

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

Кафедра электронных приборов

ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления
222900 - «Нанотехнологии и микросистемная техника»
(профиль - Нанотехнологии в электронике и микросистемной
технике)

Аксенов, Александр Иванович

Вакуумная и плазменная электроника = Вакуумная и плазменная электроника: методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 222900 - «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль – Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике) / А.И. Аксенов; 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, 2013. - 15 с.

Целью дисциплины является формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования полученных знаний при эксплуатации элементов, приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники, а также проектирования электронных схем на их основе.

Задачей дисциплины является формирование у студентов системы знаний в области физики работы вакуумных и плазменных приборов и устройств, способности строить простейшие физические и математические модели вакуумных и плазменных приборов, применять физико-математический аппарат для расчета и моделирования физических процессов, протекающих в них.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: способность проводить физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов с использованием современных компьютерных технологий (ПК-9); готовность применять знания о технических характеристиках и экономических показателях отечественных и зарубежных разработок материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-20).

Пособие предназначено для студентов очной формы, обучающихся по направления 222900 - «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль – Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике) по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника».

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
«__» _____ 2013 г.

ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления
210100.62 – «Электроника и наноэлектроника»
(профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника)

Разработчик
Доцент каф. ЭП
_____ А.И. Аксенов
«__» _____ 2013 г.

Содержание

Введение	5
Раздел 1 Эмиссионная электроника	6
1.1 Содержание раздела	6
1.2 Методические указания по изучению раздела	6
Раздел 2 Фотоэлектронные приборы	6
2.1 Содержание раздела	6
2.2 Методические указания по изучению раздела	7
2.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 3 Электронный поток	7
3.1 Содержание раздела	7
3.2 Методические указания по изучению раздела	7
3.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 4 Электронно-лучевые трубки	7
4.1 Содержание раздела	7
4.2 Методические указания по изучению раздела	8
4.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 5 Ионизированный газ и плазма	8
5.1 Содержание раздела	8
5.2 Методические указания по изучению раздела	8
5.3 Вопросы для самопроверки	9
8 Лабораторные работы	9
9 Практические занятия	10
10 Подготовка к контрольной работе	12
11 Темы для самостоятельного изучения	12
Заключение	12
Рекомендуемая литература	13

Введение

Целью дисциплины является формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования полученных знаний при эксплуатации элементов, приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники, а также проектирования электронных схем на их основе.

Задачей дисциплины является формирование у студентов системы знаний в области физики работы вакуумных и плазменных приборов и устройств, способности строить простейшие физические и математические модели вакуумных и плазменных приборов, применять физико-математический аппарат для расчета и моделирования физических процессов, протекающих в них.

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» относится к вариативным дисциплинам профессионального цикла БЗ.В.3 образовательной программы.

Для освоения дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» необходимы знания по математике, физике и электротехнике.

Знания, полученные по освоению дисциплины необходимы при изучении дисциплин «Твердотельная электроника», «Физические основы микро- и наносистемной техники», «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологий».

Изучение дисциплины направлено на формирование у магистрантов следующих профессиональных (ПК) и общекультурных компетенций (ОК):

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью проводить физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов с использованием современных компьютерных технологий (ПК-9);
- готовностью применять знания о технических характеристиках и экономических показателях отечественных и зарубежных разработок материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-20).

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать:

- основы физики вакуума, плазмы и твердого тела;
- принципы использования физических эффектов в вакууме и в плазме в приборах и устройствах вакуумной, плазменной электроники;
- конструкции, параметры и характеристики и методы моделирования приборов вакуумной и плазменной электроники;

уметь:

- применять методы расчета параметров и характеристик приборов вакуумной и плазменной электроники;
- применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;

- анализировать информацию о новых типах вакуумных и плазменных приборах;
- владеть:
 - методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;
 - современными программными средствами моделирования и проектирования приборов вакуумной и плазменной электроники;
 - методикой расчета основных узлов приборов вакуумной и плазменной электроники.

Раздел 1 Эмиссионная электроника

1.1 Содержание раздела

Основы электронной теории твердого тела. Среда, энергетическое состояние электрона в кристалле. Зонная структура металла, полупроводника, диэлектрика. Работа выхода. Термоэмиссия. Распределение эмитированных электронов по энергиям. Влияние внешнего электрического поля на потенциальный барьер. Автоэлектронная эмиссия, взрывная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия, ее закономерности. Распределение вторичных электронов по энергиям. Фотоэлектронная эмиссия, ее закономерности. Особенности спектральной характеристики полупроводников. Типы фотокатодов.

1.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Эмиссионная электроника» следует обратить внимание на общие понятия и на роль и место дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» в формировании специалиста.

