

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
технического образования – первый
проректор



Т.А. Хагуров

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.17 ЭЛЕКТРОНИКА

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Оптические системы и сети связи

(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения

заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины Б1.О.17 «Электроника» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Программу составил:

А.С. Левченко, канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.О.17 «Электроника» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол №9 от 13 апреля 2022 г.
Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Н.А. Яковенко



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 8 от 15 апреля 2022 г.

Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Н.М. Богатов



подпись

Рецензенты:

Ялуплин М.Д., канд. физ.-мат. наук, зам. начальника по проектной работе
ГБУЗ МИАЦ МЗ КК

Ильченко Геннадий Петрович, доцент кафедры радиофизики
и нанотехнологий КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Электроника» ставит своей целью: изучение студентами физических эффектов и процессов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов и устройств, с одновременным изучением элементной базы средств связи, применяемой в телекоммуникационных системах, телевизионной, радиорелейной, тропосферной, космической и радиолокационной связи.

Электроника, являясь одним из сложнейших технических и наукоемких направлений развития нашей цивилизации, служит фундаментом для интенсивно развивающейся электронной промышленности. Благодаря ее теоретическим исследованиям и разработке новых электронных компонентов, появляются в свет все более новые приборы и оборудование, в которых применяются самые инновационные решения.

1.2 Задачи дисциплины

Основной задачей дисциплины является изучение принципов действия, характеристик, параметров и особенностей устройства важнейших полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, используемых в системах связи. К их числу относятся диоды, биполярных и полевые транзисторы, приборы с отрицательной дифференциальной проводимостью, оптоэлектронные и электровакуумные приборы, элементы интегральных схем и основы технологии их производства. В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие использовать полупроводниковые, электровакуумные и оптоэлектронные приборы, при разработке и эксплуатации средств связи.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электроника» относится к обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 2-м и 3-м курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: в четвертом семестре – зачет, а в пятом - экзамен.

В результате изучения дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения ряда последующих схемотехнических дисциплин: «Схемотехника телекоммуникационных систем», «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций», «Микропроцессорная техника в оптических системах связи», «Цифровая электроника».

Настоящая дисциплина находится на стыке дисциплин, обеспечивающих базовую и специальную подготовку студентов, необходимую для эксплуатации электронных приборов в средствах связи. Изучая эту дисциплину, студенты, кроме теоретических получают и практические навыки экспериментальных измерений параметров и технических характеристик, методов измерений разнообразных электровакуумных и полупроводниковых приборов, их маркировку. Поэтому для её освоения необходимо успешное усвоение сопутствующих дисциплин: «Физика», «Математический анализ», «Дискретная математика», «Теория электрических цепей».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
 Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций: ОПК-1, ОПК-2

| № п.п. | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине | | |
|--------|--|--|---|--|
| | | знать | уметь | владеть |
| 1. | ОПК-1: способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, р-п перехода, контакта металл-полупроводник и простейшего гетероперехода; математическую модель идеализированного р-п перехода и влияние на ВАХ ширины запрещенной зоны (материала), температуры и концентрации примесей; физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов; эквивалентные схемы биполярного и полевого транзисторов; преимущества интегральных схем; принцип работы базовых каскадов аналоговых и базовых ячеек цифровых схем. | объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; находить значения электрофизических параметров основных полупроводниковых материалов в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на электрические параметры и частотные свойства базовых каскадов аналоговых схем и переходные процессы в базовых ячейках цифровых схем; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов; | навыком расчета базовых каскадов аналоговых и ячеек цифровых схем; навыками определения неисправных компонентов (элементарных электронных полупроводниковых приборов) по их внешнему виду и электрическим характеристикам; навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; навыками определения параметров и поиска компонентов элементарных приборов взамен или аналогов для замещения в электронных схемах; |
| 2. | ОПК-2: способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и | условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств в различных | определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам; по виду статических характеристик определять тип прибора и схему его | навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и |

| № п.п. | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине | | |
|--------|--|--|--|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| | представления полученных данных | схемах включения; основные методы аппроксимации результатов экспериментальных измерений. | включения; выбирать на практике оптимальные режимы работы изучаемых приборов; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур. | статических характеристик изучаемых структур; навыками составления и оформления отчетов по результатам экспериментальных лабораторных исследований изучаемых структур, навыками чтения принципиальных схем электронных устройств; |

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ЗОФО).

| Вид работ | Всего часов | курсы | | |
|--|--------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| | | 2к | 3к | |
| Контактная работа, в том числе: | | | | |
| Аудиторные занятия (всего): | 20 | 12 | 8 | |
| занятия лекционного типа | 8 | 6 | 2 | |
| практические занятия | 6 | 6 | – | |
| лабораторные занятия | 6 | | 6 | |
| Иная контактная работа: | 0,5 | 0,2 | 0,3 | |
| Контроль самостоятельной работы (КСР) | | | | |
| Промежуточная аттестация (ИКР) | 0,5 | 0,2 | 0,3 | |
| Самостоятельная работа, в том числе: | 63,8 | 92 | 91 | |
| Курсовая работа | | – | – | |
| Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям) | 160 | 80 | 80 | |
| Реферат | | – | – | |
| Подготовка к текущему контролю | 23 | 12 | 11 | |
| Контроль: | | | | |
| Подготовка | 12,5 | 3,8 | 8,7 | |
| Общая трудоёмкость | час. | 216 | 108 | 108 |
| | в том числе контактная работа | 20,5 | 12,2 | 8,3 |
| | зач. ед | 6 | 3 | 3 |

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «электроника» включает в себя: занятия лекционного типа, практические занятия, лабораторные работы,

групповые консультации (так же и внеаудиторные, через электронную среду MS_Teams).
Промежуточная аттестация в тестовой и устной формах.

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые на 2-м и 3-м курсах **сводная таблица (заочная форма)**:

| № | Наименование разделов (тем) | Количество часов | | | | | |
|-----|--|------------------|-------------------|----|----|-----|-----------------------------|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | КСР | Внеаудиторная работа СРС |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | | |
| 1. | Основы физики полупроводников | 11 | | 2 | | | 13 |
| 2. | Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи. | 11 | 2 | | | | 13 |
| 3. | Физические процессы при контакте разнородных материалов. | 20 | 2 | | | | 21 |
| 4. | Полупроводниковые диоды. | 21 | | 2 | 2 | | 18 |
| 5. | Биполярные транзисторы. | 19 | 2 | | 2 | | 18 |
| 6. | Полевые транзисторы | 13 | | | | | 14 |
| 7. | Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением | 11,8 | | 2 | 2 | | 11 |
| 8. | Введение работы элементов электроники в аналоговых схемах | 31 | | | | | 23 |
| 9. | Технологические основы интегральных схем. | 11 | | | | | 13 |
| 10. | Диоды и транзисторы - основа цифровой микросхемотехники | 8 | | | | | 10 |
| 11. | Введение в вакуумную электронику | 9 | | | | | 7 |
| 12. | Оптоэлектронные приборы | 10 | 2 | | | | 16 |
| 13. | Аспекты применения и параметры некоторых электронных компонентов | 4 | | | | | 6 |
| | <i>ИТОГО по разделам дисциплины</i> | 203 | 8 | 6 | 6 | | 183 |
| | Зачёт | 0,2 | | | | | |
| | Подготовка к экзамену и зачету | 12,5 | | | | | |
| | Экзамен | 0,3 | | | | | |
| | Общая трудоемкость по дисциплине | 216 | | | | | |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

| № | Наименование раздела (темы) | Содержание раздела (темы) | Форма текущего контроля |
|----|---|--|-------------------------|
| 1. | Основы физики полупроводников | Зонная модель твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Примесные полупроводники. Проводимость n- и p- типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники. | Т |
| 2. | Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи. | Движение носителей в электрическом поле. Дрейфовая скорость, подвижность, плотность дрейфового тока. Удельная проводимость. Диффузионное движение носителей. Плотность диффузионного тока. Коэффициент диффузии. Зависимость | Т |

| | | | |
|----|---|---|--------|
| | | подвижности и коэффициента диффузии от типа носителей заряда и материала. Связь подвижности и коэффициента диффузии. | |
| 3. | Физические процессы при контакте разнородных материалов. | <p>Физические процессы при идеализированном контакте полупроводников p- и n- типа с одинаковой шириной запрещенной зоны. Электронно – дырочный переход в состоянии равновесия. Контактная разность потенциалов, её зависимость от ширины запрещенной зоны, концентрации примесей и температуры. Зонные диаграммы контакта металла и полупроводника в состоянии равновесия.</p> <p>Неравновесное состояние p-n перехода. Прямое и обратное включение. Вольт амперная характеристика (ВАХ) идеализированного перехода и её уравнение. Зависимость ВАХ от концентрации примеси и температуры.</p> <p>Параметры p-n перехода и его электрическая модель. Дифференциальное сопротивление. Барьерная и диффузионная емкость. Зависимость параметров от величины и знака напряжения (смещения). Причины, вызывающие инертность процессов в p-n переходе.</p> <p>Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированного (лавинный, туннельный и тепловой пробой при обратном включении).</p> | Т |
| 4. | Полупроводниковые диоды. | Классификация, назначение, характеристики и параметры. Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Стабилитроны. Варикапы. Туннельные диоды, понятие отрицательного сопротивления. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Ганна. СВЧ-диоды. Диоды с барьером Шотки (ДБШ). P-i-n- диоды. Основные схемы применения диодов: выпрямители, стабилизаторы, смесители. Светоизлучающие диоды (СИД) на p-n переходе. | Т |
| 5. | Биполярные транзисторы. | Устройство и режимы работы биполярных транзисторов. Физические процессы в нормальном активном режиме. Коэффициенты передачи тока. Биполярный транзистор как линейный четырехполюсник. Собственные параметры транзистора. Эквивалентные схемы в режиме малого сигнала. Схемы включения БТ с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Система дифференциальных h-параметров в различных схемах включения. Статические характеристики биполярных транзисторов. Модель Эберса-Молла. Эффект модуляции толщины базовой области (эффект Эрли). Переходные и частотные характеристики биполярного транзистора. Импульсный режим работы. Транзисторный ключ. Разновидности биполярных транзисторов. Распределение примесей и электрическое поле базы. | ЛР/Т |
| 6. | Полевые транзисторы | Классификация полевых транзисторов (ПТ). Статические характеристики и параметры ПТ с управляющим переходом. ПТ с изолированным затвором со встроенным и индуцированным каналом. Особенности ПТ на арсениде галлия с затвором на основе барьера Шотки. Частотные свойства ПТ. Импульсные (ключевые) свойства ПТ. Температурные свойства и виды источников шумов в ПТ. Сравнение параметров ПТ и БТ. | Т |
| 7. | Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением | Физический смысл отрицательного дифференциального сопротивления в приборах с ВАХ N- и S- типа. Общие сведения, устройство, принцип действия, эквивалентная схема и ВАХ тиристоров. Разновидности тиристоров: диодный, триодный, симистор. Основные схемы применения. | Т |
| 8. | Введение работы элементов электроники в аналоговых схемах | Схема простейшего усилительного каскада на БТ (ПТ) с резистивной нагрузкой, основные параметры каскада. Понятие о дифференциальном каскаде (ДК), его схеме, назначении и преимуществах при интегральном исполнении. Повторитель напряжения на БТ и ПТ, принципиальная схема, основные параметры. Каскад Дарлингтона. Динамическая нагрузка. Классы усиления и особенности работы транзисторных каскадов. Схемы | Т/ РГЗ |

