

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»

Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.18 Физика полупроводников и электроника

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Форма обучения очная

Квалификация выпускника бакалавр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников и электроника» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника.

Программу составил:

Ильченко Г.П., доцент кафедры  
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,  
канд. физ.-мат. наук

  
\_\_\_\_\_ подпись

Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников и электроника» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий протокол № 7 14 мая 2021 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.

  
\_\_\_\_\_ подпись

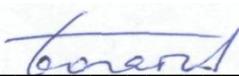
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий протокол № 7 14 мая 2021 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Копытов Г.Ф.

  
\_\_\_\_\_ подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 11 21 мая 2021 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов

  
\_\_\_\_\_ подпись

Рецензенты:

Куликов О.Н., ведущий инженер по патентной и изобретательской работе в ООО «НК "Роснефть" – НТЦ», канд. физ.-мат. наук

Коротков К.С., профессор кафедры оптоэлектроники ФТФ КубГУ, д-р техн. наук

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Физика полупроводников и электроника» ставит своей целью сформировать у студентов знания о физических принципах действия, характеристиках, моделях и особенностях использования в радиотехнических цепях основных типов активных приборов, принципах построения и основах технологии микроэлектронных цепей, механизмах влияния условий эксплуатации на работу активных приборов и микроэлектронных цепей.

## 1.2 Задачи дисциплины

- изучение физических принципов действия, характеристик, моделей и особенностей использования в радиотехнических цепях полупроводниковых и электровакуумных приборов;
- формирование навыков практической работы с измерительными приборами;
- формирование умений проводить техническое обслуживание, профилактические осмотры и текущий ремонт электронной техники.

## 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика полупроводников и электроника» относится к базовой части Блока 1 учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания дисциплин «Электричество и магнетизм», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Основы теории цепей». Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин «Радиотехнические цепи и сигналы», «Схемотехника аналоговых электронных устройств» «Радиотехнические системы», «Технологии компоновки РЭА».

## 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся *общепрофессиональных* компетенций (ОПК):

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
<b>ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>	
ИОПК-1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	Знает законы сохранения массы, энергии и заряда.
	Знает основы зонной теории электропроводности
	Знает основные законы дифференциального и интегрального исчисления
ИОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Умеет применять основы зонной теории для описания электрофизических характеристик полупроводников
	Умеет применять законы квантовой механики для описания диффузии и дрейфа свободных носителей заряда в полупроводниках
	Умеет применять математические методы для решения задач определения электропроводности полупроводников
ИОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Владеет навыками использования знаний физики при расчете электрофизических характеристик полупроводников
	Владеет навыками использования знаний физики при расчете электропроводности полупроводников
<b>ПК-2 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов</b>	
ИПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов и блоков радиотехнических устройств и систем	Знает методики проведения исследований параметров полупроводникового диода
	Знает методики проведения исследований параметров биполярного и полевых транзисторов
	Знает методики проведения исследований параметров фотоэлектрических и излучательных приборов
ИПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем	Умеет проводить исследования параметров полупроводникового диода
	Умеет проводить исследования параметров биполярного и полевых транзисторов

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
	Умеет проводить исследования параметров фотоэлектрических и излучательных приборов
ИПК-2.3. Владеет навыками исследования характеристик радиотехнических устройств и систем	Владеет навыками исследования параметров полупроводникового диода
	Владеет навыками исследования параметров биполярного и полевых транзисторов
	Владеет навыками исследования параметров фотоэлектрических и излучательных приборов

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач. ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		4	5
<b>Контактная работа, в том числе:</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	104	32	72
В том числе:			
Занятия лекционного типа	34	16	18
практические занятия	18	-	18
лабораторные занятия	52	16	36
<b>Иная контактная работа:</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	10	4	6
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	101,8	35,8	66
Курсовой проект (КП) (подготовка)	-	-	-
Контрольная работа			
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
Реферат/эссе (подготовка)			
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)			
Подготовка к текущему контролю			
<b>Контроль</b>			
Подготовка к экзамену	35,7		35,7
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	252	180
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>114,5</b>	<b>78,3</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>7</b>	<b>5</b>