Раздел 2 Фотоэлектронные приборы

2.1 Содержание раздела

Вакуумные фотоэлементы, параметры, характеристики, токопрохождение в вакуумном диодном промежутке. Фотоумножители, усиление тока, характеристики, параметры. Электронно-оптические преобразователи (ЭОПы), устройство, характеристики, параметры. Способы усиления в ЭОПах. Приборы ночного видения. Рентгеновские ЭОПы.

2.2 Методические указания по изучению раздела

2.3 Вопросы для самопроверки

Раздел 3 Электронный поток

3.1 Содержание раздела

Электронный поток, его формирование и транспортировка, интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки, способы формирования электронных потоков различной интенсивности (электронные пушки и прожекторы), транспортировка электронного потока и способы ограничения его поперечных размеров. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии. Способы, основанные на взаимодействии с внешними электромагнитными полями. Энергетический эффект взаимодействия. Способы, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами. Эффекты взаимодействия (катодолюминесценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев). Примеры использования в приборах вакуумной электроники.

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Электронный поток» следует обратить внимание на способы формирования электронного потока, его параметры и примеры использования в электронных приборах, конструкции электронных пушек, взаимодействие электронного потока с твердым телом

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные параметры электронного потока.
2. Как влияет электрическое поле на параметры электронного потока?
3. Как влияет магнитное поле на параметры электронного потока?
4. Приведите основные конструкции электронных прожекторов.

Раздел 4 Электронно-лучевые трубки

4.1 Содержание раздела

Электронный поток, его формирование и транспортировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки. Управление электронными потоками: электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов.

Квазистатические и динамические способы управления. Примеры использования в приборах вакуумной электроники. Токопрохождение в электронно-лучевой трубке, изменение энергии электрона. Осциллографические трубки. Специальные электронно-лучевые трубки. Запоминание сигнала. Кинескопы, цветное изображение. Передающие электронно-лучевые трубки, устройство, характеристики, параметры, требования. Суперортискон, видискон.

4.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Электронно-лучевые трубки» следует обратить внимание на конструкции электронных линз, систем ускорения и торможения электронного потока, применение электронных линз и систем ускорения в электронно-лучевых и фотоэлектронных приборах.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные типы и параметры электронных линз.
2. Назовите основные типы и параметры магнитных линз.
3. Назовите основные типы и параметры отклоняющих систем.
4. Приведите конструкции электронно-лучевых трубок.

Раздел 5 Ионизированный газ и плазма

5.1 Содержание раздела

Элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях, основные методы генерации плазмы, излучение плазмы, модели для описания свойств плазмы. Типы газовых разрядов, общие свойства плазмы, явления переноса, плазма в магнитном поле, колебания, неустойчивости, эмиссионные свойства плазмы, излучение плазмы, методы ускорения плазменных потоков. Диагностика параметров плазмы. Применение плазмы в электронике. Приборы тлеющего разряда, индикаторные панели, устройство, характеристики, параметры, области применения и схемы питания.

5.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Ионизированный газ и плазма» следует обратить внимание на взаимодействие потоков заряженных частиц с молекулами газа, типы столкновений, взаимодействие заряженных частиц между собой, законы движения частиц в плазме. При изучении раздела «Основные свойства плазмы» следует обратить внимание на типы газовых разрядов, их параметры и вольт-амперные характеристики, эмиссию

заряженных частиц из плазмы взаимодействие электрического и магнитного полей с плазмой

5.3 Вопросы для самопроверки

1. Что такое потенциал ионизации?
2. Что такое средняя длина свободного пробега заряженной частицы?
3. Назовите основные типы соударений.
4. Что такое плазма?
5. Параметры плазмы.
6. Что такое радиус Дебая?
7. Какая плазма считается квазинейтральной?
8. Назовите основные типы газовых разрядов.
9. Что такое плазменная граница?
10. Как влияет форма плазменной границы на формирование пучков заряженных частиц?
11. Какие виды газовых разрядов используются в источниках заряженных частиц?
12. Назовите основные параметры разрядов.
13. Назовите способы стабилизации положения катодных пятен.
14. Приведите конструкцию и параметры Холловского ускорителя

8 Лабораторные работы

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.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с приборами, методами и схемами измерений.

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 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, составленным по установленной форме, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание (система, класс, цена давления 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.

В результате проведения лабораторных работ студент приобретает способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения (ПК-9); способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-20).

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование фотоэлектронных приборов.
2. Исследование электронно-лучевой трубки с магнитным управлением.
3. Исследование тиратронов тлеющего разряда.

9 Практические занятия

На практических занятиях студенты приобретают навык расчета параметров вакуумных и плазменных приборов, моделирования конструкций электронных прожекторов. 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.

На практических занятиях студент приобретает способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения (ПК-9); способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-20).

