

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»
(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)

УТВЕРЖДАЮ:
директор института
Энергетики и автоматизированных систем


С.И. Лукьянов
20 сентября 2017г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы электроники

Направление подготовки
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль/ специализация) программы
«Промышленная электроника»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения
Заочная

Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра электроники и микроэлектроники
Курс – 3,4

Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. N 218.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Электроники и микроэлектроники" 7 сентября 2017 г., (протокол № 1).

Зав. кафедрой  С.И. Лукьянов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института Энергетики и автоматизированных систем 20 сентября 2017 г. (протокол № 1).

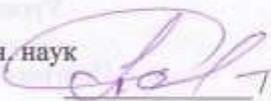
Председатель  С.И. Лукьянов

Рабочая программа разработана: старшим преподавателем кафедры Э и МЭ

 Д.М. Мазитовым

Рецензент:

Начальник отдела инновационных разработок ЗАО «КОНСОМ ГРУПП», канд. техн. наук

 А.Н. Панов /

Лист регистрации изменений и дополнения

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	06.09.2018 г. протокол №1	
2.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	05.09.2019 г. протокол №1	
3.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	31.08.2020 г. протокол №1	

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются изучение физических закономерностей процессов, происходящих при движении носителей заряда в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения, что позволит разрабатывать на их основе электронные устройства, предназначенные для контроля и управления в промышленности.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Физические основы электроники» (ФОЭ) входит в базовую часть Блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин естественнонаучного цикла блока 1, в том числе математики, физики, химии, информатики.

Знания (умения, владения), полученные в результате изучения данной дисциплины будут необходимы при изучении дисциплин блока 1:

- элементы цифровой техники;
- микроэлектроника;
- схемотехника;
- расчёт электронных схем;
- основы преобразовательной техники;
- энергетическая электроника;
- датчики первичной информации.

Для успешного усвоения дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и элементов теории уравнений математической физики, теории вероятностей и математической статистики, математических методов решения профессиональных задач;
- технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;
- законы Ньютона и законы сохранения, принципы специальной теории относительности Эйнштейна, элементы общей теории относительности, элементы механики жидкостей, законы термодинамики, статистические распределения, законы электростатики, природу магнитного поля и поведение веществ в магнитном поле, законы электромагнитной индукции, волновые процессы, геометрическую и волновую оптику, основы квантовой механики, строение многоэлектронных атомов, квантовую статистику электронов в металлах и полупроводниках, строение ядра, классификацию элементарных частиц;
- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния, химические свойства элементов различных групп Периодической системы, используемых при производстве электронных компонентов, и их важнейших соединений;

уметь:

- проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;
- работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами, создавать резервные копии и архивы данных и программ, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;
- решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности;
- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач;

владеть:

- методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов;
- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами;
- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента
- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов.

Студент, приступающий к изучению ФОЭ, должен обладать следующими компетенциями:

- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);
- способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

Освоение данной дисциплины как предшествующей необходимо при изучении следующих дисциплин:

- Элементы цифровой техники;
- Расчёт электронных схем.
- Микроэлектроника;
- Наноэлектроника;
- Схемотехника;
- Основы проектирования электронной компонентной базы;
- Основы технологии электронной компонентной базы;
- Основы преобразовательной техники;
- Датчики первичной информации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Физические основы электроники» и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-3 способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники; – основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов; – параметры и характеристики приборов и режимов их работы; – основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов; – методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – собирать схемы для снятия вольтамперных характеристик – определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам; – анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований; – применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками использования измерительных приборов; – навыками обработки экспериментальных данных; – навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах; – терминами, определениями и профессиональным языком специальности.
ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники; – основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов; – параметры и характеристики приборов и режимов их работы; – основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов; – методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам; – простейшие физические и математические модели электронных приборов и их функциональное назначение
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам; – анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований сопоставляя их со справочными данными; – применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств на их основе; – терминами, определениями и профессиональным языком специальности.

ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	
Знать	– эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов.
Уметь	– собирать схемы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов; – определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам; – анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований сопоставляя их со справочными данными; – применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне.
Владеть	– практическими навыками выбора эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов; – навыками обработки экспериментальных данных; – навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах; – терминами, определениями и профессиональным языком специальности.

4. Структура и содержание дисциплины для заочной формы обучения

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 единиц 360 часов:

- аудиторная работа – 18 часов;
- самостоятельная работа – 324 часов;
- контроль – 18 часов, в т.ч. на экзамены – 18 часов.

Раздел/ тема дисциплины	Курс ¹	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) ¹				Контроль (в часах) ¹	Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. занятия ²	самост. раб.			
1. Вакуумная и газоразрядная электроника	3	0,5			10			ПК-1 Знать.
1.1. Эмиссионная электроника	3	0,5			10			ПК-1 Знать.
1.2. Формирование и транспортировка ПЗЧ	3	0,5			10			ПК-1 Знать.
1.3. Взаимодействие ПЗЧ с веществом	3	0,5			10			ПК-1 Знать. Уметь
1.4. Вакуумные микроволновые приборы	3	0,5		1/0	10			

1.5. Методы генерации плазмы; типы и основные характеристики газовых разрядов.	3	0,5			10			ПК-1 Знать.
1.6. Применение ПЗЧ, плазмы и газовых разрядов в электронике. Перспективы развития ВиГЭ.	3	0,5		1/0	10			ПК-2 Уметь ПК-2 Владеть
Итого по разделу		3		2/0	60			
2. Твёрдотельная электроника	3	0,25			20			ПК-1 Знать.
2.1. Статистика носителей в полупроводниках. Вырожденные и невырожденные полупроводники.								
2.2. Контактные явления в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. <i>P-n</i>	3	0,25			20			ПК-1 Знать.

Раздел/ тема дисциплины	Курс ¹	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) ¹				Контроль (в часах) ¹	Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. занятия ²	самост. раб.			
гомо- и гетеропереходы.								
2.3. Полупроводниковые диоды.	3	0,5	1/1		10		ПК-1 Уметь Владеть	
2.4. Полевые и биполярные транзисторы.	3	0,5	1/1		10		ПК-1 Уметь Владеть	
2.5. Тиристоры.	3	0,5	1/0		10		ПК-2 Уметь Владеть	
2.6. Электронные устройства на основе полупроводниковых приборов: схемы выпрямления, генерации колебаний, усилительные каскады	3	0,5	1/0		10		ПК-2 Уметь Владеть	
2.7. Перспективы развития твердотельной электроники.	3	0,5			10		ПК-1 Знать.	
Итого по разделу		3	4/2		90	9	Экзамен	
3. Оптическая и квантовая электроника	3	0,5			5		ПК-1 Уметь	
3.1. Особенности оптической и квантовой электроники. Способы описания электромагнитного излучения (ЭМИ) оптического диапазона.								
3.2. Взаимодействие ЭМИ с веществом. Фотоприёмники на основе внутреннего фотоэффекта.	3	0,5		1/0	5		ПК-2 Уметь Владеть	
3.3. Инверсия населенностей. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.	3	0,5			5		ПК-1 Знать.	

Раздел/ тема дисциплины	Курс ¹	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) ¹				Контроль (в часах) ¹	Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. занятия ²	самост. раб.			
3.4.Принцип работы мазеров и лазеров.	3	0,5			5			ПК-1 Знать.
3.5.Оптические резонаторы. Лазеры твёрдотельные, жидкостные, газовые.	3	0,5			10			ПК-1 Знать.
3.6.Полупроводниковые инжекционные излучатели – светодиоды и лазеры на гомо- и гетеропереходах.	3	0,5		1/0	10			ПК-2 Уметь Владеть
3.7.Методы модуляции оптического излучения. Оптические методы передачи и обработки информации.	3	0,5			10			ПК-1 Знать.
3.8. Оптоэлектронные приборы. Перспективы развития оптической и квантовой электроники.	3	0,5			10			ПК-2 Уметь Владеть
Итого по разделу		4		2/0	60	9	Экзамен	
Итого по дисциплине		10	4/2	4/0	324	18	Два экзамена	

5. Образовательные и информационные технологии

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается – встреча с представителями предприятий НПО «Автоматика» и «Аэронавигация». Предполагаемые темы встреч связаны со всеми разделами изучаемой дисциплины, и посвящены вопросам использования приборов твёрдотельной, вакуумной, плазменной и оптической электроники на предприятиях ОАО ММК и Магнитогорского аэропорта.

Перед изучением дисциплины проводится предварительный контроль, который направлен на выявление наличного уровня подготовки студентов, достигнутого в результате изучения предшествующих дисциплин естественнонаучного цикла в соответствии с перечнем раздела 2 РПД. Предварительный контроль имеет большое значение: для определения познавательных возможностей студентов и осуществления индивидуализации и дифференциации обучения; диагностики исходного состояния обученности студента с целью отслеживания его дальнейшего продвижения в обучении (динамики обученности);

В процессе преподавания дисциплины «ФЭ» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии. Лекции проходят как в традиционной форме, так

и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. В процессе обучения используются демонстрационные плакаты, а также натурные конструкции изучаемых приборов и устройств.

Основные дидактические единицы

Раздел 1. Вакуумная и газоразрядная электроника.

Электрон и его свойства. Электроны в металлах. Термоэлектронная эмиссия металлов. Вывод и анализ уравнения Ричардсона-Дэшмана. Простые металлические термокатоды. Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термокатоды. Эффект Шоттки. Эмиссия с поверхности полупроводников. Оксидный катод. Фотоэлектронная эмиссия. Основные закономерности, сложные фотокатоды. Вторичная электронная эмиссия и её применение в приборах. Фотоэлектронные умножители. Автоэлектронная эмиссия. Экзоэлектронная эмиссия. Эмиссия электронов под действием ионной бомбардировки.

Электронная оптика - основные понятия. Электронные линзы. Движение электронов в магнитных полях. Магнитные линзы. Электронно-оптические системы и принципы их построения. Особенности формирования интенсивных пучков. Ионно-оптические системы. Отклонение электронов в электрических и магнитных полях. Отклоняющие системы. Принципы построения и работы электронно-лучевых приборов. Приемные, передающие, запоминающие ЭЛТ. Электронно-оптические преобразователи.

Движение электронов в режиме объемного заряда. Вольтамперная характеристика вакуумного диода. Физические основы работы вакуумных триодов, тетродов, пентодов. Особенности движения электронов в СВЧ-полях. Наведённые токи. Физические основы работы клистронов, ламп бегущей волны, магнетронов.

Основные направления развития вакуумной электроники.

Движение электронов в газах. Столкновения. Элементарные процессы при столкновениях электронов с атомами и молекулами. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашина. Тлеющий разряд. Феноменологическое описание. Теория катодных областей разряда. Приборы тлеющего разряда. Физические основы дугового и искрового разряда. ВЧ и СВЧ разряды. Коронный разряд. Применение разрядов. Плазма - основные понятия. Параметры плазмы и их определение. Диффузионная теория плазмы. Особенности теории плазмы низкого и высокого давлений. Излучение плазмы и его применение в приборах. Газоразрядные индикаторные панели. Основные направления развития газоразрядной электроники.

