

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники  
Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы

Р.Ш. Тешев Р.Ш. Тешев

« 30 » 05 2023 г.

**УТВЕРЖДАЮ**



И.о. директора ИИЭиР

Р.Ш. Тешев Р.Ш. Тешев

« 30 » 05 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1.О.08.03 «ФИЗИКА ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ И  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»**

Направление подготовки  
**11.03.01 Радиотехника**

Профиль: **Интегрированные системы безопасности**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

**Нальчик 2023**

**Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика электровакуумных и полупроводниковых приборов»**

/сост. Р. Ш. Тешев – Нальчик: КБГУ, 2023 г. 24с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика электровакуумных и полупроводниковых приборов» предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, 4 семестра, 2 курса.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика электровакуумных и полупроводниковых приборов» составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «19» сентября 2017 г. № 931.

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО .....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) .....	5
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
<i>Структура дисциплины (модуля)</i> .....	7
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	8
5.1. Коллоквиум .....	8
5.1.1. Вопросы, выносимые на коллоквиум.....	8
5.2. Образцы тестовых заданий .....	11
<i>Методические рекомендации по подготовке к тестированию</i> .....	12
<i>Критерии оценивания</i> .....	13
5.3. Задания для лабораторных занятий .....	13
6. Промежуточная аттестация .....	14
Критерии оценки качества освоения дисциплины приведены в приложении 2. ....	17
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	17
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).....	18
<i>Основная литература</i> .....	19
<i>Дополнительная литература</i> .....	19
<i>Периодические издания</i> .....	19
<i>Интернет-ресурсы</i> .....	19
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	20
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	20
Приложение 1. Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля) ..	22
Приложение 2. Критерии оценки качества освоения дисциплины .....	23

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

**Целью дисциплины является:**

- подготовка выпускника, владеющего физическими основами и принципами действия приборов вакуумной электроники и полупроводниковых приборов;
- обучение теоретическим основам и методам экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения. и их применению.

**Основные задачи дисциплины:**

- изучение основных типов полупроводниковых приборов и приборов вакуумной электроники и физических процессов, обеспечивающих их работу;
- овладение методами исследования полупроводниковых приборов и приборов вакуумной электроники;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний, способностей для самостоятельной работы.

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при эксплуатации изделий электронной техники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31 июля 2019 года N 540н(зарегистрирован в Минюсте РФ 28 августа 2019 года, регистрационный N 55756).

40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.07.2019 г. № 480н (зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 г. № 55439).

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в обязательную часть Блока 1 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.01 Радиотехника направленность (профиль): «Интегрированные системы безопасности».

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- **Эксплуатация радиоэлектронной аппаратуры** (профессиональный стандарт 06.005«Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», код В, уровень квалификации -5);
- **Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники**(профессиональный стандарт 40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации -6).

Изучение дисциплины «Физика электровакуумных и полупроводниковых приборов» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Электричество и магнетизм», «Основы теории цепей», «Практическая радиоэлектроника».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении дисциплин: «Радиоэлектроника», «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Основы

полупроводниковой схемотехники», «Основы конструирования и технологии производства РЭС» и др., а также при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование **общепрофессиональной компетенции (ОПК -2):**

Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.

**Код и наименование индикатора достижения компетенции:**

ОПК-Б.2.2 - Способен проводить выбор наилучшего способа проведения экспериментальных исследований.

ОПК-Б.2.3 - Способен представлять обработанные с оценкой погрешности результаты экспериментальных исследований.

В результате изучения дисциплины «Физика электровакуумных и полупроводниковых приборов» студент должен:

**Знать:**

- принцип работы устройства;
- методы и средства проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений;

**Уметь:**

- использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники;
- работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.

**Владеть:**

- мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ;
- эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.