| | | | |
|-----|--|--|---|
| | | усилителей мощности на транзисторах. Операционный усилитель и его внутреннее транзисторное устройство. | |
| 9. | Технологические основы интегральных схем. | Планарная интегральная технология. Подготовительные операции. Эпитаксия. Диффузионное и ионное легирование. Термическое окисление. Травление. Литография. Разрешающая способность. Степень интеграции. Изоляция элементов интегральных схем. Осаждение тонких пленок. Изготовление пассивных элементов полупроводниковых и гибридных ИС. Преимущества интегральной технологии. | Т |
| 10. | Диоды и транзисторы - основа цифровой микросхемотехники | Простейший инвертор на БТ, МДП- и КМДП-транзисторах. Параметры ключевых (логических) элементов. Простейшие схемы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ), Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Логические схемы на МДП и КМДП транзисторах. | Т |
| 11. | Введение в вакуумную электронику | Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная, электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Классификация электровакуумных ламп (диоды, триоды, тетроды, пентоды). Электровакуумные фотоэлементы и фотоумножители. Плазменные панели. Электровакуумные индикаторы. Тиратроны. Клистроны. Магнетроны. Устройство ЛБВО. | Т |
| 12. | Оптоэлектронные приборы | Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Взаимодействие света с носителями заряда в р-п переходе, фотодетекторный режим, фотоэдс. Вольтамперная характеристика и параметры. Полупроводниковые фотоприемники: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры. Светоизлучающие диоды (СИД), индикаторы и матричные экраны на основе СИД. Жидкокристаллические индикаторы. Солнечные преобразователи. Разновидности полупроводниковых лазеров. Инжекционные полупроводниковые лазеры на основе гомопереходов. Инжекционные лазеры на основе гетеропереходов. | Т |
| 13 | Аспекты применения и параметры некоторых электронных компонентов | Разновидности, краткие характеристики, применение и маркировка некоторых электронных компонентов: конденсаторы, резисторы (выводные SMD), устройства защиты (варисторы, термисторы, газовые разрядники), полупроводниковые модули. БТ с использованием гетероперехода. ПТ на основе гетеропереходов. | Т |

Защита лабораторной работы (ЛР), расчетно-графического задания (РГЗ), коллоквиум (К), тестирование (Т), выполнение практических заданий (ПЗ).

2.3.2 Практические занятия.

| № | Наименование раздела | Тематика практических занятий | Форма текущего контроля |
|----|--|--|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Основы физики полупроводников | Основные свойства р-п перехода. Расчёт параметров. Движение носителей в электрическом поле. Дрейфовая скорость, подвижность, плотность дрейфового тока. | Решение задач |
| 2. | Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи. | | Решение задач |
| 3. | Физические процессы при контакте разнородных материалов. | | Решение задач |
| 4. | Полупроводниковые диоды. | Полупроводниковые диоды. Расчёт | Решение задач |

| | | | |
|----|---|--|---------------|
| | | параметров и схем. Характеристики и параметры. Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Стабилитроны. Варикапы. Туннельные диоды. Методы аппроксимации ВАХ. Основные схемы применения диодов: выпрямители, стабилизаторы, смесители. Светоизлучающие диоды (СИД) на p-n переходе. | |
| 5. | Биполярные транзисторы. | Точка покоя биполярного транзистора, включенного по схеме с ОЭ, ОБ, ОК. Биполярный транзистор как линейный четырехполюсник. Собственные параметры транзистора. Эквивалентные схемы в режиме малого сигнала. Схемы включения БТ с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Система дифференциальных h-параметров в различных схемах включения. Статические характеристики биполярных транзисторов. | Решение задач |
| 6. | Полевые транзисторы | Статические характеристики и параметры ПТ с управляющим переходом. ПТ с изолированным затвором со встроенным и индуцированным каналом. Расчет схем и параметров включения. | Решение задач |
| 7. | Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением | Расчет различных схем применения тиристоров: диодный, триодный, симистор. | Решение задач |
| 8. | Введение работы элементов электроники в аналоговых схемах | Расчет усилителей на транзисторах с температурной стабилизацией рабочей точки. Дифференциальный каскад. Токовое зеркало. Частотные и импульсные свойства. | Решение задач |
| 9. | Технологические основы интегральных схем. | Расчет элементов гибридно-плёночных интегральных схем. Пленочные резисторы. Планарные интегральные транзистры. | Решение задач |

2.3.3 Лабораторные занятия.

| № | Наименование раздела | Наименование лабораторных работ | Форма текущего контроля |
|----|----------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | 1,2 | Изучение устройства и принципа работы полупроводниковых диодов, экспериментальное исследование вольтамперных характеристик различными способами. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 2. | 2 | Выпрямители. Графический расчёт стабилизации напряжения при помощи стабилитрона. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 3. | 3 | Изучение работы транзистора. Натурное снятие входных и выходных характеристик биполярных транзисторов с последующим определением их дифференциальных параметров. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 4. | 4 | Компьютерное исследование Изучение работы полевых транзисторов и тиристоров. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 5. | 7 | Компьютерное исследование Исследование усилительного каскада на основе биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером и отрицательной обратной связью потоку. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 6. | 9 | Физика работы фотодиодов, фототранзисторов и TSOP. | не предусмотрено |
| 7. | 5 | Исследование простейших цифровых микросхем | не предусмотрено |

| | | | |
|-----|-------|--|---|
| 8. | 1,2 | Компьютерное исследование моделей полупроводниковых диодов, их математическое описание. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 9. | 3 | Компьютерное исследование параметров и характеристик БТ с последующим определением их дифференциальных параметров. | технический отчёт по лабораторным работам |
| 10. | 3,4,7 | Компьютерное исследование усилительных каскадов на биполярных и полевых транзисторах. | технический отчёт по лабораторным работам |

При изучении дисциплины могут применяться некоторые аспекты модели «перевернутого обучения» в режиме дискуссионно-ориентированного перевернутого класса или виртуального перевернутого класса: дистанционные образовательные технологии (электронное обучение) в форме смешанного обучения, основанного на сочетании очного обучения и обучения компьютерными средствами, включающими некоторые аспекты в формате дистанционного обучения в соответствии с ФГОС ВО. В условиях развития электронной информационно-образовательной среды вуза в качестве управления обучением выбрана платформа Moodle, однако, совместно с ней для создания и публикации контента и учебных объектов используются: служба видео трансляции Microsoft Stream и инструмент для коммуникации и обратной связи Microsoft Teams.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине 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 | Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту, тестам и вопросам) | <p>1. Полупроводниковые приборы : учебное пособие для студентов вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 8-е изд., испр. - СПб. [и др.] : Лань , 2006. - 479 с.</p> <p>2. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 1. Вакуумная и плазменная электроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; под редакцией А. С. Сигова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 172 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01763-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/451115</p> <p>3. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 2. Микроэлектроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 326 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01867-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/470589</p> <p>4. Видео об устройствах продаваемых компанией «Чип и Дип» полупроводниковых компонентов https://www.chipdip.ru/video</p> <p>5. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г.</p> |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям | <p>1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г.</p> <p>2. Бурбаева Н.В. Сборник задач по полупроводниковой электронике. М.: Физматлит (2004) 2006 г., - 168с.: § <i>Основные свойства p-n перехода</i> Задачи для решения (§ 1.1, стр. 9 - 14) на дом: № 1.1.15, 1.1.20 (§ 1.1, гл. 1, стр. 13, стр.14); <i>Полупроводниковые диоды. Стабилитроны.</i> задачи для решения (§ 1.2, § 1.3, стр. 20-24, стр. 26-27) на дом: № 1.2.9,</p> |

| | | |
|---|---|--|
| | | 1.3.7 (§ 1.1, гл. 1, стр. 23, § 1.3, стр. 26-27); <i>Точка покоя биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером</i> задачи для решения (§ 2.1, стр. 32-33) на дом: № 2.1.5, 2.1.7 (§ 2.1, гл.2, стр. 33, стр. 34)... 3. Терехов, В. А. Задачник по электронным приборам : учебное пособие / В. А. Терехов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-0503-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/76831 (дата обращения: 29.07.2021). — Режим доступа. |
| 3 | Подготовка к выполнению лабораторных работ. Оформление технического отчёта по лабораторным работам. | 1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017г. 2. Методические рекомендации, описания и задания к проведению лабораторных работ: Основы электроники: лабораторный практикум /авт.: А.С. Левченко, К.С. Коротков, В.М. Аванесов, Н.А. Яковенко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2020. – 158 с. |

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 печатной форме увеличенным шрифтом,
- 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,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины проводятся следующие виды учебных занятий и работ: лекции, практические занятия, домашние задания, тестирование, защита лабораторных работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическими занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию, зачету и экзамену).

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекций проходит в классическом стиле. Студенту в режиме самостоятельной работы рекомендуется изучение короткометражных видеофрагменты по изучаемым вопросам.

При проведении практических занятий может использоваться доска, для расчетов и анализа данных могут применяться дополнительные справочные материалы. Предварительно изучая рекомендованную литературу студенты готовятся к практическому занятию - анализируют предложенные в учебнике примеры решения задач. На практических занятиях учебная группа делится на подгруппы по 5-7 человека. Каждой подгруппе выдаются свои исходных данные к рассматриваемым на занятии задачам.

Решение задачи группа оформляет на доске и публично защищает. При возникновении трудностей преподаватель помогает группам в достижении положительного результата. В ходе проверки промежуточных результатов, поиска и исправления ошибок, осуществляется интерактивное взаимодействие всех участников занятия.

При проведении лабораторных работ подгруппа разбивается на команды по 2-3 человека. Каждой команде выдаётся задание на выполнение лабораторной работы (отличается характеристиками элементов полупроводниковых приборов). Студенты самостоятельно распределяют обязанности и приступают к выполнению задания, взаимодействуя между собой. Преподаватель контролирует ход выполнения работы каждой группой, проверяет правильность сборки электрических схем и подключения измерительных приборов. Уточняя ход работы, если студенты что-то выполняют не правильно, преподаватель помогает им преодолеть сложные моменты и проверяет достоверность полученных экспериментальных результатов. После оформления технического отчета команды отвечают на теоретические контрольные и дополнительные вопросы и защищают лабораторную работу.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность пользоваться учебно-методическими материалами и рекомендациями размещенными в электронной информационно-образовательной среде Модульного Динамического Обучения КубГУ.

Консультации проводятся раз в две недели для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении вопросов изучаемой дисциплины.

