случае подразумевается изложение учебного материала и использование знаний по смежным предметам (межпредметные связи) или по изученному ранее учебному материалу. Обратная связь устанавливается посредством ответов студентов на вопросы преподавателя по ходу лекции. Чтобы определить осведомленность студентов по излагаемой проблеме, в начале какого-либо раздела лекции задаются необходимые вопросы.

Если студенты правильно отвечают на вводный вопрос, преподаватель может ограничиться кратким тезисом или выводом и перейти к следующему вопросу.

Если же ответы не удовлетворяют уровню желаемых знаний, преподаватель сам излагает подробный ответ, и в конце объяснения снова задает вопрос, определяя степень усвоения учебного материала.

Если ответы вновь демонстрируют низкий уровень знаний студентов – следует изменить методику подачи учебного материала.

В форме лекции с элементами обратной связи проводятся занятия, в которых необходимо связать уже имеющиеся знания с излагаемым материалом.

3. Проектная работа

Учебный процесс, опирающийся на использование интерактивных методов обучения, организуется с учетом включенности в процесс познания всех студентов группы без исключения. Совместная деятельность означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, в ходе работы идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Организуются проектная работа, осуществляется работа с научно-технической документацией. Такие методы основаны на принципах взаимодействия, активности обучаемых, опоре на групповой опыт, обязательной обратной связи. Создается среда образовательного общения, которая характеризуется открытостью, взаимодействием участников, равенством их аргументов, накоплением совместного знания, возможностью взаимной оценки и контроля.

Студенты делятся на 3...4 группы, выдается общее задание, но задаются различные варианты решения задачи, каждая группа анализирует предложенное решение, корректирует его и защищает перед студентами других подгрупп. Преподаватель выполняет роль рецензента. Задание желательно формировать на основе ситуаций, которые рассматривались при проведении нескольких занятий в активной форме. При проведении таких занятий преподаватель должен объяснить студентам значение компетентностного подхода для формирования современного специалиста, сформировать основные компетенции по специальности и показать пути их освоения.

4. Комплекс семинарских и лабораторных работ

Ведущий преподаватель вместе с новыми знаниями ведет участников обучения к самостоятельному поиску. Активность преподавателя уступает место активности студентов, его задачей становится создание условий для их инициативы. Преподаватель отказывается от роли своеобразного фильтра, пропускающего через себя учебную информацию, и выполняет функцию помощника в работе, одного из источников информации.

Студентам выдается список тем практических/семинарских занятий. Каждый студент готовит отчет с элементами анализа литературных источников изучаемой проблемы.

Промежуточная аттестация студентов подразделяется на зачетную, именуемую зачетной неделей, и экзаменационную сессию. Зачеты сдаются в течение одной недели перед экзаменационной сессией. Продолжительность экзаменационных сессий (а их две: зимняя и летняя) в учебном году устанавливается Госстандартом.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это основной метод самоподготовки по освоению учебных дисциплин и овладению навыками профессиональной и научно-исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов-заочников занимает до 90% бюджета времени, отводимого на освоение образовательной программы, и требует постоянного контроля и корректировки.

Важной частью самостоятельной работы является умение выделить основополагающие, отправные точки в понимании материала. Особо важную роль в этом процессе необходимо уделить конспекту лекций, в котором преподаватель сформировал «скелет», структуру раздела дисциплины. Читением учебной и научной литературы обучающийся углубляет и расширяет знания о предмете изучения. Основная функция учебников – ориентировать студента в системе знаний, умений и навыков, которые должны быть усвоены будущими специалистами по данной дисциплине.

Подготовка к занятиям лекционного типа подразумевает приобретение обучающимся первичных знаний по теме лекции для подготовки к структуризации объекта изучения, которую преподаватель выполняет на лекции. Изучение материала по теме лекции имеет цель уточнения отдельных моментов.

Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную преподавателем литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач.

Данной рабочей программой предусмотрена самостоятельная работа в объеме 266 часов. В соответствии с Положением о самостоятельной работе студентов под самостоятельной работой студентов (далее СРС) понимается «учебная, научно-исследовательская и общественно-значимая деятельность студентов, направленная на развитие общих и профессиональных компетенций, которая осуществляется без непосредственного участия преподавателя, хотя и направляется им».