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1.	Введение. Материалы электронной техники и их электрофизические свойства	14	2	-	2	10
2.	Характеристики р-п-перехода. Полупроводниковые диоды	26	6	-	6	14
3.	Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели	27,8	8	-	8	11,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	67,8	16	-	16	35,8

#### Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1.	Введение. Материалы электронной техники и их электрофизические свойства	8	-	2	-	6
2.	Характеристики р-п-перехода. Полупроводниковые диоды	14	-	4	-	10
3.	Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели	14	-	4	-	10
4.	Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели	28	6	4	8	10
5.	Основы использования активных приборов в электронике. Основы функциональной электроники	32	6	4	12	10
6.	Фотоэлектрические и излучательные приборы	20	2	-	8	10
7.	Приборы вакуумной электроники и электронные приборы СВЧ. Заключение	22	4	-	8	10
	<i>Итого по дисциплине:</i>	138	18	18	36	66

### 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа

Лекционные занятия в 4-м семестре:

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Введение. Материалы электронной техники и их электрофизические свойства	Роль электроники в современной науке и технике. Основные понятия и термины. Краткая история и перспективы развития электроники. Место дисциплины в учебном плане подготовки инженеров радиотехнических специальностей. Методы описания электрофизических характеристик полупроводников. Собственные и примесные полупроводники. Элементы зонной теории полупроводников. Равновесная концентрация свободных носителей заряда. Диффузия и дрейф подвижных носителей. Электропроводность полупроводников. Неравновесные носители. Генерация и рекомбинация носителей. Уравнение непрерывности. Явления в сильных электрических полях.	Устный опрос, реферат, презентация

2.	Характеристики р-п-перехода. Полупроводниковые диоды	Разновидности электрических переходов и методы их создания. р-п переход: высота и ширина потенциального барьера в равновесном состоянии, неравновесное состояние, механизм протекания тока, вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеализированного диода, емкость перехода. ВАХ реального р-п диода: токи генерации-рекомбинации, сопротивление базы, пробой. Модели полупроводникового диода и условия их применимости при анализе электрических цепей, содержащих диоды. Выпрямляющий переход металл-полупроводник: физические процессы, ВАХ, особенности модели. Гетеропереходы. Разновидности полупроводниковых диодов: выпрямительные, импульсные, варикапы, стабилитроны, обращенные, туннельные и т.д. Особенности конструкций, параметров, характеристик и моделей. Влияние внешних условий на характеристики и параметры диодов. Переходные процессы в диодно-резисторной цепи при скачках токов и напряжений. Диодные структуры в микроэлектронных цепях, их роль и способы реализации.	Устный опрос, реферат, презентация
3.	Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели	Структура и принцип действия биполярного транзистора (БТ). Режимы работы. Схемы включения. Коэффициенты передачи токов в статическом режиме. Модель Эберса-Молла. Статические характеристики БТ. Влияние сопротивления базы и зависимости ширины базы от коллекторного напряжения на форму статических характеристик БТ. Влияние температуры и радиации на характеристики и параметры БТ. Малосигнальные высокочастотные линейные модели БТ: физические (П-образные и Т-образные) и в виде активных четырехполюсников. Их параметры и связь с данными, приводимыми в справочниках, граничные частоты. Понятие о нелинейных моделях БТ для высоких и сверхвысоких частот. Работа БТ в ключевом режиме. Переходные процессы. Импульсные параметры. Конструктивно-технологические разновидности дискретных транзисторов. Особенности структур и моделей БТ в микроэлектронных цепях. Составные транзисторы. Особенности моделей интегральных БТ. Особенности структур и характеристик БТ с гетеропереходами. Источники собственных шумов в БТ и их описание.	Устный опрос, реферат, презентация

