

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

2012

Орликов Леонид Николаевич

Твердотельные приборы и устройства: методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / Л.Н. Орликов. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 15 с.

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведен перечень вопросов для самостоятельного изучения.

Предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Фотоника и оптоинформатика» по курсу «Твердотельные приборы и устройства».

© Орликов Леонид Николаевич, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«__» _____ 2012 г.

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

Разработчик

_____ Л.Н. Орликов
«__» _____ 2012 г.

Содержание

Введение.....	5
1 Основы физики полупроводников.....	6
1.1 Содержание раздела.....	6
1.2 Вопросы для самопроверки.....	6
2 Полупроводниковые диоды.....	7
2.1 Содержание раздела.....	7
2.2 Вопросы для самопроверки.....	7
3 Биполярные транзисторы.....	7
3.1 Содержание раздела.....	7
3.2 Вопросы для самопроверки.....	7
4 Полевые транзисторы.....	8
4.1 Содержание раздела.....	8
4.2 Вопросы для самопроверки.....	8
5 Приборы с «S» - образной характеристикой.....	9
5.1 Содержание раздела.....	9
5.2 Вопросы для самопроверки.....	9
6 Аналоговые интегральные микросхемы.....	9
6.1 Содержание раздела.....	9
6.2 Вопросы для самопроверки.....	9
7 Цифровые интегральные микросхемы.....	10
7.1 Содержание раздела.....	10
7.2 Вопросы для самопроверки.....	10
8 Лабораторные занятия.....	10
9 Темы для самостоятельного изучения.....	11
10 Заключение.....	12
Список литературы.....	13

Введение

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведен перечень вопросов для самостоятельного изучения.

Целью преподавания дисциплины “Твердотельные приборы и устройства” является необходимость овладения научными основами проектирования твердотельных приборов и устройств.

В задачи изучения дисциплины входят изучение не только традиционных твердотельных приборов и устройств, но и основы проектирования с применением ЭВМ; построение алгоритмов, формализованных и математических моделей процессов в твердотельных приборах и устройствах.

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести навыки проектирования и эксплуатации твердотельных приборов и устройств, умение проводить научные исследования и эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты. Основная задача дисциплины - привить студентам навык к решению проблемных задач использования твердотельных приборов и устройств на их основе.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- *знать*:

– физические принципы работы твердотельных приборов и устройств;

– основные приемы построения схем электроники и наноэлектроники;

- *уметь*:

– ориентироваться в многообразии современных приборов и устройств электроники и наноэлектроники;

– разрабатывать принципиальные схемы взаимодействия приборов и устройств электроники различных типов;

– определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы работы приборов и устройств в схеме;

– использовать для выполнения отдельных операций стандартные программные продукты;

– владеть основными навыками анализа схем на приборах и устройствах электроники и наноэлектроники;

- *владеть*:

– представлениями о перспективах и тенденциях развития изделий электроники и наноэлектроники.

1 Основы физики полупроводников

1.1 Содержание раздела

История развития полупроводниковых приборов. Основные понятия интегральной микроэлектроники. Классификация и обозначение полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС).

Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми. Электропроводность полупроводников, процессы генерации и рекомбинации. Диффузионный и дрейфовые токи в полупроводниках.

Электронно-дырочный переход (р-п переход). Равновесное состояние р-п перехода, прямое и обратное включение перехода. Барьерная и диффузионная емкости р-п перехода

1.2 Вопросы для самопроверки

1. Что такое разрешенные и запрещенные зоны?
2. Что такое уровень Ферми?
3. Что такое собственный полупроводник?
4. Что такое диффузия и дрейф носителей заряда?
5. Что такое подвижность носителей заряда?
6. Как примеси влияют на характеристики полупроводника?
7. Что такое электронный и дырочный полупроводники?
8. Какова энергия Ферми в примесных полупроводниках?
9. Как объяснить температурную зависимость концентрации носителей заряда в полупроводниках?
10. Какими физическими факторами объясняется температурная зависимость подвижности носителей заряда?
11. Что такое электронно-дырочный переход?
12. Как распределяются носители и электрические заряды в различных областях р-п-перехода?
13. От чего зависит контактная разность потенциалов в р-п-переходе?
14. От чего зависит ширина обедненного слоя р-п-перехода?
15. Как Вы понимаете условие равновесия в р-п-переходе?
16. Какие процессы происходят в р-п-переходе при прямом и обратном смещениях?
17. Что такое тепловой ток?
18. В чём состоят отличия ВАХ реального диода от ВАХ идеального р-п-перехода?
19. Что такое барьерная емкость р-п-перехода?

