



中等职业学校电类专业基础课系列教材  
根据教育部最新教学指导方案编写

# 电子技术

DIANZI JISHU

主 编 陈光华



电子工业出版社

中等职业学校电类专业基础课系列教材

# 电子技术

主 编 陈光华

电子科技大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术 / 陈光华主编. — 成都: 电子科技大学出版社,

2007.7

ISBN 978-7-81114-549-6

I. 电… II. 陈… III. 电子技术—专业学校—教材

IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 111435 号

## 内 容 提 要

本教材是为了适应当前中职电子技术教学形势而编写。教材内容包括: 常用半导体元器件、放大电路、差分放大电路与功率放大电路、运算放大器及其应用、电源电路、电力电子器件及其应用、数字电路及其应用基础、脉冲波形的产生和变换以及相应技能训练。

本书以“讲透基本原理, 打好电路基础”为宗旨, 强调物理概念的描述, 避免复杂的数学推导。在若干知识点的阐述方面、内容取舍方面等期望解决初学者的入门难问题。

本书可作为中等职业学校学生的一门电子技术基础课教材, 也适用于期望掌握基本概念、了解电路基本知识的其他学生。

## 电 子 技 术

主编 陈光华

---

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 周 岚

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川墨池印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 11.5 字数 284 千字

版 次: 2007 年 7 月第一版

印 次: 2007 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-549-6

定 价: 17.00 元

---

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页 [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn) “下载专区” 电子邮箱: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)

# 前 言

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设计划，我们根据教育部颁发的中等职业学校《电子技术教学大纲》编写了本书。

电子电路是指含有电子器件且能够完成某种电路功能的实用电路。半导体二极管、三极管和集成电路是最常用的电子器件。在本书编排过程中，把模拟电子电路与数字电子电路统称为电子技术，其中模拟电子电路（简称模电）是处理随时间连续变化的信号，而数字电子电路（简称数电）是处理在时间和数量上都离散变化的信号。

电子电路是学生第一次接触到的一门工程型、技术型、实用型而非理论型的课程，它与先修课程“电路分析基础”有很大的差别。后者是讲述模型化电路，而电路的结构、元件的取值不同并不影响分析方法的学习。但电子电路却是具有一定实用功能，因此在教材中我们特别强调实用性、工程性。并且对中职教学而言，我们不能过多强调理论教学，而是在实践中总结和巩固理论知识，这也是本教材的一大特色。

我们总结多年从事电子技术的教学经验，引导初学者边学边实践，希望大家早日走进电子技术神秘殿堂，体验奇妙无比的电子制作乐趣。

本教材是由四川邮电职业技术学院陈光华担任主编。陈光华编写了第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章；第七章、第八章以及实验技能训练是由四川邮电职业技术学院马康波编写。

