

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра радиоп физики и электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для самостоятельной работы по дисциплине
«ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»
студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 .-Радиофизика
Очная форма обучения

Семенов А. Л.

Ульяновск 2020

Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Физическая электроника» студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 - Радиофизика. Очная форма обучения. Семенов А. Л. - Ульяновск: УлГУ, 2020.

Настоящие методические указания предназначены для студентов направления 03.03.03 «Радиофизика», изучающих дисциплину «Физическая электроника». В работе приведены методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы, задания для самостоятельного выполнения, список рекомендуемой литературы, программное обеспечение по дисциплине. Предназначены для студентов очной формы обучения при подготовке к лабораторным занятиям и к экзамену по данной дисциплине. Рекомендованы к использованию Ученым советом инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ Протокол № от «_____» 2020 г.

1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы.

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к зачету.

При подготовке к лабораторным занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками и учебными пособиями, в том числе и информацией, полученной в Internet.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к практическим занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций).

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет).

2. Задания для самостоятельного выполнения.

Раздел 1. Движение электрона в электрическом и магнитном полях.

Электрон в однородном и неоднородном электрическом поле. Релятивистский электрон в электрическом поле. Электрон в однородном и неоднородном магнитном поле. Релятивистский электрон в магнитном поле. Электрон в электрическом и магнитном поле. Плоский магнетрон.

Рекомендации по изучению раздела:

Вопросы раздела изложены в учебно-методическом пособии [3] на с.59-

69.

Раздел 2. Электронная оптика.

Отражение и преломление электронных пучков. Электронная линза и электронный микроскоп. Электронно-лучевая трубка.

Рекомендации по изучению раздела:

Вопросы раздела изложены в учебно-методическом пособии [3] на с.70-86.

Раздел 3. Эмиссионная электроника.

Волновые свойства электрона. Уравнение Шредингера. Отражение электрона от потенциальной ступеньки. Электроны в металле. Закон Ома. Энергия Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Термоэлектронная эмиссия. Закон Ричардсона-Дешмена. Эффект Шотки. Автоэлектронная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Теория Фаулера. Вторичная электронная эмиссия. Ток, ограниченный пространственным зарядом. Закон $3/2$.

Рекомендации по изучению раздела:

Вопросы раздела изложены в учебно-методическом пособии [3] на с.47-58.

Раздел 4. Электроника СВЧ.

Пролетный клистрон. Группирование электронов в пролетном клистроне. Отражательный клистрон. Магнетрон. Лампа бегущей волны.

Рекомендации по изучению раздела:

Вопросы раздела изложены в учебно-методическом пособии [3] на с.100-135.

Раздел 5. Плазменная электроника.

Ионизация и рекомбинация в газах. Несамостоятельная проводимость газов. Самостоятельный газовый разряд. Теория Таунсенда. Глеющий разряд. Коронный разряд. Искровой разряд. Вольт-амперная характеристика газового разряда.

Экранирование в плазме. Ленгмюровские электронные колебания в плазме. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Электромагнитные волны в плазме.

Рекомендации по изучению раздела:

Вопросы раздела изложены в учебно-методическом пособии [3] на с.136-159.

Раздел 6. Твердотельная электроника.

Электронная и дырочная проводимость полупроводников. Электронно-дырочный переход. Зонные диаграммы. Виды и применение полупроводниковых диодов. Биполярные транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Полевые транзисторы металл-диэлектрик-полупроводник.

Рекомендации по изучению раздела:

Вопросы раздела изложены в учебно-методическом пособии [4] на с.35-110.

3. Вопросы для текущего контроля при выполнении лабораторных работ

Лабораторные работы из учебно-методического пособия [10]:

Лабораторная работа № 1. Полупроводниковый диод

1. Перечислите правила работы с мультиметром.
2. Какие процессы происходят при контакте двух полупроводников с n- и p-типами проводимости?
3. Напишите уравнение диода и поясните входящие в него величины.
4. Опишите метод экспериментальной проверки уравнения диода.
5. Почему при измерении ВАХ диода используют две схемы?

