Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»)

Факультет Энергетический

Кафедра Физики техники и связи

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

Материалы и компоненты электронной техники

наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) 11.03.02

«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

код и наименование направления подготовки (специальности)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды занятий | Распределение по семестрам  в часах | | | Всего часов |
| 3  семестр | 4  семестр | ----  семестр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Общая трудоемкость | 108 | 108 |  | 252 |
| Аудиторные занятия, в т.ч.: | 8 | 8 |  | 16 |
| лекционные (ЛК) | 4 | 2 |  | 6 |
| практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 4 | 2 |  | 6 |
| лабораторные (ЛР) | 0 | 4 |  | 4 |
| Самостоятельная работа студентов (СРС) | 100 | 100 |  | 200 |
| Форма промежуточного контроля в семестре\* | зачет | экзамен |  | 36 |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) |  |  |  |  |

**Краткое содержание курса**

**3 семестр**

1. Устройство, принцип действия электровакуумного диода.
2. Характеристики и параметры диода.
3. Объясните устройство, принцип действия и физические явления, сопровождающие рабочий статический режим электровакуумного триода.
4. Характеристики и параметры триода.
5. Как по статическим ВАХ определить внутренние параметры триода? Как определить все четыре параметра электровакуумного триода, имея в своем распоряжение только одно семейство статических ВАХ?
6. Объясните устройство, принцип действия электровакуумного тетрода, а также поясните суть физических явлений, сопровождающих его рабочий режим. Раскройте суть основной причины введения второй сетки в конструкцию тетрода.
7. Что такое вторичная электронная эмиссия. Объясните физическую суть данного явления.
8. Что такое динатронный эффект и как он влияет на рабочий режим тетрода? Ответ сопроводите графическими характеристиками. Поясните термин «провал» вольт-амперной анодно-сеточной характеристики.
9. Нарисуйте схему и поясните принцип действия каскада УНЧ на основе тетрода.
10. Объясните устройство, принцип действия электровакуумного пентода. Каким образом и за счет, каких конструктивных особенностей данной лампы, нейтрализуется динатронный эффект. Дайте развернутый ответ.
11. Объясните особенности выходной ВАХ пентода. Сравните с аналогичной характеристикой тетрода.
12. Нарисуйте схему и поясните принцип действия каскада УНЧ на основе пентода.

**4 семестр**

1. Основные постулаты Боровской теории водородоподобного атома.
2. Что такое зонная диаграмма изолированного атома?
3. Дайте определение принципа Паули. Каким образом распределяются электроны по зонной диаграмме в невозбужденном состоянии?
4. Поясните разницу между металлами, полупроводниками и диэлектриками.
5. Объясните физическую суть процесса генерации пары носителей заряда. Как образуются электрон проводимости и дырка? Почему дырку называют единичным положительным зарядом? Каким образом происходит процесс дырочной проводимости?
6. Что такое уровень Ферми? Где располагается уровень Ферми в собственном и примесных *n*- и *p*-полупроводниках? Начертите зонную диаграмму *n*- и *p*-полупроводников. Поясните особенности
7. Условие электронейтральности для *n*- и *p*-полупроводников при низких и высоких температурах.
8. Опишите процедуру образования *p-n* перехода.Что такое симметричный *p-n* переход? Как и чем создается поле в *p-n* переходе? Почему сопротивление *p-n* перехода гораздо больше сопротивления остальных областей кристалла? Начертите зонную диаграмму *p-n* перехода. Поясните особенности. Дайте развернутый ответ.
9. Поясните режимы функционирования *p-n* перехода при прямом и обратном включении источника питания. Объясните явления инжекции и экстракции неосновных носителей заряда.
10. Объясните устройство биполярного транзистора (БТ).
11. Объясните все особенности входных и выходных вольт-амперных характеристик (ВАХ) БТ, подключенного по схеме с общей. Объясните все особенности входных и выходных ВАХ БТ, подключенного по схеме с общим эмиттером. Система *h*-параметров. Алгоритм определения *h*-параметров с помощью ВАХ БТ.
12. Устройство полевого транзистора с управляемым каналом. Особенности внутренней структуры. Принцип действия полевого транзистора с управляемым каналом.
13. Устройство, принцип действия МДП транзистора со встроенным каналом. Дайте определение режимов обеднения и обогащения МДП транзистора со встроенным каналом