为了方便教学，我们免费为使用本套教材的师生提供电子教学参考资料包：

- ◆ PowerPoint 多媒体课件
- ◆ 习题参考答案
- ◆ 教材中的程序源代码
- ◆ 教材中涉及的实例制作的各类素材

有需要的教师可以登录教学支持网站免费下载。在教材使用中有什么意见或建议也可以直接和我们联系，电子邮箱地址：[scqcwh@163.com](mailto:scqcwh@163.com)。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中的错误和不妥之处在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 常用半导体元器件 .....    | 1  |
| 1.1 半导体的基础知识 .....      | 1  |
| 1.1.1 半导体材料 .....       | 1  |
| 1.1.2 本征半导体 .....       | 1  |
| 1.1.3 杂质半导体 .....       | 2  |
| 1.1.4 PN 结的基本特征 .....   | 3  |
| 1.2 半导体二极管 .....        | 4  |
| 1.2.1 二极管的结构及符号 .....   | 4  |
| 1.2.2 二极管的伏安特性 .....    | 5  |
| 1.2.3 二极管的主要参数 .....    | 6  |
| 1.2.4 特殊二极管简介 .....     | 7  |
| 1.3 半导体三极管 .....        | 9  |
| 1.3.1 三极管的结构和分类 .....   | 10 |
| 1.3.2 半导体三极管的放大作用 ..... | 11 |
| 1.3.3 半导体三极管的特性曲线 ..... | 12 |
| 1.3.4 三极管的主要参数 .....    | 14 |
| 1.3.5 三极管的简易测试 .....    | 15 |
| *1.4 绝缘栅型场效应管 .....     | 17 |
| 1.4.1 增强型绝缘栅型场效应管 ..... | 18 |
| 1.4.2 耗尽型绝缘栅型场效应管 ..... | 19 |
| 1.4.3 场效应管使用注意事项 .....  | 20 |
| 1.4.4 场效应管与三极管的比较 ..... | 21 |
| 【本章小结】 .....            | 21 |
| 【习题】 .....              | 22 |
| 第 2 章 放大电路 .....        | 23 |
| 2.1 放大电路的基本概念 .....     | 23 |
| 2.2 共发射极基本放大电路 .....    | 25 |
| 2.3 共集电极放大电路 .....      | 30 |
| 2.3.1 静态分析 .....        | 31 |
| 2.3.2 动态分析 .....        | 31 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| *2.4 场效应管放大电路 .....                | 33 |
| 2.5 多级放大电路 .....                   | 35 |
| 2.5.1 多级放大电路的耦合方式 .....            | 35 |
| 2.5.2 多级放大电路的性能指标估算 .....          | 37 |
| 【本章小结】 .....                       | 37 |
| 【习题】 .....                         | 38 |
| *第3章 差分放大电路与功率放大电路 .....           | 40 |
| 3.1 差分放大电路 .....                   | 40 |
| 3.1.1 差动放大电路的电路结构与工作原理 .....       | 40 |
| 3.1.2 差动放大电路的性能指标 .....            | 44 |
| 3.1.3 差动放大电路的其他几种接法 .....          | 44 |
| 3.2 功率放大电路的特点及分类 .....             | 46 |
| 3.2.1 功率放大电路的特点 .....              | 47 |
| 3.2.2 功率放大电路的分类 .....              | 47 |
| 3.2.3 双电源互补对称功率放大电路 (OCL 电路) ..... | 48 |
| 3.2.4 单电源互补对称功率放大电路 (OTL 电路) ..... | 51 |
| 3.2.5 复合互补对称功率放大电路 .....           | 51 |
| 【本章小结】 .....                       | 53 |
| 【习题】 .....                         | 54 |
| 第4章 运算放大器及其应用 .....                | 56 |
| 4.1 概述 .....                       | 56 |
| 4.1.1 集成运放的组成 .....                | 56 |
| 4.1.2 集成运放的符号 .....                | 57 |
| 4.1.3 集成运放的分类 .....                | 57 |
| 4.1.4 集成运放的主要参数 .....              | 57 |
| 4.2 负反馈电路 .....                    | 58 |
| 4.2.1 反馈的基本概念 .....                | 58 |
| 4.2.2 负反馈对放大器性能的影响 .....           | 62 |
| 4.3 集成运算放大器的分析与应用 .....            | 64 |
| 4.3.1 集成运算放大器的理想特性与工作状态 .....      | 64 |
| 4.3.2 集成运放工作于线性区与非线性区的概念 .....     | 66 |
| 4.4 基本运算电路 .....                   | 67 |
| 4.4.1 比例运算 .....                   | 67 |
| 4.4.2 加法运算 .....                   | 69 |
| 4.4.3 减法运算 .....                   | 70 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| *4.4.4 微积分运算 .....         | 71  |
| 4.5 电压比较器和正弦波振荡电路 .....    | 73  |
| 4.5.1 电压比较器 .....          | 73  |
| *4.5.2 正弦波振荡电路 .....       | 76  |
| 4.6 集成运放的使用注意事项 .....      | 78  |
| 4.6.1 集成运放的封装及引脚排列 .....   | 78  |
| 4.6.2 集成运放使用注意事项 .....     | 79  |
| 【本章小结】 .....               | 80  |
| 【习题】 .....                 | 80  |
| 第5章 电源电路 .....             | 83  |
| 5.1 整流滤波电路 .....           | 83  |
| 5.1.1 整流电路 .....           | 83  |
| 5.1.2 滤波电路 .....           | 85  |
| 5.2 直流稳压电路 .....           | 87  |
| 5.2.1 硅稳压管并联型稳压电路 .....    | 87  |
| 5.2.2 串联型稳压电路 .....        | 88  |
| 5.2.3 集成稳压器及应用 .....       | 90  |
| 【本章小结】 .....               | 92  |
| 【习题】 .....                 | 92  |
| 第6章 电力电子器件及其应用 .....       | 94  |
| 6.1 电力电子技术简介 .....         | 94  |
| 6.1.1 电力电子技术的发展 .....      | 94  |
| 6.1.2 电力电子技术的应用 .....      | 94  |
| 6.2 晶闸管的结构和工作原理 .....      | 95  |
| 6.2.1 晶闸管的结构 .....         | 95  |
| 6.2.2 晶闸管的工作原理 .....       | 96  |
| 6.2.3 晶闸管的伏安特性 .....       | 97  |
| 6.3 单相可控整流电路 .....         | 98  |
| 6.3.1 单相半波可控整流电路 .....     | 98  |
| 6.3.2 单相桥式全控整流电路 .....     | 100 |
| 6.4 晶闸管的触发电路 .....         | 104 |
| 6.4.1 对晶闸管的触发电路的要求 .....   | 105 |
| 6.4.2 单结晶体管组成的触发电路 .....   | 105 |
| 6.5 新型电力电子器件 .....         | 108 |
| 6.5.1 门极可关断晶闸管 (GTO) ..... | 108 |