Раздел 2. Твердотельная электроника и микроэлектроника.

Свойства полупроводников. Влияние внешних энергетических воздействий на электропроводность полупроводника. Полупроводниковые приборы с однородной структурой кристалла: термисторы, фоторезисторы, варисторы. Гомогенный $p-n$ переход и его свойства. Вывод формулы вольтамперной характеристики (ВАХ) $p-n$ перехода. Пробой $p-n$ перехода. Ёмкость $p-n$ перехода. Динамические процессы в переходе. Переход металл - полупроводник. Гетеропереход и его свойства. Полупроводниковые

диоды: классификация, характеристики, параметры, применение. Физические основы работы классического биполярного транзистора (БТ). Схемы включения, вольтамперные характеристики и параметры. НЕМ-транзисторы. Однопереходные транзисторы. Полевые транзисторы: классификация, особенности применения, схемы включения, ВАХ и параметры транзисторов с *p-n* переходом и МОП-транзисторов. Транзисторные усилительные каскады. Группа ключевых приборов с тремя *p-n* переходами: динисторы, запираемые и незапираемые тринисторы, симисторы. Фотоприёмники на основе биполярных и полевых приборов. Физические основы микроэлектроники. Классификация микросхем по степени интеграции и функциональному назначению. Элементы и компоненты микросхем. Функциональные устройства на основе приборов и микросхем твёрдотельной электроники: базовые логические элементы, операционные усилители, генераторы незатухающих колебаний.

Основные направления развития твердотельной микро- и нанoeлектроники.

Раздел 3. Оптическая и квантовая электроника.

Исторические этапы развития оптической электроники. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами. Физические основы оптоэлектроники.

Исторические этапы развития квантовой электроники. Энергетические состояния атомов, молекул и твердых тел. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами. Спонтанные и вынужденные переходы, форма и ширина спектральных линий.

Усиление и генерация оптического излучения, методы создания инверсии населённости. Резонаторы оптического диапазона. Активные среды лазеров. Общие особенности и характеристики лазерного излучения.

Твердотельные лазеры: типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.

Газовые лазеры, устройство и принципы работы. Атомные, ионные, молекулярные газовые лазеры. Лазеры на самоограниченных переходах, эксимерные лазеры. Области применения газовых лазеров.

Жидкостные лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.

Фотоэлектрические явления и излучательная рекомбинация в полупроводниках. Полупроводниковые лазеры: типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.

Элементы оптоэлектронных устройств. Источники излучения: полупроводниковые лазеры, светоизлучающие диоды. Фотоприемники. Компоненты оптических схем и световоды. Волоконно-оптические линии связи. Модуляторы, дефлекторы и преобразователи электрических сигналов. Оптические методы обработки информации. Оптические характеристики твердых тел. Механизмы оптического поглощения, влияние внешних воздействий на свойства твердых тел. Отображение информации. Оптоэлектронные датчики и преобразователи. Оптические запоминающие устройства. Основные направления и перспективы развития оптоэлектроники.

Лабораторный практикум

Раздел 1.

- Исследование автоэлектронной эмиссии;
- определение времени готовности оксидного катода косвенного накала;
- исследование закономерностей вторичной электронной эмиссии;
- исследование фотоэлектронной эмиссии;

- изучение параметров и характеристик вакуумных электронных ламп (диода, триода, тетрода, пентода);
- исследование явления низковольтной катодolumинесценции;
- исследование несамостоятельного газового разряда;
- исследование самостоятельного тлеющего разряда в газе.

Раздел 2.

- Измерение характеристик и параметров полупроводниковых диодов;
- измерение характеристик и параметров биполярных транзисторов;
 - исследование влияния температуры на параметры и характеристики диодов и транзисторов;
 - исследование стабилитрона и стабистора;
 - измерение характеристик и параметров полевых транзисторов;
 - измерение характеристик и параметров однооперационных тринисторов.

Раздел 3.

- Исследование фотоприёмников (фоторезистора фотодиода, фототранзистора);
- исследование параметров и характеристик светодиода;
- исследование волоконно-оптического световода;
- исследование фоторезисторного, фотодиодного и фототранзисторного оптронов;
- исследование гелий-неонового и инжекционного лазеров.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Контрольные вопросы и задачи по итогам изучения дисциплины

Раздел «Твёрдотельная электроника»

1. Что означает выражение «градиент концентрации»?
2. Что называют током дрейфа? Током диффузии?
3. В каких единицах измеряется проводимость вещества?
4. Чем объясняется различие в проводимостях проводников, полупроводников и диэлектриков?
5. Какой полупроводник называют собственным ? Какова его проводимость?
6. Дайте сравнительную характеристику проводимости химически чистых германия и кремния.
7. Как влияет температура кристалла собственного полупроводника на его проводимость?
8. Ширина запрещенной зоны химически чистого германия составляет 0,72эВ, что соответствует тепловой энергии кТ, сообщаемой веществу при его нагреве до 12000К. Как тогда можно объяснить наличие собственной проводимости у германия при комнатной температуре в 300К?
9. Что называют процессом рекомбинации?

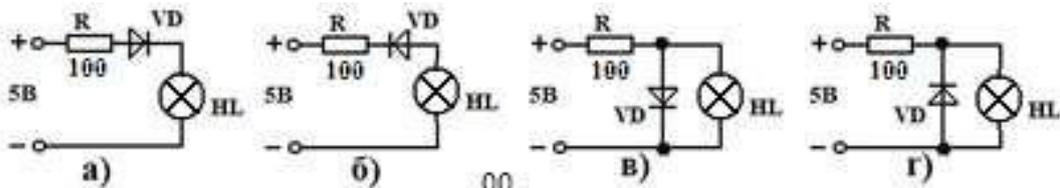
10. Что называют временем жизни носителя? Что называют ловушкой? Какова причина появления ловушек?
11. Как влияют ловушки на процессы, происходящие в полупроводнике?
12. Что называют донорами? Акцепторами? Какова их роль ?
Как влияет введение примеси в собственный полупроводник на его проводимость.
13. Что называют основными и неосновными носителями? Примеры таковых носителей .
14. Как понимать выражение «тип проводимости полупроводника», в чем отличие типов проводимости собственного и примесного полупроводников?
15. Какие носители являются основными при введении донорной или акцепторной примесей? Почему?
16. Если энергия ионизации доноров или акцепторов составляет $0,01\text{эВ}$, то сколько процентов их ионизировано при температуре 300К ?
17. В чем отличие механизмов влияния температуры на проводимость? полупроводников и металлов?
18. Что называют р-п переходом, как он образуется?
19. Что называют равновесным состоянием р-п перехода
20. Что означают выражения «прямое смещение перехода», «обратное смещение перехода»? Чем отличаются параметры перехода при указанных смещениях?
21. Что означает выражение «пробой р-п-перехода? По каким признакам судят о наступлении пробоя? Физический механизм пробоя и его разновидности.
22. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки выпрямительных диодов.
23. -//- стабилитронов.
24. -//- туннельных диодов
25. -//- диодов Шоттки
26. -//- биполярных транзисторов.
26. -//- полевых транзисторов с управляющим р-п переходом.
27. -//- полевых транзисторов с изолированным затвором и индуцированным каналом.
28. -//- динисторов.
29. -//- одно- и двухоперационных тринисторов.
30. -//- симисторов.
31. Одно- и двухполупериодная (мостовая) схемы выпрямления переменного однофазного напряжения.
32. Динамический режим работы биполярного транзистора в схеме с ОЭ. Необходимость предварительного смещения эмиттерного перехода при усилении разнополярного сигнала и способы его (смещения) организации.
33. Динамический режим работы полевого транзистора с управляющим переходом в схеме ОИ. Режим автоматического смещения.
34. Понятие усилительного каскада (УК) Каскады предварительного усиления на биполярных транзисторах. Расчет параметров УК, собранных по схеме ОЭ.
35. Расчет параметров УК на полевом транзисторе с управляющим переходом, собранного по схеме ОИ.

Задачи

- 1, Необходимо осуществить выпрямление переменного напряжения с амплитуд-

ным значением 300В с помощью однополупериодного выпрямителя. Однако, в наличии имеются диоды, чьё обратное максимальное напряжение находится в диапазоне 200 – 250В при обратном токе, изменяющемся в диапазоне 1,0 – 2,0мкА. Можно ли использовать эти диоды, и как будет выглядеть схема выпрямления в этом случае для активной нагрузки без сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения с элементами защиты диодов от пробоя (выполнить расчёты элементов защиты).

2. Лампа накаливания, изображённая на рисунках, начинает светиться при напряжении на ней 2,0В и токе 10 мА. Диод, изображённый на рисунках, имеет прямое падение на-пря-же-ния 0,8В



при токе 10мА и допустимое обратное напряжение 50В. В каких схемах лампа будет светиться? Будет ли её свечение одинаковой яркости и почему? Может ли в какой-то из схем диод выйти из строя?

3. Стабилитрон используется в схеме параметрического стабилизатора напряжения в режиме ($U_{ст}=7,5В$, $I_{ст}=10мА$). Изобразить схему стабилизатора и определить, как и в каком направлении изменится напряжение на его выходе при увеличении тока, протекающего по стабилитрону на 20мА, если прямое падение напряжения на нём составляет 1,0В, а его дифференциальное сопротивление – восемь ом?

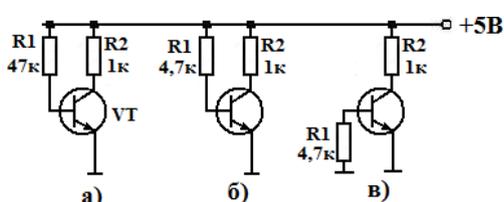
4. Выводам транзистора произвольным образом присвоили номера 1, 2, 3, после чего с помощью омметра измерили сопротивления между ними, записывая результаты измерений и полярность напряжения на щупах омметра (на щупах любого омметра всегда действует постоянное - в смысле постоянной полярности – напряжение, для биполярных транзисторов это напряжение безопасно). Результаты измерения сведены в таблицу. Запись +12 означает, что щупы были соединены с выводами 1и2, причём вывод 1 имел положительный, относительно вывода 2, потенциал. Запись -32 указывает на то, что вывод 3 находился под отрицательным потенциалом, а вывод 2 имел потенциал положительный. Таким образом, знак «плюс» или «минус» находится слева от того вывода, на котором действует этот потенциал. Знак ∞ не означает разрыва цепи, а указывает на то, что сопротивление очень велико, и не может быть измерено данным омметром.

измерение	+12	+13	+23	+21	+31	+32	-12	-13	-23	-21	-31	-32
Результат, кОм	0,2	0,2	100	∞	∞	350	∞	∞	∞	0,2	0,2	100

По результатам анализа таблицы определить, номер какого вывода соответствует базе, эмиттеру или коллектору

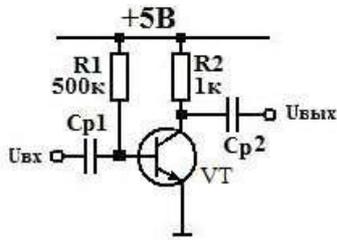
5. Ток базы БТ, работающего в активном режиме в схеме включения ОЭ, равен 20мкА, ток эмиттера при этом – 1мА. Чему равен коэффициент передачи транзистора по постоянному току?