Лабораторная работа № 2. Светодиод

1. Объясните принцип работы светодиода.
2. Объясните принцип работы фотодиода.
3. Объясните принцип работы фотоэлемента.

Лабораторная работа № 3. Вольтамперная характеристика стабилитрона

1. Что такое пробой р-п-перехода? Каковы основные виды пробоя?

2. Объясните лавинный пробой. При каком условии он возникает?
3. Что такое туннельный и тепловой пробой.
4. Как изменятся показания амперметра, если его поставить перед резистором? Сопротивление вольтметра 10 МОм.

Лабораторная работа № 4. Стабилизатор напряжения

1. Нарисуйте вольтамперную характеристику идеального стабилизатора. Объясните принцип работы схемы на рис. 4.1.
2. Получите теоретическую зависимость $U_2(U_1)$.
3. Что такое стабилизация напряжения?

Лабораторная работа № 5. Испытание слоев и выпрямительного действия биполярных транзисторов

1. Что такое биполярный транзистор? Чем отличается эмиттер от коллектора?
2. Почему толщина базы транзистора должна быть малой?
3. Нарисуйте схематично ВАХ p-n-переходов в транзисторе.

Лабораторная работа № 6. Характеристики биполярного транзистора. Часть 1

1. Объясните эффект управления в транзисторе.
2. Нарисуйте входную и управляющую характеристики транзистора.
3. Как изменятся входная и управляющая характеристики при увеличении толщины базы?

Лабораторная работа № 7. Характеристики биполярного транзистора. Часть 2

1. Нарисуйте выходную характеристику транзистора.
2. Объясните эффект насыщения выходной характеристики.
3. Как изменится выходная характеристика при увеличении толщины базы?

Лабораторная работа № 8. Симистор

1. Объясните работу динистора и симистора, нарисуйте их ВАХ.
2. Что такое напряжение отпирания U_0 и ток удержания I_0 ?

Лабораторная работа № 9. Характеристика включения затвора полевого транзистора

1. Нарисуйте схему полевого транзистора с управляющим р-п-переходом и объясните принцип его работы.
2. Что такое затвор, исток и сток полевого транзистора?
3. Нарисуйте схематично ВАХ р-п-переходов $I(U)$.

Лабораторная работа № 10. Управляющий эффект затвора полевого транзистора n-типа

1. Нарисуйте схематично характеристику управления $I_c(U_{зи})$.
2. Дайте определение напряжения отсечки.
3. Дайте определение крутизны управляющей характеристики.

Лабораторная работа № 11. Выходные характеристики полевого транзистора

1. Дайте определение выходной характеристики транзистора.
2. Нарисуйте выходную характеристику транзистора.
3. Дайте определение коэффициента усиления по напряжению.

4. Вопросы к экзамену

1. Электроны и дырки в полупроводниках. Электрический ток в полупроводниках. Подвижность носителей. Удельная электрическая проводимость полупроводника.
2. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод. Уравнение диода. Пробой диода.
3. Виды и применение полупроводниковых диодов. Выпрямительный диод, стабилитрон, варикап, светодиод, фотодиод, фотоэлемент, оптрон, туннельный диод.
4. Биполярный транзистор и тиристоры. Принцип работы и вольтамперные характеристики.
5. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом и МДП транзистор. Принцип работы и вольтамперные характеристики.