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| 6.5.2 大功率晶体管 (GTR) .....                                  | 108        |
| 6.5.3 功率场效应晶体管 (功率 MOSFET) .....                          | 109        |
| 6.5.4 绝缘栅双极型晶体管 (Insulated-gate Bipolar Transistor) ..... | 109        |
| 【本章小结】 .....                                              | 111        |
| 【习题】 .....                                                | 112        |
| <b>第7章 数字电路及其应用基础</b> .....                               | <b>113</b> |
| 7.1 数字电路的概念 .....                                         | 113        |
| 7.2 数制与码制 .....                                           | 113        |
| 7.2.1 数制 .....                                            | 113        |
| 7.2.2 码制 .....                                            | 115        |
| 7.3 逻辑关系及其描述方法 .....                                      | 116        |
| 7.3.1 基本逻辑关系 .....                                        | 116        |
| 7.3.2 常见的几种复合逻辑关系 .....                                   | 117        |
| 7.4 常用中规模集成组合逻辑电路 .....                                   | 118        |
| 7.4.1 组合逻辑电路概述 .....                                      | 119        |
| 7.4.2 编码器 .....                                           | 119        |
| 7.4.3 译码器 .....                                           | 121        |
| 7.4.4 数据选择器和数据分配器 .....                                   | 122        |
| 7.4.5 加法器 .....                                           | 123        |
| 7.5 触发器 .....                                             | 124        |
| 7.5.1 RS 触发器 .....                                        | 125        |
| 7.5.2 JK 触发器 .....                                        | 127        |
| 7.5.3 D 触发器 .....                                         | 128        |
| 7.6 寄存器与计数器 .....                                         | 129        |
| 7.6.1 时序逻辑电路概述 .....                                      | 129        |
| 7.6.2 移位寄存器 .....                                         | 130        |
| 7.6.3 二进制计数器 .....                                        | 132        |
| 7.6.4 十进制计数器 .....                                        | 134        |
| 7.6.5 任意进制计数器 .....                                       | 135        |
| 【本章小结】 .....                                              | 137        |
| 【习题】 .....                                                | 137        |
| <b>第8章 脉冲波形的产生和变换</b> .....                               | <b>139</b> |
| 8.1 施密特触发器 .....                                          | 139        |
| 8.1.1 用门电路构成的施密特触发器 .....                                 | 139        |
| 8.1.2 集成施密特触发器 .....                                      | 140        |

---

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 8.1.3 施密特触发器的应用 .....          | 141 |
| 8.2 555 集成定时器 .....            | 142 |
| 8.2.1 555 集成定时器的内部电路 .....     | 142 |
| 8.2.2 由 555 定时器构成的多谐振荡器 .....  | 143 |
| 8.2.3 由 555 定时器构成的单稳态触发器 ..... | 144 |
| 8.2.4 由 555 定时器构成的施密特触发器 ..... | 145 |
| 【本章小结】 .....                   | 146 |
| 【习题】 .....                     | 146 |
| 实验技能训练 .....                   | 147 |