Таким образом, **основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе являются:** интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия – работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

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

При изучении дисциплины могут применяться некоторые аспекты модели «перевёрнутого обучения» в режиме дискуссионно-ориентированного перевёрнутого класса или виртуального перевёрнутого класса: дистанционные образовательные технологии (электронное обучение) в форме смешанного обучения, основанного на сочетании очного обучения и обучения компьютерными средствами, включающими некоторые аспекты в формате дистанционного обучения в соответствии с ФГОС ВО. В условиях развития электронной информационно-образовательной среды вуза в качестве управления обучением выбрана платформа Moodle, однако, совместно с ней для создания и публикации контента и учебных объектов используются: служба видео трансляции Microsoft Stream и инструмент для коммуникации и обратной связи Microsoft Teams.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Электроника».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, расчетно-графических заданий и **промежуточной**

аттестации в форме вопросов для подготовке к зачетному тестированию и вопросов и задач к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| № п/п | Наименование раздела | Код индикатора | Результаты обучения | Наименование оценочного средства | |
|-------|--|----------------|--|--|---|
| | | | | Текущий контроль | Промежуточная аттестация |
| 1 | Основы физики полупроводников | ОПК-1 | знать: физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, ширины запрещенной зоны (материала); уметь: находить значения электрофизических параметров основных полупроводниковых материалов в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; владеть: навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; | Тест по разделу ПЗ (решение задач) | Вопросы на зачете 1-4; экзамене 1-3; |
| 2 | Кинетика носителей заряда в полупроводниках и токи. | ОПК-1 | знать: физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, р-п перехода, концентрации примесей; уметь: находить значения электрофизических параметров основных полупроводниковых материалов в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; | Тест по разделу ПЗ (решение задач) | Вопросы на зачете 5-11,20; экзамене 4; |
| 3 | Физические процессы при контакте разнородных материалов. | ОПК-1 | знать: физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, и оптоэлектронных приборов; р-п перехода, контакта металл-полупроводник и простейшего гетероперехода; математическую модель идеализированного р-п перехода и влияние на ВАХ ширины запрещенной зоны (материала), температуры и концентрации примесей; уметь: находить значения электрофизических параметров основных полупроводниковых материалов в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; владеть: навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; | Тест по разделу Лабораторная работа ПЗ (решение задач) | Вопросы на зачете 12-19,21, 22; экзамене 5,6,8,9,10,13; |

| | | | | | |
|---|--------------------------|-------|---|---|--|
| 4 | Полупроводниковые диоды. | ОПК-1 | <p>знать: функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов;</p> <p>уметь: объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов;</p> <p>владеть: навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм;</p> | Тест по разделу Лабораторная работа ПЗ (решение задач) Расчетно-графическое задание 1 | Вопрос на зачете 23-53; экзамене 7-9, 11-15; |
| | | ОПК-2 | <p>знать: условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения; основные методы аппроксимации результатов экспериментальных измерений.</p> <p>уметь: определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам; по виду статических характеристик определять тип прибора и схему его включения; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур.</p> <p>владеть: навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур; навыками составления и оформления отчетов по результатам экспериментальных лабораторных исследований изучаемых структур, навыками чтения принципиальных схем электронных устройств;</p> | | |
| 5 | Биполярные транзисторы. | ОПК-1 | <p>знать: функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов; эквивалентные схемы биполярного транзистора;</p> <p>уметь: объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов;</p> <p>владеть: навыками определения неисправных компонентов (элементарных электронных полупроводниковых</p> | Тест по разделу Лабораторная работа ПЗ (решение задач) | Вопрос на зачете 54-79; экзамене 16-20; |

| | | | | | |
|---|---------------------|---|--|--|---|
| | | приборов) по их внешнему виду и электрическим характеристикам; навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; | | | |
| | ОПК-2 | <p>знать: условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения; основные методы аппроксимации результатов экспериментальных измерений.</p> <p>уметь: определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам; по виду статических характеристик определять тип прибора и схему его включения; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур.</p> <p>владеть: навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур; навыками составления и оформления отчетов по результатам экспериментальных лабораторных исследований изучаемых структур, навыками чтения принципиальных схем электронных устройств;</p> | | | |
| 6 | Полевые транзисторы | ОПК-1 | <p>знать: функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов; эквивалентные схемы полевого транзистора;</p> <p>уметь: объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов;</p> <p>владеть: навыками определения неисправных компонентов (элементарных электронных полупроводниковых приборов) по их внешнему виду и электрическим характеристикам; навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм;</p> | Тест по разделу Лабораторная работа ПЗ (решение задач) | Вопрос на зачете 88-97; экзамене 21-20; |
| | | ОПК-2 | <p>знать: условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения; основные методы аппроксимации результатов экспериментальных измерений.</p> | | |

| | | | | | |
|---|--|-------|---|---|---|
| | | | <p>уметь: определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам; по виду статических характеристик определять тип прибора и схему его включения; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур.</p> <p>владеть: навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур; навыками составления и оформления отчетов по результатам экспериментальных лабораторных исследований изучаемых структур, навыками чтения принципиальных схем электронных устройств;</p> | | |
| 7 | Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением | ОПК-1 | <p>знать: функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов;</p> <p>уметь: объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов;</p> <p>владеть: навыками определения неисправных компонентов (элементарных электронных полупроводниковых приборов) по их внешнему виду и электрическим характеристикам; навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм;</p> | Тест по разделу ПЗ (решение задач) Лабораторная работа | Вопрос на зачете 80-87; экзамене 24,25; |
| | | ОПК-2 | <p>знать: условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения; основные методы аппроксимации результатов экспериментальных измерений.</p> <p>уметь: определять дифференциальные параметры по статическим характеристикам; по виду статических характеристик определять тип прибора и схему его включения; выбирать на практике оптимальные режимы работы изучаемых приборов; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур.</p> <p>владеть: навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур; навыками составления и</p> | | |

| | | | | | |
|----|---|-------|--|---|--|
| | | | оформления отчетов по результатам экспериментальных лабораторных исследований изучаемых структур, навыками чтения принципиальных схем электронных устройств; | | |
| 8 | Введение работы элементов электроники в аналоговых схемах | ОПК-1 | знать: принцип работы базовых каскадов аналоговых схем. уметь: объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на электрические параметры и частотные свойства базовых каскадов аналоговых схем; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов; владеть: навыком расчета базовых каскадов аналоговых схем; навыками определения неисправных компонентов (элементарных электронных полупроводниковых приборов) по их внешнему виду и электрическим характеристикам; навыками определения параметров и поиска компонентов элементарных приборов взамен или аналогов для замещения в электронных схемах; | Тест по разделу ПЗ (решение задач) Лабораторная работа Расчетно-графическое задание 2 | Вопрос на зачете 98-116; экзамене 23, 26-36; |
| | | ОПК-2 | знать: схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения; уметь: выбирать на практике оптимальные режимы работы изучаемых приборов; владеть: навыками работы с контрольно-измерительной аппаратурой; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур; навыками составления и оформления отчетов по результатам экспериментальных лабораторных исследований изучаемых структур, навыками чтения принципиальных схем электронных устройств; | | |
| 9 | Технологические основы интегральных схем. | ОПК-1 | знать: преимущества интегральных схем; | Тест по разделу ПЗ (решение задач) | Вопрос на зачете 117-130; экзамене 37; |
| 10 | Диоды и транзисторы - основа цифровой микросхемотехники | ОПК-1 | знать: принцип работы базовых ячеек цифровых схем. уметь: объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на электрические параметры и частотные свойства базовых базовых ячеек цифровых схем; владеть: навыком расчета базовых ячеек цифровых схем; | Тест по разделу Лабораторная работа | Вопрос на экзамене 38,39; |

| | | | | | |
|----|--|-------|--|---------------------|---------------------------|
| 11 | Введение в вакуумную электронику | ОПК-1 | знать: функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физические явления и эффекты, определяющие принцип действия, электровакуумных; физический смысл дифференциальных, частотных и импульсных параметров приборов; уметь: объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов; | | Вопрос на экзамене 41,42; |
| | | ОПК-2 | знать: условные графические обозначения изучаемых приборов, схемы включения и режимы работы электронных приборов; вид статических характеристик и их семейств; | | |
| 12 | Оптоэлектронные приборы | ОПК-1 | знать: функциональное назначение изучаемых приборов; принцип действия изучаемых приборов и понимать сущность физических процессов и явлений, происходящих в них; физические явления и эффекты, определяющие принцип действия оптоэлектронных приборов; уметь: объяснять устройство изучаемых приборов, их принцип действия, назначение элементов структуры и их влияние на электрические параметры и частотные свойства; пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов; | Лабораторная работа | Вопрос на экзамене 43,44; |
| 13 | Аспекты применения и параметры некоторых электронных компонентов | ОПК-1 | уметь: пользоваться справочными эксплуатационными параметрами приборов; | | Вопрос на экзамене 45; |

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
Примерный перечень вопросов и заданий

Примеры задания теста для текущей аттестации в 4-м семестре

Каждый тест состоит из 3-5 вопросов по каждой тематической лекции и выдаётся в расчёте его выполнения за 5-ть минут на бумажном носителе в начале каждого практического занятия. Система оценок выполнения контрольного тестирования: «отлично» – количество правильных ответов от 90% до 100%; «хорошо» – количество правильных ответов от 75% до 90%; «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 60% до 75%.

Пример теста №3 по одной из лекций

Введение в полупроводник атомов соответствующей примеси способствует:

- a) повышению электропроводности
- b) понижению электропроводности
- c) электропроводность не изменяется

Для полупроводника p-типа характерно:

- a) ток электронов валентной зоны много больше тока электронов зоны проводимости
- b) ток электронов зоны проводимости много больше тока электронов валентной зоны
- c) ток электронов валентной зоны равен току электронов зоны проводимости

К чему можно отнести это высказывание «Электроны совершающие хаотические тепловые движения будут отклоняться в том направлении, где концентрация электронов будет уменьшаться»

- a) дрейф носителей заряда в электрическом поле
- b) так возникает ток проводимости
- c) так возникает диффузионный ток

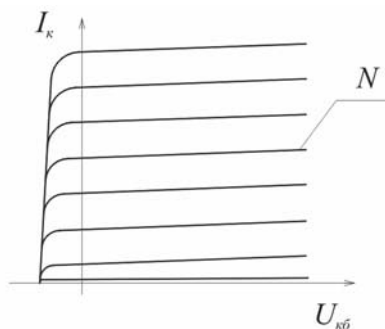
Выберите верное утверждение:

- a) Чем больше ширина запрещённой зоны – тем меньше электропроводность полупроводника и тем сильнее зависимость его удельного сопротивления от температуры.
- b) Чем меньше ширина запрещённой зоны – тем больше электропроводность полупроводника и тем сильнее зависимость его удельного сопротивления от температуры.
- c) Чем больше ширина запрещённой зоны – тем больше электропроводность полупроводника и тем сильнее зависимость его удельного сопротивления от температуры.

