

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

Кафедра электронных приборов

ЭЛЕКТРОНИКА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов специальности
210601.65 - Радиоэлектронные системы и комплексы

2014

Орликов Леонид Николаевич

Электроника 1. Физические основы электроники: методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - Радиоэлектронные системы и комплексы / 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, 2014. - 15 с.

Самостоятельная работа направлена на углубление знаний дисциплины и предполагает обобщение изучаемых тем, а темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции: способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ПК-1).

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по специальности 210601.65 - Радиоэлектронные системы и комплексы

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
« ___ » _____ 2014 г.

ЭЛЕКТРОНИКА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов специальности 210601.65 - Радиоэлектронные системы и
комплексы

Разработчик
д-р техн. наук, проф.каф.ЭП
_____ Л.Н.Орликов
« ___ » _____ 2014 г

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1. Основы теории твердого тела.....	5
1.1 Содержание раздела.....	5
1.2 Методические указания по изучению раздела.....	5
1.3 Вопросы для самопроверки.....	5
Раздел 2. Физические эффекты в твердых и газообразных диэлектриках.....	6
2.1 Содержание раздела.....	6
2.2. Методические указания по изучению раздела.....	6
2.3 Вопросы для самопроверки.....	6
Раздел 3. Физические эффекты в проводниках.....	7
3.1.Содержание раздела.....	7
3.2 Методические указания по изучению раздела.....	7
3.3 Вопросы для самопроверки.....	7
Раздел 4. Физические эффекты в магнитных материалах.....	7
4.1 Содержание раздела.....	7
4.2 Методические указания по изучению раздела.....	7
4.3 Вопросы для самопроверки.....	8
Раздел 5 Физические основы процессов в полупроводниковых материалах.....	8
5.1. Содержание раздела.....	8
5.2 Методические указания по изучению раздела.....	8
5.3 Вопросы для самопроверки.....	8
6 Темы для самостоятельного изучения.....	9
7 Лабораторные работы.....	9
8 Практические занятия.....	12
Заключение.....	13

Введение

Целью самостоятельной работы в дисциплине «Электроника 1. Физические основы электроники» является систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний студентов и их применение при решении конкретных задач; развитие инженерных навыков разработки и конструирования узлов и блоков радиотехнического оборудования, обучение студентов различным методам исследований и анализу полученных результатов, а также развитие навыков самостоятельной творческой работы, что способствует успешному решению конкретных производственных задач и развитию творческой инициативы.

Методические указания предназначены для студентов при работе над индивидуальным заданием и при подготовке к его защите. Они также могут использоваться в процессе проведения консультаций, коллоквиумов и выработки единых критериев оценки заданий.

Данные методические указания ставят своей целью оказать помощь студентам в изучении физических эффектов и процессов лежащих в основе принципов действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов. Это требует овладения навыками самостоятельной работы с учебной и периодической литературой, с описаниями патентов и авторских свидетельств, умения самостоятельно излагать свои мысли и знания в процессе изучения дисциплины.

Раздел 1. Основы теории твердого тела

1.1 Содержание раздела

Строение твердых тел. Энергетические уровни и зоны. Собственная проводимость полупроводников. Глубокие уровни. Примесные полупроводники. Оптические и электрические свойства полупроводников. Жидкокристалльные приборы для отображения информации. Твист-эффект.

1.2 Методические указания по изучению раздела

В теме Основы теории твердого тела обращается внимание на энергетическую модель строения твердого тела, на энергетические уровни и зоны. Следует обратить внимание на образование зон из атомных уровней: модель Зоммерфельда и модель Блоха. Понятие зоны проводимости, валентной зоны и запрещённой зоны, их связь с атомарным представлением о строении кристаллических тел.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте понятие энергетических уровней
2. Сформулируйте понятие зоны проводимости, валентной зоны и запрещённой зоны

3. Охарактеризуйте носители заряда в полупроводнике
4. Понятие собственной и примесной проводимости
5. Понятие теплового пробоя полупроводника
6. Чему равно число дырок в идеальной кристаллической решетке
7. Понятие рекомбинации электронно-дырочных пар
8. Как зависит скорость генерации электронно-дырочных пар от температуры
9. Понятие полупроводника с донорной примесью
10. Понятие фотопроводимости полупроводника

Раздел 2. Физические эффекты в твердых и газообразных диэлектриках

2.1 Содержание раздела

Поляризация, электропроводность, диэлектрические потери, проницаемость. Электропроводность диэлектриков, диэлектрические потери, диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность, виды пробоя в диэлектриках. Сегнетодиэлектрики. Пьезоэлектрики. Активные диэлектрики. Электропроводность газообразных диэлектриков.