# 第 1 章 常用半导体元器件

## 1.1 半导体的基础知识

### 【学习目标】

1. 了解半导体基础知识。
2. 掌握 PN 结基本特征。

### 1.1.1 半导体材料

自然界中的各种物质，按导电能力划分为：导体、绝缘体、半导体。导电能力强的物质称为导体。导体在常温下，其内部就有大量可以自由移动的带电粒子，因此具有良好的导电性，例如：铜、铝、银、铁等就是导体。导电能力差的物质称为绝缘体。绝缘体内几乎没有可以自由移动的带电粒子，因此几乎不能导电，例如：橡胶、陶瓷、云母、塑料等就是绝缘体。所谓半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的一种物质。在电子设备中应用最普遍的半导体器件（如晶体二极管、晶体三极管、集成电路等）就是由半导体材料制成的。常用的半导体材料有：元素半导体，如硅（Si）、锗（Ge）等；化合物半导体，如砷化镓（GaAs）等；掺杂或制成其他化合物半导体材料，如硼（B）、磷（P）、铟（In）和锑（Sb）等。

用半导体材料制作电子元器件，不是因为它的导电能力介于导体和绝缘体之间，而是由于其导电能力会随温度、光照或掺入杂质的多少发生显著的变化，这就是半导体材料的热敏性、光敏性和杂敏性。

### 1.1.2 本征半导体

本征半导体是一种完全纯净的、结构完整的半导体晶体。制造半导体器件的半导体材料的纯度要达到 99.9999999%，常称为“九个 9”。在电子器件中，最常用的半导体材料有：硅和锗。硅和锗都是 4 价元素，最外层原子轨道上具有 4 个电子，称为价电子，如图 1-1 所示。在热力学温度为零开（ $T=0\text{K}$ ，相当于 $-273.16^{\circ}\text{C}$ ）时，价电子不能挣脱共价键的束缚，也就不能自由移动，所以共价键内的价电子又称为束缚电子。因此，本征半导体内虽然有大量的价电子，但没有自由电子，此时半导体是不导电的。但是，一旦温度升高或受光照射时，价电子以热运动的形式不断从外界获得一定的能量，少数价电子因获得的能量较大而挣脱共价键的束缚，成为自由电子，同时在原来共价键的相应位置上留下一个空位，这个空位称为空穴。空穴的出现是半导体区别于导体的一个重要特点。

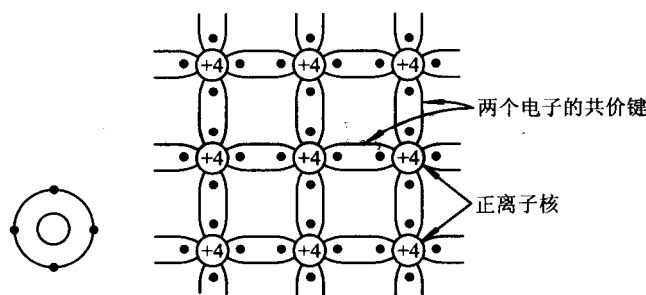


图 1-1 硅或锗的共价键结构示意图

显然，自由电子和空穴是成对出现的，所以称它们为电子空穴对。在本征半导体中，电子与空穴的数量总是相等的。我们把在热或光的作用下，本征半导体中产生电子空穴对的现象，称为本征激发，又称为热激发。我们认为空穴是一种带正电荷的载流子，它所带电荷和电子相等，符号相反。由此可见，本征半导体中存在两种载流子——电子和空穴，金属导体中只有一种载流子——电子。

### 1.1.3 杂质半导体

在本征半导体中通过特殊的工艺掺入微量的杂质，就会使半导体的导电性能发生显著变化，这种半导体被称为杂质半导体。杂质的掺入量可为一千万分之一到一百万分之一。根据掺入杂质的化合价不同，可以将掺杂半导体分为 N 型和 P 型两大类。

#### 1. P 型半导体

在硅（或锗）的晶体中掺入微量的 3 价元素（如硼、铝和镓等）后，杂质原子也散布于硅原子中，且替代了晶体点阵中某些位置上的硅原子，就可成为 N 型半导体。3 价元素的最外层原子轨道上有 3 个价电子，在与相邻的硅（或锗）的外层电子形成共价键时，因缺少一个电子便形成一个空穴，相当于一个带正电的载流子。P 型半导体中多数载流子是空穴，又称多子；少数载流子是电子，又称少子。