По дисциплине «Физика» студентам предлагаются следующие формы СРС:

- изучение обязательной и дополнительной литературы;
- выполнение самостоятельных заданий на практических занятиях;
- решение заданных для самостоятельного решения задач;
- участие в подготовке проектов;
- поиск информации по заданной теме в сети Интернет;
- самоконтроль и взаимоконтроль выполненных заданий;
- подготовка к написанию контрольных работ, тестов, сдача экзамена.

Формы контроля: коллоквиумы, тематические тесты, тематические срезы, контрольные работы, отчеты по лабораторным работам.

Дистанционное тестирование

Дистанционное (интерактивное) тестирование проводится с целью подготовки и ознакомления обучающегося с примерными вопросами контрольного тестирования, которое будет проводиться в аудитории.

После завершения изучения на практических и лабораторных работах очередной проводится репетиционное тестирование на едином образовательном портале. Результаты репетиционного дистанционного тестирования могут быть зачтены преподавателем в качестве результата контрольного тестирования

Подготовка к зачету (экзамену)

Подготовка к зачету предполагает:

- изучение основной и дополнительной литературы;
- изучение конспектов лекций;
- изучение конспектов практических занятий;
- дистанционное тестирование по темам.

Перечень вопросов к зачету представлен в ФОСах. Баллы за зачет выставляются по критериям, представленным в ФОСах.

Главная задача самостоятельной работы студентов – развитие умения приобретать научные знания путем личных поисков, формирование активного интереса и вкуса к творческому, самостоятельному подходу в учебной и практической работе. В процессе самостоятельной работы студент должен научиться понимать сущность предмета изучаемой дисциплины, уметь анализировать и приходить к собственным обоснованным выводам и заключениям. Все виды учебных занятий основываются на активной самостоятельной работе студентов. Планирование самостоятельной работы студентов-заочников должно начинаться сразу после установочных лекций (от лат. lectio – «чтение» – это одна из основных форм организации учебного процесса, представляющая собой устное, монологическое, систематическое, последовательное изложение преподавателем учебного материала).

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

<i>Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Форма работы</i>
Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод	19	Работа с источниками информации, изучение тем, выносимых на самостоятельное обсуждение. Внеаудиторная, изучение учебных пособий
Тема 2. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.	19	
Тема 3. Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли - Уоткинса -Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.	19	
Тема 4. Биполярные транзисторы	19	
Тема 5. Динисторы и тиристоры.	20	
Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ).	20	
Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.	20	

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно

Программой не предусмотрено выполнение курсовой работы по дисциплине. Но по усмотрению преподавателя или по просьбе студента, студент для повышения своей оценки имеет право взять дополнительную письменную работу, выполняемую вне аудиторно. Работа может носить характер теста, доклада, реферата и т.д. Критерии выставления оценок за названные работы сформулированы в ФОСах. Здесь приводятся требования к оформлению работы.

Общие требования оформления курсовой работы/доклада/реферата/контрольной работы

Доклад/реферат выполняется на листах писчей бумаги формата А-4 в Microsoft Word; объем: 5-10 страниц текста для доклада, 10-15 страниц текста для реферата (приложения к работе не входят в ее объем). Размер шрифта – 14; интервал – 1,5; с нумерацией страниц сверху страницы посередине, абзацный отступ на расстоянии 2,25 см от левой границы поля. В тексте обязательны ссылки на первоисточники. Количество источников: не менее 5-8 различных источников для доклада, не менее 8-10 для реферата.

Все формулы, единицы измерений, расчеты приводятся и ведутся в системе СИ. При оформлении работы соблюдаются поля:

- левое – 25 мм;
- правое – 10 мм;
- нижнее – 20 мм;
- верхнее – 20 мм

Оформление таблиц:

- Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.
- При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.
- Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.
- На все таблицы должны быть ссылки в реферате. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Оформление иллюстраций:

- Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.
- Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.
- На все иллюстрации должны быть даны ссылки в реферате.
- Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.
- Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.
- Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

- Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 — Схема карты сайта.
- Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.3.
- При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Приложения

- Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.
- В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа, за исключением справочного приложения «Библиография», которое располагают последним.
- Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени.
- Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.
- Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.
- Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.
- В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.
- Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».
- Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.
- Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Представление.

Письменная работа должна быть представлена в **двух видах**: печатном и электронном.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Образовательные технологии

При проведении *лекционных занятий* предусматривается использование ресурсов сети Интернет для демонстрации интерактивных моделей исследовательских установок и изучаемых процессов.

Используются формы *бинарных уроков*, во время которых для проведения инженерных расчетов интегрируются физика, математический анализ и изучаемая дисциплина.