### 4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1

	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемо й компетенции (или ее части)	Форма текущего контрол я

1	<b>Тема 1.</b> <i>Электронно-управляемые лампы.</i>	Общие сведения, классификация. Устройство и работа диода. Устройство и работа триода. Электронная эмиссия. Термоэлектронные катоды. Особенности устройства электронных ламп. Физические процессы. Закон степени трех вторых. Анодная характеристика. Параметры. Рабочий режим. Применение диода для выпрямления переменного тока. Основные типы. Физические процессы. Токораспределение. Действующее напряжение и закон степени трех вторых. Характеристики. Параметры. Устройство и работа тетрода. Устройство и работа пентода. Схемы включения тетродов и пентодов. Характеристики тетродов и пентодов. Параметры тетродов и пентодов. Межэлектродные емкости тетродов и пентодов. Устройство и работа лучевого тетрода.	<b>ОПК-2</b>	<b>К, Т</b>
2	<b>Тема 2.</b> <i>Электронно-лучевые трубки</i>	Общие сведения. Электростатические Электронно-лучевые трубки. Электронные прожекторы. Измерение и наблюдение переменных напряжений. Искажения изображений. Магнитные электронно-лучевые трубки. Люминесцентный экран. Краткие сведения о различных электронно-лучевых трубках. Характрон.	<b>ОПК-2</b>	<b>К, Т</b>
3	<b>Тема 3.</b> <i>Фотоэлектронные умножители. Фотоэлементы.</i>	Фотоэлектронные умножители. Фотоэлектронная эмиссия. Электровакуумные фотоэлементы. Причины собственных шумов. Шумовые параметры. Межэлектродные ёмкости и индуктивности выводов.	<b>ОПК-2</b>	<b>ЛР, К, Т</b>
4	<b>Тема 4.</b> <i>Биполярный транзистор (БТ).</i>	Биполярный транзистор. Структура. Режимы работы. Схемы включения. Принцип работы БТ. Коэффициенты усиления при различных схемах включения. Статические параметры при различных режимах работы БТ.	<b>ОПК-2</b>	<b>ЛР, К, Т</b>

		Статические характеристики в схемах с ОБ и ОЭ. Пробой транзистора.		
5	<b>Тема 5.</b> <i>Тиристоры.</i>	Тиристоры. Структура диодного тиристора (динистора). Принцип работы. ВАХ динистора. Триодный тиристор (тринистор). Принцип действия. ВАХ тринистора в закрытом состоянии.	<b>ОПК-2</b>	<b>ЛР, К, Т</b>
6	<b>Тема 6.</b> <i>Полевые транзисторы.</i>	Полевой транзистор с управляющим р – n переходом. Структура и принцип работы. Статические характеристики и малосигнальные параметры. Частотные характеристики. МДП – транзистор с индуцированным каналом. Структура. Принцип работы. Статические характеристики. МДП – транзистор с встроенным каналом. Структура. Принцип работы. Статические характеристики. Приборы с зарядовой связью. Структура. Принцип действия. Характеристики и параметры.	<b>ОПК-2</b>	<b>ЛР, К, Т</b>

### **Структура дисциплины (модуля)**

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	4 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
<i>Лекции (Л)</i>	17	17
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	34	34
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
Курсовой проект (КП) Курсовая работа (КР)	не предусмотрены	не предусмотрены
Самостоятельное изучение разделов	13	13
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1.	Электронно-управляемые лампы.
2.	Электронно-лучевые трубки.
3.	Фотоэлектронные умножители. Фотоэлементы.
4.	Биполярный транзистор (БТ).
5.	Тиристоры.
6.	Полевые транзисторы.

Таблица 4. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ
1.	Изучение работы лампового диода.
2.	Изучение работы электростатической электронно-лучевой трубки.
3.	Исследование фотоэлемента с внешним фотоэффектом Ф-9.
4.	Исследование характеристик фотоэлектронного умножителя ФЭУ-4.
5.	Электрические свойства электронно-дырочных переходов.
6.	Исследование туннельных диодов.
7.	Исследование частотных свойств БТ.
8.	Изучение статистических характеристик биполярного транзистора.
9.	Исследование полевых транзисторов.
10.	Исследование характеристик полупроводниковых приборов на установке Л2-56.
11.	Изучение статистических характеристик управляемых тиристоров типа р-п-р-п.