Лекционные занятия в 5-м семестре:

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
4.	Фотоэлектрические и излучательные приборы	Излучательная рекомбинация и генерация носителей заряда под действием излучения. Фотосопротивления. Фотодиоды. Фототранзисторы. Светодиоды. Вынужденное излучение. Суперлюминесцентные диоды.	Устный опрос, реферат, презентация
5.	Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели	Классификация полевых транзисторов (ПТ). Устройство и принцип действия ПТ с управляющим р-п-переходом. Физические параметры (сопротивление канала, напряжение отсечки, крутизна) и их зависимости от температуры. ВАХ в схеме с общим истоком. Линейные и нелинейные модели ПТ с управляющим переходом для высоких и сверхвысоких частот. Особенности ПТ с барьером Шотки. Устройство и принцип действия МДП-транзисторов. Физические процессы в МДП-структурах и физические параметры МДП-транзисторов. ВАХ и их зависимость от температуры. Модели МДП транзисторов и их сравнение с моделями ПТ с управляющими переходами. Определение параметров моделей по справочным данным. Работа ПТ в ключевом режиме. Импульсные параметры. Конструктивно-технологические разновидности ПТ. Особенности структур и параметров интегральных ПТ. Структуры на комплементарных МДП транзисторах. Структуры ПТ с управляющим р-п-	Устный опрос, реферат, презентация

		переходом и с барьером Шотки. Биполярные и комплементарные МДП транзисторы на одном кристалле.	
6.	Основы использования активных приборов в электронике. Основы функциональной электроники	<p>Особенности активных и пассивных элементов интегральных схем. Учет и использование этих особенностей при выборе схем базовых ячеек ИС.</p> <p>Работа ПТ и БТ в резистивных усилительных каскадах с общим истоком и с общим эмиттером соответственно. Выбор рабочей точки и определение параметров малосигнальных эквивалентных схем транзисторов в этой точке. Коэффициент усиления на средних частотах и его зависимость от параметров каскада и температуры. Проблема стабилизации рабочей точки и усиления.</p> <p>Пассивные элементы интегральных схем. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы. Ограничения, накладываемые интегральной технологией на значения параметров пассивных элементов ИС и обеспечение точности их изготовления. Возможность изготовления транзисторов и резисторов с малым относительным разбросом их параметров и связанные с этим особенности схемотехники аналоговых электронных устройств, изготавливаемых по интегральной технологии (целесообразность использования дифференциальных структур и структур типа "зеркало тока").</p> <p>Базовые логические элементы (инверторы) цифровых ИС на биполярных и полевых транзисторах. Структуры, принципы действия, особенности их топологии. Характеристики и параметры. Зависимость параметров от температуры. Ячейки памяти цифровых ИС для оперативных запоминающих устройств и перепрограммируемых постоянных запоминающих устройств. Электрические схемы. Принцип действия. Особенности интегрального исполнения. Параметры, их зависимости от режима и температуры.</p>	Устный опрос, реферат, презентация
7.	Приборы вакуумной электроники и электронные приборы СВЧ. Заключение	<p>Электронные лампы. Принципы электростатического управления. Классификация и конструкция электронных ламп. Основные характеристики и параметры.</p> <p>Электронно-лучевые трубки. Принцип функционирования и основные характеристики и параметры. Области использования.</p> <p>Электронные приборы СВЧ. Особенности их функционирования и конструкций. Влияние времени пролета.</p> <p>Физические основы квантовых приборов. Оптические квантовые генераторы: принцип действия и основные виды. Понятие о квантовых стандартах частоты.</p> <p>Перспективы развития микроэлектроники и элементной базы РЭА.</p>	Устный опрос, реферат, презентация

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия в 4-м семестре не предусмотрены.