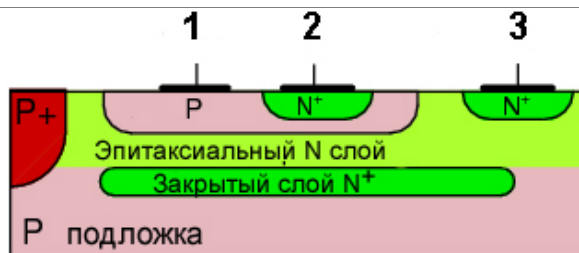
Пример теста №11 по одной из лекций

Элементом «N» выходной (коллекторной) ВАХ $p-n-p$ транзистора, подключенного по схеме с общей базой является:

- a) I_3 , мА
- b) $U_{кэ}$, В
- c) $I_б$, мА
- d) $U_{кбН}$, В
- e) $I_{кэ0}$, мА



На рисунке биполярного транзистора вывод коллектора обозначен номером:



| | | | | | | | | | |
|--------|-----|------|-----|------|------|-----|-------|-----|----|
| КС133А | 3,3 | 10,0 | 300 | 2,97 | 3,63 | 65 | - 11 | 3,0 | 81 |
| 2С139А | 3,9 | 10,0 | 300 | 3,51 | 4,29 | 60 | - 10 | 3,0 | 70 |
| Д814А | 8,0 | 5,0 | 340 | 7,0 | 8,5 | 6,0 | 7,0 | 3,0 | 40 |
| 2С156А | 5,6 | 10,0 | 300 | 5,04 | 6,16 | 46 | ± 5,0 | 3,0 | 55 |

Расчётно-графическая работа №2

Проведите расчет транзисторного усилителя мощности по схеме с ОЭ, работающего в микро мощном режиме (задания рабочей точки по напряжению) и с температурной стабилизацией (обратная связь в цепи эмиттера) для условий соответствующего варианта, указанного в таблице. Характеристики используемого транзистора возьмите из справочника, при условии, что используется комнатная температура, а транзистор без радиатора. Результат расчёта должен содержать: номиналы всех пассивных компонентов входящих в схему усилителя; коэффициент усиления по току, напряжению и мощности; значение КПД; значения токов и напряжений в схеме соответствующее отсутствию сигнала на входе (статический режим), обозначенные на ВАХ рабочие точки и вид и форма сигналов тока и напряжения, как на входе, так и на выходе. Проведите расчет по переменному току, а также определите: коэффициент усиления, КПД, коэффициент неустойчивости схемы.

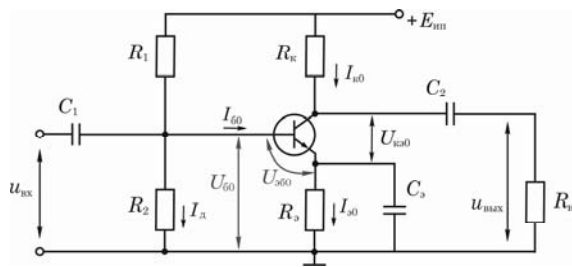


Рис. Схема однокаскадного усилителя ОЭ

| Тип прибора по вариантам | $U_{\text{ин}}$ В | $U_{\text{вх_max}}$ мВ | $R_{\text{н}}$ кОм | $f_{\text{н}}$ Гц |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| КТ 215 В | 10 | 20 | 3 | 500 |
| КТ 312 Б | 25 | 25 | 10 | 100 |
| КТ 317 Б | 5 | 10 | 10 | 500 |
| КТ 912 Б | 12 | 30 | 10 | 5к |
| МП 40 | 12 | 10 | 3 | 100 |

Вопросы и задания по лабораторным работам для текущей аттестации в 5-м семестре указаны по разделам в методичке: Основы электроники: лабораторный практикум /авт.: А.С. Левченко, К.С. Коротков, В.М. Аванесов, Н.А. Яковенко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2020. – 158 с.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет – 4-й семестр, экзамен – 5-й семестр)

Пример одного варианта задания теста для промежуточной аттестации в 4-м семестре (зачет)

Тестовые задания состоит из 30–40 теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины 4-го семестра. В 50% всех вопросов каждого теста предполагается выбор одного из 2-4-х возможных ответов. В 50% вопросах необходимо написать правильный ответ самостоятельно.

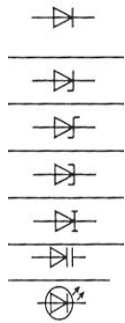
Система оценок выполнения контрольного тестирования:

- «отлично» – количество правильных ответов от 90% до 100%;
- «хорошо» – количество правильных ответов от 75% до 90%;
- «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 60% до 75%.

Сколько p-n переходов содержит диод Ганна?

Нарисуйте примерный вид вольтамперной характеристики туннельного диода.

Подпишите тип каждого полупроводникового элемента соответствующий приведённым графическим обозначениям



Нарисуйте схему диодного моста с обозначением входа и полярности напряжения на выходе.

Введение в полупроводник атомов соответствующей примеси способствует:

- d) повышению электропроводности
- e) понижению электропроводности
- f) электропроводность не изменяется

Напишите название полупроводникового диода, предназначенного для работы в режиме электрического пробоя:

Какая характеристика диода является основной?

- a) вольтамперная
- b) амплитудно-частотная
- c) выпрямительная
- d) диодная

Какие виды проводимости бывают?

- a) электронная и дырочная
- b) электрическая и неэлектрическая
- c) дырочная и недырочная
- d) магнитные и электронные

Сопротивление полупроводника при повышении температуры

- a) увеличивается
- b) уменьшается
- c) практически не меняется

Какой из указанных полупроводниковых приборов работает на прямой ветви вольтамперной характеристики (ВАХ)?

- a) варикап

- b) стабилитрон
- c) фотодиод

Токи в биполярном p-n-p транзисторе связаны выражением

- a) $I_b = I_\varepsilon + I_k$
- b) $I_k = I_b + I_\varepsilon$
- c) $I_\varepsilon = I_b + I_k$

Какая схема включения биполярного транзистора одновременно дает усиление по току и по напряжению?

- a) ОБ
- b) ОЭ
- c) ОК

Полупроводниковые приборы боятся ...

- a) увеличения температуры выше 70°C
- b) низкого напряжения питания
- c) увеличения сопротивления нагрузки
- d) вибрации

Каково назначения делителя напряжения в усилителях по схеме с ОЭ

- a) направляет на выход усиленный сигнал
- b) не пропускает постоянную составляющую тока
- c) задает напряжение смещение базы

Какой слой биполярного транзистора обеднён основными носителями

- d) база
- e) эмиттер
- f) коллектор

Каково назначение варикапа?

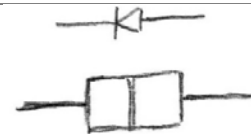
- a) для выпрямления переменного тока по направлению
- b) для стабилизации напряжения
- c) для создания ёмкости величина, которой регулируется напряжением

Сопоставьте ширину p-n перехода и тип пробоя (выберите верные утверждения):

- a) для узких (тонких) переходов характерен туннельный пробой
- b) для широких переходов характерен лавинный пробой
- c) для широких переходов характерен туннельный пробой
- d) для узких (тонких) переходов характерен лавинный пробой

Сверху, приведено графическое обозначение диода, а снизу приведено изображение его структуры расположенное эквивалентно обозначению.

Укажите на структуре, где область p, а где область n полупроводника.



Как изменяется величина барьерной ёмкости с увеличением обратного напряжения?

- a) увеличивается
- b) не меняется
- c) уменьшается

Усилителем напряжения на биполярном транзисторе являются схемы

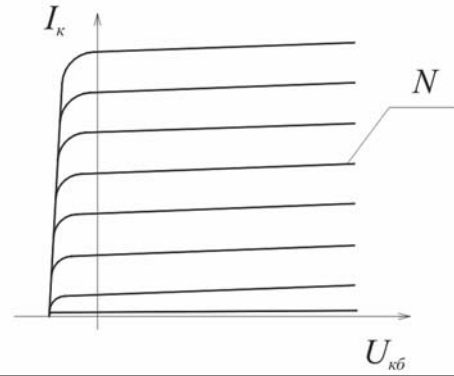
- a) с общим эмиттером
- b) с общим коллектором
- c) с общей базой

Какой пробой p-n перехода не допустим

- a) тепловой
- b) лавинный
- c) туннельный

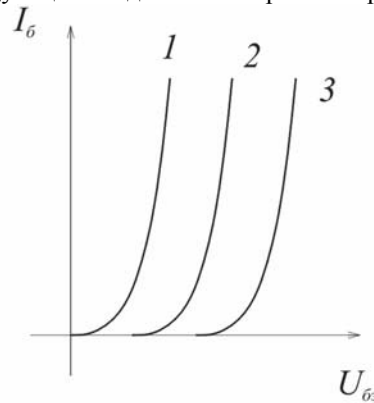
Элементом «N» выходной (коллекторной) ВАХ $p-n-p$ транзистора, подключенного по схеме с общей базой является:

- f) I_3 , мА
- g) $U_{кэ}$, В
- h) $I_б$, мА
- i) $U_{кбH}$, В
- j) $I_{кэ0}$, мА

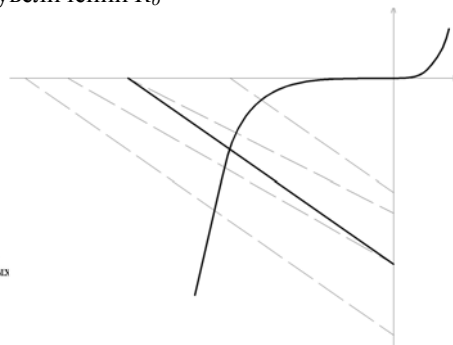
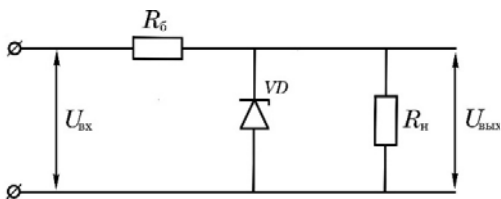


Определите температуры, при которых получены следующие входные ВАХ транзистора

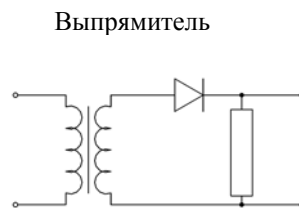
- a) $t = -40\text{ C}^\circ$
- b) $t = 60\text{ C}^\circ$
- c) $t = 20\text{ C}^\circ$



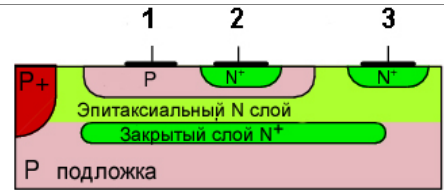
Как изменится линия нагрузки на графике при увеличении $R_б$



При использовании такого выпрямителя какой вид будет иметь временная диаграмма выходного напряжения?



На рисунке биполярного транзистора вывод коллектора обозначен номером:



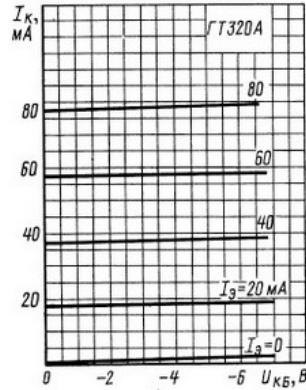
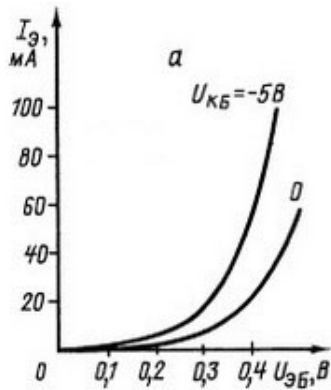
Какое преимущество имеют усилители класса В перед усилителями класса А?

- a) меньший уровень нелинейных искажений.
- b) больше коэффициент полезного действия.
- c) шире полоса пропускания.
- d) больше коэффициент усиления по напряжению.

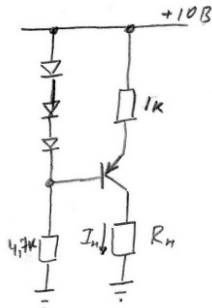
Укажите на изображениях диодов – где катод, а где анод.