6. Биполярный транзистор ($B \approx h_{21Э} = 100$, $h_{11Э} = 1кОм$, $h_{12Э} = 0$, $1/h_{22Э} = 20кОм$, $U_{КЭ\max} = 50В$, $U_{КЭ\text{нас}} = 0,4В$ при $I_K = 10мА$, схема включения ОЭ) работает в линейном режиме, при этом $U_{КЭ} = 1В$, $I_K = 1мА$. Чему будет равен ток коллектора, если увеличить напряжение $U_{КЭ}$ до 10В?



7. Используя данные задачи №6, выполнить расчёты и указать, в какой из приведенных

схем транзистор работает в режимах: квазиотсечки, насыщения, активном (линейном).



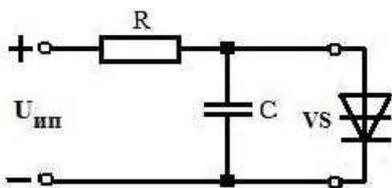
8. На рисунке изображена схема усилительного каскада. Указать назначение всех компонентов каскада и схему включения транзистора. Какие сигналы может усиливать устройство: постоянные (однополярные), переменные (разнополярные), и те, и другие.

9. Для схемы задачи №8, используя параметры транзистора, приведенные в задаче №6, определить ток и напряжение коллектора покоя, если напряжение смещения составляет 0,8В.

10. Определить коэффициенты усиления каскада задачи №8, используя параметры транзистора, приведенные в задаче №6, для режима «холостого хода» на выходе устройства ($R_H = \infty$)

11. Напряжение отсечки полевого транзистора с р-n переходом и n-каналом составляет 3В. Каким должно быть сопротивление автоматического смещения, если предполагается использовать транзистор для усиления переменного напряжения с амплитудой 1В? Изобразить схему такого усилительного каскада.

12. Нарисовать осциллограмму напряжения на конденсаторе $U_C(t)$. В момент



включения питания конденсатор разряжен. Напряжение источника питания $U_{ип}$ и $U_{вкл}$. Как будет влиять на характер осциллограммы изменение сопротивления резистора и ёмкости конденсатора?

Раздел «Вакуумная и газоразрядная электроника»

1. Приведите примеры вакуумных электронных приборов, каково их назначение и условное обозначение?

2. Как зависит коэффициент вторичной эмиссии от энергии первичных электронов?

3. Изобразите в относительных единицах ВАХ фотоэлемента для положительных и отрицательных значений анодного напряжения. Фотоэлемент облучают порознь двумя монохроматическими потоками 1 и 2, которые «преодолевают» красную границу. Интенсивность первого потока - $2 \cdot 10^{12}$ кв/с, длина волны - 555нм, интенсивность второго потока - $4 \cdot 10^{12}$ кв/с, длина волны - 630нм. Бе ВАХ изобразить в одной системе координат.

1. Перечислите виды разрядов в газе и укажите на области их применения или условия существования.

2. Назначение, конструкция, принцип действия, ВАХ и параметры трёхэлектродной вакуумной лампы с катодом прямого накала.

3. Анодное напряжение вакуумного диода изменяется по закону $u_A = \sin(\omega t)$. Изобразите график зависимости анодного тока от времени. Будет ли изменяться этот график при росте частоты ω ?

1. С какой целью создается разряжение внутри корпусов вакуумных приборов? Что произойдёт при нарушении вакуума у прибора с оксидным катодом?

2. Чем объяснить наличие экстремума на спектральной характеристике фотоэлемента?

3. Анодный ток вакуумного диода при напряжении на аноде 100В составляет 1мА.

Сколько электронов в секунду уходит на анод, и с какой скоростью?

1. Используя уравнение Шрёдингера для одномерного случая, оценить вероятность самопроизвольной электронной эмиссии из вещества.

2. Укажите основные параметры фото, термо и вторично-электронных катодов.

3. Работа выхода вещества анода вакуумного диода с катодом косвенного накала составляет $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Можно ли полагать, что при некотором значении анодного напряжения начнётся вторичная эмиссия из вещества анода, и если да, то при каком, а если нет, то почему?

1. Что называют работой выхода, в чем ее измеряют, какова методика её определения и какова (примерно) её величина для различных веществ?

2. Каким образом можно управлять поперечным размером электронного потока? Приведите пример реализации.

3. Фотоумножитель содержит 5 динодов. Каким будет его анодный ток, если коэффициент вторичной эмиссии для всех динодов одинаков и равен двум, квантовый выход катода равен единице, а катод поглощает монохромное излучение с длиной волны 0,5 мкм и мощностью 6 мВт?

1. Физическая сущность автоэлектронной эмиссии, примеры применения.

2. В каких приборах наблюдается явление вторичной эмиссии, в каких из них она представляет собой желаемое явление, а в каких – нежелательное.

3. Определить время пролёта электрона от катода до анода вакуумного диода при анодном напряжении 100 В и расстоянии между анодом и катодом 4 мм.

1. Физическая сущность взрывной эмиссии.

2. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов.

3. Изобразить график зависимости анодного тока вакуумного диода с термокатодом прямого накала от температуры катода в диапазоне от нуля до номинального значения его температуры (в относительных единицах).

1. Физическая сущность фотоэлектронной эмиссии.

2. Конструкция, условное обозначение и принцип действия цифровых газоразрядных индикаторов.

3. Определить величину тока насыщения фотоэлемента для двух монохроматических потоков излучения с длинами волн 0,4 и 0,6 мкм при квантовых выходах 0,5 и 1,0 соответственно. Интенсивность обоих потоков одинакова и составляет $2 \cdot 10^{12}$ кв/с. Какой должна быть красная граница для этих потоков?

1. Физическая сущность вторичной электронной эмиссии?

2. Механизм свечения газа при «тлеющем разряде»? При каких условиях он возникает?

3. Радиус вращения электрона в атоме водорода, согласно классическим представлениям, составляет $0,5 \cdot 10^{-10}$ м, а скорость вращения – $2,3 \cdot 10^6$ м/с. Оценить возможность классического подхода, используя соотношение неопределённостей. Неопределённость координаты Δx взять величиной порядка размеров атома.

1. Что называют «красной границей» фотоэффекта, как она находится?

2. Назовите существующие в настоящее время типы термокатодов и дайте им сравнительную характеристику.

3. Изобразите ВАХ газонаполненного диода и схему эксперимента. Опишите процессы, происходящие в газе при увеличении анодного напряжения.

1. В чём состоит принципиальное отличие самостоятельного газового разряда от несамостоятельного?

2. Что называют фазовой фокусировкой, как её получают и с какой целью используют?

3. Ток термоэмиссии катода ЭЛТ составляет один миллиампер. 20% электронов, эмитированных катодом, поглощаются электродами прожектора, имеющими положитель-

на.

4. Сравнительная характеристика светодиодов и инжекционных лазеров как источников излучения

5. Понятие инверсной населенности в свете статистики Больцмана. Механизм и способы создания инверсной населенности.

6. Назначение, условное обозначение, конструкция, параметры и принцип действия фоторезисторов. Применение фоторезисторов

7. Поглощение оптического излучения веществом. Вывод закона Бугера-Ламберта.

8. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации.

Физические принципы функционирования волоконных световодов.

9. Понятие инверсной населенности в свете статистики Больцмана. Механизм и способы создания инверсной населенности.

10. Назначение, условное обозначение, конструкция, параметры и принцип действия фоторезисторов. Применение фоторезисторов.

11. Понятие накачки, обоснование ее необходимости и способы осуществления.

12. Основные характеристики и параметры фоторезисторов. Способы защиты от их отказа.

13. Спонтанное и вынужденное излучения. Уширение спектральных линий, связанное со спонтанными переходами. Примеры спонтанного излучения.

14. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с p-n переходом. Применение фотодиодов.

15. Понятие активной среды лазера, требования, предъявляемые к активным средам, типы активных сред.

16. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия и параметры светодиодов. Применение светодиодов.

17. Сравнительная характеристика фоторезисторов, основанных на явлениях собственной и примесной проводимостях. Особенности эксплуатации фоторезисторов с примесным типом проводимости.

18. Свойства лазерных пучков. Параметры лазерного излучения.

19. Расшифруйте понятие «одномодовый» лазер. Является ли таковым инжекционный лазер и почему? Зачем вообще нужен одномодовый режим? Является ли одномодовое излучение когерентным, и какими свойствами обладает когерентное излучение?

20. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с p-i-n структурой. Сравнение с фотодиодами p-n структуры.

21. Лавинные фотодиоды: область применения, сравнительная характеристика (с p-n и p-i-n фотодиодами), особенности эксплуатации.

22. Амплитудно-импульсная модуляция светового пучка инжекционных лазеров.

Схемная реализация устройства модулятора.

23. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия, характеристики и параметры биполярных фототранзисторов.

24. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации. Физические принципы функционирования волоконных световодов.

25. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов.

26. Конструкции одномодовых и многомодовых волноводов, особенности применения.

27. Чем объясняется то обстоятельство, что при работе фотодиода в диодном режиме фототок практически не изменяется в широком диапазоне сопротивлений нагрузки (см. результаты лабораторной работы), и начинает уменьшаться только при достижении ею определенного значения. В то же время при работе в гальваническом режиме рост со-

- противления нагрузки вызывает закономерное уменьшение фототока.
28. Какими факторами объясняется инерционность фоторезистора?
 29. Назначение, условное обозначение, конструкция и принцип действия полевых фототранзисторов. Основные характеристики и параметры фототранзисторов.
 30. Физическая сущность затухания и искажения сигнала, передаваемого по оптическому кабелю. Параметры оптических кабелей, характеризующих указанные явления.
 31. Известно, что в приводе компакт-диска используется источник оптического излучения. Может ли им быть микроминиатюрная лампа накаливания или светодиод? Почему? Какой из параметров излучения определяет тип его источника?
 32. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода с *p-n* переходом в режиме холостого хода при облучении светом?
 33. Конструкция и принцип действия твердотельных (рубиновых) лазеров.
 34. Оптроны. Назначение оптронов, их разновидности и сравнительная характеристика. Условное обозначение и параметры тиристорных оптронов.
 35. Какие механизмы поглощения света используются в фоторезисторах? Дайте им сравнительную характеристику.
 36. Параметры фоторезисторов с указанием их размерности и методики определения.
 37. В чем отличие параметров фоторезисторов, изготовленных из собственного и примесного полупроводников?
 38. Какова причина высокой инерционности фоторезисторов?
 39. В каком случае фоторезисторы необходимо охлаждать?
 40. Как определить чувствительность фоторезистора?
 41. Изобразите схему включения фоторезистора как фотоприёмника.
 42. Чем кристалл фотодиода отличается от кристалла фоторезистора?
 43. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода при облучении?
 44. Что называют «красной границей внутреннего фотоэффекта», как её определяют?
 45. Каков механизм возникновения фотоЭДС?
 46. Какой режим работы фотодиода обладает большей чувствительностью и почему?
 47. Как влияет режим работы фотодиода на его быстродействие?
 48. Параметры фотодиода с указанием их размерности и методики определения. Сравнительная характеристика фоторезистора и фотодиода. Чем объясняется различие их параметров?
 49. Какой из фотоприемников может работать без источника питания и почему?
 50. Схемы усиления сигнала фотоприемников.
 51. По каким причинам фотоприёмники могут выйти из строя?
 52. Внешний вид фотоприемников может быть совершенно одинаков. Как с помощью мультиметра определить вид фотоприемника и определить – где какой вывод фотодиода?
 53. Каково практическое использование однородных примесных полупроводников?
 54. Если фоторезистор имеет в качестве фоточувствительного элемента плёнку химически чистого кремния, то каково минимальное значение энергии кванта света, вызывающего изменение проводимости фоторезистора (методика расчета)?