2 Полупроводниковые диоды

2.1 Содержание раздела

Вольтамперная характеристика реального диода. Классификация полупроводниковых диодов по функциональному назначению. Выпрямительные диоды, стабилитроны, СВЧ диоды, диоды с использованием объемной неустойчивости. Переходные процессы в полупроводниковых диодах, параметры переключения.

2.2 Вопросы для самопроверки

1. Какую область полупроводникового диода называют базой?
2. Как и по каким причинам изменяется прямая ветвь ВАХ диода с увеличением его температуры?
3. Как влияют процессы генерации и рекомбинации носителей заряда на ВАХ диода?
4. Что такое р-і-n-диод?
5. Как зависит пробивное напряжение диодов при лавинном пробое от концентрации примесей в базе и от её удельного сопротивления?
6. Объяснить различия в ВАХ германиевых и кремниевых диодов.
7. В чём проявляется инерционность процесса переключения в диодах и как она уменьшается в импульсных диодах?
8. Назвать основные параметры стабилитрона.
9. Как зависит напряжения пробоя от температуры?
10. Изобразить схему параметрического стабилизатора напряжения и объяснить его работу.

3 Биполярные транзисторы

3.1 Содержание раздела

Физические явления в биполярном транзисторе. Характеристики и параметры биполярного транзистора. Динамический режим транзистора, динамические характеристики и параметры. Транзистор в импульсном режиме. Работа транзистора на высоких частотах. Режимы и параметры транзисторов. Дрейфовые транзисторы

3.2 Вопросы для самопроверки

1. В каких режимах может работать биполярный транзистор?
2. Какова полярность напряжений на электроде транзистора типа р-п-р в активном режиме в схеме с ОБ и ОЭ? У транзистора п-р-п?
3. Объяснить принцип работы транзистора в активном режиме.
4. Каковы уравнения токов, определяемые физическими процессами, протекающими в транзисторе?

5. Каким образом в транзисторе происходит усиление электрических колебаний по мощности?

6. В чём состоит явление модуляции ширины базы? Как оно влияет на токи транзистора?

7. Объяснить поведение входных и выходных характеристик транзистора в схеме ОБ.

8. Объяснить поведение входных и выходных характеристик транзистора в схеме ОЭ.

9. Почему в качестве малосигнальных параметров транзисторов используются h -параметры?

10. На семействе выходных характеристик транзистора указать область активного режима, режима насыщения, режима отсечки.

11. Какие факторы определяют инерционность транзистора при его работе на высоких частотах?

12. В чём особенность работы дрейфового транзистора?

13. Как влияет температура на характеристики и параметры транзисторов в схемах ОБ и ОЭ?

4 Полевые транзисторы

4.1 Содержание раздела

Полевые полупроводниковые приборы. Полевой транзистор с управляемым р-п переходом. Процессы в структуре металл – диэлектрик-полупроводник (МДП). МДП транзисторы. Приборы с зарядовой связью. Полевые транзисторы с индуцированным каналом. Характеристики и режимы использования мощных полевых транзисторов

4.2 Вопросы для самопроверки

1. Объяснить принцип работы полевого транзистора с р-п переходом и его статистические характеристики.

2. Объяснить принцип работы полевого транзистора с изолированным затвором.

3. Какие разновидности МДП-транзисторов вы знаете? Поясните физические явления, на основе которых эти транзисторы работают.

4. Какой участок характеристик полевого транзистора используется в усилителях?

5. Какой участок характеристик транзистора используется в управляемых делителях напряжения?

6. Нарисуйте схему управляемого делителя напряжения.