Электролюминесценция, катодолюминесценция

2.2. Методические указания по изучению раздела

В разделе обращается внимание на суть понятий Поляризация, электропроводность, диэлектрические потери, проницаемость. Следует обратить внимание на физику прохождения зарядов при внешнем напряжении, на энергетическую диаграмму электронно-дырочного перехода, на распределение напряженности и потенциала в полупроводнике, диэлектрике. Большое внимание следует уделить понятиям Сегнетодиэлектрики. Пьезоэлектрики. Активные диэлектрики. Электропроводность газообразных диэлектриков.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Поясните понятие поляризации
2. Что такое диэлектрические потери
3. Какова физика прохождения зарядов при внешнем напряжении
4. Приведите энергетическую диаграмму электронно-дырочного перехода
5. Приведите распределение напряженности и потенциала в полупроводнике
6. Что такое сегнетодиэлектрики
7. Назовите некоторые активные диэлектрики
8. От чего зависит электропроводность газообразных диэлектриков
9. Нарисуйте энергетическую диаграмму электролюминесценции

10. Что такое катодолюминесценция

Раздел 3. Физические эффекты в проводниках

3.1. Содержание раздела

Классификация проводников. Полукристаллические и аморфные металлы и сплавы. Особенности металлов в тонкопленочном состоянии. Сверхпроводящие проводники. Статический эффект Джозефсона. Применение сверхпроводимости. Контактная разность потенциалов, термоэдс.

3.2 Методические указания по изучению раздела

В разделе обращается внимание на особенности металлов в тонкопленочном состоянии, понятие сверхпроводимости и ее применение. Следует обратить внимание на контактную разность потенциалов и термоэдс.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Как проводится классификация проводников
2. Что такое полукристаллические и аморфные металлы и сплавы
3. Каковы особенности металлов в тонкопленочном состоянии
4. Условие сверхпроводимости
5. Назовите сверхпроводящие проводники
6. Объясните эффект Джозефсона
7. Применение сверхпроводимости
8. Контактная разность потенциалов
9. Понятие термоэдс
10. Назовите марки металлов для термопар

Раздел 4. Физические эффекты в магнитных материалах

4.1 Содержание раздела.

Магнитная структура доменов в кристаллах. Процесс намагничивания. Магнитный гистерезис, магнитная анизотропия. Зависимость параметров от температуры. Свойства магнитных материалов в СВЧ полях

4.2 Методические указания по изучению раздела

В разделе обращается внимание на особенности проявления магнетизма в металлах, кристаллах и магнитооптических материалах.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Поясните структуру доменов в кристаллах
2. Поясните процесс намагничивания
3. Что такое магнитный гистерезис?
4. Что такое магнитная анизотропия?
5. Как зависит намагничивание от температуры?
6. Понятие магнитного сопротивления
7. Магнитомягкие материалы
8. Частотные свойства магнитных материалов
9. Согласное и несогласное включение трансформаторов
10. Свойства магнитных материалов в СВЧ полях

Раздел 5 Физические основы процессов в полупроводниковых материалах

5.1. Содержание раздела

Зонная модель полупроводников (ПП). Вырожденные и невырожденные ПП. Уровень Ферми в ПП. Зависимость уровня Ферми от температуры, степени концентрации примеси. Понятие об электронно-дырочном переходе, типы переходов, токи в р-п-переходе. Прямо смещенный р-п-переход. Вольтамперные характеристики р-п перехода. Эффект поля.

5.2 Методические указания по изучению раздела

В данном разделе следует повторить энергетическую модель строения твердого тела, на энергетические уровни и зоны. Следует обратить внимание на образование зон из атомных уровней: модель Зоммерфельда и модель Блоха. Понятие зоны проводимости, валентной зоны и запрещенной зоны, их связь с атомарным представлением о строении кристаллических тел.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. Зонная модель полупроводников
2. Вырожденные и невырожденные полупроводники
3. Уровень Ферми
4. Зависимость уровня Ферми от температуры
5. Понятие об электронно-дырочном переходе
6. Типы переходов
7. Токи в р-п-переходе
8. Прямо смещенный р-п-переход
9. Вольтамперные характеристики р-п перехода
10. Эффект поля в полупроводнике

6 Темы для самостоятельного изучения

Темы для самостоятельного изучения дополняют и углубляют лекционный материал. Тематика самостоятельных работ предполагает анализ достижений в области радиоэлектроники. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований. Отчетность по разделам включается в индивидуальном задании. В таблице 6.1 приведено содержание разделов для самостоятельного изучения.