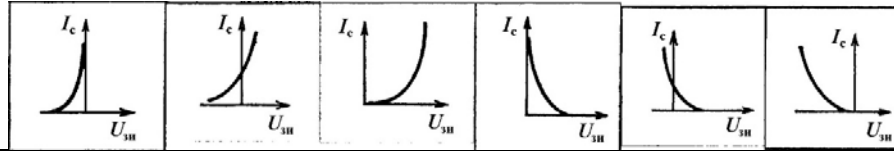
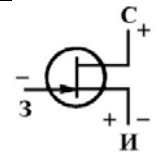
Определите по вольт-амперным характеристикам германиевого транзистора p-n-p типа h_{11} , h_{22} , h_{21} – параметры в схеме с ОБ для рабочей точки $I_{30}=40$ мА, $U_{к60} = -4$ В (обязательно на графиках отметить рабочую точку и окрестности для вычислений!)



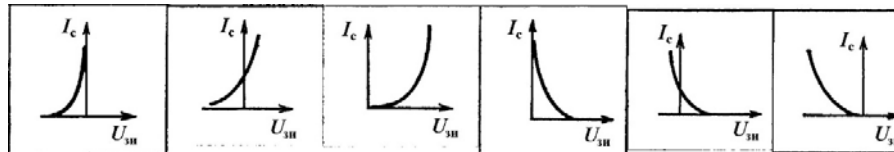
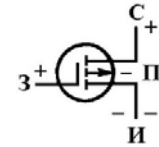
Определите, чему равен ток нагрузки



Выберете вольтамперную характеристику транзистора, графическое изображение которого вместе с полярностью напряжений приведено справа.



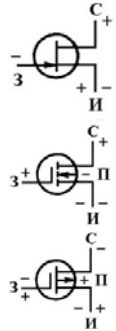
Выберете вольтамперную характеристику транзистора, графическое изображение которого вместе с полярностью напряжений приведено справа.



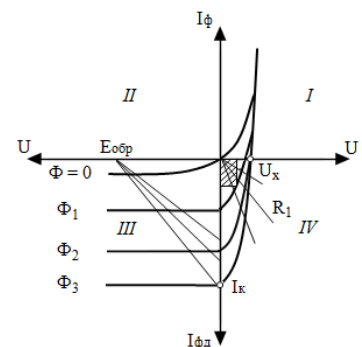
Подпишите тип каждого полупроводникового устройства соответствующий приведённым графическим обозначениям



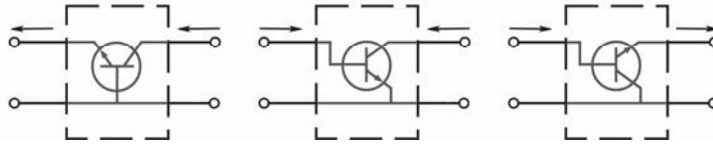
К какому типу полевых транзисторов каждый из указанных ниже относится (и укажите тип канала):



На рисунке представлена ВАХ фотодиода (зависимость тока фотодиода I_ϕ от напряжения на фотодиоде U при разных значениях потока излучения Φ) Укажите номер квадранта соответствующего фотогальваническому режиму работы фотодиода.



Ниже представлены схемы рассмотрения биполярного транзистора в виде четырёхполюсников. Подпишите названия схем (ОЭ, ОБ, ОК), где какая?



Подготовится к зачёту (тесту промежуточной аттестации в 4-м семестре) предлагается по следующему перечню вопросов:

1. Что такое разрешенные и запрещенные энергетические зоны?
2. Что такое ширина запрещенной зоны?
3. Что такое уровень Ферми?
4. Что такое собственный полупроводник?
5. Чему равно произведение концентрации электронов и дырок в невырожденном полупроводнике при термодинамическом равновесии?
6. Что такое диффузия и дрейф носителей заряда?
7. Что такое подвижность носителей заряда?
8. Что такое диффузионная длина и длина свободного пробега носителей заряда?
9. Как объяснить температурную зависимость концентрации носителей заряда в полупроводнике?
10. Какими физическими факторами объясняется температурная зависимость подвижности носителей заряда?
11. Какова природа проводимости в полупроводниках?
12. Что такое электронно-дырочный переход?
13. Как и почему изменяется высота потенциального барьера p-n перехода с изменением температуры и концентрации примесей в прилегающих к переходу областях?
14. Что такое инжекция и экстракция неосновных носителей заряда на границах p-n перехода?
15. От чего зависит и чем определяется концентрация неосновных носителей заряда на границах p-n перехода?
16. Что такое барьерная емкость p-n перехода?
17. При каких условиях электрический переход между металлом и полупроводником будет омическим?
18. При каких условиях электрический переход между металлом и полупроводником будет выпрямляющим без инжекции неосновных носителей заряда в полупроводник?
19. Каковы правила построения энергетических диаграмм гетеропереходов?
20. Чем вызван дрейф носителей зарядов в полупроводниках?
21. Какова зависимость подвижности и коэффициента диффузии от типа носителей заряда и материала?
22. От чего зависит высота потенциального барьера между p- и n- областями при равновесии?
23. Что называют полупроводниковым диодом?
24. Какую область полупроводникового диода называют базой?
25. Чем отличается ВАХ диодов с толстой и тонкой базой?
26. Что такое диффузионная емкость диода?
27. Как связано время пролета неосновных носителей заряда через базу диода с толщиной базы и коэффициентом диффузии неосновных носителей?
28. Как влияет процесс рекомбинации носителей заряда в p-n переходе диода на его ВАХ?

29. Как связан коэффициент лавинного размножения с коэффициентом ударной ионизации?
30. Как зависит пробивное напряжение диодов при лавинном пробое от концентрации примесей в базе и от её ударного сопротивления?
31. Как изменится пробивное напряжение диода при лавинном и при туннельном пробое с увеличением температуры?
32. Каковы особенности теплового пробоя в реальных диодах?
33. Перечислите основные материалы, применяемые при изготовлении полупроводниковых диодов.
34. Объясните механизм протекания тока через p-n переход в прямом и обратном направлениях.
35. Возможно ли применять германий для изготовления стабилитронов?
36. В чём заключается сущность туннельного эффекта?
37. В чём состоят основные отличия импульсного диода от выпрямительного?
38. Возможно ли в детекторном приёмнике применить выпрямительный диод?
39. Объясните зависимость параметров схемы выпрямителя от материала диода.
40. Какую из предложенных схем выпрямления переменного тока наиболее выгодно применять в бытовой аппаратуре?
41. Объясните работу схемы однофазного двухполупериодного выпрямителя.
42. Какие параметры необходимо учитывать при подборе выпрямительного диода?
43. Возможно ли использовать высокочастотный диод в схеме выпрямителя?
44. Объясните сущность метода фильтрации выходного напряжения с помощью конденсатора.
45. Объясните принцип работы фотодиода.
46. По каким признакам классифицируются диоды?
47. Как определяют дифференциальное и статическое сопротивления?
48. Что такое стабилитрон? Нарисуйте ВАХ стабилитрона и объясните ее.
49. Записать уравнение ВАХ выпрямительного диода, график ВАХ и его пояснение.
50. Нарисовать ВАХ стабилитрона и определить рабочий участок ВАХ при стабилизации напряжения.
51. Какие полупроводниковые диоды называются варикапами? Назовите основные параметры варикапов.
52. Как должны быть выполнены структура и конструкция светоизлучающего диода для получения наибольшего внешнего квантового выхода?
53. Какими параметрами можно характеризовать различные свойства светоизлучающих диодов?
54. Каким образом в транзисторе происходит усиление электрических колебаний по мощности?
55. Какие факторы определяют инерционность транзистора при его работе на высоких частотах?
56. Какие существуют системы малосигнальных параметров транзистора и в чём преимущества систем h-параметров?
57. Какие существуют эквивалентные схемы транзистора?
58. Почему при включении транзистора в схему, находящуюся под напряжением, надо первым подключить вывод базы, а потом остальные выводы?
59. Какова природа шумов, возникающих в транзисторах?
60. Объясните работу транзистора в схеме с общей базой.
61. Объясните работу транзистора в схеме с общим эмиттером.
62. Охарактеризуйте четыре режима работы транзистора.
63. Как изменятся свойства транзистора при увеличении его температуры?
64. Что называют вторичными параметрами транзистора?
65. Для каких целей применяют эмиттерный повторитель?

66. В чём заключается сложность применения транзистора в схеме с общим эмиттером?
67. Работа биполярного транзистора в ключевом режиме.
68. В каких схемах включения биполярный транзистор работает как усилитель?
69. Опишите транзистор как четырёхполюсник типа h .
70. Поясните статические характеристики транзистора.
71. Что такое схема с общим эмиттером и каковы её свойства?
72. Что такое схема с общим коллектором и каковы её свойства?
73. Какая разница в свойствах схем ОБ, ОЭ, ОК?
74. Какие существуют области работы транзисторов?
75. Как работает транзистор в режиме переключения?
76. Как обозначаются транзисторы?
77. Какие параметры транзистора определяют его пригодность для работы в высокочастотных схемах?
78. Чем стоит руководствоваться при выборе рабочей точки транзистора?
79. Как влияет температура на свойства транзистора на положения рабочей точки?
80. Что такое тиристор?
81. Почему коллекторный переход тиристора оказывается смещённым в прямом направлении при переключении тиристора из закрытого состояния в открытое?
82. Какие физические явления вызывают увеличение коэффициентов передачи тока эмиттера транзисторных структур, составляющих тиристор?
83. Почему для изготовления тиристора целесообразно использовать полупроводниковый материал с большей шириной запрещённой зоны?
84. В чём преимущества триодного тиристора перед диодным?
85. Какими способами можно перевести тиристор из закрытого состояния в открытое?
86. Почему не всегда и не все триодные тиристоры можно перевести из открытого состояния в закрытое с помощью тока управления?
87. Какова структура и принцип действия симметричных тиристоров?
88. Объясните принцип действия канального полевого транзистора.
89. Объясните принцип действия полевого транзистора с изолированным затвором.
90. В чём состоит преимущество полевого транзистора перед биполярным?
91. Назовите недостатки полевых транзисторов.
92. Что такое статическая характеристика МОП транзистора?
93. Какие разновидности полевых транзисторов существуют?
94. Почему свойства и характеристики полевых транзисторов следует описывать системой уравнений, в которых токи являются функциями напряжений, а не наоборот?
95. Какие физические факторы могут влиять на характер зависимости тока стока от напряжения на стоке полевого транзистора с управляющим переходом?
96. Какими физическими явлениями, происходящими в полевом транзисторе, ограничивается диапазон рабочих частот прибора?
97. Чем отличаются структуры МДП-транзисторов с индуцированным и со встроенным каналами? Как это отличие отражается на статических характеристиках передачи и каковы специфические параметры тех и других полевых транзисторов?
98. Какие схемы стабилизации рабочей точки существуют, чем характеризуются?
99. Режимы работы усилительных каскадов на биполярных транзисторах.
100. Чем стоит руководствоваться при выборе рабочей точки транзистора?
101. Зачем транзисторы иногда размещают на радиаторах?
102. Как изменится АЧХ усилителя с ОЭ, если ёмкость выходного конденсатора уменьшать/увеличивать (а если ёмкость шунтирующего конденсатора)?
103. Что можно сказать о рабочей характеристике схемы с ОИ?
104. Как работает автогенератор на диодном тиристоре?
105. Для чего используются схемы эмиттерных повторителей?