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Биполярный транзистор (БТ).
2.	Тиристоры.
3.	Полевые транзисторы.
4.	Приборы на основе объемных эффектов.
5.	Электроравакуумные и газоразрядные приборы.

## 5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

#### 5.1.1. Вопросы, выносимые на коллоквиум

(контролируемая компетенция ОПК-2)

#### Первый коллоквиум



1. Общие сведения, классификация.
2. Устройство и работа диода.
3. Устройство и работа триода.
4. Электронная эмиссия.
5. Термоэлектронные катоды.
6. Особенности устройства электронных ламп.
7. Физические процессы двухэлектродных ламп.
8. Закон степени трех вторых двухэлектродных ламп.
9. Анодная характеристика двухэлектродных ламп..
10. Параметры двухэлектродных ламп.
11. Рабочий режим двухэлектродных ламп.
12. Применение диода для выпрямления переменного тока.
13. Основные типы двухэлектродных ламп.
14. Физические процессы трехэлектродных ламп.
15. Токораспределение трехэлектродных ламп.
16. Действующее напряжение и закон степени трех вторых трехэлектродных ламп.
17. Характеристики трехэлектродных ламп.
18. Параметры трехэлектродных ламп.
19. Особенности рабочего режима триода
20. Усилительный каскад с триодом.
21. Параметры усилительного каскада триода.

### ***Второй коллоквиум***

1. Основные типы приемно-усилительных триодов.
2. Устройство и работа тетрода.
3. Устройство и работа пентода.
4. Схемы включения тетродов и пентодов.
5. Характеристики тетродов и пентодов.
6. Параметры тетродов и пентодов.
7. Межэлектродные емкости тетродов и пентодов.
8. Устройство и работа лучевого тетрода.
9. Характеристики и параметры лучевого тетрода.
10. Рабочий режим тетродов и пентодов.
11. Пентоды переменной крутизны.
12. Краткие сведения о различных типах тетродов и пентодов.
13. Специальные лампы.
14. Электронно-лучевые трубки.
15. Электронные прожекторы.
16. Магнитные электронно-лучевые трубки.
17. Люминесцентный экран.
18. Краткие сведения о различных электронно-лучевых трубках.
19. Фотоэлектронные умножители.
20. Фотоэлектронная эмиссия.
21. Электровакуумные фотоэлементы.

### ***Третий коллоквиум***

1. Классификация и назначения материалов электронной техники.
2. Основные свойства полупроводников. Проводимость полупроводников.
3. Образование электронно – дырочного перехода.
4. Энергетические диаграммы  $p - n$  перехода в равновесии и при смещениях.
5. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.
6. Диодная теория ВАХ. Реальная ВАХ  $p - n$  перехода.
7. Диффузионная теория. Энергетическая диаграмма  $p - i - n$  перехода в равновесии. Ток по диффузионной теории через  $p - i - n$  переход.
8. Емкость диода. Барьерная и диффузионная емкость и их зависимости от напряжения.
9. Пробой  $p - n$  перехода. Туннельный пробой. Температурная зависимость пробивного напряжения.
10. Лавинный пробой. Связь коэффициента лавинного размножения с коэффициентом ударной ионизации.
11. Температурная зависимость пробивного напряжения. Тепловой пробой.
12. Энергетические диаграммы контакта металл - полупроводник.
13. Объединенные (запорные) и обогащенные (антизапорные слои).
14. Распределение объемного заряда и электрического поля в переходе металл – полупроводник.
15. Ширина объединенного слоя в равновесии и при смещениях.
16. ВАХ диодов с контактом Шоттки. Омический контакт.
17. Туннельный диод. Принцип действия.
18. Зонные диаграммы ВАХ. Эквивалентная схема ТД. Основные параметры.
19. Обратный диод.
20. Лавинно – пролетный диод. Условия появления отрицательного динамического сопротивления и его физический смысл.
21. Структура и принцип действия ЛДП. Лавинно – пролетный режим. Режим с захваченной плазмой.
22. Эффект Ганна. Междолинный переход электронов и ОДС.
23. Принцип действия диода Ганна. Пролетный режим.