7. Представьте схему генератора стабильного тока на полевом транзисторе.

8. Объясните эквивалентную схему полевого транзистора для малого сигнала.

9. Почему входное сопротивление полевых транзисторов очень большое?

5 Приборы с «S» - образной характеристикой

5.1 Содержание раздела

Четырехслойная p-n-p-n — структура. Физические процессы, приводящие к переключению. Динистор. Триодный тиристор. Симистор. Параметры и характеристики. Особенности применения.

Однопереходный транзистор. Структура, принцип действия, параметры. Применение однопереходных транзисторов и диодов с S - образной характеристикой

5.2 Вопросы для самопроверки

1. Что такое тиристор?
2. Почему коллекторный переход тиристора оказывается смещенным в прямом направлении при переключении тиристора из закрытого состояния в открытое?
3. Какие физические явления влияют на коэффициенты передачи тока транзисторных структур, составляющих тиристор?
4. Почему для изготовления целесообразно использовать полупроводники с большой шириной запрещенной зоны?
5. Какова структура и принцип действия симистра?
6. Что такое однопереходный транзистор?
7. Какова структура и принцип действия однопереходного транзистора?
8. Применение диодов с S - образной характеристикой
9. Применение однопереходных транзисторов

6 Аналоговые интегральные микросхемы

6.1 Содержание раздела

Общие сведения. Каскады формирователей тока. Дифференциальные каскады на биполярных транзисторах. Дифференциальные каскады на полевых транзисторах. Выходные каскады. Схемотехника операционных усилителей

6.2 Вопросы для самопроверки

1. Назначение и применение
2. Операционные усилители
3. Компараторы
4. Аналоговые перемножители
5. Микросхемы для теле- и радиоприемных устройств

6. Интегральные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи

7. Аналоговые ключи и коммутаторы

8. Интегральные стабилизаторы напряжения

7 Цифровые интегральные микросхемы

7.1 Содержание раздела

Логические элементы на биполярных транзисторах. Классификация логических элементов. Основные характеристики логических элементов. Элементы транзисторно-транзисторной логики. Логические элементы на полевых транзисторах. Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ. Логические элементы динамического типа

7.2 Вопросы для самопроверки

1. Назначение и применение
2. Логические функции, реализуемые с помощью цифровых микросхем
3. Классификация и основные электрические параметры цифровых микросхем
4. Схемы транзисторно-транзисторной логики
5. Микросхемы эмиттерно-связанной логики
6. Квасистатические и динамические схемы
7. Перспективы развития цифровых микросхем
8. Интегральная инжекционная логика
9. МОП-схемы с п-каналами

8 Лабораторные занятия

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического

материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования и в часы сверх расписания по договоренности с преподавателем. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным. Анализ результатов является важной частью отчета.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование полупроводниковых диодов
2. Исследование полупроводниковых стабилитронов
3. Исследование статических характеристик транзистора
4. Исследование импульсных свойств биполярного транзистора
5. Исследование статических характеристик полевого транзистора
6. Исследование рабочих точек биполярного транзистора

9 Темы для самостоятельного изучения

Темы для самостоятельного изучения обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать поставленные задачи. Тематика самостоятельных работ предполагает углубленное изучение нижепредложенных тем.

1. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и температуры полупроводника.

2. Инжекция не основных носителей, сохранение условия нейтральности при инжекции.

3. Зависимость параметров р-п — перехода от режима смещения.

4. Причины отклонения реальной ВАХ диодов от идеальной.

5. Влияние объемного сопротивления базы; последовательное и параллельное включение;

6. Распределение не основных носителей в базе для различных режимов работы транзистора.

7. Зависимость дифференциальных параметров от схемы включения транзистора, методы их определения по ВАХ транзистора.

8. Зависимость коэффициентов передачи тока эмиттера и базы от уровня инжекции.

9. Особенности конструкции мощных транзисторов.

10. Сравнительные параметры полевых и биполярных транзисторов.

11. Основные характеристики схем с полевыми приборами.

12. Особенность работы тиристоров на индуктивную и емкостную нагрузку.