При проведении семинаров используются элементы **деловой игры**: например, разбившись на команды, студенты проводят сравнительный анализ методов исследования структуры вещества.

При изложении курса преподавателю необходимо придерживаться основных принципов обучения: двигаться от простого к сложному, во взаимосвязи с другими курсами. Освоение теоретического курса должно сопровождаться решениями практических задач разного уровня сложности.

Таблица 5. Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 2. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 3. Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли - Уоткинса -Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.	<i>Лекция с элементами обратной связи</i>	<i>опрос,</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 4. Биполярные транзисторы	<i>Лекция- диалог</i>	<i>выполнение</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 5. Динисторы и тиристоры.	<i>Лекция- диалог</i>	<i>практических</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ).	<i>Лекция- диалог</i>	<i>заданий</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.	<i>Лекция с элементами обратной связи</i>	<i>Фронтальный</i>	<i>Не предусмотрено</i>

6.2. Информационные технологии

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий. Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучающихся, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия заданий,

совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая принятые для данной дисциплины компетенции.

Проведение большинства занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, а также раздаточных материалов.

Как источник информации широко используются электронные учебники и различные сайты как на договорной основе (смотри п. 6.3), так и находящиеся в свободном доступе.

Интернет и IT технологии широко используются при подготовке лекций, презентаций и пр.

Методические указания рекомендуется приносить на каждое занятие, чтобы «отслеживать» рассмотрение вопросов предусмотренных для ответов на коллоквиумах. Кроме того необходимая литература выдается в электронном виде, в формате djvu и pdf. Студенты перед каждой лекцией изучают материалы, полученные от преподавателя на предыдущей лекции. Для повышения рейтинга для студентов разработана система дополнительных занятий, включающих в себя исследовательские, технические и практические задания. Получить их можно в течение первых двух недель индивидуально.

Формы контроля: коллоквиумы, тематические обзоры, тематические срезы, экзамен.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>.
2. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на электронной платформе ООО «БИБЛИОТЕХ»: <https://biblio.asu.edu.ru>.
3. Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: <http://journal.asu.edu.ru/>.
4. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека (НЭБ)» – Федеральная государственная информационная система, обеспечивающая создание единого российского электронного пространства знаний: <http://нэб.пф>.
5. Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) РГБ - Российская государственная библиотека (РГБ): <http://dvs.rsl.ru>.
6. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»: www.studentlibrary.ru.
7. Электронная библиотечная система (ЭБС) ООО «Центр цифровой дистрибуции» «КНИГАФОНД»: www.knigafund.ru/.
8. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ раздел «Легендарные книги».
9. Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС»: <http://dlib.eastview.com/>
10. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru ООО «РУНЭБ» - крупнейший российский информационный портал: <http://elibrary.ru>

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением
Moodle	Образовательный портал ФГБОУ ВО «АГУ»
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013, Microsoft Office 2013,	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
KOMPAS-3D V13	Создание трехмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ
Sofa Stats	Программное обеспечение для статистики, анализа и отчетности
VirtualBox	Программный продукт виртуализации операционных систем
VLC Player	Медиапроигрыватель
VMware (Player)	Программный продукт виртуализации операционных систем
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
Maple 18	Система компьютерной алгебры
MATLAB R2014a	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6. Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обращенный диод	ПК-1	Опрос, защита лабораторной работы
Тема 2. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.	ПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы
Тема 3. Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли - Уоткинса -Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.	ПК-1	Реферат, защита лабораторной работы
Тема 4. Биполярные транзисторы	ПК-1	Реферат, защита лабораторной работы
Тема 5. Динисторы и тиристоры.	ПК-1	Расчетное задание; защита лабораторной работы
Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ).	ПК-1	Расчетное задание; Тест
Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.	ПК-1	

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются тестирование, индивидуальное собеседование, устные/письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются индивидуальные задания.

Таблица 7. Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные

Шкала оценивания	Критерии оценивания
	ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8. Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Тема 1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода. Эквивалентная схема, параметры и характеристики. Применение. Обратный диод.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. Туннельный диод. Принцип действия туннельного диода.
2. Туннельный диод. Эквивалентная схема, параметры и характеристики.
3. Туннельный диод. Применение.
4. Обратный диод. Принцип работы, ВАХ, параметры и характеристики.