106. Каковы основные входные и выходные параметры усилительных схем ОЭ, ОБ и ОК на биполярных транзисторах?
107. Чем отличаются различные классы транзисторных усилителей?
108. В чём заключается метод графоаналитического расчета транзисторного усилителя?
109. Чем отличаются составные транзисторы «Дарлингтона» от составных транзисторов «Шиклаи».
110. При какой обратной связи (отрицательной или положительной) коэффициент усиления усилителя уменьшается и на сколько?
111. От чего зависит коэффициент усиления синфазного сигнала в дифференциальном каскаде?
112. В чём преимущество токового зеркала Уилсона над простым токовым зеркалом?
113. Как на транзисторе реализовать источник тока стабилизированный по температуре?
114. Как на транзисторе реализовать источник тока с частичным устранением влияния эффекта Эрли?
115. Что собой представляет эффект Эрли для биполярного транзистора?
116. В каких целях применяют дифференциальный усилитель?
117. Что такое полупроводниковая интегральная микросхема?
118. Что такое гибридная интегральная микросхема?
119. Какими методами производят изоляцию элементов интегральных микросхем?
120. Какие элементы интегральных микросхем относят к активным?
121. Какие элементы интегральных микросхем считают пассивными?
122. Почему в качестве диодов интегральных микросхем используют транзисторные структуры?
123. Как рассчитывается ёмкость интегрального конденсатора?
124. Что такое диффузионный резистор?
125. Перечислите основные технологические процессы первичной обработки полупроводниковых материалов.
126. Что такое фотолитография? Какие у неё преимущества и недостатки?
127. Что такое электролитография? Какие у неё преимущества и недостатки?
128. Что такое ионолитография? Какие у неё преимущества и недостатки?
129. Что такое эпитаксия? Какие виды эпитаксии Вы знаете?
130. Как классифицируют процесс плазменного травления?

Перечень вопросов и практических заданий, выносимых на экзамен по дисциплине «Электроника» для промежуточной аттестации в 5-м семестре

1. Физические основы разделения веществ на полупроводники, полупроводники и диэлектрики (зонная модель твердых тел). Полупроводники в периодической системе элементов.
2. Собственные полупроводники. Электрофизические свойства и природа проводимости.
3. Примесные полупроводники p- и n- типов. Получение и основные свойства.
4. Подвижность электронов в полупроводниках, плотность тока. Дрейф носителей заряда, ток при диффузии. Зависимость подвижности и коэффициента диффузии от типа носителей заряда и материала.
5. Полупроводниковый переход: электрический ток в p-n переходе, объёмный заряд, кривая распределения потенциальной энергии электронов; высота потенциального барьера и его зависимость от прикладываемого напряжения (ВАХ – p-n перехода – качественно).
6. Высота потенциального барьера между p- и n- областями при равновесии (т.е. при отсутствии внешнего напряжения). Ширина p-n перехода в равновесии. Вывод формулы вольтамперной характеристики для идеального электронно-дырочного перехода.

7. Выпрямительные диоды. Электрическая модель, основные характеристики. Использование (одно- и двух- полупериодные схемы).
8. Омический контакт металл-полупроводник. Контакт Шоттки (зонные диаграммы).
9. Переходные процессы в диодах (физика процессов включения и восстановления, зависимость длительности переходных процессов, барьерная и диффузионная ёмкости). Импульсные диоды, основные характеристики.
10. Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированного (лавинный, туннельный и тепловой пробой при обратном включении).
11. Стабилитроны. Графический расчет рабочего режима стабилитрона. Стабисторы.
12. Варикап: принцип работы, характеристики, схемы применения (барьерная и диффузионная ёмкость). Схема использования стабилитрона в качестве ёмкости управляемой напряжением. Диоды Ганна.
13. Сверхвысокочастотные диоды: смесительные (характеристики и принцип действия при гетеродинном преобразовании частоты), детекторные, переключательные, лавинно-пролётные.
14. Туннельные диоды: структура, принцип действия, параметры. Отрицательное сопротивление. Принцип работы усилителя на туннельном диоде.
15. Светоизлучающие диоды (СИД) на p-n переходе. Фотодиоды (ВАХ, фотогальваническая и фотодиодная области работы).
16. Устройство и режимы работы биполярных транзисторов. Физические процессы в нормальном активном режиме (принцип действия).
17. Биполярный транзистор как линейный четырехполюсник. Собственные параметры транзистора. Эквивалентные схемы в режиме малого сигнала.
18. Биполярный транзистор как линейный четырехполюсник. Схемы включения БТ с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК).
19. Биполярный транзистор как линейный четырехполюсник. Система дифференциальных h-параметров в различных схемах включения.
20. Статические характеристики биполярных транзисторов в схемах включения с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК).
21. Классификация и графическое обозначение, особенности построения полевых транзисторов.
22. Статические характеристики и параметры ПТ с управляющим переходом, с изолированным затвором, со встроенным и индуцированным каналом.
23. Схемы включения полевых транзисторов (ОИ, ОЗ, ОС). Усилительный каскад на ПТ.
24. Устройство, принцип работы, эквивалентная схема, основные параметры тиристорных (диодного, триодного, симметричного).
25. Автогенератор на диодном тиристоре. Схема регулирования скорости вращения двигателя на тиристорах.
26. Работа схем эмиттерного повторителя и транзисторного источника тока. Температурная компенсация. Борьба в схеме источника тока с эффектом Эрли.
27. Транзисторный усилитель по схеме с общим эмиттером: методы задания рабочей точки, схемы температурной стабилизации.
28. Классы транзисторных усилителей (А,В,С), особенности их работы и основные характеристики.
29. Метод графоаналитического расчёта усилительного каскада на биполярном транзисторе по схеме ОЭ с эмиттерной стабилизацией рабочей точки.
30. Метод графоаналитического расчёта усилительного каскада на биполярном транзисторе по схеме ОБ.
31. Метод графоаналитического расчёта усилительного каскада на полевом транзисторе по схеме ОИ.
32. Составные транзисторы «Дарлингтона» и «Шиклаи».
33. Отрицательная и положительная обратные связи в усилителях.

34. Понятие о дифференциальном каскаде, его схема, назначение и основные параметры. Работа простого токового зеркала и токового зеркала Уилсона.
35. Параметры идеального операционного усилителя. Дифференциальное, инвертирующее и неинвертирующее включения.
36. Транзисторная реализация операционного усилителя (последовательность прохождения и преобразования сигналов на каскадах усилителей).
37. Основные этапы производства кремниевых интегральных схем.
38. Схема построения и особенности работы ТТЛ и ТТЛШ логики на биполярных транзисторах.
39. Схема построения и особенности работы МОП и КМОП логики на биполярных транзисторах.
40. Классификация электронной эмиссии по методам возбуждения электронов в твёрдом теле: термоэлектронная, вторичная, фотоэлектронная, вторичная.
41. Электронные лампы, характеристики: диод, триод, тетрод, пентод. Простейшая схема усилителя на триоде.
42. Устройство клистрона, магнетрона, ЛБВ и ЛОВ.
43. Полупроводниковые фотоприемники: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры.
44. Разновидность полупроводниковых лазеров. Инжекционные полупроводниковые лазеры на основе гомопереходов, на основе гетеропереходов.
45. Основные типы корпусов элементов электроники и их маркировка (конденсаторы, резисторы, транзисторы, диоды).

Задача №1

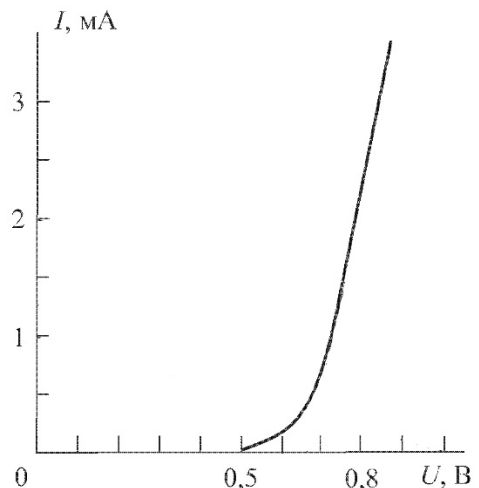
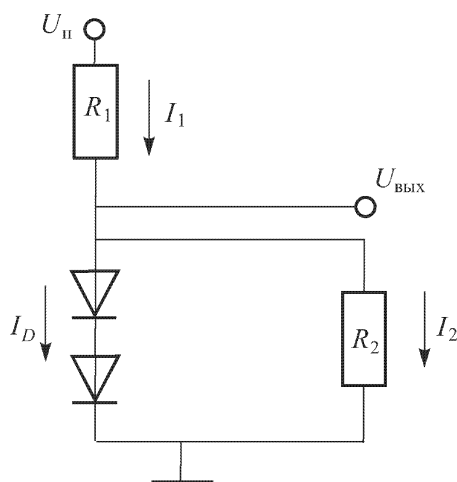
Два диода с идеальными p-n переходами имеют одинаковую геометрию и сделаны из однородного материала. Но в первом диоде концентрации примесей N_A и N_D в 10 раз меньше, чем во втором диоде. Определить отношение плотностей токов j_1/j_2 при одинаковом внешнем напряжении U . Предположить, что коэффициенты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

Задача №2

Удельное сопротивление собственного германия при $T=300$ К $\rho=0,43$ Ом·м. Подвижность электронов и дырок в германии равны соответственно 0,39 и 0,19 м²/(В·с). Определите собственную концентрацию электронов и дырок.

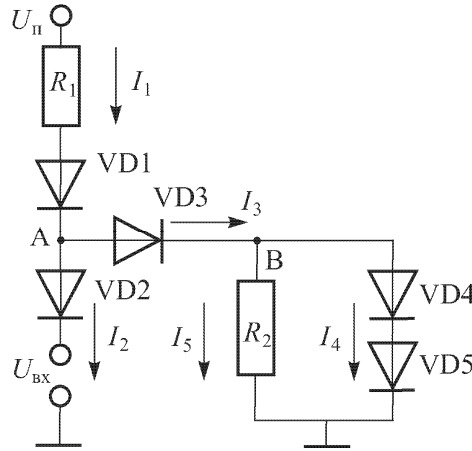
Задача №3

В схеме включения диодов изображенной на рисунке: $U_{п}=6$ В; $R_1=2$ кОм; $R_2=1$ кОм. Определить токи через диоды, напряжение на диодах и напряжение $U_{вых}$. Вольтамперная характеристика диодов так же представлена на рисунке.



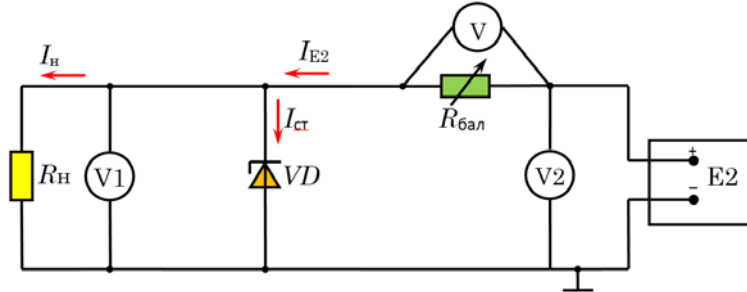
Задача №4

Определить токи I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 в схеме включения диодов, изображенной на рисунке. Диоды VD1-VD5 одинаковые, падение напряжения на открытом диоде равно 0,8 В и не зависит от тока через диод. $U_{\text{п}}=5,8$ В; $R_1=2$ кОм; $R_2=100$ Ом; $U_{\text{вх}}=0,4$ В.