需要强调的是，P 型半导体总体上仍为电中性，其多子（空穴）的浓度取决于所掺杂质的浓度，而少子（电子）是由本征激发所产生的。

#### 2. N 型半导体

在硅（或锗）的晶体中掺入 5 价元素（如磷、砷、锑等）后，磷原子将散布于硅原子中，且替代了晶体点阵中某些位置上的硅原子，就可成为 N 型半导体。5 价元素的最外层原子轨道上有 5 个价电子，其中 4 个与相邻的硅（或锗）的外层电子形成共价键，但可以剩余 1 个价电子成为自由电子。N 型半导体中多数载流子是电子，又称多子；少数载流子是空穴，又称少子。

单纯的 P 型或 N 型半导体，仅仅是导电能力增强了，还不能构成半导体器件。若将这两种半导体相互紧密结合，则在两种半导体的交界处附近形成一层薄薄的特殊导电层——PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的基础，下面就介绍 PN 结的基本特征。

### 1.1.4 PN 结的基本特征

#### 1. PN 结的形成

在一块完整的晶片上,通过一定的掺杂工艺,一边形成P型半导体,一边形成N型半导体。在P型和N型半导体交界面的两侧,由于载流子浓度的差别,N区的电子必然向P区扩散,P区的空穴则向N区扩散。N区一侧因失去电子而留下不能移动的正离子,而P区一侧则失去空穴留下不能移动的负离子,这些离子被固定排列在晶格上,不能自由运动,所以并不参与导电。这样,在界面两侧形成一个带异性电荷的离子层,称为空间电荷区,并产生内电场,其方向是从N区指向P区。内电场的建立阻碍了多数载流子的扩散运动,随着内电场的加强,多子的扩散运动逐步减弱,直到停止,在界面形成一个稳定而特殊的动态平衡的薄层,即PN结。因为在空间电荷区内多数载流子已扩散到对方并复合掉了,或是消耗尽了,因此空间电荷区又称为耗尽层。

#### 2. PN 结的特性

##### (1) PN 结的正偏

给PN结两端外加电压,若P型的电位高于N型的电位,称为PN结正向偏置,简称正偏。如图1-2(a)所示。此时,外加电场的方向与PN结的内电场方向相反,使之削弱甚至抵消,这样有利于多数载流子的扩散运动,形成正偏电流。我们称之为PN结正向导通。

##### (2) PN 结的反偏

给PN结两端外加电压,若N型的电位高于P型的电位,称为PN结反向偏置,简称反偏。如图1-2(b)所示。此时,外加电场的方向与PN结的内电场方向相同,使之增强,更加阻碍了多子的运动。在外电场的作用下,只有少数载流子形成很微弱的电流,称为反向电流。通常由于此电流很小而可以忽略,我们称之为PN结反向截止。