Задачи

1. Определите частоту и энергию фотона гелий-неонового лазера при $\lambda = 0,6328 \text{ мкм}$. Может ли человек видеть излучение этого лазера ?
2. Найти длину оптического кабеля, при которой оптическая мощность вводимого излучения уменьшится в 10 раз, если коэффициент затухания составляет 0,2 дБ/км.
3. Энергия ионизации примеси у кристалла фоторезистора составляет 0,015 эВ. До какой

температуры необходимо охлаждать фоторезистор?

4. Разработать схему защиты светодиода, входящего в состав оптрона, от импульсов обратного напряжения и указать её параметры.

5. Уменьшение оптической мощности $P(x)$ при прохождении расстояния x выражается законом Бугера - Ламберта через коэффициент поглощения α . Найти соотношение между α , измеряемым в $[m^{-1}]$ и коэффициентом поглощения, выраженном в $[дБ/км]$.

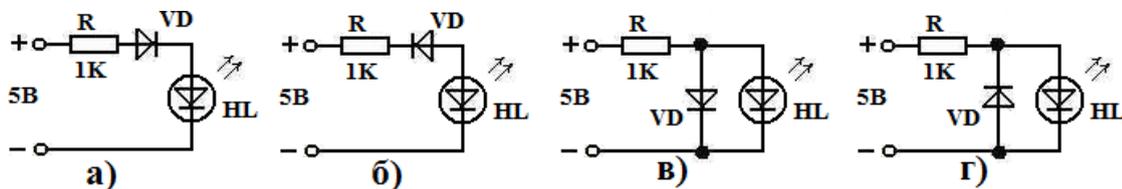
6. На каком расстоянии от фотодиода, имеющего площадь активной поверхности 1 см^2 и величину квантового выхода 10% должен находиться светодиод, излучающей на длине волны с $\lambda_{max}=0,555\text{ нм}$ при силе света в одну канделу, чтобы ток фотодиода имел импульсный характер с частотой импульсов 10Гц?

9. Одномодовый точечный источник генерирует излучение с $\lambda=4\text{ мкм}$. Мощность источника 10^{10} квант/с. Определить энергетическую освещенность площадки в 1 мм^2 , ориентированной нормально к источнику и расположенной от него на расстоянии 30см.

10. Показатель преломления сердцевины одномодового оптического кабеля составляет 1,213. Через какое время излучение достигнет фотоприемника, если длина кабеля составляет 2км?

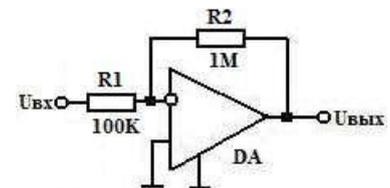
11. По какой методике можно рассчитать ожидаемую скорость передачи информации по оптическому кабелю с известными параметрами?

12. В каких из нижеприведенных схем будет наблюдаться заметное свечение светодиода? При анализе используйте результаты, полученные в лабораторных работах (VD – обычный маломощный кремниевый выпрямительный диод).



13. Известно, что данный прибор является оптроном. У него пять внешних выводов. Как экспериментально, располагая средствами измерений, определить тип оптрона и функцию каждого вывода.

14. Входное напряжение ОУ формируется фотодиодом, имеющем чувствительность 100 мкА/лм . На фотодиод направлен поток излучения импульсного характера с амплитудой импульсов $0,1\text{ лм}$. Изобразить схему формирования $U_{вх}$ ОУ для случая работы фотодиода в диодном режиме, и определить амплитуду импульсов выходного сигнала, а также минимальное напряжение источника питания ОУ.



15. Ставится задача изменения коэффициента передачи масштабирующего усилителя на ОУ при изменении мощности внешнего излучения. Какой должна быть принципиальная схема данного устройства?

16. Длина волны инжекционного лазера, используемого для передачи информации по оптическому кабелю, составляет $0,8\text{ мкм}$. Какая теоретически максимальная скорость передачи информации может быть достигнута?

17. Источник квазимонохромного излучения (IRE) с $\lambda=1\text{ мкм}$ и интенсивностью 1 Вт/м^2 используется в системе охранной сигнализации. Расстояние до фотоприемника (фотодиода с диаметром линзы 5мм) составляет 6м. Какая энергия поглощается кристаллом полупроводника фотодиода с точки зрения корпускулярных и волновых представлений.

18. Разработать схему усиления сигнала фоторезистора с помощью биполярного $n-p-n$ транзистора и методику ее расчета.

Раздел 1

Тест-контроль остаточных знаний по «Вакуумной и газоразрядной электронике»

А. Как известно, корпуса плазменных приборов наполнены инертным газом (неон, аргон, криптон и. т.), являющимся изолятором. Каким образом в объеме газа появляются носители тока-ионы и электроны?

1. Причиной появления носителей заряда является электрическое поле, возникающее при подаче напряжения на электроды прибора.
2. Носители тока вводят специально при изготовлении прибора.
3. Носители заряда появляются в результате процессов рекомбинации в объеме газа.
4. Носители заряда появляются вследствие ионизации атомов и молекул газа, вызванных внешним энергетическим воздействием – тепловым, оптическим излучением, естественной радиоактивностью и др.

В. Увеличение квантового выхода вещества фотокатода приводит:

1. к безусловному росту чувствительности вакуумного фотоэлемента;
2. к росту чувствительности при условии, что длина волны излучения меньше длины волны так называемой “красной границы”;
3. к уменьшению спектральной чувствительности;
4. на самом деле квантовый выход на параметры фотоэлемента не влияет;
5. увеличению порового потока.

С. Низковольтная катодолуминесценция имеет место в случае, если энергия бомбардирующих люминофор электронов

1. больше второй критической величины;
2. меньше первой критической величины;
3. больше первой критической, но меньше второй критической;
4. не более 3 кэВ.

Д. Какой элемент конструкции ЭЛТ является коллектором вторичных электронов?

1. Модулятор.
2. Катод.
3. Аквадаг.
4. Фокусирующий электрод.
5. Первый анод.

Е. Электронная эмиссия – это

1. процесс испускания веществом свободных электронов;
2. процесс поглощения веществом свободных электронов;
3. процесс возбуждения электронов через запрещенную зону;
4. процесс возврата атомов вещества в основное состояние.

Ф. Как будет меняться потенциал вольфрамовой изолированной мишени при бомбардировке ее первичными электронами, энергия которых более первой критической, но менее второй критической величины?

1. Вначале мишень будет заряжаться положительно, затем положительный потенциал стабилизируется на уровне второй критической величины.
2. Будет заряжаться положительно до значения второй критической величины, после чего положительный потенциал мишени будет уменьшаться и стабилизируется на уровне первого критического потенциала.
3. Будет заряжаться отрицательно, принимая заряд первичных электронов, до величины, при которой поле мишени будет отбрасывать все первичные электроны.
4. Будет заряжаться отрицательно до тех пор, пока потенциал мишени не будет равным энергии первичных электронов, деленной на элементарный заряд.

Г. В катодах вакуумных фотоэлементов стали использовать вещество с большим квантовым выходом. Это дало возможность

1. повысить чувствительность фотоэлемента;

2. увеличить пороговый поток;
3. уменьшить токи утечки;
4. увеличить граничную частоту модуляции светового потока.

Н. Каков физический механизм появления анодного тока вакуумного диода, имеющего термокатод, в случае, если анод замкнут на катод, и катод имеет номинальное напряжение накала?

1. Поскольку электроны имеют отрицательный заряд, а потенциал анода равен нулю, то электроны устремляются на анод, образуя анодный ток.
2. Появление анодного тока объясняется возникновением контактной разности потенциалов, создающей электрическое поле, увлекающее электроны на анод.
3. Поскольку анод замкнут на катод, то анодное напряжение равно нулю, следовательно, появление анодного тока невозможно.
4. Появление анодного тока объясняется тем, что испускаемые катодом электроны имеют начальную кинетическую энергию, отличную от нуля.

И. Как изменится анодный ток вакуумного диода с термокатодом, если изменить полярность источника анодного напряжения («минус» на аноде)?

1. Анодный ток безусловно станет равным нулю, так как возрастет потенциальный барьер.
2. Анодный ток не изменится, так как не изменится контактная разность потенциалов.
3. Если кинетическая энергия электронов, испущенных катодом, больше потенциальной энергии, приобретаемой при движении в тормозящем анодном поле, то анодный ток сохранит свое направление с одновременным уменьшением своей величины.
4. Анодный ток изменит свое направление на противоположное.

Ж. Двумя монохромными потоками излучения с потоками Φ_1 и Φ_2 и длинами волн λ_1 и λ_2 поочередно облучают вакуумный фотоэлемент, причем $\Phi_1 > \Phi_2$ и $\lambda_1 > \lambda_2$. Укажите связь между токами насыщения $I_{нас}$ и напряжениями задержки U_z при условии, что энергия квантов обоих потоков больше работы выхода фотокатода.

1. $I_{нас1} > I_{нас2}$; $U_{z1} > U_{z2}$;
2. $I_{нас1} > I_{нас2}$; $U_{z1} < U_{z2}$;
3. $I_{нас1} < I_{нас2}$; $U_{z1} < U_{z2}$;
4. $I_{нас1} < I_{нас2}$; $U_{z1} > U_{z2}$;

К. В каком случае при положительном анодном напряжении анодный ток триода может быть равным нулю?

1. При обрыве в цепи сетки.
2. При обрыве в цепи катода.
3. При отрицательном относительно катода потенциале сетки.
4. При положительном анодном напряжении анодный ток никогда не равен нулю.

Л. Какой электрод электронной лучевой трубки управляет яркостью свечения экрана?

1. Модулятор.
2. Фокусатор.
3. Первый анод.
4. Управляющий электрод.

1. На самом деле рост анодного напряжения вызывает непрерывный рост анодного тока по закону “степени трех вторых”.

2. При определенном значении анодного напряжения потенциальный барьер, обусловленный пространственным зарядом, исчезает, поскольку все электроны, испущенные катодом, увлекаются анодным полем и дальнейший рост анодного тока невозможен.
3. Анодный ток не меняется в связи с тем, что температура катода неизменна.
4. Рост анодного тока прекращается при достижении анодным напряжением величины контактной разности потенциалов.

Н. Как будет изменяться анодный ток вакуумного диода при постепенном уменьшении температуры его катода и сохранении остальных его параметров на номинальном уровне?

1. Уменьшаться по закону “степени трех вторых” плавно до нуля.