Задача №5

Рассчитать характеристики параметрического стабилизатора изображенного на рисунке, где источник питания номинальным напряжением E , является нестабилизированным (значение его напряжения соответствует выражению $E=U_{\text{вх}} \pm \Delta U_{\text{вх}}$). Требуемое напряжение на нагрузке $U_{\text{ном}}$ и значение самой нагрузки $R_{\text{н}}$, даны справочные данные стабилитронов (необходимый тип выбрать самостоятельно). Рассчитайте значения балластного сопротивления и коэффициента стабилизации, значения максимального и минимального тока текущего через стабилитрон, диапазон напряжений на нагрузке.



| Вариант исходных данных задачи, № п/п | $R_{\text{н}}$, Ом | $U_{\text{ном}}$, В | $I_{\text{н}}$, мА | $U_{\text{вх}}$, В | $\Delta U_{\text{вх}}$, В |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | 500 | 3,2 | 6,4 | 10 | 1,5 |
| 2 | 500 | 3,8 | 7,6 | 12 | 2 |
| 3 | 1500 | 8 | 5,3 | 18 | 2 |
| 4 | 1000 | 5,5 | 5,5 | 15 | 1,5 |

| Тип прибора | Предельные значения параметров при $T = 25$ °C | | | Значения параметров при $T = 25$ °C | | | | | |
|-------------|--|--------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|-------------------|--|-----------------|--------|
| | $U_{\text{ст}}$ В | $I_{\text{ст}}$ мА | P_{max} мВт | $U_{\text{ст}}$ | | r_{D} Ом | $\alpha_{\text{ст}}$ 10 ⁻² %/°C | $I_{\text{ст}}$ | |
| | | | | min В | max В | | | min мА | max мА |
| КС133А | 3,3 | 10,0 | 300 | 2,97 | 3,63 | 65 | -11 | 3,0 | 81 |
| 2С139А | 3,9 | 10,0 | 300 | 3,51 | 4,29 | 60 | -10 | 3,0 | 70 |
| Д814А | 8,0 | 5,0 | 340 | 7,0 | 8,5 | 6,0 | 7,0 | 3,0 | 40 |
| 2С156А | 5,6 | 10,0 | 300 | 5,04 | 6,16 | 46 | ± 5,0 | 3,0 | 55 |

Задача №6

Проведите основной расчет транзисторного усилителя мощности по схеме с ОЭ представленной на рисунке. Выберите рабочую точку на входной и выходной ВАХ транзистора и определите токи и напряжения покоя, рассчитайте номиналы резисторов входящих в схему усилителя, коэффициент усиления по току, напряжению и мощности. Обозначьте на ВАХ рабочие точки и вид и форму сигналов тока и напряжения, как на входной, так и на выходной ВАХ. Исходные данные: ВАХ и тип транзистора (справочные данные по транзистору для которого требуется провести расчёт), напряжение источника питания $U_{\text{ип}}$, номинал максимальной амплитуды входного сигнала $U_{\text{вх_max}}$, номинал сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$.

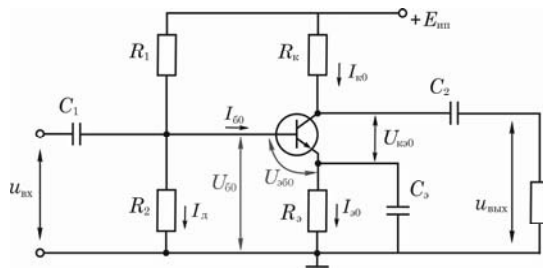
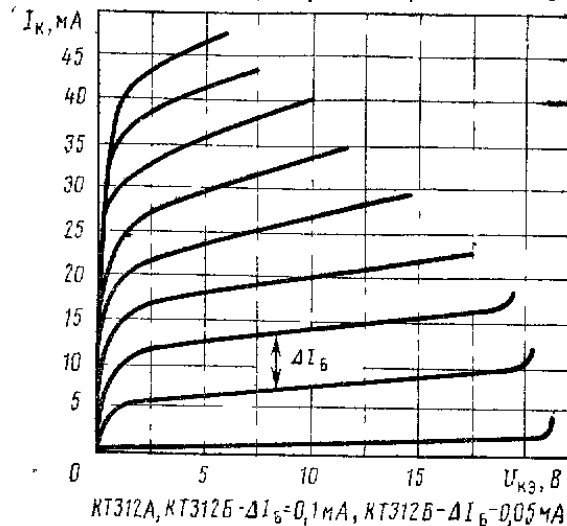
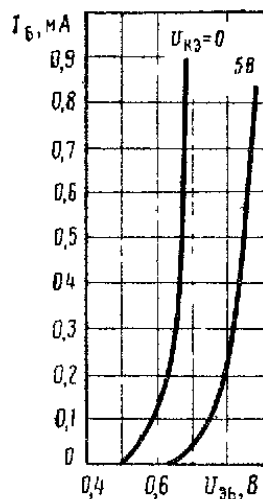
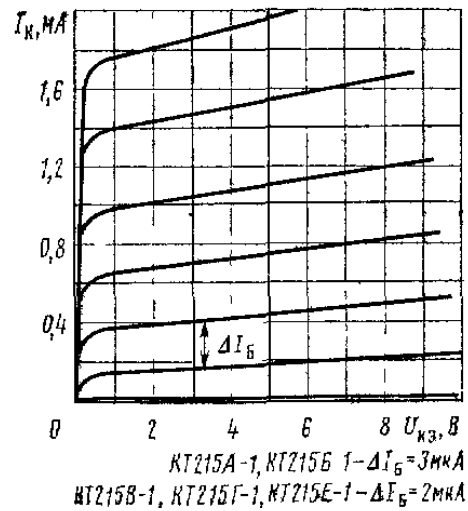
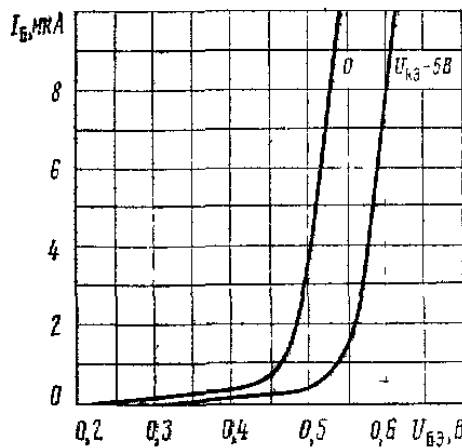
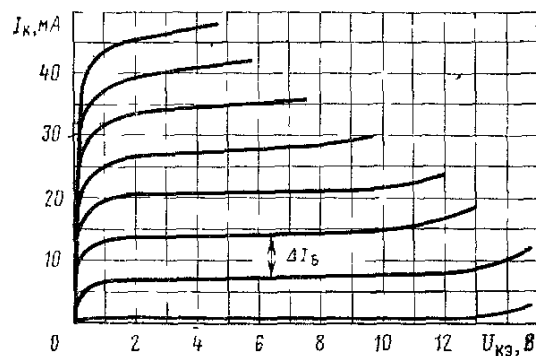
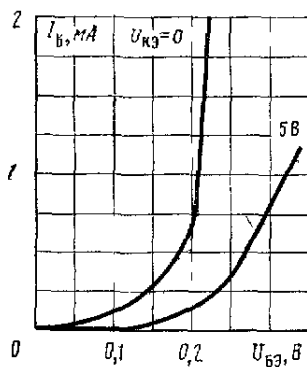
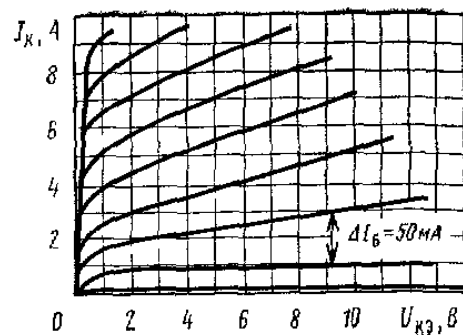
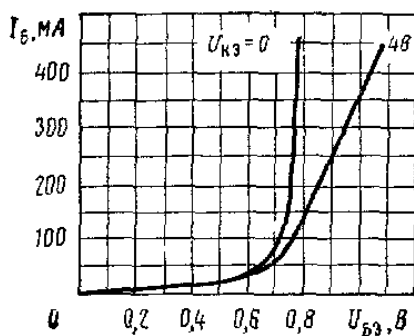
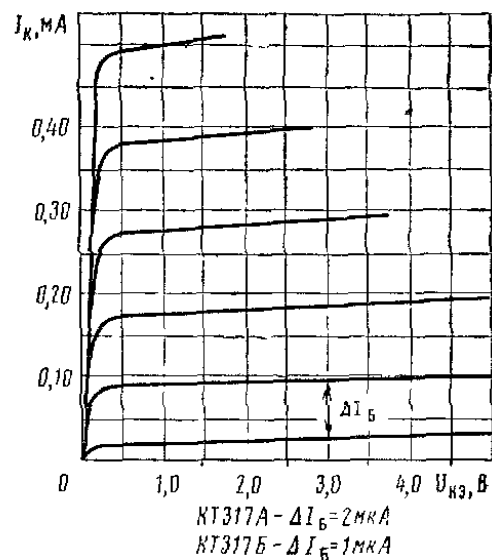
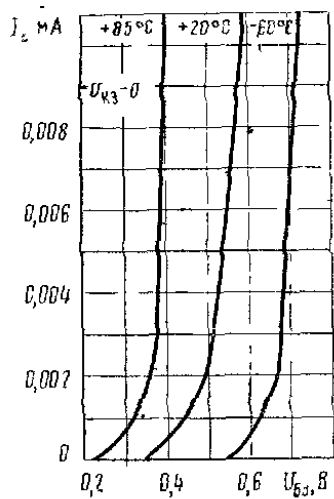


Рис. Схема однокаскадного усилителя ОЭ

| Тип прибора по вариантам | $U_{\text{ип}}$ В | $U_{\text{вх_max}}$ мВ | $R_{\text{н}}$ кОм | $f_{\text{н}}$ Гц |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| КТ 215 В | 10 | 20 | 3 | 500 |
| КТ 312 Б | 25 | 25 | 10 | 100 |
| КТ 317 Б | 5 | 10 | 10 | 500 |
| КТ 912 Б | 12 | 30 | 10 | 5к |
| МП 40 | 12 | 10 | 3 | 100 |





МП39 - $\Delta I_{Б} = 400 \text{ мкА}$;
 МП39Б, МП40, МП40А,
 МП41 - $\Delta I_{Б} = 200 \text{ мкА}$;
 МП41А - $\Delta I_{Б} = 100 \text{ мкА}$

Критерии оценивания результатов обучения

| Оценка | Критерии оценивания по экзамену |
|-------------------------------|--|
| Высокий уровень «5» (отлично) | оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Обнаружившему всестороннее систематическое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять практические задания, освоившему основную литературу и знакомому с дополнительной литературой, рекомендованной программой. |

| | |
|---|---|
| | Выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала |
| Средний уровень «4» (хорошо) | оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов. Обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешно выполнившему предусмотренные программой задачи, усвоившему основную рекомендованную литературу. |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) | оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, часть учебных заданий либо не выполнил до конца, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой. Обладающим необходимыми знаниями, но допустившим неточности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий. |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. |

Критерии оценивания по зачету:

Тестовые задания состоят из 30–40 теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины 4-го семестра. В 50% всех вопросов каждого теста предполагается выбор одного из 2-4-х возможных ответов. В 50% вопросах необходимо написать правильный ответ самостоятельно.