**Форма текущего контроля**.

**Реферат (3 семестр)**

1. В чем заключается явление термоэлектронной эмиссии? Почему в результате термоэлектронной эмиссии катод электровакуумного диода заряжается положительно?
2. Объясните картину распределения электрических полей в электровакуумном диоде. Раскройте суть физических явлений, сопровождающих данные процессы.
3. Начертите статическую ВАХ диода. Объясните ее ход. Дайте определение внутренних параметров диода. Как имея в своем распоряжении статическую ВАХ диода определить внутренние параметры лампы? Поясните особенности влияния температуры накала на ход статической ВАХ диода. Нарисуйте схему установки для снятия вольт-амперной статической характеристики электровакуумного диода и поясните суть работы.
4. Раскройте суть метода определения удельного заряда электрона с помощью ВАХ диода.
5. Назовите области применения электровакуумного диода.

**Лабораторные работы (самоподготовка и аудиторные занятия)**

***Выполнить учебное проектирование установки для снятия вольт-амперной характеристики электровакуумного диода***: *выполнить пайку схемы в условиях «домашней лаборатории» (навесной монтаж на макетной плате), проверить работоспособность устройства в лаборатории после прохождения инструктажа по технике безопасности; защита лабораторной работы (оформление работы, демонстрация работы устройства с соблюдением норм техники безопасности; виртуальная сборка с помощью программных средств).*

**Контрольная работа №1 (4 семестр** )

**1.** Найти величины модулей напряжения на затворе полевого транзистора и напряжения отсечки , если отношение ширины канала *h***′** к ширине области, включающей сам канал и запорный слой *h*, равно *а*=*h***′***h*=0.25 (см. (рис. 5.4)), отношение ширины запорного слоя *d* при *U*ЗИ=0 к ширине запорного слоя *d***′** при действующем значении затворного напряжения *b*=*dd***′**=0.25, а величина контактной разности потенциалов на *р*-*n* переходе *еϕ*К=0.25 эВ. Стоковое напряжение *U*СИ=0.

**Указание** См. пример 5.1 в уч. пособии Г.И. Грабко. Элементная база радиотехники и электроники. Часть 2. Полупроводниковые приборы. – Чита: ЗабГУ. 2019. 129 с.

**2.** В вашем распоряжении имеется семейство стоково-затворных характеристик ПТ с управляемым каналом (подобных ВАХ, изображенной на рис. 5.3 а и рис. 5.5 б), снятых при различных *U*СИ. Определите графически выходное дифференциальное сопротивление полевого транзистора *R*ВЫХ. ДИФ. и его крутизну *S*.

**Указание** Воспользуйтесь навыками, приобретенными при нахождении *h*-параметров биполярного транзистора (Г.И. Грабко. Элементная база радиотехники и электроники. Часть 2. Полупроводниковые приборы. – Чита: ЗабГУ. 2019. 129 с; параграфы 4.3, 5.1).

**3.** Вследствие чего, при определенном, достаточно большом значении стокового напряжения *U*СИ происходит резкое возрастание стокового тока *I*C  в полевом транзисторе с управляемым каналом (см.(рис. 5.5 а))?

