

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

Е. И. Кротова

ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Учебное пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по специальности
Радиофизика и электроника*

Ярославль 2009

УДК 537.86
ББК 385.я73
К 83

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2009 года*

Рецензенты:

А. А. Мурашов, доктор технических наук, профессор ЯГТУ;
кафедра кибернетики ЯГТУ

К 83 Кротова, Е. И. Физическая электроника: учеб. пособие
/ Е. И. Кротова ; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Яро-
славль : ЯрГУ, 2009. – 132 с.
ISBN 978-5-8397-0663-7

Пособие посвящено анализу строения различных ве-
ществ, электронных и ионных процессов в вакууме, газах,
на поверхности раздела между твердыми телами и вакуу-
мом или газом; в нем рассмотрены элементы, устройство и
принципы работы различных электронных приборов.

Предназначено для студентов, обучающихся по специ-
альностям 010801 Радиофизика и электроника и 010800.62
Радиофизика (дисц. "Физическая электроника", блок ОПД,
ДС), очной и заочной форм обучения.

УДК 537.86
ББК 385.я73

ISBN 978-5-8397-0663-7 © Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова, 2009

Памяти матери посвящаю

Введение

Физическая электроника изучает электронные и ионные процессы в вакууме, газах и полупроводниках, на поверхности раздела между вакуумом или газом и твердыми телами. Кроме того, эта область науки предусматривает изучение устройства и принципов работы различных электронных приборов.

Электронные приборы используются в автоматике, телемеханике, проводной связи, звуковом кино, атомной и ракетной технике, астрономии, метеорологии, геофизике, медицине, биологии, физике, химии, металлургии, машиностроении, различных областях измерительной техники и т. д.

Фундамент электроники был заложен физиками XVIII и XIX вв. Электрические разряды исследовали в России М. В. Ломоносов и Г. В. Рихман. Академик В. В. Петров открыл электрическую дугу. Прохождение тока в газах исследовали в Англии Д. Д. Томсон, Ф. У. Астон; в Германии – Г. И. В. Гейслер, Ю. Плюккер и другие ученые. Русский электротехник А. Н. Лодыгин и независимо от него американский исследователь Т. А. Эдисон изобрели первый электровакуумный прибор – лампу накаливания. П. Н. Яблочков применил электрическую дугу для освещения.

Большой вклад в развитие электронной теории внесли исследование Г. Р. Герцем электромагнитных волн, открытие фотоэлектрического эффекта. В России законы фотоэффекта были сформулированы А. Г. Столетовым. Термоэлектронная эмиссия была открыта Т. А. Эдисоном, детально она была исследована О. У. Ричардсоном. К. Ф. Браун создал первую электронно-лучевую трубку с холодным катодом.

Использование электронных приборов началось с применением Д. А. Флемингом двухэлектродной лампы с накальным катодом для выпрямления высокочастотных колебаний.

В 1907 г. американский инженер Л. Форес создал первый триод. В этом же 1907 г. профессор Петербургского технологического института Б. Л. Розинг предложил использовать электронно-лучевую трубку для приема изображений. В 1918–1919 гг. М. А. Бонч-Бруевич разработал теорию триода, теорию усиления электрических колебаний с помощью триода. В 1920-е и 1930-е гг. были созданы газоразрядные и фотоэлектронные приборы. После Второй мировой войны началось бурное развитие полупроводниковой электроники. Продолжалось исследование электрических свойств различных веществ, жидких кристаллов, плазмы.

Следуя исторической хронологии развития электроники, мы излагаем учебный материал от общетеоретических вопросов к практической реализации и современным перспективам развития данной отрасли науки.

Первые три главы содержат краткие теоретические сведения, необходимые для описания электронных явлений. В последующих главах наряду с теоретическими сведениями читатель знакомится с конкретными электронными, ионными, фотоэлектронными, квантовыми приборами, их устройством, конструкциями и применением. Кроме того, в последней главе рассмотрены современные перспективные жидкокристаллические материалы для формирования визуальной информации.

Каждая глава снабжена вопросами для самоконтроля. Это удобно как для контроля знаний студентами очной формы обучения, так и для студентов-заочников, которые не имеют возможности ежедневно посещать учебные занятия.

Глава 1. Электронные явления в различных средах. Модели атома

1.1. Основы молекулярно-кинетической теории

Молекулярно-кинетическая теория объясняет свойства макроскопических тел и тепловых процессов, протекающих в них, на основе представлений о том, что все тела состоят из отдельных, беспорядочно движущихся частиц.

Основные понятия молекулярно-кинетической теории:

Атом – наименьшая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств. Размеры атома порядка 10^{-10} м.

Молекула – наименьшая устойчивая частица данного вещества, обладающая его основными свойствами и состоящая из атомов, соединенных между собой химическими связями. Размеры молекул $10^{-10} - 10^{-7}$ м.

Макроскопическое тело – тело, состоящее из очень большого количества частиц.

Все вещества могут существовать в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Четвертым состоянием вещества часто считают плазму. Переходы из одного состояния в другое сопровождаются скачкообразным изменением ряда физических свойств (плотности, теплопроводности и др.).

Агрегатное состояние зависит от физических условий, в которых находится вещество. Существование вещества в нескольких агрегатных состояниях обусловлено различиями в тепловом движении его молекул (атомов) и в их взаимодействии при разных условиях.

Газ – агрегатное состояние вещества, в котором частицы не связаны или весьма слабо связаны силами взаимодействия; кинетическая энергия теплового движения его частиц (молекул, атомов) значительно превосходит потенциальную энергию взаимодействия между ними, поэтому частицы движутся почти свободно, целиком заполняя сосуд, в котором находятся, и принимают его форму. Любое вещество можно перевести в газообразное состояние, изменяя давление и температуру.