13. Фазо-импульсный метод управления тиристорами.

По одной выбранной теме студент пишет реферат

10 Заключение

В итоге изучения тем студент должен твердо, как минимум знать следующие вопросы.

1. Объясните смысл электронной и дырочной проводимости.

2. Чем обусловлена контактная разность потенциалов?

3. Каково влияние внутреннего электрического поля р-п – перехода на движение основных и неосновных носителей тока?

4. Объясните вольт-амперную характеристику диода?

5. Что такое емкость р-п-перехода? Объясните зависимость емкости от напряжения на переходе.

6. Как изменяется сопротивление диода от полярности приложенного напряжения?

7. Чем объясняется сильное влияние температуры на характеристики диода?

8. Назовите основные параметры диода.

9. Нарисуйте устройство плоскостного диода.

10. Нарисуйте устройство точечного диода.

11. Нарисуйте устройство плоскостного транзистора.

12. Как обозначается на схемах биполярный транзистор р-п-р и п-р-п типа.

13. Назовите основные технологические способы изготовления плоскостных транзисторов.

14. Объяснить работу транзистора.

15. Назовите механизм переноса носителей в базе.

16. Нарисуйте три схемы включения транзистора.

17. Нарисуйте основные характеристики транзистора при включении с общей базой.

18. Нарисуйте основные характеристики транзистора при включении с общим эмиттером.

19. Нарисуйте и объясните зависимость коэффициента передачи транзистора от тока эмиттера.

20. Каков физический смысл h – параметров.

21. Как обозначается на схемах полевые транзисторы с каналами n и p типа.
22. Нарисуйте схему включения полевого транзистора.
23. Расскажите о принципе работы полевого транзистора.
24. Как устроен полевой транзистор с управляющим p-n – переходом.
25. МДП транзисторы
26. Что такое напряжение насыщения.
27. Что такое напряжение отсечки.
28. Нарисуйте эквивалентную схему полевого транзистора.
29. Расскажите о преимуществах полевого транзистора по сравнению с биполярным.
30. Однопереходной транзистор, устройство и принцип его работы.
31. Расскажите принцип работы тиристора.
32. Устройство тиристора и обозначение его на схеме.
33. Вольт амперная характеристика тиристора.
34. Основные параметры тиристора.
35. Динистор, устройство и принцип его работы.
36. Симистор, устройство и принцип его работы.
37. Общие сведения о аналоговых интегральных микросхемах.

Список литературы

1. Микросхемотехника и наноэлектроника / А.Н. Игнатов. – СПб, 2011 – 528 с. ISBN 978-5-8114-1161-0 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2035
2. Электротехника и электроника / Ермуратский П.В., Лычкина Г.П., Минкин Ю.Б. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 417 с ISBN 978-5-94074-688-1 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=908
3. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 8-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2006. - 478[2] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Предм. указ.: с. 468-474. - ISBN 5-8114-0368-2 Экз - 98
4. Основы микроэлектроники : Учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с. : ил. - (Технический университет). - Библиогр.: с. 419. - Предм. указ.: с. 488. - ISBN 5-93208-045-0 Экз – 212
5. Исследование полупроводниковых диодов: методические указания к лабораторным занятиям / А.С. Шангин. – Томск: ТУСУР, 2012. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>
6. Исследование полупроводникового стабилитрона: методические указания к лабораторным занятиям / А.С. Шангин. – Томск: ТУСУР, 2012. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

7. Исследование статических характеристик транзистора: методические указания к лабораторным занятиям / А.С. Шангин. – Томск: ТУСУР, 2012. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

8. Исследование импульсных свойств биполярного транзистора: методические указания к лабораторным занятиям / А.С. Шангин. – Томск: ТУСУР, 2012. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

9. Исследование статических характеристик полевого транзистора: методические указания к лабораторным занятиям / А.С. Шангин. – Томск: ТУСУР, 2012. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

10. Исследование рабочих точек биполярного транзистора: методические указания к лабораторным занятиям / А.С. Шангин. – Томск: ТУСУР, 2012. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

Твердотельные приборы и устройства

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40