Семинарские занятия в 5-м семестре:

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1.	Введение. Материалы электронной техники и их электрофизические свойства	электрофизические свойства полупроводниковых материалов	контрольная работа, проверка реферата.
2.	Характеристики р-п-перехода. Полупроводниковые диоды	Основные свойства р-п-перехода. Полупроводниковые диоды. Стабилитроны	контрольная работа, проверка реферата.
3.	Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели	Точка покоя биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером (режим класса А).	контрольная работа, проверка реферата.
4.	Фотоэлектрические и из-	—	—

	лучательные приборы		
5.	Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели	Точка покоя полевого транзистора, включенного по схеме с общим истоком (режим класса А).	контрольная работа, проверка реферата.
6.	Основы использования активных приборов в электронике. Основы функциональной электроники	Расчет трансформаторного усилителя. Двухтактный эмиттерный повторитель. Транзисторный ключ на биполярном транзисторе. Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ).	контрольная работа, проверка реферата.
7.	Приборы вакуумной электроники и электронные приборы СВЧ. Заключение	—	—

### 2.3.3 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия в 4-м семестре:

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	Характеристики р-п-перехода. Полупроводниковые диоды	Изучение характеристик и параметров полупроводниковых диодов	Защита ЛР
2.	Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели	Статические характеристики биполярных транзисторов.	Защита ЛР
3.	Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели	Экспериментальное определение параметров модели биполярного транзистора	Защита ЛР

Лабораторные занятия в 5-м семестре:

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели	Статические характеристики полевых транзисторов	Защита ЛР
2.	Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели	Экспериментальное определение параметров модели полевого транзистора.	Защита ЛР
3.	Основы использования активных приборов в электронике. Основы функциональной электроники	Изучение работы биполярного транзистора в усилительном каскаде	Защита ЛР
4.	Приборы вакуумной электроники и электронные приборы СВЧ. Заключение	Изучение характеристик и параметров триода	Защита ЛР

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Курсовые работы – не предусмотрены.

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3

1.	Проработка теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2.	Подготовка к защите лабораторных работ	1. Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. 2. Жужа М.А. Полупроводниковая электроника: лабораторные работы / М.А. Жужа, Е.Н. Жужа, Г.П. Ильченко. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2014. – 43 с.
3.	Реферат	Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93331">https://e.lanbook.com/book/93331</a> . Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93303">https://e.lanbook.com/book/93303</a> .
4.	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. <a href="#">Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие</a> – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660</a> .

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Электроника» используются современные образовательные технологии:

- дискуссия;

- анализ ситуаций профессиональной деятельности;

- метод проектов;

- интерактивная лекция (лекция-дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций).

На лекции выносятся 80 % материала изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. При объяснении нового материала используются проблемное изложение, поисковая беседа и презентация с обсуждением. Часть учебного материала предьявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и техники и разбирать конкретные электронные схемы более подробно.

В течение семестра студенты, используя литературу и материалы из Интернета, должны подготовить реферат и презентацию по учебному материалу и выступить с ним на лекционном занятии.

На лабораторных занятиях студенты, применяя на практике теоретические знания, соби-

рают на макетных панелях электронные схемы и исследуют их работу в различных режимах, учатся работать с цифровыми и аналоговыми измерительными приборами. Лабораторные работы выполняются малыми группами студентов по 2 человека.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по рейтинговой системе.

В учебном процессе используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: презентация с обсуждением, поисковая беседа, работа в малых группах, дискуссия.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Текущий контроль:

- устный опрос по разделам учебной программы;
- реферат;
- контрольная работа;
- защита лабораторных работ.

Промежуточная аттестация:

- зачет в 4-м семестре, экзамен в 5-м семестре.

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

###### **4.1.1 Примеры вопросов для устного опроса по разделам учебной программы.**

Вопросы предназначены:

- для устного опроса на лекционных занятиях;
- в качестве дополнительных теоретических вопросов при сдаче студентами отчетов по лабораторным работам.