### ***Рекомендации при подготовке к коллоквиуму***

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

### ***Критерии оценивания***

<b><i>Оценка</i></b>			
<b><i>Неудовлетворительно</i></b>	<b><i>удовлетворительно</i></b>	<b><i>хорошо</i></b>	<b><i>отлично</i></b>

2 балла	4 балла	6 баллов	8 баллов
Студент знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

## 5.2.Образцы тестовых заданий

(контролируемая компетенция ОПК-2)

1. Приборы, в которых рабочее пространство, изолированное газонепроницаемой оболочкой, имеет высокую степень разрежения или заполнено специальной средой (пары или газы) и действие которых основано на использовании электрических явлений в вакууме или газе называются:

- а) электровакуумными приборами;
- б) транзисторами;
- в) резисторами;
- г) конденсаторами.

2. Состояние газа, в частности воздуха, при давлении ниже атмосферного ###.

вакуум.

3. Выберите верные ответы:

Электровакуумные приборы делятся на:

- а) электронные;
- б) ионные;
- в) проводниковые;
- г) лампы накаливания.

4. Электронные лампы, имеющие два электрода — катод и анод, называются:

- а) диодами;
- б) триодами;
- в) стабилитронами;
- г) характеристонами.

5. Какие виды ламп являются многоэлектродными?

- а) диод;
- б) триод;
- в) гептод;
- г) гексод.

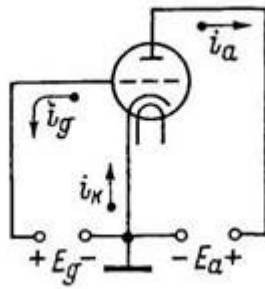
6. Выберите верные ответы:

Электровакуумные приборы классифицируются по типу катода:

- а) накаливаемый;
- б) холодный;
- в) керамический;

г) стеклянный.

7. На рисунке изображена схема



- а) диода;
- б) триода;
- в) электронно-лучевого переключателя;
- г) гексода.

8. Процесс выхода электронов из твердых или жидких тел в вакуум или газ называется:

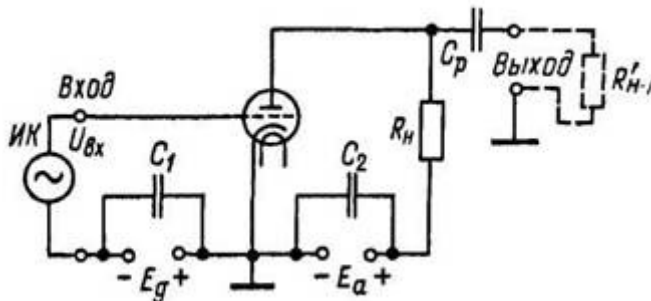
- а) электронной эмиссией;
- б) электрическим полем;
- в) магнитным полем;
- г) эффектом Шоттки.

9. Выберите верные ответы:

Сложные катоды могут быть:

- а) пленочными;
- б) полупроводниковыми;
- в) электронными;
- г) ленточными.

10. На рисунке изображена схема:



- а) усилительного каскада;
- б) триода;
- в) резонансного усилительного каскада;
- г) анодной цепи

### *Методические рекомендации по подготовке к тестированию*

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

- а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по

дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

### ***Критерии оценивания***

<b>Оценка</b>			
<b>неудовлетворительно 0 баллов</b>	<b>удовлетворительно 3 балла</b>	<b>хорошо 4 балла</b>	<b>отлично 5 баллов</b>
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

### **5.3.Задания для лабораторныхзанятий**

*(контролируемая компетенцияОПК-2)*

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

#### ***Пример типовой лабораторной работы «Изучение работы лампового диода»***

Целью данной работы является изучение лампового диода, его характеристик, параметров и принципа работы.

#### ***Методические рекомендации***

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, знать схему, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содержащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на стенде студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения соответствующего допуска. Любые изменения в схеме проводятся при

отключении схемы от источника напряжения. Результаты измерения проверяются преподавателем.