综上所述,PN结正偏时导通,PN结反偏时截止,具有单向导电性。

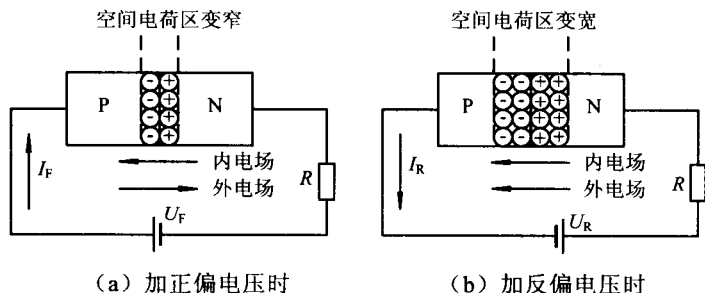


图 1-2 PN 结的单向导电性

#### 【思考与练习】

1. 什么叫本征半导体?
2. 杂质半导体分为哪几种? 具有哪些主要特性?
3. 指出PN结反偏时内电场方向及所加外电压方向。

## 1.2 半导体二极管

### 【学习目标】

1. 理解二极管的特性曲线和主要参数。
2. 了解几种特殊二极管的功能和常用知识。

### 1.2.1 二极管的结构及符号

半导体二极管又称为晶体二极管，简称二极管。如图 1-3 所示为常用的二极管实物图。

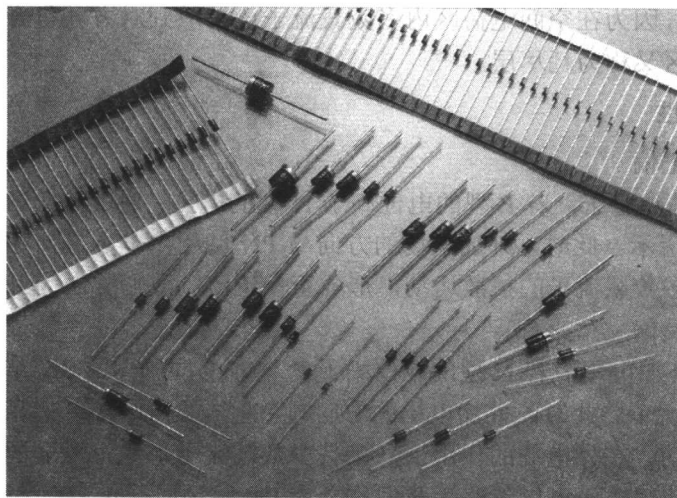


图 1-3 常用二极管实物图

#### 1. 结构符号

在已形成 PN 结的 P 型与 N 型半导体上，分别引出金属引线，外面用金属（玻璃或塑料等）加以封装，便构成了一只二极管。其中从 P 区引出的为正极（阳极），从 N 区引出的为负极（阴极）。二极管的结构与符号如图 1-4 所示，箭头的指向为正偏电流的方向。



图 1-4 二极管的结构和电路符号

#### 2. 二极管的类型

- (1) 按材料分：有硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等。
- (2) 按结构分：（根据 PN 结面积大小）有点接触型二极管、面接触型二极管。

- (3) 按用途分：有整流、稳压、开关、发光、光电、变容、阻尼等二极管。
- (4) 按封装形式分：有塑封、金属封等二极管。
- (5) 按功率分：有大功率、中功率和小功率等二极管。

## 1.2.2 二极管的伏安特性

### 1. 二极管的特性曲线

半导体二极管的核心是 PN 结，它的特性就是 PN 结的特性——单向导电性。常利用伏安特性曲线来形象地描述二极管的单向导电性。所谓伏安特性，是指二极管两端电压和流过二极管电流的关系。借助曲线的表示方式，可以更准确、更全面地了解二极管的特性。二极管的伏安特性曲线如图 1-5 所示。

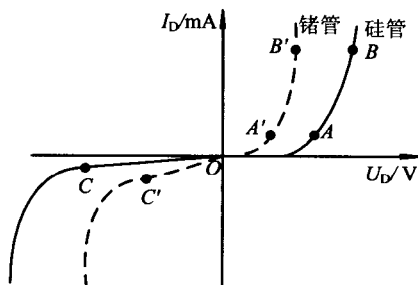


图 1-5 二极管的伏安特性

#### (1) 正向特性

二极管两端加正向电压时，会产生正向电流。若正向电压较小（尚未克服 PN 结的内电场），则正向电流极小（几乎为零），这一部分称为死区，如图所示  $A$  ( $A'$ ) 点的电压称为死区电压（或阈值电压）。该电压值与二极管的材料有关，对于硅管约为  $0.5\text{ V}$ （如图中  $OA$  段），对于锗管约为  $0.1\text{ V}$ （如图中  $OA'$  段）。

一旦正向电压超过阈值电压，正向电流便会急剧增大，二极管呈现很小电阻而处于导通状态。此时二极管的特点为：硅管的正向导通压降约为  $0.6\sim 0.7\text{ V}$ （如图中  $AB$  段），锗管的正向导通压降约为  $0.2\sim 0.3\text{ V}$ （如图中  $A'B'$  段）。