2. Решение задач

Примерный перечень заданий

Задача №1

Вычислить малосигнальные параметры: дифференциальное сопротивление и емкость для идеального кремниевого диода с длинной базой, если $N_D = 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и $N_A = 10^{16} \text{ см}^{-3}$, время жизни

$\tau_n = \tau_p = 10^{-8}$ с, площадь $S = 10^{-4}$ см², температура $T = 300$ К в случае прямого смещения диода $V = 0,1; 0,5; 0,7$ В и обратного $V = -0,5$ и -20 В. Чему равно последовательное сопротивление квазинейтрального объема р-области (базы), если ее длина $0,1$ см?

Тема 2. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах. Основные параметры. Применение.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Основные параметры. Применение.
2. Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах

Тема 3. Особенности ЛПД с барьером Шоттки. Диод Ганна. Эффект Ганна. Модель Ридли-Уоткинса-Хилсума. Применение диодов Ганна. Режимы работы генераторов Ганна.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. Особенности ЛПД с барьером Шоттки.
2. В чем заключается эффект Ганна?
3. Диод Ганна. Принцип работы, ВАХ, параметры и характеристики.
4. Модель Ридли-Уоткинса-Хилсума.
5. Режимы работы генераторов Ганна.

2. Решение задач

Примерный перечень заданий

Задача №1

Найти, чему равна высота потенциального барьера ϕ_k в диоде Шоттки электронный германий n-Ge – золото Au. Нарисовать зонную диаграмму контакта при термодинамическом равновесии. Удельное сопротивление полупроводника $\rho = 1$ Ом·см.

Задача №2

Рассчитать, чему равна ширина области обеднения при внешних напряжениях $V = +0,4$ В, $V = -2$ В и в равновесных условиях в диоде n-Si – Pt. Нарисовать зонную диаграмму контакта при термодинамическом равновесии.

Задача №3

Для барьера Шоттки электронный арсенид галлия – золото GaAs – Au рассчитать, чему равно максимальное электрическое поле E в области пространственного заряда при внешних напряжениях $V = +0,3$ В, $V = 0$ В и $V = -100$ В. $N_D = 10^{16}$ см⁻³.

Тема 4. Биполярные транзисторы. Структура и основные режимы работы.

Взаимодействие двух рп-переходов. Схемы включения. Энергетическая схема. Виды потоков

носителей заряда. Принцип действия биполярного транзистора (БТ) в качестве усилителя. Распределение концентрации инжектированных носителей в базе БТ. Физические параметры

БТ и связь между ними. БТ на постоянном токе. Расчет распределения концентрации неосновных носителей заряда в базе БТ и его физических параметров. Дрейфовый транзистор.

Эффекты, связанные высоким уровнем инжекции, рекомбинацией дырок на поверхности базы, лавинным пробоем БТ. Статические характеристики БТ. Физика работы транзистора на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема БТ. Факторы, определяющие быстродействие транзистора. БТ как 4-х-полюсник. Системы малосигнальных z -, y - и h -параметров. Новые принципы создания БТ.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. Биполярные транзисторы. Структура и основные режимы работы.
2. Биполярные транзисторы. Взаимодействие двух pn -переходов. Схемы включения.
3. Биполярные транзисторы. Энергетическая схема. Виды потоков носителей заряда.
4. Принцип действия биполярного транзистора (БТ) в качестве усилителя.
5. Режимы работы генераторов Ганна.
6. Распределение концентрации инжектированных носителей в базе БТ.
7. Физические параметры БТ и связь между ними. БТ на постоянном токе.
8. Дрейфовый транзистор. Принцип работы, основные параметры и характеристики.
9. Эффекты, связанные высоким уровнем инжекции, рекомбинацией дырок на поверхности базы, лавинным пробоем БТ.
10. Физика работы транзистора на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема БТ.
11. Факторы, определяющие быстродействие транзистора. БТ как 4-х-полюсник.
12. Системы малосигнальных z -, y - и h -параметров. Новые принципы создания БТ.

2. Решение задач

Примерный перечень заданий

Задача №1

Для некоторого транзистора типа p - n - p задано $I_{pэ} = 1$ мА, $I_{nэ} = 0,01$ мА, $I_{рк} = 0,98$ мА, $I_{нк} = 0,001$

мА. Вычислить: а) статический коэффициент передачи тока базы – α_T ; б) эффективность эмиттера (коэффициент инжекции – γ); в) ток базы и коэффициент передачи тока в схемах с ОБ – α и ОЭ – β .

Задача №2.