Система оценок выполнения контрольного зачетного тестирования:

- «отлично» – количество правильных ответов от 90% до 100%;
- «хорошо» – количество правильных ответов от 75% до 90%;
- «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 60% до 75%.
- «не удовлетворительно» – количество правильных ответов менее 59%.

«**Зачтено**» выставляется обучающимся получившему по зачетному тесту оценки «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» - допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении практических заданий выносимых на зачет, но обладающим необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке со стороны преподавателя.

«**Не зачтено**» выставляется обучающемуся получившему по зачетному тесту оценку «не удовлетворительно» – т.е. обнаружившему существенные пробелы в знаниях основного программного материала по дисциплине, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий (отсутствие знаний значительной части программного материала; непонимание основного содержания теоретического материала; неумение применять теоретические знания при решении практических задач; допустившему принципиальные ошибки).

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 экзамене;
- 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 печатной форме увеличенным шрифтом,
- 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 учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Полупроводниковые приборы : учебное пособие для студентов вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 8-е изд., испр. - СПб. [и др.] : Лань , 2006. - 479 с. (уч. 72 шт.)
2. Шишкин, Г. Г. Электроника : учебник для бакалавров / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 703 с. — ISBN 978-5-9916-3422-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/396718>
3. 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#authors> (М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 167 с. уч. 28 шт.),
4. Терехов, В. А. Задачник по электронным приборам : учебное пособие / В. А. Терехов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-0503-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76831>
5. Основы электроники: лабораторный практикум /А.С. Левченко, К.С. Коротков, В.М. Аванесов, Н.А. Яковенко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2020. – 158 с.
6. Шука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 1. Вакуумная и плазменная электроника : учебник для вузов / А. А. Шука, А. С. Сигов ; под редакцией А. С. Сигова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 172 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01763-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451115>
7. Шука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 2. Микроэлектроника : учебник для вузов / А. А. Шука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 326 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-

5.2. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Ресурсы свободного доступа:

1. База видео обзоров электронных компонентов, схем, физических явлений и устройств компании «ЧИП и ДИП» : https://www.chipdip.ru/video/VIDEO_ID, где вместо «VIDEO_ID» указывается id соответствующего ниже представленному списку видео с демонстрацией объясняемых явлений, компонентов или электронных схем с учетом процесса измерения специализированным оборудованием:

Полупроводники [id000270314](#)

Полупроводники и типы их проводимости [id000270317](#)

Открытие p–n перехода [id000284223](#)

Ширина запрещенной зоны [id000279692](#)

Ёмкость p-n-перехода [id000305108](#)

Лавинный пробой p-n перехода [id000281301](#)

Принцип работы диода [id000271945](#)

Диод 1N4148 и его аналоги [id000311928](#)

Типы и особенности силовых диодов. [id000309236](#)

Варикапы [id000261354](#)

Обращенный диод [id000283565](#)

Как определить номинал стабилитрона [id000280843](#)

Стабилитроны серии BVZ55 [id000312168](#)

Переменный конденсатор из стабилитрона [id000273243](#)

Диоды Шоттки на основе карбида кремния [id000287939](#)

Туннельный диод [id000284095](#)

Диодные мосты [id000261360](#)

Германиевый диод как датчик температуры [id000489382](#)

Диоды в цепях ВЧ [id000282234](#)

Плоскостной транзистор [id000305120](#)

Германиевые транзисторы серии МПхх [id000519650](#)

Транзисторы 2Т904 [id000596008](#)

История Транзитрона Герберта Матаре [id000284243](#)

Обзор приборов с S-характеристикой [id000562185](#)

Полевые транзисторы КП327 [id000593799](#)

Транзистор с плавающим затвором [id000309856](#)

MOSFET транзисторы IR в корпусе TO247 [id000285512](#)

Транзистор в лавинном режиме [id000284191](#)

Полупроводниковый прибор динистор. Простые схемы включения [id000309444](#)

Что такое симистор и как он работает. [id000309528](#)

GTO-тиристор [id000285606](#)

Однопереходный транзистор [id000276283](#)

Полевые транзисторы с изолированным затвором [id000276291](#)

Транзисторы дарлингтона КТ834 [id000620976](#)

Силовые тиристоры Т112-16-10 [id000614575](#)

Температурный коэффициент сопротивления [id000263536](#)

Легирование полупроводников [id000309440](#)
Принцип работы герконов [id000272692](#)
Обзор электромагнитных реле [id000553844](#)
Светодиоды. Основные параметры [id000562165](#)
Светодиоды BL-L515 [id000472122](#)
Принцип работы фотодиода. Азы электроники [id000302145](#)
Оптоволоконный диод [id000323383](#)
Фотоприемник и его особенности. Простая схема включения [id000299417](#)
Фотодиоды [id000262512](#)
Самое простое фотореле. Популярная схемотехника [id000314183](#)
Причины деградации полупроводниковых кристаллов [id000281969](#)
Оптоэлектронный ключ. Применение и принцип работы [id000294017](#)
Светодиоды на квантовых точках [id000292520](#)
Применение линейной оптопары PS8741 для гальванической развязки [id000292745](#)
Фотоэлектронный умножитель [id000291749](#)
Резистивные оптопары ОЭП14 [id000308852](#)
Принцип работы фототиристора [id000302607](#)
Оптотиристор [id000285399](#)
Коэффициент надежности светодиода [id000289251](#)
Подключение лазерного диода [id000273179](#)
Обзор конденсаторов [id000260244](#)
Электролитические алюминиевые чип конденсаторы [id000433537](#)
Твердые полимерные электролиты [id000281613](#)
Многослойные керамические конденсаторы [id000314829](#)
Керамика в производстве конденсаторов [id000308352](#)
Конденсаторы для использования в жестких условиях эксплуатации [id000308553](#)
Конденсаторы пленочные [id000265866](#)
Механизм старения керамического конденсатора BaTiO₃ [id000305764](#)
Обзор резисторов [id000259283](#)
Сопrotивление проводников [id000275713](#)
Высокостабильные резисторы СЗ-14 [id000583787](#)
Маркировка резисторов SMD [id000305004](#)
Особенности применения переменных резисторов [id000302839](#)
Индуктивные элементы электрической цепи [id000557764](#)
Расчёт катушки индуктивности [id000293598](#)
Особенности термисторов и их применение в электронике [id000293942](#)
Индукционная лампа [id000294256](#)
Вакуумно - люминисцентные индикаторы [id000282197](#)
Электронно-полупроводниковая лампа [id000524578](#)
Газовые разрядники [id000261710](#)
Гептод 6А7 [id000631016](#)
Триод 12С3С [id000630131](#)
Триод Дарлингтона [id000629986](#)
Высоковольтный тетрод 6Э7П [id000621300](#)
Стержневой пентод 1Ж29Б [id000616078](#)
Индикаторная лампа ИВ3 [id000603322](#)
Лучевой тетрод 6П6С [id000599567](#)
Диод- пентод 1Б2П [id000596004](#)
Радиолампа 6н3п [id000510122](#)
Радиолампа ГУ5Б [id000423203](#)
Двойной триод 12АХ7 [id000553272](#)
Трохотрон [id000277829](#)

Пентагрид [id000278079](#)
Тиратрон с накаливаемым катодом [id000277518](#)
Тиратрон с холодным катодом [id000277521](#)
Бареттер [id000278602](#)
Почему греются аноды радиоламп [id000285736](#)
Электрический ток в вакууме. Вакуумный диод [id000273118](#)
Особенности работы пассивных компонентов в вакууме [id000285431](#)
Loewe 3NF интегральная лампа [id000285364](#)
Термоэлектронная эмиссия [id000295800](#)
Преимущества кенотронного выпрямителя [id000620655](#)
Магнетрон [id000273422](#)
Клистрон [id000275891](#)
Тиристор вместо электромагнитного реле. Простые схемы включения [id000527911](#)
Регулируемый источник переменного напряжения [id000528971](#)
Полупроводниковые ограничители напряжения. TVS – диоды [id000300334](#)
Усилительный каскад на полевом транзисторе. Основы схемотехники [id000300214](#)
Магниторезистор [id000306259](#)
Устройство магниточувствительных бесконтактных выключателей [id000286378](#)
Методы измерения температуры. Термометры сопротивления [id000276478](#)
Элементы ТТЛ и ТТЛШ с открытым коллектором и тремя состояниями [id000301463](#)
Логические элементы на МОП-транзисторах [id000299760](#)
Диодно-транзисторные логические элементы [id000297267](#)
Диодные логические элементы [id000296958](#)

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

Для создания и публикации контента и учебных объектов преподавателем используется служба видео трансляции Microsoft Stream <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/microsoft-stream>, а инструментом для электронной коммуникации и обратной связи со студентами используется Microsoft Teams <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-teams/log-in>.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, если не заданы сразу, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним,

а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции). Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления. Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке. При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

К практическим занятиям необходимо готовиться предварительно, до начала занятия. Необходимо ознакомиться с краткой теорией в рекомендованном задачнике по соответствующей теме и проработать примеры решений разобранных в задачнике упражнений. В ходе подготовки, так же следует вести конспектирование, а возникшие вопросы задать ведущему преподавателю в начале практического занятия или в консультационной форме.

К лабораторным работам следует подготовиться предварительно, ознакомившись с краткой но специфической теорией размещенной в соответствующей методичке. Рекомендуются ознакомиться заранее и с методическими рекомендациями по проведению соответствующей лабораторной работы, и в случае необходимости провести предварительные расчёты.

Непосредственная подготовка к зачету и экзамену осуществляется по вопросам, представленным в данной учебной программе дисциплины. Тщательно изучите формулировку каждого экзаменационного вопроса, вникните в его суть, составьте план ответа, так как экзамен сдаётся в устной форме в ходе диалога преподавателя со студентом.

В качестве примера расширенных ответов на некоторые вопросы рекомендуется изучить видео объяснения на сайте компании «Чип и Дип» https://www.chipdip.ru/video/VIDEO_ID, где вместо «VIDEO_ID» указывается id соответствующего представленному списку видео с демонстрацией объясняемых явлений, компонентов или электронных схем с учетом процесса измерения специализированным оборудованием. Это позволит расширить практическую часть знаний о маркообразовании компонентов, их внешнем виде и особенностям использования. Стоит отметить, что эти видео расширяют и дополняют лекционный материал, поэтому просматривать его нужно не сразу, а тематически, исходя из темы проводимого лекционного занятия (это одна из дополнительных форм интерактивного содержания, используемая при самостоятельной работе студентов).

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.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

| № | Наименование специальных помещений | Оснащенность специальных помещений |
|----|---|--|
| 1. | Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО) для воспроизведения файлов формата jpg и avi. Достаточным количеством посадочных мест: № 209С, № 315С, №201 |
| 2. | Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Аудитория оснащенная меловыми или маркерными досками, достаточным количеством посадочных мест со столами: №209С, №205аС, №315С, №211С |
| 3. | Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий (работ) | Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в «лаборатории цифровой и аналоговой техники» №327С на лабораторных стендах «Электронные приборы», выпускаемых Санкт-Петербургским Государственным Университетом Телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (наборных панелях, обеспечивающих возможность доступа ко всем точкам собранных схем с параллельным контролем более 10 параметров амплитудочастотных и вольт-амперных характеристик). |

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

| Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся |
|---|--|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки) | Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы |

| | |
|---|---|
| | <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p> |
| <p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207)</p> | <p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника (на основе тонких клиентов) с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет.</p> |