2. Уменьшаться до тех пор, пока сообщаемая веществу эмиттера тепловая энергия не станет меньше работы выхода, после чего анодный ток станет равным нулю.
3. Уменьшаться до тех пор, пока сообщаемая веществу эмиттера тепловая энергия не станет равной энергии Ферми, после чего анодный ток станет равным нулю.
4. Останется неизменным до тех пор, пока сообщаемая веществу эмиттера тепловая энергия не станет равной энергии Ферми, после чего анодный ток станет равным нулю.

О. Какой вид электронной эмиссии используется в приборах тлеющего разряда?

1. Термоэлектронная.
2. Автоэлектронная.
3. Вторичная электронная.
4. Взрывная.

Р. Если газоразрядный прибор имеет термокатод, то разряд, возникающий в нем, является

1. диффузным.
2. латентным.
3. несамостоятельным.
4. самостоятельным.

Q. Почему спектральная характеристика вакуумного фотоэлемента имеет экстремум?

1. На самом деле чувствительность фотоэлемента монотонно растет с уменьшением длины волны излучения, поскольку при этом растет энергия фотонов.
2. Уменьшение длины волны излучения означает рост энергии квантов, что приводит к росту фототока и, следовательно, чувствительности. Однако, одновременно растет и эффективная глубина проникновения излучения в вещество, приводящее к уменьшению числа эмитируемых электронов, а следовательно и чувствительности. Отсюда – наличие экстремума на характеристике.
3. С ростом энергии квантов (по мере уменьшения длины волны излучения) растет и квантовый выход, приводящий к росту чувствительности. Однако, по мере заселения свободных энергетических состояний, возможности для осуществления эмиссии неуклонно сокращаются, что приводит к уменьшению чувствительности. Отсюда – наличие экстремума на характеристике.
4. Наличие экстремума на графике $S=f(\lambda)$ объясняется возникновением насыщения центров эмиссии после преодоления “красной границы”.

Р. Как определяется “работа выхода”?

1. Как разность между “вакуумным уровнем” и уровнем Ферми.
2. Как разность работ при адиабатическом процессе испускания электронов веществом эмиттера.
3. Методом пробного заряда в соответствии с законом Кулона.
4. Как разность между “вакуумным уровнем” и “потолком” зоны проводимости.

S. С какой целью создается в приборах вакуум?

1. Для снижения потенциального барьера на пути эмитированных катодом электронов.
2. Для уменьшения теплоотдачи от катода в окружающую среду.
3. Для предотвращения окисления электродов прибора воздухом.
4. Для предотвращения ионизации атомов и молекул газа при взаимодействии с электронами.

T. Для получения различных цветовых оттенков в плазменных экранах используют явление

1. фотолюминесценции;
2. хемилюминесценции;
3. катодолюминесценции;
4. вторичной люминесценции.

U. Квантовый выход фотокатода – это

1. отношение числа квантов, испускаемых источником излучения в рассматриваемом телесном угле к числу квантов, падающих на рабочую область фотокатода;
2. отношение числа квантов, падающих на рабочую область фотокатода, к числу квантов, передавших свою энергию электронам эмиттера;
3. отношение числа квантов, падающих на рабочую область фотокатода, к числу испускаемых им электронов;

4. отношение числа квантов, падающих на рабочую область фотокатода, к току насыщения, деленному на элементарный заряд.

V. При постоянном потоке излучения и постоянном анодном напряжении фотоэлемента увеличение тока насыщения достигается за счет

1. уменьшения площади фотокатода;
2. увеличения площади фотокатода;
3. уменьшения расстояния между анодом и катодом;
4. увеличения площади анода.

W. Что называют работой выхода?

1. Энергию, которую необходимо сообщить электрону для преодоления сил притяжения ионов решетки.
2. Работу, совершаемую газами, выходящими из вещества электродов вакуумного прибора при их нагреве.
3. Энергию, возвращаемую электроном решетке вещества эмиттера при выходе из зоны проводимости в валентную зону.
4. Энергию, которую необходимо затратить для перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости вещества эмиттера.

X. Вакуумный триод с термокатодом работает в следующем режиме: $U_a = +100\text{В}$, $U_c = -2\text{В}$ (минус 2В), ток анода при этом составляет 10 мА. Укажите наиболее вероятное, на Ваш взгляд, значение, которое будет иметь анодный ток при замыкании сетки на катод.

1. 20 мА. 2. 3 мА. 3. Ноль. 4. Анодный ток не изменится, поскольку не изменилось анодное напряжение.

Y. Электронная эмиссия осуществляется без затраты внешней - по отношению к веществу эмиттера – энергии в случае

1. термоэлектронной эмиссии; 2. автоэлектронной эмиссии; 3. фотоэлектронной эмиссии; 4. взрывной эмиссии. 5. Все виды эмиссии требуют затраты внешней энергии.

Z. Экраны электронных лучевых приборов помимо своей основной функции играют роль

1. фокусаторов; 2. катодов; 3. вторично-электронных эмиттеров; 4. анодов.

Ω. Что называют потенциальным барьером?

1. Контактную разность потенциалов между анодом и катодом.
2. Электрическое поле, уменьшающее кинетическую энергию свободных носителей.
3. Разность между энергией Ферми и работой выхода.
4. Разность между работой выхода и энергией Ферми.

ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

A4, B2 и B1, C2, D3, E1, F1, G1, H4, I3, J2, K2 и K3, L1, M2, N2, O3, P4, Q2, R1, S4, T1, U3 и U4, V2, W1, X1, Y2, Z3, Ω1 и Ω2.

Вопросы и задачи по «Вакуумной и газоразрядной электронике»

1. Приведите примеры вакуумных электронных приборов, каково их назначение и условное обозначение?
2. Приведите примеры известных Вам газоразрядных приборов, каково их назначение и условное обозначение?
3. В чем принципиальное отличие вакуумных электронных приборов от плазменных?
4. С какой целью создается разряжение внутри корпусов вакуумных приборов? Что произойдет при нарушении вакуума у прибора с оксидным катодом?
5. Почему приборы вакуумной и плазменной электроники называют эмиссионными?

6. Какие виды электронной эмиссии используются в приборах вакуумной и плазменной электроники?
7. Возможна ли спонтанная (самопроизвольная) эмиссия электронов из вещества?
8. Что называют работой выхода, в чем ее измеряют, какова методика её определения и какова (примерно) её величина для различных веществ?
9. Используя уравнение Шрёдингера для одномерного случая, оценить вероятность самопроизвольной электронной эмиссии из вещества.
10. Физическая сущность автоэлектронной эмиссии, примеры применения.
11. Физическая сущность взрывной эмиссии.
12. Физическая сущность фотоэлектронной эмиссии?
13. Физическая сущность вторичной электронной эмиссии?
14. Физическая сущность термоэлектронной эмиссии?
15. Доказать, используя соотношение неопределённостей Гейзенберга, что к электрону вакуумной электроники применимы законы классической физики, т.е. существуют понятия траектории и координаты. В качестве примера использовать ЭЛТ, имеющую анодное напряжение 1000В и размер элемента отображения 0,2мм.
16. Каково назначение, принцип действия и устройство фотоэлементов?
17. Укажите основные параметры фотоэлемента, какова схема его включения?
18. Что называют «красной границей» фотоэффекта, как она находится?
19. Какой из режимов работы фотоэлемента - пространственного заряда или насыщения является рабочим? Почему?
20. Чем объяснить наличие экстремума на спектральной характеристике фотоэлемента?
21. Природа темнового тока фотоэлемента и методика его измерения. Как влияет величина темнового тока на разрешающую способность фотоэлемента?
22. Чем характеризуется эффективность вторичной электронной эмиссии?
23. Как зависит коэффициент вторичной эмиссии от энергии первичных электронов?
24. В каких приборах наблюдается явление вторичной эмиссии, в каких из них она представляет собой желаемое явление, а в каких - нежелательное?
25. Назовите существующие в настоящее время типы термокатодов и дайте им сравнительную характеристику.
26. Укажите основные параметры фото, термо и вторично-электронных катодов.
27. Что называют «динатронным эффектом», в каких электронных приборах он имеет место?
28. Как понимать выражение «потенциальный барьер» применительно к вакуумным приборам? Приведите пример использования потенциального барьера.
29. Что понимают под «пространственным зарядом»? Каково действие пространственного заряда?
30. Что называют контактной разностью потенциалов, как она возникает и каково её действие на электронные потоки?
31. От чего зависит плотность тока фотоэлектронной эмиссии?
32. Методика определения постоянной Планка h Милликеном.
33. Какие факторы и каким образом влияют на плотность тока термоэлектронной эмиссии? Вывод формулы Ричардсона – Дэшмана.
34. Какой режим работы и какого прибора описывает «закон степени трех вторых»?
35. Физическая сущность эффекта Шоттки.
36. Анодное напряжение освещенного вакуумного фотоэлемента равно нулю (анод замкнут на катод). Будет ли равен нулю анодный ток? Почему?
37. Анодное напряжение вакуумного диода с термокатодом, на который подано номинальное (рабочее) напряжение накала, равно нулю (анод замкнут на катод). Будет ли равен нулю анодный ток? Почему?

38. Какие параметры электронного потока (тока на анод) в промежутке анод-катод вакуумного диода изменяются при изменении анодного напряжения?
39. Каким образом можно управлять поперечным размером электронного потока? Приведите пример реализации.
40. Что называют фазовой фокусировкой, как её получают и с какой целью используют?
41. Каким образом можно изменить траекторию потока электронов? В каких приборах используются данные способы отклонения? Какова конструкция отклоняющих систем?
42. Принцип отклонения луча от оси прожектора ЭЛТ посредством магнитного поля.
43. Что называют «электронной линзой», где она применяется и для чего?
44. Что называют «электронным прожектором», какова его конструкция, назначение элементов и область применения?
45. Какие физические явления и процессы имеют место в электронных лучевых приборах, их назначение?
46. Каково назначение и принцип действия пролётных клистронов?
47. Каково назначение и принцип действия отражательных клистронов?
48. Что называют катодолюминесценцией, какова ее физическая сущность? Где она применяется?
49. В чем заключается отличие высоковольтной катодолюминесценции от низковольтной? Укажите области их применения.
50. Является ли излучение катодолуминофоров когерентным? Почему?
51. Укажите на конструктивные отличия монохронных кинескопов от кинескопов цветного изображения, с чем они связаны?
52. Какова конструкция электронных вакуумных ламп-триода, **тетрода**, **пентода**? Укажите назначение электродов ламп и их условные обозначения на схемах.
53. Конструкция, условное обозначение и принцип действия цифровых газоразрядных индикаторов.
54. Что называют «аквадагом», где он применяется, как подключается и с какой целью?
55. Какова конструкция осциллографической электронной лучевой трубки?
56. Как регулируется яркость свечения экрана электронных лучевых приборов? За счет чего?
57. Что называется газовым разрядом? Укажите примеры практического применения газовых разрядов.
58. Какое состояние газа называется плазмой?
59. В чем отличие несамостоятельного разряда в газе от самостоятельного? Приведите примеры использования указанных видов разряда.
60. Каков принцип действия и применение понизационной камеры и счетчика?
61. Используемые в приборах плазменной электроники газы в нормальном состоянии являются изоляторами. Каким образом в них появляются носители тока?
62. Перечислите виды разрядов в газе и укажите на области их применения или условия существования.
63. В чём состоит принципиальное отличие самостоятельного газового разряда от несамостоятельного?
64. В каких приборах используется «тлеющий разряд»? Укажите параметры этих приборов (с единицами измерения), дайте их расшифровку.
65. Механизм свечения газа при «тлеющем разряде»? При каких условиях он возникает?
66. Какова конструкция, область применения и принцип действия газоразрядной матрицы постоянного тока?

67. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов?

Список экзаменационных вопросов

1. Приведите примеры вакуумных электронных приборов, каково их назначение и условное обозначение?
2. Как зависит коэффициент вторичной эмиссии от энергии первичных электронов?
3. Изобразите в относительных единицах ВАХ фотоэлемента для положительных и отрицательных значений анодного напряжения. Фотоэлемент облучают порознь двумя монохроматическими потоками 1 и 2, которые «преодолевают» красную границу. Интенсивность первого потока - $2 \cdot 10^{12}$ кв/с, длина волны – 555нм, интенсивность второго потока - $4 \cdot 10^{12}$ кв/с, длина волны – 630нм. Бе ВАХ изобразить в одной системе координат.
1. Перечислите виды разрядов в газе и укажите на области их применения или условия существования.
2. Назначение, конструкция, принцип действия, ВАХ и параметры трёхэлектродной вакуумной лампы с катодом прямого накала.
3. Анодное напряжение вакуумного диода изменяется по закону $u_A = \sin(\omega t)$. Изобразите график зависимости анодного тока от времени. Будет ли изменяться этот график при росте частоты ω ?
1. С какой целью создается разряжение внутри корпусов вакуумных приборов? Что произойдёт при нарушении вакуума у прибора с оксидным катодом?
2. Чем объяснить наличие экстремума на спектральной характеристике фотоэлемента?
3. Анодный ток вакуумного диода при напряжении на аноде 100В составляет 1мА. Сколько электронов в секунду уходит на анод, и с какой скоростью?
1. Используя уравнение Шрёдингера для одномерного случая, оценить вероятность самопроизвольной электронной эмиссии из вещества.
2. Укажите основные параметры фото, термо и вторично-электронных катодов.
3. Работа выхода вещества анода вакуумного диода с катодом косвенного накала составляет $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Можно ли полагать, что при некотором значении анодного напряжения начнётся вторичная эмиссия из вещества анода, и если да, то при каком, а если нет, то почему?
1. Что называют работой выхода, в чем ее измеряют, какова методика её определения и какова (примерно) её величина для различных веществ?
2. Каким образом можно управлять поперечным размером электронного потока? Приведите пример реализации.
3. Фотоумножитель содержит 5 динодов. Каким будет его анодный ток, если коэффициент вторичной эмиссии для всех динодов одинаков и равен двум, квантовый выход катода равен единице, а катод поглощает монохромное излучение с длиной волны 0,5мкм и мощностью 6мВт?
1. Физическая сущность автоэлектронной эмиссии, примеры применения.
2. В каких приборах наблюдается явление вторичной эмиссии, в каких из них она представляет собой желаемое явление, а в каких – нежелательное.
3. Определить время пролёта электрона от катода до анода вакуумного диода при анодном напряжении 100В и расстоянии между анодом и катодом 4мм.
1. Физическая сущность взрывной эмиссии.
2. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов.
3. Изобразить график зависимости анодного тока вакуумного диода с термокатодом

прямого накала от температуры катода в диапазоне от нуля до номинального значения его температуры (в относительных единицах).

1. Физическая сущность фотоэлектронной эмиссии.
2. Конструкция, условное обозначение и принцип действия цифровых газоразрядных индикаторов.
3. Определить величину тока насыщения фотоэлемента для двух монохроматических потоков излучения с длинами волн 0,4 и 0,6 мкм при квантовых выходах 0,5 и 1,0 соответственно. Интенсивность обоих потоков одинакова и составляет $2 \cdot 10^{12}$ кв/с. Какой должна быть красная граница для этих потоков?
1. Физическая сущность вторичной электронной эмиссии?
2. Механизм свечения газа при «тлеющем разряде»? При каких условиях он возникает?
3. Радиус вращения электрона в атоме водорода, согласно классическим представлениям, составляет $0,5 \cdot 10^{-10}$ м, а скорость вращения – $2,3 \cdot 10^6$ м/с. Оценить возможность классического подхода, используя соотношение неопределённостей. Неопределённость координаты Δx взять величиной порядка размеров атома.
1. Что называют «красной границей» фотоэффекта, как она находится?
2. Назовите существующие в настоящее время типы термокатодов и дайте им сравнительную характеристику.
3. Изобразите ВАХ газонаполненного диода и схему эксперимента. Опишите процессы, происходящие в газе при увеличении анодного напряжения.
 1. В чём состоит принципиальное отличие самостоятельного газового разряда от несамостоятельного?
 2. Что называют фазовой фокусировкой, как её получают и с какой целью используют?
 3. Ток термоэмиссии катода ЭЛТ составляет один миллиампер. 20% электронов, эмитированных катодом, поглощаются электродами прожектора, имеющими положительный - относительно катода – потенциал. Чему равен ток аквадага?
1. Физическая сущность катодолюминесценции, её применение.
2. Назначение, конструкция и принцип действия счётчика Гейгера. От каких параметров счетчика зависит его быстродействие?
3. Изменится ли напряжения запираания у вакуумного триода и почему при уменьшении расстояния между катодом и сеткой?
1. Природа темного тока фотоэлемента и методика его измерения. Как влияет величина темного тока на разрешающую способность фотоэлемента?
2. Вывод формулы Ричардсона-Дэшмана.
3. Изменится ли напряжения запираания у вакуумного триода и почему при уменьшении расстояния между катодом и сеткой?
1. Что называют «электронной линзой», где она применяется и для чего?
2. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов?
3. Ток насыщения вакуумного фотоэлемента составляет 20 мкА при потоке излучения 0,2 лм и постоянном напряжении 100 В. Будет ли функционировать указанный фотоэлемент при анодном напряжении, изменяющемся по закону: $u_A = 100 \sin \omega t$, и если да, то какой, при этом, будет его чувствительность?
1. Вывод формулы для определения величины отклонения луча в электростатическом постоянном поле.
2. Физический механизм дугового разряда и его применение.
3. Как влияет напряжение отражателя на режим работы отражательного клистрона?
1. Используемые в приборах плазменной электроники газы в нормальном состоянии являются изоляторами. Каким образом в них появляются носители тока?
2. Принцип отклонения луча от оси прожектора ЭЛТ посредством магнитного поля.

3. Расстояние между катодом и анодом у вакуумного диода с термокатодом составляет 2мм, его ток равен 1мА при анодном напряжении 100В. Определить равновесную концентрацию электронов в промежутке катод-анод в предположении однородности анодного поля.

1. Что называют «электронным прожектором», какова его конструкция, назначение элементов и область применения?

2. Сравнительная характеристика вакуумного и газонаполненного фотоэлементов.

3. . Изменится ли напряжения запириания у вакуумного триода и почему при уменьшении расстояния между катодом и сеткой?

1. Физический механизм искрового разряда.

2. Является ли излучение катодолюминесцентного индикатора когерентным и почему?

3. В момент перегорания лампы накаливания в её нити, изготовленной из вольфрама, образовался зазор в 0,5мм. При приложении к нити постоянного напряжения 300В амперметр, включенный последовательно с лампой и источником, показал ток величиной 1нА. Какова причина появления тока, ведь цепь разорвана? Изменится ли его (тока) величина при смене полярности напряжения? Какова плотность тока, если диаметр нити 0,4мм?

Контрольные вопросы по «Квантовой и оптической электронике»

1. Влияние корпускулярно- волнового дуализма на способы описания электромагнитного излучения оптического диапазона.

2. Конструкция и принцип действия фототиристоров. Основные характеристики и параметры

3. Энергетические и фотометрические характеристики излучения оптического диапазона.

4. Сравнительная характеристика светодиодов и инжекционных лазеров как источников излучения

5. Понятие инверсной населенности в свете статистики Больцмана. Механизм и способы создания инверсной населенности.

6. Назначение, условное обозначение, конструкция, параметры и принцип действия фоторезисторов. Применение фоторезисторов

7.Поглощение оптического излучения веществом. Вывод закона Бугера-Ламберта.

8.Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации.

Физические принципы функционирования волоконных световодов.

9. Понятие инверсной населенности в свете статистики Больцмана. Механизм и способы создания инверсной населенности.

10. Назначение, условное обозначение, конструкция, параметры и принцип действия фоторезисторов. Применение фоторезисторов.

11. Понятие накачки, обоснование ее необходимости и способы осуществления.

12. Основные характеристики и параметры фоторезисторов. Способы защиты от их отказа.

13.. Спонтанное и вынужденное излучения. Уширение спектральных линий, связанное со спонтанными переходами. Примеры спонтанного излучения.

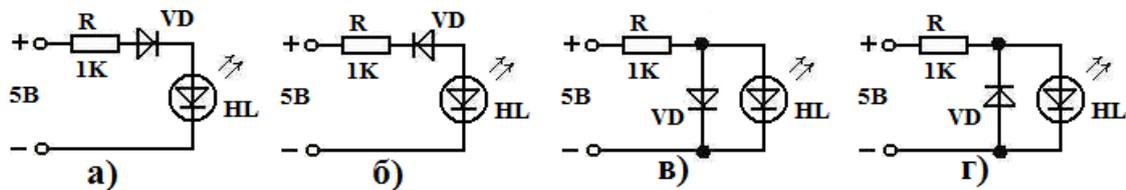
14. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с р-п переходом. Применение фотодиодов.