Показать, что при экспоненциальном распределении примеси в базе p - n - p биполярного транзистора

поле E_x постоянно. Найти в этом случае концентрацию неосновных носителей вблизи коллектора,

если уровень легирования около эмиттера $N_A = 10^{17}$ см $^{-3}$, толщина базы транзистора $x_b = 0,3$ мкм,

а $E_x = 4000$ В/см.

Задача №3.

Кремниевый транзистор типа n^+ - p - n имеет эффективность эмиттера $\gamma = 0,999$, коэффициент

переноса через базу $\alpha_T = 0,99$, толщину нейтральной области базы $W_b = 0,5$ мкм, концентрацию

примеси в эмиттере $N_D = 10^{19}$ см $^{-3}$, базе $N_A = 10^{16}$ см $^{-3}$ и коллекторе $N_D = 5 \cdot 10^{15}$ см $^{-3}$.

Определить предельное напряжение на эмиттере, при котором прибор перестает быть управляемым

и наступает пробой и вычислить время пролета базы и частоту отсечки.

Задача №4.

Имеется кремниевый транзистор типа p+ -n-p с параметрами: $N_{A\text{э}} = 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, $N_{D\text{б}} = 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $N_{A\text{к}} = 1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, ширина области базы $W = 1 \text{ мкм}$, площадь $S = 3 \text{ мм}^2$, $U_{\text{эк}} = +0,5 \text{ В}$, $U_{\text{бк}} = -5 \text{ В}$. Вычислить: а) толщину нейтральной области $W_{\text{б}}$ в базе, б) концентрацию неосновных

носителей около перехода эмиттер – база $p_n(0)$, в) заряд неосновных носителей в области базы $Q_{\text{б}}$.

Тема 5. Динисторы и тиристоры. Структура и принцип действия динистора.

Параметры и ВАХ динистора. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры.

Условия переключения. Применение.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. Динистор. Структура и принцип действия динистора.
2. Динистор. Параметры и ВАХ динистора. Применение.
3. Тиристор. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры.
4. Тиристор. Условия переключения. Применение.

Тема 6. Полевые транзисторы (ПТ). ПТ с управляющим p-n-переходом: принцип действия. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ. Частотные свойства ПТ с управляющим p-n-переходом. ПТ с барьером Шоттки и его особенности. ПТ с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. Частотные свойства МДП-транзисторов. Факторы, определяющие быстродействие МДП-транзисторов. Расчет основных параметров и характеристик. Малосигнальные параметры ПТ.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. ПТ с изолированным затвором (МДП-транзисторы).
2. МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
3. Частотные свойства МДП-транзисторов.
4. Факторы, определяющие быстродействие МДП-транзисторов.
5. Малосигнальные параметры ПТ.

2. Решение задач

Примерный перечень заданий

Задача №1

Рассчитать дебаевскую длину экранирования в кремнии с удельным сопротивлением $\rho = 15$

Ом·см и сравнить с глубиной проникновения электрического поля, $T = 300 \text{ К}$.

Задача №2

Рассчитать и сравнить дебаевские длины экранирования L_D в собственных полупроводниках

– кремнии Si, германии Ge, арсениде галлия GaAs, антимониде индия InSb при комнатной температуре.

Задача №3

Найти пороговое напряжение VT n-канального МОП-транзистора с алюминиевым затвором,

если уровень легирования подложки равен $ND = 10^{15} \text{ см}^{-3}$, толщина диэлектрика $d_{ox} = 100 \text{ нм}$,

заряд в окисле $Q_{ox} = +10^{-8} \text{ Кл. см}^{-2}$, поверхностные состояния отсутствуют.

Задача №4

МОП-транзистор с отношением ширины к длине канала $W/L = 5$, толщиной затворного окисла 80 нм и подвижностью электронов в канале $\mu_n = 600 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ предполагается использовать как управляемый резистор. Рассчитать превышение затворного напряжения VG над

пороговым напряжением VT, при котором сопротивление транзистора R при малых напряжениях

на стоке Vd будет равно 2,5 кОм.

Тема 7. Другие приборы. Варикап. Стабилитрон. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ. СВЧ детектор на термоЭДС горячих носителей заряда. Фоторезистор. Фотодиод.

Полупроводниковый гетеролазер.