При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- задание;
- схема установки и описание методики измерений;
- первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя;
- результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы;
- общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

## **6. Промежуточная аттестация**

*(контролируемая компетенция ОПК-2)*

### ***Список основных вопросов к устному экзамену***

1. Общие сведения, классификация.
2. Устройство и работа диода.
3. Устройство и работа триода.
4. Электронная эмиссия.
5. Термоэлектронные катоды.
6. Особенности устройства электронных ламп.
7. Физические процессы двухэлектродных ламп.
8. Закон степени трех вторых двухэлектродных ламп.
9. Анодная характеристика двухэлектродных ламп.
10. Параметры двухэлектродных ламп.
11. Рабочий режим двухэлектродных ламп.
12. Применение диода для выпрямления переменного тока.
13. Основные типы двухэлектродных ламп.
14. Физические процессы трехэлектродных ламп.
15. Токораспределение трехэлектродных ламп.
16. Действующее напряжение и закон степени трех вторых трехэлектродных ламп.
17. Характеристики трехэлектродных ламп.
18. Параметры трехэлектродных ламп.
19. Особенности рабочего режима триода
20. Усилительный каскад с триодом.
21. Параметры усилительного каскада триода.

22. Основные типы приемно-усилительных триодов.
23. Устройство и работа тетрода.
24. Устройство и работа пентода.
25. Схемы включения тетродов и пентодов.
26. Характеристики тетродов и пентодов.
27. Параметры тетродов и пентодов.
28. Межэлектродные емкости тетродов и пентодов.
29. Устройство и работа лучевого тетрода.
30. Характеристики и параметры лучевого тетрода.
31. Рабочий режим тетродов и пентодов.
32. Пентоды переменной крутизны.
33. Краткие сведения о различных типах тетродов и пентодов.
34. Специальные лампы.
35. Электронно-лучевые трубки.
36. Электронные прожекторы.
37. Магнитные электронно-лучевые трубки.
38. Люминесцентный экран.
39. Краткие сведения о различных электронно-лучевых трубках.
40. Фотоэлектронные умножители.
41. Фотоэлектронная эмиссия.
42. Электровакуумные фотоэлементы.
43. Классификация и назначения материалов электронной техники.
44. Основные свойства полупроводников. Проводимость полупроводников.
45. Образование электронно – дырочного перехода.
46. Энергетические диаграммы  $p - n$  перехода в равновесии и при смещениях.
47. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.
48. Диодная теория ВАХ. Реальная ВАХ  $p - n$  перехода.
49. Диффузионная теория. Энергетическая диаграмма  $p - i - n$  перехода в равновесии.  
Ток по диффузионной теории через  $p - i - n$  переход.
50. Емкость диода. Барьерная и диффузионная емкость и их зависимости от напряжения.
51. Пробой  $p - n$  перехода. Туннельный пробой. Температурная зависимость пробивного напряжения.
52. Лавинный пробой. Связь коэффициента лавинного размножения с коэффициентом ударной ионизации.
53. Температурная зависимость пробивного напряжения. Тепловой пробой.
54. Энергетические диаграммы контакта металл - полупроводник.
55. Обедненные (запорные) и обогащенные (антизапорные слои).
56. Распределение объемного заряда и электрического поля в переходе металл – полупроводник.
57. Ширина обедненного слоя в равновесии и при смещениях.
58. ВАХ диодов с контактом Шоттки. Омический контакт.
59. Туннельный диод. Принцип действия.
60. Зонные диаграммы ВАХ. Эквивалентная схема ТД. Основные параметры.
61. Обращенный диод.

62. Лавинно – пролетный диод. Условия появления отрицательного динамического сопротивления и его физический смысл.
63. Структура и принцип действия ЛДП. Лавинно – пролетный режим. Режим с захваченной плазмой.
64. Эффект Ганна. Междолинный переход электронов и ОДС.
65. Принцип действия диода Ганна. Пролетный режим.