15. Понятие активной среды лазера, требования, предъявляемые к активным средам, типы активных сред.
16. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия и параметры светодиодов. Применение светодиодов.
17. Сравнительная характеристика фоторезисторов, основанных на явлениях собственной и примесной проводимостях. Особенности эксплуатации фоторезисторов с примесным типом проводимости.
18. Свойства лазерных пучков. Параметры лазерного излучения.
19. Расшифруйте понятие «одномодовый» лазер. Является ли таковым инжекционный лазер и почему? Зачем вообще нужен одномодовый режим? Является ли одномодовое излучение когерентным, и какими свойствами обладает когерентное излучение?
20. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с $p-i-n$ структурой. Сравнение с фотодиодами $p-n$ структуры.
21. Лавинные фотодиоды: область применения, сравнительная характеристика (с $p-n$ и $p-i-n$ фотодиодами), особенности эксплуатации.
22. Амплитудно-импульсная модуляция светового пучка инжекционных лазеров. Схемная реализация устройства модулятора.
23. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия, характеристики и параметры биполярных фототранзисторов.
24. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации. Физические принципы функционирования волоконных световодов.
25. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодинамитов..
26. Конструкции одномодовых и многомодовых волноводов, особенности применения.
27. Чем объясняется то обстоятельство, что при работе фотодиода в диодном режиме фототок практически не изменяется в широком диапазоне сопротивлений нагрузки (см. результаты лабораторной работы), и начинает уменьшаться только при достижении ею определенного значения. В то же время при работе в гальваническом режиме рост сопротивления нагрузки вызывает закономерное уменьшение фототока.
28. Какими факторами объясняется инерционность фоторезистора?
29. Назначение, условное обозначение, конструкция и принцип действия полевых фототранзисторов. Основные характеристики и параметры фототранзисторов.
30. Физическая сущность затухания и искажения сигнала, передаваемого по оптическому кабелю. Параметры оптических кабелей, характеризующих указанные явления.
31. Известно, что в приводе компакт-диска используется источник оптического излучения. Может ли им быть микроминиатюрная лампа накаливания или светодиод? Почему? Какой из параметров излучения определяет тип его источника?
32. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода с $p-n$ переходом в режиме холостого хода при облучении светом?
33. Конструкция и принцип действия твердотельных (рубиновых) лазеров.
34. Оптроны. Назначение оптронов, их разновидности и сравнительная характеристика. Условное обозначение и параметры тиристорных оптронов.
35. Какие механизмы поглощения света используются в фоторезисторах? Дайте им сравнительную характеристику.
36. Параметры фоторезисторов с указанием их размерности и методики определения.
37. В чем отличие параметров фоторезисторов, изготовленных из собственного и примесного полупроводников?
38. Какова причина высокой инерционности фоторезисторов?
39. В каком случае фоторезисторы необходимо охлаждать?
40. Как определить чувствительность фоторезистора?

41. Изобразите схему включения фоторезистора как фотоприёмника.
42. Чем кристалл фотодиода отличается от кристалла фоторезистора?
43. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода при облучении?
44. Что называют «красной границей внутреннего фотоэффекта», как её определяют?
45. Каков механизм возникновения фотоЭДС?
46. Какой режим работы фотодиода обладает большей чувствительностью и почему?
47. Как влияет режим работы фотодиода на его быстродействие?
48. Параметры фотодиода с указанием их размерности и методики определения. Сравнительная характеристика фоторезистора и фотодиода. Чем объясняется различие их параметров?
49. Какой из фотоприемников может работать без источника питания и почему?
50. Схемы усиления сигнала фотоприемников.
51. По каким причинам фотоприёмники могут выйти из строя?
52. Внешний вид фотоприемников может быть совершенно одинаков. Как с помощью мультиметра определить вид фотоприемника и определить – где какой вывод фотодиода?
53. Каково практическое использование однородных примесных полупроводников?
54. Если фоторезистор имеет в качестве фоточувствительного элемента плёнку химически чистого кремния, то каково минимальное значение энергии кванта света, вызывающего изменение проводимости фоторезистора (методика расчета)?

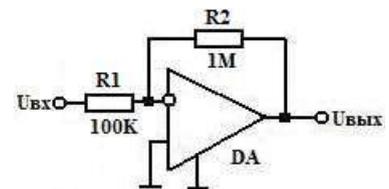
Задачи

1. Определите частоту и энергию фотона гелий-неонового лазера при $\lambda = 0,6328 \text{ мкм}$. Может ли человек видеть излучение этого лазера ?
2. Найти длину оптического кабеля, при которой оптическая мощность вводимого излучения уменьшится в 10 раз, если коэффициент затухания составляет 0,2 дБ/км.
3. Энергия ионизации примеси у кристалла фоторезистора составляет 0,015 эВ. До какой температуры необходимо охлаждать фоторезистор?
4. Разработать схему защиты светодиода, входящего в состав оптрона, от импульсов обратного напряжения и указать её параметры.
5. Уменьшение оптической мощности $P(x)$ при прохождении расстояния x выражается законом Бугера - Ламберта через коэффициент поглощения α . Найти соотношение между α , измеряемым в $[\text{м}^{-1}]$ и коэффициентом поглощения, выраженном в [дБ/км].
6. На каком расстоянии от фотодиода, имеющего площадь активной поверхности 1 см^2 и величину квантового выхода 10% должен находиться светодиод, излучающей на длине волны с $\lambda_{\text{max}} = 0,555 \text{ нм}$ при силе света в одну канделу, чтобы ток фотодиода имел импульсный характер с частотой импульсов 10 Гц?
9. Одномодовый точечный источник генерирует излучение с $\lambda = 4 \text{ мкм}$. Мощность источника 10^{10} квант/с. Определить энергетическую освещенность площадки в 1 мм^2 , ориентированной нормально к источнику и расположенной от него на расстоянии 30 см.
10. Показатель преломления сердцевины одномодового оптического кабеля составляет 1,213. Через какое время излучение достигнет фотоприемника, если длина кабеля составляет 2 км?
11. По какой методике можно рассчитать ожидаемую скорость передачи информации по оптическому кабелю с известными параметрами?
12. В каких из нижеприведенных схем будет наблюдаться заметное свечение светодиода? При анализе используйте результаты, полученные в лабораторных работах (VD – обычный маломощный кремниевый выпрямительный диод).



13. Известно, что данный прибор является оптроном. У него пять внешних выводов. Как экспериментально, располагая средствами измерений, определить тип оптрона и функцию каждого вывода.

14. Входное напряжение ОУ формируется фотодиодом, имеющем чувствительность 100 мкА/лм . На фотодиод направлен поток излучения импульсного характера с амплитудой импульсов $0,1 \text{ лм}$. Изобразить схему формирования $U_{\text{вх}}$ ОУ для случая работы фотодиода в диодном режиме, и определить амплитуду импульсов выходного сигнала, а также минимальное напряжение источника питания ОУ.



15. Ставится задача изменения коэффициента передачи масштабирующего усилителя на ОУ при изменении мощности внешнего излучения. Какой должна быть принципиальная схема данного устройства?

16. Длина волны инжекционного лазера, используемого для передачи информации по оптическому кабелю, составляет $0,8 \text{ мкм}$. Какая теоретически максимальная скорость передачи информации может быть достигнута?

17. Источник квазимонохромного излучения (IRE) с $\lambda = 1 \text{ мкм}$ и интенсивностью 1 Вт/м^2 используется в системе охранной сигнализации. Расстояние до фотоприемника (фотодиода с диаметром линзы 5 мм) составляет 6 м . Какая энергия поглощается кристаллом полупроводника фотодиода с точки зрения корпускулярных и волновых представлений.

18. Разработать схему усиления сигнала фоторезистора с помощью биполярного $n-p-n$ транзистора и методику ее расчета.

Примерные темы рефератов и семинарских занятий :

1. Физические основы и элементная база оптоэлектроники.
2. Светоизлучающие полупроводниковые приборы.
3. Полупроводниковые приемники излучения.
4. Световоды.
5. Криоэлектроника.
6. Акустоэлектроника.
7. Магнитоэлектроника.
8. Диэлектрическая электроника.
9. Приборы на эффекте Ганна.
10. Приборы с зарядовой связью.
11. Аморфные полупроводники и приборы на их основе.
12. Органические полупроводники и возможности их применения в электронной технике.
13. Приборы на основе арсенида галлия.
14. Биоэлектроника.
15. Хемотроника.
16. Фотоумножители на микроканальных пластинах.

17. Электронно-оптические преобразователи.
18. Применение волоконно-оптических и микроканальных пластин для усиления яркости изображения.
19. Лазеры на парах металлов.
20. Эксимерные лазеры.
21. Полупроводниковые лазеры.
22. Гетеропереходы и их применение в приборах.
23. Новые приборы на основе арсенида галлия.
24. Твердотельные приборы на основе соединений элементов второй и шестой групп.
25. Твердотельные приборы на основе соединений элементов четвертой группы.
26. Жидкокристаллические системы отображения информации.
27. Физика электролюминесцентных панелей.
28. Системы отображения информации на основе полупроводниковых приборов.
29. Газоразрядные индикаторные панели в системах отображения информации.
30. Новые электронно-лучевые приборы.
31. Электронные микроскопы. Принцип действия конструкции.
32. Клистроны и магнетроны как компоненты радиолокационных устройств.
33. Применение магнетронов в бытовой аппаратуре.
34. Применение мощных вакуумных ламп в промышленности и радиовещании.
35. Лампы бегущей волны как усилители и генераторы излучения сантиметрового диапазона.
36. Приборы вакуумной и газоразрядной электроники: прогнозы на будущее.

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за определенный период обучения (семестр) и может проводиться в форме зачета, зачета с оценкой, экзамена, защиты курсового проекта (работы).

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-3 способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей		
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> – основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники; – основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов; – параметры и характеристики приборов и режимов их работы; – основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов; – методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам 	<p>Вопросы для подготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарисуйте качественно вид ВАХ кремниевого выпрямительного диода. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры. 2. Нарисуйте качественно вид ВАХ германиевого выпрямительного диода. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры. 3. Нарисуйте качественно вид ВАХ стабилитрона с лавинным пробоем. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры. 4. Нарисуйте качественно вид ВАХ стабилитрона с туннельным пробоем. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры. 5. Нарисуйте качественно вид ВАХ тиристора. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры. 6. Нарисуйте качественно вид ВАХ динистора. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>7. Нарисуйте качественно вид ВАХ симистора. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>8. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с общей базой. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>9. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>10. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме включения с общим истоком. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>11. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ полевого МДП транзистора со встроенным каналом в схеме включения с общим истоком. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>12. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ полевого МДП транзистора с индуцированным каналом в схеме включения с общим истоком. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		режимов работы и основные справочные параметры.
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> – собирать схемы для снятия вольтамперных характеристик – определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам; – анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований; – применять полученные знания в профессиональной деятельности; <p>использовать их на междисциплинарном уровне</p>	<p>Вопросы для подготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приведите условное графическое обозначение выпрямительного диода в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии. 2. Приведите условное графическое обозначение стабилитрона в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в режиме стабилизации. 3. Приведите условное графическое обозначение стабилитора в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов и укажите полярность включения в режиме стабилизации. 4. Приведите условное графическое обозначение тиристора с управлением по катоду в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии. 5. Приведите условное графическое обозначение тиристора с управлением по аноду в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии. 6. Приведите способ включения биполярного транзистора р n р типа в схему усилителя с общей базой, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>7. Приведите способ включения биполярного транзистора $n-p-n$ типа в схему усилителя с общей базой, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>8. Приведите способ включения полевого транзистора с управляющим $p-n$ затвором и каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>9. Приведите способ включения полевого транзистора с управляющим $p-n$ затвором и каналом p типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>10. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обеднения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>11. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом p типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обеднения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>12. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обогащения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>13. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом р типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обогащения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>14. Приведите способ включения полевого МДП транзистора с индуцированным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>15. Приведите способ включения полевого МДП транзистора с индуцированным каналом р типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками использования измерительных приборов; – навыками обработки экспериментальных данных; – навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах; – терминами, определениями и профессиональным языком специальности 	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <p>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</p> <p>Исследование стабилитрона и стабилитора;</p> <p>Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой;</p> <p>Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;</p> <p>Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком;</p> <p>Исследование тиристора;</p> <p>Исследование электровакуумного триода;</p> <p>Исследование динаatronного эффекта в электровакуумном тетраде;</p> <p>Исследование электровакуумного пентода</p>
ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования		
Знать:	– основные понятия и определения	Вопросы для подготовки к экзамену:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники;</p> <p>– основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов;</p> <p>– параметры и характеристики приборов и режимов их работы;</p> <p>– основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов;</p> <p>– методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</p> <p>– простейшие физические и математические модели электронных приборов и их функциональное назначение</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зонная теория, вид энергетической диаграммы изолированного атома и группы атомов. Раскрыть связь зонной теории со спектроскопией материалов: атомные линейчатые, молекулярные полосовые, непрерывные (сплошные) спектры излучения и поглощения. 2. Электропроводность твердых тел и ее связь с энергетическими диаграммами для металлов, полупроводников и диэлектриков. Перечислить основные материалы, имеющие широкое применение в электронике. 3. Собственные полупроводники. Показать процесс генерации носителей заряда на энергетической диаграмме, раскрыть факторы, оказывающие на нее влияние. Рекомбинация и термодинамическое равновесие. Виды носителей заряда в собственных полупроводниках и их концентрации. Анализ механизма передвижения свободного положительного заряда в полупроводнике на плоскостной модели кристаллической решетки. 4. Примесные полупроводники n типа. Анализ формирования преимущественной дырочной электропроводности с применением плоскостной модели кристаллической решетки и энергетической диаграммы полупроводника. Обозначения концентраций: примесей, основных и неосновных носителей, собственных носителей. Соотношения этих концентраций. 5. Примесные полупроводники p типа. Анализ формирования преимущественной дырочной электропроводности с применением плоскостной модели кристаллической решетки и энергетической диаграммы полупроводника. Обозначения концентраций: примесей, основных и неосновных носителей, собственных носителей. Соотношения этих концентраций. 6. Классификация носителей заряда в полупроводниках: подвижные - неподвижные, положительные - отрицательные, основные - неосновные - собственные. Обозначение концентрации каждого вида носителей. 7. Генерация, рекомбинация и термодинамическое равновесие. Раскрыть