1. Опрос

Примерный перечень вопросов для подготовки к опросу

1. Варикап. Принцип работы, основные характеристики и параметры.
2. Стабилитрон. Принцип работы, основные характеристики и параметры.
3. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ. Принцип работы, основные характеристики и параметры.
4. СВЧ детектор на термоЭДС горячих носителей заряда. Принцип работы, основные характеристики и параметры.
5. Фоторезистор. Принцип работы, основные характеристики и параметры. Применение.
6. Фотодиод. Принцип работы, основные характеристики и параметры. Применение.
7. Полупроводниковый гетеролазер.

2. Решение задач

Примерный перечень заданий

Задача №1

Кремниевый лавинный фотодиод имеет коэффициент умножения $M=20$ на длине волны 0.82 мкм при этом квантовый выход 50% и темновой ток 1 нА. Определить число падающих

фотонов гр на этой длине волны в секунду, обеспечивающее выходной ток прибор (после умножения), больший уровня темнового тока.

Задача №2

Идеальный фотодиод (т.е. с квантовым выходом равным 1) освещается излучением мощностью $P=10 \text{ мВт}$ при длине волны 0.8 мкм. Рассчитать ток и напряжение на выходе прибора,

когда детектор используется в режиме фототока и фото-э.д.с. соответственно. Ток утечки при

обратном смещении $I_0=10 \text{ нА}$, рабочая температура $T=300 \text{ К}$.

Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Необходимые сведения из физики твердого тела и физики полупроводников

- 1.1. Что такое основные и неосновные носители? Как они обозначаются в полупроводнике n-типа?
 - 1.2. Чем отличается распределение Ферми - Дирака от распределения Максвелла - Больцмана?
 - 1.3. Что такое собственная концентрация?
 - 1.4. Запишите формулы для диффузионных составляющих токов.
 - 1.5. Какое состояние носителей заряда называется неравновесным?
 - 1.6. Каковы основные механизмы рекомбинации носителей заряда в полупроводниках?
 - 1.7. Запишите уравнение непрерывности в общем виде и поясните смысл входящих в него членов.
 - 1.8. Как связаны диффузионная длина и время жизни неосновных носителей?
- Барьеры Шоттки, p-n переходы и гетеропереходы
- 2.1. Чем объясняется искривление энергетических зон у поверхности полупроводника?
 - 2.2. Что такое дебаевская длина экранирования?
 - 2.3. Нарисуйте зонную диаграмму выпрямляющего контакта металла с полупроводником n-типа.
 - 2.4. Почему при контакте металла и полупроводника контактное поле в основном проникает в полупроводник и практически не проникает в металл?
 - 2.5. Что такое металлургическая граница?
 - 2.6. Чем определяется величина потенциального барьера p-n перехода?
 - 2.7. Поясните влияние обратного напряжения на величину потенциального барьера.
 - 2.8. Нарисуйте ВАХ идеализированного p-n перехода.
 - 2.9. В чем отличие диффузионной емкости от барьерной?
 - 2.10. В чем причина возникновения пика на зонной диаграмме гетероперехода?
- Полупроводниковые диоды
- 3.1. Почему диод на основе p-n перехода не выпрямляет малые сигналы?
 - 3.2. На каком участке ВАХ туннельного диода наблюдаются квантовые эффекты?
 - 3.3. Как зависит напряжение стабилизации от легирования базы стабилитрона?
 - 3.4. Как можно изменить функциональную зависимость емкости в варикапах?
- Биполярные транзисторы
- 5.1. Нарисуйте зонную диаграмму n-p-n транзистора в равновесном состоянии.
 - 5.2. Дайте определение коэффициенту переноса и коэффициенту инжекции.
 - 5.3. Как связан коэффициент переноса с шириной базы?
 - 5.4. В чем заключается эффект Эрли?
 - 5.5. Какая постоянная времени определяет инерционность транзистора в схеме ОБ?
 - 5.6. Какая постоянная времени определяет инерционность транзистора в схеме ОЭ?
 - 5.7. Что такое составной транзистор? Опишите его принцип действия и характеристики.
- Полевые транзисторы
- 6.1. Чем отличаются МДП транзисторы со встроенным и индуцированным каналом?
 - 6.2. Что такое пороговое напряжение МДП транзистора?
 - 6.3. Как влияют заряды в окисле и на поверхностных состояниях на пороговое напряжение?
 - 6.4. Чему равен поверхностный потенциал при пороговом напряжении?
 - 6.5. С чем связан наклон ВАХ в области насыщения?
 - 6.6. Дайте определение крутизны МДП транзистора.
 - 6.7. Как соотносятся крутизны по затвору и подложке?
 - 6.8. Дайте определение напряжения отсечки полевого транзистора.