6. Движение заряженной частицы в электрическом поле. Закон сохранения энергии. Уравнение траектории. Отражение и преломление электронных пучков.
7. Электронная линза и электронный микроскоп. Электронно-лучевая трубка, ее чувствительность.
8. Релятивистский электрон в однородном электрическом поле. Энергия релятивистского электрона.
9. Электрон в постоянном и однородном магнитном поле. Электрон в постоянном и однородном электрическом и магнитном полях. Эффект Холла.
10. Электрон в меняющемся магнитном поле. Бетатрон. Устойчивость движения в бетатроне.
11. Волновые свойства электрона. Уравнение Шредингера. Электрон в прямоугольной потенциальной яме.
12. Отражение электрона от потенциальной ступеньки.
13. Электроны в металле. Энергия Ферми. Принцип Паули. Плотность электронных состояний. Распределение Ферми-Дирака.
14. Термоэлектронная эмиссия. Уравнение Ричардсона-Дешмена.
15. Влияние электрического поля на работу выхода электрона из металла. Эффект Шотки. Автоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронный умножитель.
16. Фотоэлектронная эмиссия. Теория Фаулера.
17. Вакуумный диод. Вольт-амперная характеристика. Закон $3/2$.
18. Электролитическая диссоциация. Закон Освальда. Электрическая проводимость жидкостей. Электролиз. Объединенный закон Фарадея.
19. Экранирование в плазме. Ленгмюровские электронные колебания в плазме.
20. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Электромагнитные волны в плазме.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная

1. Чехлова, Т. К. Учебное пособие по курсу «Физическая электроника» для преподавания с использованием мультимедийных технологий / Т. К. Чехлова. — М.: Российский университет дружбы народов, 2013. — 124 с. — ISBN 978-5-209-04770-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/22155.html>
2. Валюхов, Д. П. Физические основы электроники: учебное пособие / Д. П. Валюхов, Р. В. Пигулев. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 135 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63253.html>
3. Шука А.А., Сигов А.С. Вакуумная и плазменная электроника. — М.: Юрайт, 2020. — 173 с. — ISBN 978-5-534-01763-2. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru>
4. Шука А.А. Микроэлектроника. — М.: Юрайт, 2020. — 327 с. — ISBN 978-5-534-01867-7. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru>

дополнительная

5. **Физическая электроника** и **микроэлектроника** / Л. Росадо; пер. с исп. С. И. Баскакова; под ред. В. А. Терехова. - Москва : Высшая школа, 1991. - 351 с. (9 экз.).
6. **Лекции по электрическим свойствам материалов** : пер. с англ. / Солимар Ласло, Д. Уолш; под ред. С. И. Баскакова. - Москва : Мир, 1991. - 504 с. (10 экз.).
7. **Практикум по радиофизической электронике** / Томск. ун-т. - Томск, 1984. - 194 с.
8. **Задачи по физической электронике** : с решениями и комментариями / П. Линч, А. Николайдес; пер. с англ. Ю. А. Башкирова; под ред. Г. В. Скромного. - Москва : Мир, 1975. - 264 с. (9 экз.).
9. Толмачев, В. В. Физические основы электроники / В. В. Толмачев, Ф. В. Скрипник. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. — 496 с. — ISBN 978-5-93972-889-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/16656.html>

учебно-методическая

10. **Изменение вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов** : метод. указания к лаб. работам / А. Л. Семенов; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2017. - 28 с.

11. Красильников Н. А. **Электронная микроскопия** : метод. указания к лаб. работам / Красильников Николай Александрович; УлГУ. - Ульяновск, 1997. - 108 с.

б) Программное обеспечение:

- Операционная система Windows;
- Пакет офисных программ Microsoft Office.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ группа компаний Ай Пи Эр Медиа. - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.

1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Политехресурс. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.

1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. - С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Знаниум. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система/ Компания «Консультант Плюс». - Электрон. дан. - Москва: КонсультантПлюс, [2019].

3. **База данных периодических изданий** [Электронный ресурс]: электронные журналы/ ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.

5. **Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ре-

сурс]: электронная библиотека/ ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru). Режим доступа: <http://window.edu.ru>.

6.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>.

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>.

7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа: <http://edu.ulsu.ru>.

8. Профессиональные информационные ресурсы:

8.1. Материалы о менеджменте качества. Режим доступа: <http://quality.eur.ru>.

8.2. Издательство «Стандарты и качество». Режим доступа: <http://www.stq.ru>.

8.3. Ассоциация Деминга. Режим доступа: <http://www.deming.ru>.

Центр «Приоритет». Режим доступа: <http://www.centerprioritet.ru>.