1. Что такое собственные и примесные полупроводники.
2. Разновидности электрических переходов и методы их создания.
3. Структура и принцип действия биполярного транзистора (БТ).
4. Излучательная рекомбинация и генерация носителей заряда под действием излучения.
5. Классификация полевых транзисторов (ПТ).
6. Работа ПТ и БТ в резистивных усилительных каскадах с общим истоком и с общим эмиттером соответственно.
7. Электронные лампы. Принципы электростатического управления.

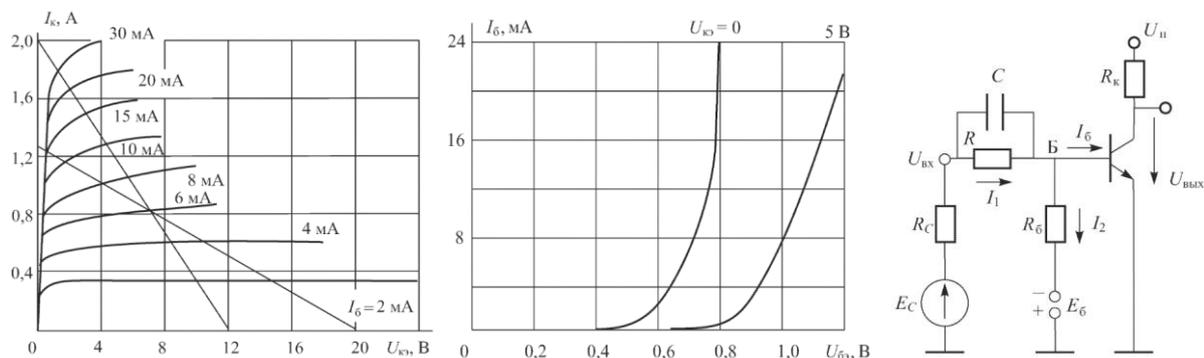
###### **4.1.2 Примерные темы рефератов.**

1. Роль электроники в современной науке и технике. Краткая история и перспективы развития электроники.
2. Гетеропереходы.
3. Диодные структуры в микроэлектронных цепях, их роль и способы реализации.
4. Влияние температуры и радиации на характеристики и параметры биполярных транзисторов.
5. Конструктивно-технологические разновидности дискретных транзисторов.

###### **4.1.3 Примеры вариантов контрольной работы**

Задача 1. Два диода с идеальными  $p-n$ -переходами имеют одинаковую геометрию и сделаны из одного материала. Но в первом диоде концентрации примесей  $N_A$  и  $N_D$  в 10 раз меньше, чем во втором диоде. Определим, отношение плотностей токов  $j_1/j_2$  при одинаковом внешнем напряжении  $U$ . Предположить, что коэффициенты диффузии носителей  $D_n$  и  $D_p$ , а также диффузионные длины  $L_n$  и  $L_p$  одинаковы для обоих диодов.

Задача 2. Транзисторный ключ собран на транзисторе 2Т 860А.  $U_{п} = 10В$ ;  $R_k = 10 Ом$ ;  $R_б = 1 кОм$ ;  $R = 400 Ом$ ;  $R_c = 100 Ом$ ;  $E_б = - 1,5 В$ . Определить значения  $E_c$ , при которых транзистор работает в режимах отсечки, насыщения и в активном режиме.



## 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### 4.2.1 Примеры вопросов для подготовки к зачету

1. Элементы зонной теории полупроводников.
2. Электропроводность полупроводников.
3. Явления в сильных электрических полях.
4. р-п-переход: высота и ширина потенциального барьера в равновесном состоянии, неравновесное состояние, механизм протекания тока, вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеализированного диода, емкость перехода.
5. ВАХ реального р-п-диода: токи генерации-рекомбинации, сопротивление базы, пробой.
6. Модели полупроводникового диода и условия их применимости при анализе электрических цепей, содержащих диоды.