Тиристоры

- 7.1. Каковы особенности конструкции тиристора?
- 7.2. На каком участке ВАХ тиристора идет накопление объемного заряда в базах тиристора?
- 7.3. Какова причина зависимости коэффициента передачи от напряжения на тиристоре?
- 7.4. Как влияет знак тока базы на напряжение переключения тиристора?
- 7.5. Почему ВАХ тиристора имеет участок отрицательного сопротивления?

Диоды Ганна

- 8.1. В чем заключается эффект Ганна?
- 8.2. Каковы особенности зонной структуры GaAs?
- 8.3. Почему в приборах с ОДС флуктуации заряда не рассасываются?
- 8.4. Что такое максвелловское время релаксации?
- 8.5. Почему при разрушении домена сильного электрического поля возникают осцилляции тока?

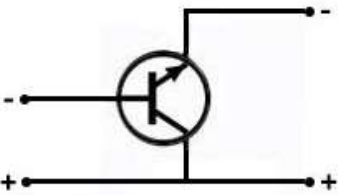
Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Образование зон в полупроводниках
2. Собственная проводимость полупроводников
3. Донорная проводимость полупроводников (проводимость п-типа)
4. Акцепторная проводимость полупроводников (проводимость р-типа)
5. Движение свободных носителей заряда в полупроводнике
6. Фундаментальная система уравнений для свободных носителей в полупроводнике
7. "р-п" - переход (образование, структура, основные параметры)
8. Граничные условия Шокли для "р-п" - перехода
9. Вольтамперная характеристика идеального "р-п" - перехода
10. Обратная ветвь ВАХ "р-п" - перехода. Пробой "р-п" - перехода
11. Контакт «полупроводник - металл»
12. Полупроводниковые диоды (основные виды, их полупроводниковые структуры и обозначения на схемах (было задано для самост. работы))
13. Переходные процессы в полупроводниковых диодах. Частотные свойства диодов.
14. Статические и динамические модели полупроводниковых диодов. Линеаризованная статическая модель полупроводникового диода.
15. Использование линеаризованной модели диода для расчета цепей с диодами
16. Параметрический стабилизатор напряжения на стабилитроне.
17. Выпрямители переменного тока на полупроводниковых диодах.
18. Полупроводниковая структура и принцип работы биполярного транзистора
19. ВАХ биполярного транзистора и его статические параметры.
20. Модель биполярного транзистора (модель Эбберса-Молла)
21. Биполярный транзистор как четырехполюсник, h -параметры. Графическое определение h - параметров.
22. Выбор рабочей точки биполярного транзистора.
23. Схема включения биполярного транзистора с общей базой
24. Схема включения биполярного транзистора с общим эмиттером
25. Схема включения биполярного транзистора с общим коллектором
26. Расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе в схеме ОЭ
27. Расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе в схеме ОК
28. Расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе в схеме ОБ

29. Структура полевого транзистора с управляющим "р-п" - переходом и его ВАХ
30. МОП-транзистор с индуцированным каналом (структура и ВАХ)
31. МОП-транзистор со встроенным каналом (структура и ВАХ)
32. Полевой транзистор как четырехполюсник, Y-параметры. Графическое определение Y-параметров.
33. Выбор рабочей точки полевого транзистора.
34. Каскад усиления на полевом транзисторе с ОИ и его расчет
35. Каскад усиления на полевом транзисторе с ОС и его расчет
36. Каскад усиления на полевом транзисторе с ОЗ и его расчет
37. Тиристоры (разновидности, полупроводниковая структура и ВАХ)
38. Переходные процессы в тиристоре.