Темы практических занятий приведены ниже:

1. Термоэлектронная эмиссия, фотоэлектронная эмиссия, вторичная эмиссия
2. Диодный промежуток, вакуумный и ионный фотоэлемент, многокаскадные ФЭУ.
3. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях
4. Отклоняющие и фокусирующие системы, токопрохождение в ЭЛТ
5. Тлеющий разряд

На практических занятиях проводятся тестовые опросы и контрольные работы.

Методические указания по решению задач

Материал пособия должен помогать закреплению теоретических знаний, а также вырабатывать навык в решении практических вопросов и задач.

Прежде чем решить задачу или ответить на поставленный вопрос, надо понять их сущность, физический смысл заданных величин, вспомнить физические процессы, законы и соотношения, относящиеся к данному вопросу.

Все аналитические решения следует проводить, используя общеизвестные физические законы, физические постоянные и физические системы единиц. Сначала надо написать исходные формулы, сделать, если это необходимо, соответствующие преобразования, получить конечные формулы, а затем подставить в эти формулы числовые значения и найти результат. Помните, что все физические величины в формуле должны быть в одной системе единиц. Не забывайте в ответе давать размерность полученной величины.

Ход всех преобразований и вычислений должен быть четко показан в решении задачи. Вычисления, как правило, достаточно делать до третьего знака, а в ряде случаев и до второго.

Полученный в виде числа ответ надо постараться проверить каким-либо способом. Полезно обратиться к справочной литературе и сравнить полученную величину с известными подобными величинами в справочнике. Если отличие в несколько порядков, то ищите ошибку в своем решении.

Примеры решения типичных задач и задачи для самостоятельного решения приведены в [11].

10 Подготовка к контрольной работе

Студенты выполняют две контрольных работы. Контрольные работы проводятся по следующим темам:

1. Электронная эмиссия.

2. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях

При выполнении контрольной работы каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающее в себя теоретическую часть (тестовый опрос) и три задачи, выбранные из предложенных задач для самостоятельного решения (задачи представлены в методическом указании к практическим занятиям по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника»).

11 Темы для самостоятельного изучения

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

1. Использование электронных потоков в приборах вакуумной электроники

2. Управление электронными потоками

3. Ионизованный газ и плазма

4. Основные методы генерации плазмы

5. Типы газовых разрядов, явления переноса

Студент пишет реферат по выбранной теме.

Заключение

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

1. Электронная эмиссия

2. Основы электронной теории твердого тела

3. Термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия
4. Электронный поток
5. Формирование и транспортировка электронных потоков
6. Электронные пушки и прожекторы
7. Примеры использования электронных пушек и прожекторов в приборах вакуумной электроники
8. Электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов
9. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии
10. Эффекты взаимодействия (катодолюминисценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев)
11. Ионизованный газ и плазма
12. Основные методы генерации плазмы
13. Типы газовых разрядов
14. Эмиссионные свойства плазмы
15. Диагностика параметров плазмы
16. Применение плазмы в электронике.

Рекомендуемая литература

- 1 Аксенов А.И., Злобина А.Ф., Окс Е.М. Вакуумная и плазменная электроника. Учебное пособие. – Томск ; ТУСУР, 2007 – 164 с.
- 2 Сушков А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие для вузов - СПб. : Лань, 2004. - 462 с
- 3 Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения: монография; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: Издательство научно-технической литературы, 2005. – 212 с.
- 4 Окс Е.М. Основы физики низкотемпературной плазмы. Методическое пособие. – Томск: ТУСУР, 1997. – 87 с.
- 5 Соболев В.Д. Физические основы электронной техники: Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 1979. – 448 с.
- 6 Фридрихов С.А., Мовнин С.Н. Физические основы электронной техники: Учебник для ВУЗов .-М.: Высшая школа, 1982. – 608 с.
- 7 Царев Б.М. Расчет и конструирование электронных ламп: учебное пособие . - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Энергия, 1967. – 670 с
- 8 Аксенов А.И. Исследование фотоэлектронных приборов.. Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2013. – 17 с. Препринт. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>
- 9 Аксенов А.И. Исследование электронно-лучевой трубки с магнитным управлением. Методические указания к лабораторной работе –

Томск: ТУСУР, 2013. – 14 с. Препринт. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

10 Аксенов А.И. Исследование тиратронов тлеющего разряда. Методические указания к лабораторной работе – Томск: ТУСУР, 2013. – 16 с. Препринт. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

11 Аксенов А.И., Злобина А.Ф. Вакуумная и плазменная электроника: методические указания к практическим занятиям Томск: ТУСУР, 2013. – 38 с. Препринт. <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Учебное пособие

Аксенов А.И.

Вакуумная и плазменная электроника

Методические указания по самостоятельной работе

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