### 4.2.2. Перечень вопросов, выносимых на экзамен:

1. Собственные и примесные полупроводники.
2. Элементы зонной теории полупроводников.
3. Полупроводниковые диоды. Разновидности полупроводниковых диодов
4. р-п-переход, вольт-амперная характеристика идеализированного диода, ВАХ реального р-п-диода
5. Диоды Шоттки.
6. Принцип действия биполярного транзистора.
7. ВАХ биполярных транзисторов (входные, выходные)
8. Базовые схемы включения биполярных транзисторов.
9. Работа биполярных транзисторов на малом сигнале.
10. Стабилизация рабочей точки и усиления биполярных транзисторов.
11. Биполярные транзисторы в предельных режимах.
12. Биполярные транзисторные ключи
13. Ненасыщенные ключи, диоды Шоттки (схема ТТЛШ, транзистор с диодом Шоттки).
14. Фотодиоды.
15. Фототранзисторы.
16. Светодиоды. Вынужденное излучение.
17. Элементы оптоэлектроники
18. Принцип действия и ВАХ полевого транзистора с управляющим р-п-переходом.
19. Базовые схемы включения полевых транзисторов
20. Стабилизация рабочей точки и усиления полевых транзисторов.
21. Полевой транзистор с изолированным затвором
22. Принцип действия и ВАХ МДП транзистора
23. Электронные ключи на полевых транзисторах.
24. МДП-транзисторные ключи
25. Принцип действия и ВАХ полевого транзистора.
26. Работа полевых транзисторов на малом сигнале
27. Принцип действия и ВАХ тиристора.

28. Дифференциальный усилитель.
29. Усилители, резистивный каскад
30. Интегратор Миллера, составной транзистор.
31. Основные типы аналоговых интегральных схем и их особенности.
32. Особенности, назначение, технология интегральных схем.
33. Пассивные элементы полупроводниковых интегральных схем
34. Особенности активных и пассивных элементов интегральных схем.
35. Схемотехника операционных усилителей
36. Параметры реальных операционных усилителей
37. Усилители мощности.
38. Базовые логические элементы цифровых интегральных схем на биполярных транзисторах.
39. Базовые логические элементы цифровых интегральных схем на полевых транзисторах.
40. Элементы КМОП интегральных схем (МОП-транзисторы, конденсаторы)
41. Электрические параметры логических интегральных схем
42. Функциональная электроника.
43. Генераторы стабильного тока и напряжения.
44. Твердотельные датчики
45. Приборы с зарядовой связью.
46. Электронные приборы СВЧ. Особенности их функционирования и конструкций.
47. Электронные лампы. Принципы электростатического управления.
48. Классификация и конструкция электронных ламп. Основные характеристики и параметры.
49. Электронно-лучевые трубки. Принцип функционирования и основные характеристики и параметры. Области использования.
50. Перспективы развития микроэлектроники и элементной базы РЭА.

К зачету и экзамену по теоретическому материалу лекционных занятий допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, подготовившие реферат и презентацию. Зачет проводится в устной форме, при этом студентам задаются 2 вопроса из общего перечня вопросов к зачету.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка **«неудовлетворительно/не зачтено»** выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

поверхностное знание теоретического материала;  
незнание основных законов, понятий и терминов учебной дисциплины, неверное оперирование ими;

грубые стилистические и речевые ошибки.

Оценка **«удовлетворительно/зачтено»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объеме, необходимом для предстоящей учебы и работы по профессии;

- в целом усвоили основную литературу;

- в ответах на вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса;

- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;

- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;

- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы.

Оценка **«хорошо/зачтено»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твердое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;

- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;

- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;

- в ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «отлично/зачтено» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);

- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;

- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;

- владеют научным стилем речи;

- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,

- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата: в 2 ч. Ч. 1 / О. П. Новожилов. - М. : Юрайт, 2017. - 382 с. - <https://biblio-online.ru/book/9C9A15AD-47A5-4719-B5A2-E1C27357A56C>.

2. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата: в 2 ч. Ч. 2 / О. П. Новожилов. - М. : Юрайт, 2017. - 421 с. - <https://biblio-online.ru/book/A249DF90-9B06-4320-87A4-58BCF3A99C6D>.

3. Миленина, С. А. Электроника и схемотехника [Электронный ресурс] : учебник и практикум для академического бакалавриата / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2017. - 270 с. - <https://biblio-online.ru/book/A6FBBF178-314B-4255-96C7-9116BF1296EE>.

4. Бурбаева, Н.В. Сборник задач по полупроводниковой электронике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.В. Бурбаева, Т.С. Днепровская. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 168 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2126>. — Загл. с экрана.

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Жужа, Михаил Александрович (КубГУ). Полупроводниковая электроника [Текст] : лабораторные работы / М. А. Жужа, Е. Н. Жужа, Г. П. Ильченко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2014. - 43 с. : ил. - Библиогр.: с. 42. - 8.36.

2. Зиновьев, Г. С. Силовая электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие для академического бакалавриата : в 2 ч. Ч. 2 / Г. С. Зиновьев. - 5-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2017. - 285 с. - <https://biblio-online.ru/book/77ABB5EB-9017-4DB7-8AB9-DF08869E4250>.

3. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / О. П. Новожилов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2017. - 653 с. - <https://biblio-online.ru/book/EA7D000A-DDFD-472F-B8FB-FDAA602CB97C>.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

## 5.3. Периодические издания.

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

В мире науки.

Вестник связи.

Зарубежная радиоэлектроника.

Известия ВУЗов. Серия: Приборостроение.

Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.

Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.

Микроэлектроника.

Радио.

Радиотехника.

Радиотехника и электроника.

Радиотехника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Схемотехника.

Телекоммуникации.

Технологии и средства связи.

Успехи современной радиоэлектроники.

Электроника.

Электроника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Электроника: наука, технология, бизнес.

Электросвязь.

## 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: <http://window.edu.ru/>.

2. Федеральный образовательный портал – URL: [http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm).

3. Каталог научных ресурсов – URL: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>.

4. Большая научная библиотека – URL: <http://www.sci-lib.com/>.

5. Раздел «Физика» Естественно-научного образовательного портала – URL: <http://www.en.edu.ru/catalogue/304>.

6. Раздел «Полупроводники» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: [http://www.ph4s.ru/books\\_tehnika.html](http://www.ph4s.ru/books_tehnika.html).

7. Раздел «Технические науки (Радиофизика. Радиоэлектроника. Полупроводниковая электроника и др.)» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: [http://www.ph4s.ru/book\\_ph\\_poluprovodnik.html](http://www.ph4s.ru/book_ph_poluprovodnik.html).

8. Клуб 155: материалы по программированию, полупроводниковой электронике и схемотехнике – URL: <http://www.club155.ru/>.

9. Информационные ресурсы Научной библиотеки КубГУ – URL: <http://www.kubsu.ru/ru/university/library/resources>.

### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины «Электроника» при самостоятельной работе студент должен иметь:

- 1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;
- 2) учебник (учебное пособие) в соответствии со списком литературы;
- 3) тетрадь для лабораторных работ.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);
- подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;
- подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к зачету) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его рейтинге – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам устных опросов, выполненного реферата (доклада), внутрисеместровой аттестации и защит лабораторных работ.

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

#### **8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система Microsoft Windows.
2. Пакет программ САПР NI Multisim.

#### **8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (<http://212.192.134.46/MegaPro/Web>).
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» ([http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)).
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<https://www.biblio-online.ru/>).

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория 317С, оснащенная магнитно-маркерной доской
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория 317С, укомплектованная оборудованием необходимым для проведения лабораторных работ
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской, для проведения групповых консультаций.
6.	Самостоятельная работа	Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.