Таблица 9. Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минуты)
ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств, установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования				
1.	Задание закрытого типа	1. Ширина запрещенной зоны полупроводника составляет 1) 0,5 – 3 эВ 2) 6 – 10 эВ 3) 12 – 15 эВ 4) 20 – 25 эВ	1	2
2.		3. На рисунке показано схемное изображение  1) полевого транзистора с каналом р-типа 2) полевого транзистора с каналом п-типа 3) биполярного транзистора р-п-р типа 4) биполярного транзистора п-р-п типа	3	2
4.		3. Область полупроводниковой структуры биполярного транзистора, инжектирующего носители заряда, называют 1) эмиттер	1	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		2) коллектор 3) исток 4) база		
5.		4. Режим работы биполярного транзистора, при котором эмиттерный р-п переход смещен в прямом направлении, а коллекторный р-п переход в обратном, называют 1) активный 2) насыщения 3) отсечки 4) инверсный	1	3
6.		1. на рисунке изображен транзистор, включенный по схем  1) с общим стоком 2) с общей базой 3) с общим эмиттером 4) с общим коллектором	4	3
7.	Задание открытого типа	1. Стабилитрон – это?	Стабилитрон — радиокомпонент, полупроводниковый диод, который работает в режиме пробоя при обратном смещении.	5-8
8.		2. Режимы работы биполярного транзистора.	– Инверсный активный режим. Здесь открыт переход БК, а ЭБ наоборот закрыт. ... – Режим насыщения. Оба перехода открыты. ... – Режим отсечки. Оба перехода транзистора закрыты, т. ... – Барьерный режим В этом режиме база напрямую или через малое сопротивление замкнута с коллектором.	5-8
9.		3. Классификация параметры усилителей?	– По частоте усиливаемого сигнала: – По роду усиливаемого сигнала – По функциональному назначению	5-8
10.		4. Варикап – это?	Варикап – полупроводниковый диод,	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минуты)
11.		5. Выпрямительный диод – это?	главным параметром которого является изменяемая под напряжением емкость. Выпрямительные диоды — радиокомпоненты семейства полупроводниковых компонентов. Как и любой другой диод, выпрямительные диоды работают с постоянным напряжением и током. Выпрямительный диод, как и его собрат, пропускает ток лишь в одну сторону, при этом, он отсеивает одну полярность.	5-8

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Оценка достижений студентов строится на основе системы БАРС (Приказ ректора от 13.01.2014 г. № 08-01-01/08) ознакомиться с которой можно по ссылке http://asu.edu.ru/images/File/Ilil_5/ATT00072.pdf.

Таблица 10. Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	<i>Ответ на занятии</i>	10/4* /1**	40* / 10**	
2.	<i>Выполнение лабораторных работ</i>	10/5* /3**	50* / 30**	
Всего			90* / 40**	-
Блок бонусов				
3.	<i>Посещение занятий</i>	10/0,5	5	
4.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	10/0,5	5	
Всего			10	-
Дополнительный блок**				
5.	<i>Экзамен</i>	1/50	50	
Всего			50	-

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
ИТОГО			100	-

Таблица 11. Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
Опоздание (два и более)	-2
Не готов к практическому занятию	-2
Нарушение дисциплины	-2
Пропуски лекций без уважительных причин (за одну лекцию)	-2
Пропуски практических занятий без уважительных причин (за одно занятие)	-2
Не своевременное выполнение задания	-2
Нарушение техники безопасности	-1

При пересдаче экзамена (зачета) из рейтингового балла студента вычитается:

- первая пересдача – 5 баллов
- вторая пересдача – 10 баллов

Таблица 12. Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

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

8.1. Основная литература

1. Захаров, А. Г. Физика. Введение в твердотельную электронику: учебное пособие / Захаров, А. Г. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 107 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927526215.html> (ЭБС «Консультант студента»)
2. Ковалев, А. Н. Твердотельная электроника: учебное пособие / Ковалев А. Н. - Москва: МИСиС, 2010. - 212 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233042.html> (ЭБС «Консультант студента»)
3. Кольцов, Г. И. Теория и расчет полупроводниковых

приборов: Твердотельная электроника: лаб. практикум / Г. И. Кольцов, С. И. Диденко, М. Н.

Орлова - Москва: МИСиС, 2010. - 83 с. - URL:

https://www.studentlibrary.ru/book/Misis_135.html (ЭБС «Консультант студента»)

8.2. Дополнительная литература

1. Дьяконов, В. П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 1. Приборы общего назначения / Дьяконов В. П. - Москва: ДМК Пресс, 2013. - 600 с. - URL:

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940749158.html> (ЭБС «Консультант студента»)

2. Дьяконов, В. П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 2. Приборы специального назначения / Дьяконов В. П. - Москва: ДМК Пресс, 2013. - 576 с. - URL:

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940749264.html> (ЭБС «Консультант студента»)

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента».

Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований. www.studentlibrary.ru.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для проведения занятий по дисциплине имеются лекционные аудитории, оборудованные мультимедийной техникой с возможностью презентации обучающих материалов; аудитории для проведения семинарских и практических занятий, оборудованные учебной мебелью; библиотека с местами, оборудованными компьютерами, имеющими доступ к сети Интернет.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

10. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение

инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т. д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т. д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочесть задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).