Таблица 6.1 - Содержание тем для самостоятельного изучения

№	Раздел	Тема самостоятельного изучения
1	Основы теории твердого тела	Оптические и электрические свойства полупроводников. Жидкокристалльные приборы для отображения информации. Твист-эффект
2	Физические эффекты в твердых и газообразных диэлектриках	Электропроводность газообразных диэлектриков. Электролюминесценция, катодолюминесценция.
3	Физические эффекты в проводниках	Применение сверхпроводимости. Контактная разность потенциалов, термо-эдс, эффекты.
4	Физические эффекты в магнитных материалах	Зависимость параметров от температуры. Свойства магнитных материалов в СВЧ полях
5	Физические основы процессов в полупроводниковых материалах	Вольтамперные характеристики p-n перехода. Эффект поля

По одной из выбранной тем студенты пишут реферат.

7 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Лабораторные работы проводятся циклическим и фронтальным методом согласно графика, установленного индивидуально для каждой студенческой бригады. При подготовке к лабораторной работе студент должен руководствоваться индивидуальным заданием, номер которого соответствует номеру, присвоенному бригаде. По мере освоения оборудования студентам могут поручаться индивидуальные работы в плане фрагментов научно- поисковых работ.

Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка

результатов.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с приборами, методами и схемами измерений. Исходя из возможностей лабораторного оборудования и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод проведения эксперимента, составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- схема установки или стенда;
- методика проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

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 лабораторной работы.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента на рабочем месте: они знакомятся со стендом, 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. 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.

В экспериментах, когда это важно, всегда следует ставить пробные опыты, которые преследуют несколько целей:

– экспериментатор «знакомится» с данным экспериментом. В каждом эксперименте своя методика и связанные с нею определенные, часто повторяющиеся операции, и экспериментатору необходимо поупражняться или попрактиковаться в их выполнении. Первые несколько измерений в эксперименте почти всегда менее надежны или менее ценны, чем последние. Обычно удается сэкономить время, если в начальный период работы

затратить часть его на то, чтобы найти наилучшие способы проведения измерений и записи результатов;

- проверяется работа отдельных элементов аппаратуры;
- определяется соответствующий интервал значений для каждой из величин, измеряющихся в данном эксперименте;
- оцениваются возможные ошибки в различных величинах.

В ходе пробного опыта следует провести некоторые предварительные измерения и составить план с указанием величин, которые необходимо измерять, и оценить время, необходимое на каждое такое измерение.

Прежде чем, приступить к систематическим измерениям, необходимо убедиться, что Вы знаете, как работает прибор, какая взаимосвязь между отдельными элементами установки или стенда, т.е. что чем регулируется. Разобраться в этом вопросе студенту поможет внимательное чтение инструкций, описаний приборов и частных методических указаний.

В каждом эксперименте очень важно сразу же записывать все сделанное. Все результаты измерений следует записывать немедленно и без какой-либо обработки. Не проводите никаких, даже самых простых, арифметических расчетов в уме, прежде чем записать результат измерения. Пересчет показаний прибора в истинное значение измеряемой величины выполняется в процессе обработки результатов измерений. При проведении и записи измерений хорошо проверить то, что Вы записали, взглянуть еще раз на прибор.

Все записи необходимо датировать и снабжать заголовками.

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

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, составленным по установленной форме. Он должен содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание (система, класс, цена деления и т.д.); краткое изложение методики, схемы опытов; таблицы данных измерений; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей; фрагмент конструкции соединения. Анализ результатов является важной частью отчета.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями;
- причины, обусловившие погрешности измерений и методы их устранения.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование статических вольтамперных характеристик диодов

2. Исследование статических вольтамперных характеристик биполярных транзисторов

3. Исследование статических вольтамперных характеристик полевых транзисторов

4. Исследование основных характеристик насыщенного транзисторного ключа

8 Практические занятия

На практических занятиях студенты приобретают навык моделирования и прогнозирования работы радиоэлектронных приборов. Студентам предлагается оценка граничных условий применения соотношений, умение составления программ для расчетов, умение сравнивать полученные результаты с аналогами и достижениями в данной области.