**Указание** См. указание к предыдущему заданию.

**Форма промежуточного контроля**

**Зачет** (примерные вопросы)

1. В чем заключается явление термоэлектронной эмиссии?
2. Почему в результате термоэлектронной эмиссии катод электровакуумного диода заряжается положительно?
3. Устройство, принцип действия электровакуумного диода.
4. Объясните картину распределения электрических полей в электровакуумном диоде. Раскройте суть физических явлений, сопровождающих данные процессы.
5. Начертите статическую ВАХ диода. Объясните ее ход.
6. Дайте определение внутренних параметров диода.
7. Как имея в своем распоряжении статическую ВАХ диода определить внутренние параметры лампы?
8. Поясните особенности влияния температуры накала на ход статической ВАХ диода.
9. Нарисуйте схему установки для снятия вольт-амперной статической характеристики электровакуумного диода и поясните суть работы.
10. Раскройте суть метода определения удельного заряда электрона с помощью ВАХ диода.
11. Назовите области применения электровакуумного диода.
12. Объясните устройство, принцип действия и физические явления, сопровождающие рабочий статический режим электровакуумного триода.
13. Разъясните обоснованность введения третьего электрода – управляющей сетки в конструкцию электровакуумного триода. В чем ее функции?
14. Объясните, почему в отличие от диода триод характеризуется двумя семействами ВАХ.
15. Начертите анодно-сеточную статическую характеристику триода. Поясните особенности этой кривой.
16. Начертите анодную статическую вольт-амперную характеристику триода. Поясните ее особенности.
17. Как, вы, понимаете термин семейство вольт-амперных характеристик? Поясните свои выводы.
18. Дайте определение внутренних параметров электровакуумного триода. Раскройте их физический смысл.
19. Что такое внутреннее уравнение триода?
20. Как по статическим ВАХ определить внутренние параметры триода? Как определить все четыре параметра электровакуумного триода, имея в своем распоряжение только одно семейство статических ВАХ?
21. Начертите схему и объясните устройство и принцип действия резисторного усилителя (усилителя низкой частоты (УНЧ)) на основе электровакуумного триода.
22. С каких электродов можно снимать выходное напряжение в каскаде УНЧ?
23. Объясните, почему амплитуда переменного напряжения на сетке в резисторном усилителе находится в противофазе с амплитудой анодного переменного напряжения?
24. Почему амплитуда анодного переменного напряжениянаходится в противофазе с амплитудой переменного напряжения на нагрузке?
25. Начертите графики напряжений и токов, сопровождающих работу УНЧ. Поясните особенности данных графиков.
26. Выведите формулы динамической крутизны сеточной ВАХ и коэффициента усиления УНЧ.
27. Какие основные конструктивные особенности (детали) электровакуумного триода препятствуют его нормальной работе при повышении частоты сигнала (область высоких частот и СВЧ)?
28. Объясните влияние этих электродов (см. вопрос 17) на рабочий режим электровакуумного триода в диапазоне УКВ и СВЧ.
29. Начертите векторную диаграмму токов и напряжений во входной цепи триода, сопровождающих его работу. Проведите сравнительный анализ данных параметров в режиме низких и средних частот и в режиме УКВ, СВЧ.
30. Что такое проходная емкость и как она влияет на работу триода в диапазоне УКВ, СВЧ?
31. Объясните устройство, принцип действия электровакуумного тетрода, а также поясните суть физических явлений, сопровождающих его рабочий режим.
32. Раскройте суть основной причины введения второй сетки в конструкцию тетрода.
33. Как повлияло введение дополнительной сетки в конструкцию тетрода на его внутренние параметры?
34. Начертите анодно-сеточную ВАХ тетрода (зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке). Поясните особенности влияния анодного напряжения и напряжения на экранирующей сетке на данную вольт-амперную характеристику.
35. Что такое динатронный эффект и как он влияет на рабочий режим тетрода? Ответ сопроводите графическими характеристиками. Поясните термин «провал» вольт-амперной анодно-сеточной характеристики.