#### *Методические рекомендации при подготовке к экзамену*

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

#### *Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена*

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
<b>1.</b>	<b>Текущий контроль</b>				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
<b>2.</b>	<b>Рубежный контроль</b>				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
<b>Итого</b>		<b>70 баллов</b>	<b>23 балла</b>	<b>23 балла</b>	<b>24 балла</b>
<b>3.</b>	<b>Экзамен</b>	<b>30 баллов</b>	<b>min – 15, max – 30 баллов</b>		

#### *Критерии оценивания*



При освоении дисциплины формируется компетенция ОПК-2. Указанная компетенция формируется в соответствии со следующими этапами:

- формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанной компетенцией (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);
- приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенцией (лабораторные работы, самостоятельная работа студентов);
- закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенцией (лабораторные работы, практики, выпускная квалификационная работа).

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- базовый уровень (оценка «удовлетворительно») является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень (оценка «хорошо») характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- высокий уровень (оценка «отлично») характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

**Критерии оценки качества освоения дисциплины приведены в приложении 2.**

## 7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 6. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
<p>Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных. (ОПК-2)</p> <p><b>Код и наименование индикаторов достижения компетенций:</b></p> <p>ОПК-2.2. Проводит выбор наилучшего способа проведения экспериментальных исследований.</p> <p>ОПК-2.3. Представляет обработанные с оценкой погрешности результаты экспериментальных исследований.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принцип работы устройства;</li> <li>– методы и средства проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ;</p> <p> типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>);</p> <p> типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2</i>);</p> <p> типовые оценочные материалы к экзамену</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники;</li> <li>– работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ;</li> <li>– эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.</li> </ul>	<p><b>(раздел 6.).</b></p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса <b>(раздел 5.1.1);</b> типовые тестовые задания<b>(раздел 5.2.);</b> типовые оценочные материалы к экзамену <b>(раздел 6.).</b></p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса <b>(раздел 5.1.1);</b> типовые тестовые задания<b>(раздел 5.2.);</b> типовые оценочные материалы к экзамену <b>(раздел 6.).</b></p>
--	--	--

## 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

### ***Основная литература***

1. Гуртов В. Твердотельная электроника: Учебное пособие. – 3-е изд., доп.. – М.: Техносфера, 2008. – 408 с. (14 экз., имеется электронная версия)
2. Миловзоров О.В., Панков И.Г. Электроника: Учебник для ВУЗов. – 4-е изд., стер.. – М.: Высшая школа, 2008. -288 с.: илл.(имеется электронная версия)
3. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: Учебное пособие. – М.: Юрайт, 2015. – 463 с.

### ***Дополнительная литература***

1. Электронные и ионные приборы/ Под ред. Андрушкевича В.С. – Саратов: Изд.-во СГУ, 1997.
2. Жеребцов И.П. Основы электроники.- М.:Энергоатомиздат. 1987.
3. Шишкина Г.Г. Электронные приборы. –М.:Энергоатомиздат, 1989.
4. О.В. Миловзоров, И.Г. Панков. Электроника. Учебник для вузов 4-е изд., стер. - М.: ВШ. 2008. (Электронный учебник в библиотеке КБГУ, режим доступа <http://lib.kbsu.ru>).
5. Шпиганович А.Н., Шилов И.Г. Физические основы электроники: методические указания.- 2012, ЭБС «IPRBooks»

### ***Периодические издания***

Перечень периодических изданий, получаемых библиотекой КБГУ, в которых студент может ознакомиться с современными достижениями в области электроники, микро и наноэлектроники:

- Физика. (Физика полупроводниковых проводников и диэлектриков, квантовая электроника). Известия ВУЗов.
- Электроника.
- Физика и техника полупроводников.
- Микроэлектроника.
- Квантовая электроника.
- Радиоэлектроника
- Материалы электронной техники.
- Физика твердого тела
- Известия вузов.