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>связь концентрации носителей заряда с рабочим диапазоном температур полупроводниковых материалов.</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Дрейфовое и диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. 9. Процесс образования объемного заряда p n перехода при отсутствии внешнего электрического поля. 10. Анализ равновесного состояния p n перехода: распределение равновесных концентраций носителей заряда в структуре перехода, потенциальная диаграмма, потенциальный барьер, ширина обедненной зоны, сравнительная электропроводность области объемного заряда и нейтральных областей. 11. Анализ состояния p n перехода при прямом смещении: влияние напряжения внешнего источника на величину потенциального барьера и ширину области объемных зарядов, величина прямого тока и состояние перехода. 12. Анализ состояния p n перехода при обратном смещении: влияние напряжения внешнего источника на величину потенциального барьера и ширину области объемных зарядов, величина обратного тока и состояние перехода. 13. Идеализированная ВАХ диода, тепловой ток и тепловой потенциал. Реальная ВАХ диода, характерные участки режимов и состояний диода. 14. Емкостные свойства p n перехода. Барьерная и диффузионная емкость, вольт-фарадные характеристики. Варикапы. 15. Виды пробоя p n перехода, обратимость, механизмы, участки ВАХ стабилитронов для каждого типа пробоя, ТКН и свойство саморазогрева. 16. Диод Шоттки и контакт металл-полупроводник. Выпрямляющие и невыпрямляющие контакты.
Уметь:	– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;	<p>Вопросы для подготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Биполярные транзисторы: определение, свойства, условные графические обозначения. Структура и принцип действия транзистора включенного по

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований, сопоставляя их со справочными данными;</p> <p>– применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне</p>	<p>схеме с общей базой, потоки носителей заряда, действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Количественная оценка свойств управления и конструктивные особенности изготовления биполярных транзисторов.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Способ включения биполярного транзистора по схеме с общей базой, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с ОБ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы транзистора и их области на ВАХ. 3. Способ включения биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с ОЭ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы транзистора и их области на ВАХ. 4. Простейшие схемы усилительных каскадов с ОЭ, ОБ и ОК. Возможные коэффициенты усиления в этих схемах. 5. Полевые транзисторы. Раскрыть их двойное название. Способы изоляции затвора, виды полевых транзисторов и их условные графические обозначения. Сравнительная характеристика полевых и биполярных транзисторов. 6. Полевые транзисторы с управляющим р-п-затвором. Условные графические обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ включения полевого транзистора по схеме с общим истоком, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ в схеме с ОИ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы полевого транзистора и их области на ВАХ. 7. МДП транзисторы со встроенным каналом. Условные графические обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ включения МДП транзистора по схеме с общим истоком, полярности и

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ в схеме включения с ОИ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы МДП транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>8. МДП транзисторы с индуцированным каналом. Условные графические обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ включения МДП-транзистора по схеме с общим истоком, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ в схеме включения с ОИ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы МДП транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>9. Тиристор: определение, свойства, условные графические обозначения, полярности и действительные направления токов и напряжений в различных режимах. Внутренняя структура тиристора, двухтранзисторная модель и принцип действия. Семейство ВАХ, режимы работы и их участки на ВАХ.</p> <p>10. Специальные виды тиристоров, их условные графические обозначения, свойства, параметры и ВАХ. Сравнительная характеристика электронных ключевых приборов.</p> <p>11. Определение электровакуумных приборов, их виды и применение.</p> <p>12. Свойства газа и понятие вакуума. Низкий, средний и высокий вакуум. Теплоизоляционные свойства вакуума.</p> <p>13. Электронная эмиссия и работа выхода электрона. Виды электронной эмиссии в электровакуумных приборах.</p> <p>14. Элементы конструкции электронных ламп, их функциональное назначение и особенности изготовления: катоды, сетки, корпуса, электроды, геттеры.</p> <p>15. Электровакуумные диоды. Их виды и УГО, полярности и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии. ВАХ электровакуумного диода, режимы его работы и их участки на ВАХ. Закон степени трех вторых и уравнение Ричардсона-Дэшмана. Влияние тока</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>накала катода на форму ВАХ и срок службы вакуумного диода.</p> <p>16. Принцип действия электровакуумного диода и кривые распределения потенциалов в пространстве анод-катод при различных напряжениях на аноде.</p> <p>17. Электровакуумные триоды, их отличие от диодов по конструкции и принципу действия. УГО и способ включения триода по схеме с общим катодом (ОК), полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. ВАХ триодов с сетками средней и высокой проницаемости и закон степени трех вторых. Параметры электровакуумных триодов.</p> <p>18. Электровакуумные тетроды, их отличие от триодов по конструкции, принципу действия и параметрам. УГО и способ включения тетрода по схеме с ОК, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. ВАХ тетродов и динаatronный эффект.</p> <p>19. Электровакуумные пентоды, их отличие от тетродов по конструкции, принципу действия и параметрам. УГО и способ включения пентода по схеме с ОК, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. ВАХ пентодов.</p> <p>20. Устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) с электростатической фокусировкой и отклонением луча. УГО ЭЛТ и принцип действия осциллографа.</p>
Владеть:	<p>– информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств на их основе;</p> <p>– терминами, определениями и профессиональным языком специальности</p>	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <p>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</p> <p>Исследование стабилитрона и стабилстора;</p> <p>Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой;</p> <p>Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;</p> <p>Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком;</p> <p>Исследование тиристора;</p> <p>Исследование электровакуумного триода;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетраде; Исследование электровакуумного пентода
ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения		
Знать:	– эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов	Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы: Исследование характеристик полупроводниковых диодов; Исследование стабилитрона и стабилитора; Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой; Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером; Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком; Исследование тиристора; Исследование электровакуумного триода; Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетраде; Исследование электровакуумного пентода
Уметь:	– собирать схемы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов; – определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам; – анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований, сопоставляя их со справочными данными; – применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном	Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы: Исследование характеристик полупроводниковых диодов; Исследование стабилитрона и стабилитора; Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой; Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером; Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком; Исследование тиристора; Исследование электровакуумного триода; Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетраде; Исследование электровакуумного пентода

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	уровне	
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками выбора эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов; – навыками обработки экспериментальных данных; – навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах; – терминами, определениями и профессиональным языком специальности 	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> Исследование характеристик полупроводниковых диодов; Исследование стабилитрона и стабилитора; Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой; Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером; Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком; Исследование тиристора; Исследование электровакуумного триода; Исследование динаatronного эффекта в электровакуумном тетроде; Исследование электровакуумного пентода

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта.

Методические указания для подготовки к экзамену: для подготовки к экзамену студент должен освоить все изучаемые темы, в том числе и отведенные для самостоятельного изучения, выполнить и защитить все практические работы.

Критерии оценки освоения дисциплины (экзамен):

- на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, студент не может показать знания на уровне

воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– **«не зачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Смирнов, Ю. А. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1369-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5856> (дата обращения: 26.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Попов, А. Н. Вакуумная техника: Учебное пособие / А.Н. Попов. - Москва : НИЦ Инфра-М; Минск : Нов. знание, 2012. - 167 с.: ил.; . - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006031-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/317368> (дата обращения: 05.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479> (дата обращения: 21.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-4986-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130188> (дата обращения: 21.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/648> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. — 9-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-0368-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/300> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/67462> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Владимиров, Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1515-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/38838> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Фурсей, Г. Н. Автоэлектронная эмиссия : учебное пособие / Г. Н. Фурсей. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1232-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3805> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Курочка, С. П. Вакуумная и плазменная электроника : учебное пособие / С. П. Курочка, Г. Д. Кузнецов, А. С. Курочка. — Москва : МИСИС, 2009. — 162 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116672> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Сушков, А. Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие / А. Д. Сушков. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 464 с. — ISBN 5-8114-0530-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/639> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112073> (дата обращения: 27.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Мазитов Д.М. Твердотельная электроника. Лабораторный практикум: учеб. пособие.- Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 58 с.

2. Леванов В.В. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Квантовая и оптическая электроника» для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 210106. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2010. 20 с.

3. Леванов В.В. Исследование диодного и транзисторного оптронов. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Электроника» для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 210106. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2004. 12 с.

4. Леванов В.В. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Вакуумная и газоразрядная электроника» для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 210106. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2011. 28 с.

5. Леванов В.В. Одноканальные аналоговые и цифровые осциллографы как средство измерений параметров электрических сигналов. Учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2005. 55с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.gpntb.ru> , свободный.– Загл. с экрана. Яз. рус.

2. Российская национальная библиотека. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.nlr.ru> . Яз. рус.

3. Электронная библиотека <http://e.lanbook.com/>

4. Журнал радиоэлектроники - электронный журнал [Электронный ресурс], ISSN 1684-1719 Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/radioeng.html>

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Windows 10 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Демонстрационные плакаты и натурные образцы изучаемых приборов.

Учебные аудитории для проведения практических занятий. Оснащение: Демонстрационные плакаты и натурные образцы изучаемых электронных приборов.

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий . Оснащение: 10 универсальных лабораторных стендов 87Л-01, мультиметры, осциллографы.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Шкафы для хранения натурных образцов изучаемых электронных приборов, учебного оборудования и учебных пособий.