**Экзамен** (в устной форме / письменная работа с защитой)

Примерные вопросы

1. Объясните устройство биполярного транзистора (БТ).
2. Разберите рабочий режим БТ. Почему область базы уже и почему концентрация основных носителей в ней меньше, чем аналогичные параметры эмиттера и коллектора?
3. Каково соотношение между токами в БТ?
4. Дайте определение коэффициентов эффективности эмиттера ***γ***, переноса *δ*, статических интегральных коэффициентов передачи тока эмиттера *α*И и базы *β*И.
5. Схемы подключения БТ. Нарисуйте и поясните суть работы установок для снятия вольт-амперных характеристик БТ, подключенного по схемам с общей базой (ОБ) и с общим эмиттером (ОЭ).
6. Объясните все особенности входных и выходных ВАХ БТ, подключенного по схеме с общей базой (ОБ).
7. Объясните все особенности входных и выходных ВАХ БТ, подключенного по схеме с общим эмиттером (ОЭ).
8. Система *h*-параметров. Алгоритм определения *h*-параметров с помощью ВАХ БТ.
9. Определите уравнения взаимозависимости *h*-параметров различных схем подключения БТ (*h*12 ОБ=*h*12 ОБ(*h*12 ОЭ); *h*12 ОЭ=*h*12 ОЭ(*h*12 ОБ) и т.д.).
10. Проведите сравнительный анализ усилителей низкой частоты (УНЧ) на основе БТ, подключенных по схемам ОБ и ОЭ.
11. Объясните все нюансы графического метода анализа усилительных свойств БТ.
12. Сравните особенности областей насыщения, отсечки и рабочей области.
13. Поясните особенности допустимого режима работы транзистора. Что такое гипербола допустимых мощностей? Способы ее построения. В чем ее физическая суть?
14. Объясните устройство, принцип действия и область применения транзисторного ключа. Особенности данного рабочего режима.
15. За счет чего добиваются увеличения *к.п.д.* транзисторного ключа?
16. Объясните устройство и принцип действия эмиттерного повторителя. Каково функциональное назначение данного каскада? Каким требованиям должен удовлетворять эмиттерный повторитель (ЭП)?
17. Нарисуйте схемы и разберите принцип действия составных усилительных каскадов на основе ЭП и УНЧ.

**Оформление письменной работы согласно МИ 4.2-5/47-01-2013** [Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации](http://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Normativny%27e_dokumenty%27_i_obrazcy%27_zayavlenij/Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf)

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**Основная литература**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.: «Наука», 1990. 688 с. |
| 2. | И.М. Викулин, В.М. Стафеев. Физика полупроводниковых приборов. М.: «Советское радио», 1980. 296 с. |
| 3. | Б.С. Гершунский. Основы электроники. Киев: Вища школа, 1977. 343 с. |
| 4. | В.Н. Дулин. Электронные приборы. М.: Энергия, 1977. 423 с. |
| 5. | Ю.А. Овечкин. Полупроводниковые приборы. М.: «Высшая школа», 1979. 280 с. |
| 6. | П.Т. Орешкин. Физика полупроводников и диэлектриков. Москва: Высшая школа, 1977. 448 с. |

**Дополнительная литература**

1. Л.Н. Бочаров. Полевые транзисторы. М.: «Радио и связь», 1984. 80 с.
2. Л.С. Стильбах. Физика полупроводников. М.: «Советское радио», 1967. 452 с..

**Собственные учебные пособия и другие элементы УМКД**

|  |
| --- |
| Г.И. Грабко. Элементная база радиотехники и электроники. Часть 1. Электровакуумные приборы. – Чита: ЗабГУ. 2019. 110 с. |
| Г.И. Грабко. Элементная база радиотехники и электроники. Часть 2. Полупроводниковые приборы. – Чита: ЗабГУ. 2019. 129 с. |
| Г.И. Грабко. Физика активных элементов радиотехнических каскадов. Учебное пособие. Чита: ЗабГУ, 2018. 173 с. |

Ведущий преподаватель Г.И. Грабко

Заведующий кафедрой И.В. Свешников