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы. Темы практических занятий приведены ниже:

№	Раздел, тема практик	Номер занятия, тема
1	Основы теории твердого тела	1. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях 2. Физические свойства полупроводников. Зонная теория 3. Оптические свойства полупроводников
2	Физические эффекты в твердых и газообразных диэлектриках	4. Электропроводность в полупроводниках 5. Эмиссия излучения, люминесценция
3	Физические эффекты в проводниках	6. Контактные явления в полупроводниках 7. Сверхпроводимость
4	Физические основы процессов в полупроводниковых материалах	8. Физические основы процессов в полупроводниковых материалах. Общие задачи
5	Итоговое занятие	Конференция

Заключение

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

1 Элементы зонной теории твердого тела. Разрешенные и запрещенные зоны. Чем отличаются металл, диэлектрик и полупроводник с точки зрения зонной теории?

2 Кристаллическая решетка твердого тела. Индексы Миллера кристаллографических плоскостей и направлений. Типы связей. Дефекты решетки.

3 Собственный полупроводник. Диаграмма энергетических уровней собственного германиевого (кремниевого) полупроводника.

4 Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы.

5 Электронный полупроводник. Диаграмма энергетических уровней германиевого (кремниевого) полупроводника.

6 Дырочный полупроводник. Диаграмма энергетических уровней германиевого (кремниевого) полупроводника.

7 Понятия об основных и неосновных носителях заряда. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Концентрация основных и неосновных носителей в собственном и примесном полупроводниках.

8 Распределение носителей по энергии. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми.

9 Электропроводность полупроводника. Дрейф, диффузия, подвижность носителей.

10 Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводниках.

11 Положение уровня Ферми в собственном и примесном полупроводниках. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примеси и температуры. Вырожденные и невырожденные полупроводники.

12 Контактная разность потенциалов.

13 Образование электронно-дырочного перехода. Методы формирования. Диаграмма энергетических уровней электронно-дырочного перехода.

14 $P-n$ -переход при подаче прямого напряжения. Явление инжекции основных носителей заряда. Диаграмма энергетических уровней.

15 $P-n$ -переход при подаче обратного напряжения. Явление экстракции неосновных носителей заряда. Диаграмма энергетических уровней.

16 Вольт-амперная характеристика идеального $p-n$ -перехода. Влияние температуры и ширины запрещенной зоны на вольт-амперную характеристику.

17 Вольт-амперная характеристика реального $p-n$ - перехода.

- 18 Физические явления в полупроводниках (туннельный эффект, ударная ионизация и т. д.), вызывающие отклонения от идеализированной модели.
- 19 Виды пробоя в электронно-дырочном переходе.
- 20 Туннельный и лавинный пробой обратно смещенного $p-n$ перехода.
- 21 Инерционные свойства перехода. Барьерная и диффузионная емкости. Эквивалентная схема $p-n$ перехода.
- 22 Работа выхода электронов.
- 23 Образование контакта металл-полупроводник. Диаграмма энергетических уровней омического контакта металл-полупроводник.
- 24 Образование контакта металл-полупроводник. Диаграмма энергетических уровней выпрямительного контакта металл-полупроводник. Диоды Шоттки.
- 25 Физические процессы в контактах полупроводников с различной шириной запрещенной зоны (гетеропереходах). Диаграмма энергетических уровней в состоянии равновесия и при подаче напряжения.
- 26 Фотоэлектрические явления в полупроводниках и переходах. Фотопроводимость и фотогальванический эффект.
- 27 Фотодиод.
- 28 Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Зеебека.
- 29 Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Пельтье.
- 30 Гальваномагнитный эффект Холла.
- 31 Электронная эмиссия. Виды электронной эмиссии.
- 32 Понятие о плазме и электрическом разряде в газе.
- 33 Физические процессы в электровакуумных, газоразрядных и индикаторных приборах.
- 34 Классификация приборов по функциональному назначению, используемым физическим явлениям, технологии изготовления, виду рабочей среды, по виду энергии, действующей на входе и выходе прибора.

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

ЭЛЕКТРОНИКА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к самостоятельной работе

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