### ***Интернет-ресурсы***

1. <http://lib.kbsu.ru/>- Библиотека КБГУ.
2. <http://www.garant.ru/> - Справочная правовая система «Гарант».
3. <http://www.consultant.ru/> -Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. <http://www.studmedlib.ru> - ЭБС «Консультант студента»
5. [http://www.ph4s.ru/book\\_electronika.html](http://www.ph4s.ru/book_electronika.html) - Образовательный проект А.Н.Варгина
6. <http://www.Russianelectronics.ru> -портал «Время электроники»;
7. <http://www.platan.ru> – каталог электронных компонентов;
8. <http://metodist.lbz.ru/iumk/nano/lections.php> - видеоролики по нанотехнологии;
9. <http://nano.fcior.edu.ru> – каталог научно- образовательных ресурсов для наноиндустрии.

10. <https://www.sciencedirect.com/> - Полнотекстовая база данных ScienceDirect.

## **9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий**

1. Студенты имеют доступ через Интернет доступ к единому образовательному portalу, где в открытом доступе имеются ресурсы учебно-методической литературы, являющиеся разработками ведущих вузов России.

2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.

3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excel, MathCad.

4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №136, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), условный номер -14, оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов;
- меловая доска.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №136 «Вакуумная и твердотельная электроника», расположенной по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), условный номер -14, оснащенной необходимым оборудованием:

- измерительные приборы и оборудование по исследованию статических, динамических и частотных параметров и характеристик диодов, транзисторов (биполярных и полевых) и тиристоров (диодных и триодных);
- измеритель характеристик полупроводниковых приборов ЛА-56;
- стенд для измерения параметров и характеристик ЛПДО-2;

- цифровые вольтметры, амперметры, мосты постоянного и переменного тока, генераторы, осциллографы, источники питания, мультиметры и др.

Студенты имеют доступ через Интернет доступ к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:

***лицензионное программное обеспечение свободно распространяемые программы:***

- MicrosoftOffice лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/2016-31603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №0331100002314000077-0003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- архиватор 7z, AdobeAcrobatReader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- MozillaFirefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, GoogleChrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

## Приложение 1

**Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)  
«Физика электровакуумных и полупроводниковых приборов» по направлению  
подготовки 11.03.01 Радиотехника направленность (профиль) Интегрированные  
системы безопасности на 20 – 20 учебный год**

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры  
электроники и цифровых информационных технологий,*

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Заведующий кафедрой**

\_\_\_\_\_ / Р.Ш. Тешев / \_\_\_\_\_  
подпись      расшифровка подписи      дата

## Приложение 2

### Критерии оценки качества освоения дисциплины

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно/диф.зачет	Продвинутый уровень хорошо/диф.зачет	Высокий уровень отлично/диф.зачет
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
<b>ОПК-2</b> Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных. <b>Код и наименование индикаторов достижения компетенций ОПК-2.2.</b> Проводит выбор наилучшего способа проведенияэк	<b>Знать ИД-1опк--2:</b> - принцип работы устройства; - методы и средства проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений;	Не знает	отсутствие знаний о: - принципе работы устройства; - методах и средствах проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений.	неполные знания о: - принципе работы устройства; - методах и средствах проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений.	в целом успешные знания о: - принципе работы устройства; - методах и средствах проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений.	полностью сформированные знания о: - принципе работы устройства; - методах и средствах проведения экспериментальных исследований, обработки и оценки погрешности результатов измерений.
	<b>Уметь ИД-2опк-2:</b> - использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники; - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	Не умеет	отсутствие или частичное умение: - использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники; - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	недостаточное умение: - использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники; - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	в целом успешное умение: - использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники; - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	полностью сформированное умение: - использовать средства измерений для контроля технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники; - работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно/диф.зачет	Продвинутый уровень хорошо/диф.зачет	Высокий уровень отлично/диф.зачет
		Шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
спериментальных исследований ОПК-2.3. Представляет обработанные с оценкой погрешности результаты экспериментальных исследований						техники.
	<b>Владеть ИД-Зонк-2:</b> - мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ; - эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	Не владеет	отсутствие навыков владения: - мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ; - эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	недостаточное владение: - мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ; - эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	наличие навыков владения:- мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ; - эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.	успешное владение: - мониторингом технического состояния электровакуумных и полупроводниковых приборов ЭТ; - эксплуатацией электровакуумных и полупроводниковых приборов электронной техники.