需要注意的是，二极管正向导通时，通过它的正向电流不能超过其允许值，否则将烧坏管子。

#### (2) 反向特性

二极管两端加反向电压时，在开始较大范围内，二极管相当于很大的电阻，其反向电流很小，且基本不随反向电压而变化。此时的电流称为反向饱和电流。

当二极管的反向电压到达一定数值时，反向电流会急剧增大，管子被反向击穿。此时对应的电压称为反向击穿电压，一般用  $U_{BR}$  表示。

综上所述，可将值很小的反向电流忽略，二极管具有单向导电性。

### 2. 温度对特性的影响

二极管的核心是一个 PN 结，它的导电性能与温度有关。温度升高时二极管正向特性曲

线左移动, 正向压降减小; 反向特性曲线向下移动, 反向电流增大。

### 1.2.3 二极管的主要参数

#### 1. 最大整流电流 $I_F$

最大整流电流  $I_F$  指二极管长期工作时, 允许通过的最大正向平均电流。使用二极管时, 正向平均电流不能超过此值, 否则会烧坏管子。

## 知识窗

### 二极管的简易测试

根据二极管的单向导电性可知: 二极管正向电阻小, 反向电阻大。利用这一特点可以用万用表的电阻挡大致判断二极管的电极、材料及好坏。

将万用表拨到电阻挡的  $R \times 100$  或  $R \times 1k$ , 此时万用表的红表笔接的是表内电池的负极, 黑表笔接的是表内电池的正极。因此当黑表笔接至二极管的正极、红表笔接至负极时为正向连接, 二极管会导通。具体的测量方法是: 将万用表的红、黑表笔分别接在二极管两端, 如图 1-6 (a) 所示, 若测得电阻比较小 (几千欧以下), 再将红、黑表笔对调后连接在二极管两端, 如图 1-6 (b) 所示, 而测得的电阻比较大 (几百千欧), 说明二极管具有单向导电性, 质量良好。测得电阻小的那一次黑表笔接的是二极管的正极。

一般来讲, 如果测得二极管的正向电阻大于  $3k\Omega$ , 则该二极管为硅二极管, 否则为锗二极管。

如果测得二极管的正、反向电阻都很小, 甚至为零, 表示管子内部已短路。

如果测得二极管的正、反向电阻都很大, 则表示管子内部已断路。

上述两种情况都不是正常状态。

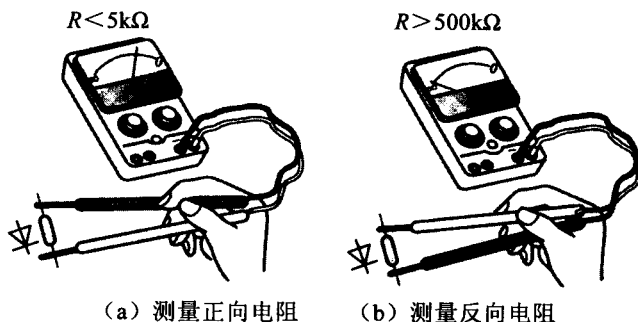


图 1-6 晶体二极管的测量

在线测试时, 正向压降在  $0.2 \sim 0.3V$  为锗管, 正向压降在  $0.6 \sim 0.7V$  为硅管。

## 2. 最大反向工作电压 $U_{RM}$

最大反向工作电压  $U_{RM}$  指二极管正常工作时, 所能承受的最大反向电压(峰值)。通常手册上给出的最大反向工作电压是击穿电压的一半左右。

## 3. 反向饱和电流 $I_R$

反向饱和电流  $I_R$  是指在规定的反向电压和室温下所测得的反向电流值。 $I_R$  越小, 说明管子的单向导电性越好。

## 4. 二极管的直流电阻 $R$

二极管直流电阻  $R$  是指加在二极管两端的直流电压与流过二极管的直流电流的比值。二极管的正向电阻较小, 约几欧到几千欧, 其反向电阻很大, 一般可达零点几兆欧以上。

## 5. 最高工作频率 $f_M$

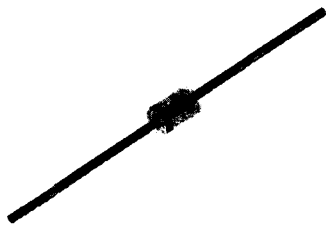
最高工作频率  $f_M$  是指二极管正常工作时的上限频率值。超过此值, 二极管的单向导电性变差。

# 1.2.4 特殊二极管简介

二极管的种类很多, 从功能上看, 除了上述的普通二极管外, 还有专供特殊用途的二极管, 如稳压二极管、发光二极管、光敏二极管、变容二极管等。

## 1. 稳压二极管

利用二极管的反向击穿特性, 可将二极管做成一种特殊二极管, 即稳压二极管(简称稳压管)。它是用硅材料制成的半导体二极管, 由于其具有稳定电压的特点, 在稳压设备和一些电子电路中经常用到。需要注意的是, 稳压二极管要工作在反向击穿区才有稳压的作用。它的实物图以及电路符号如图 1-7 所示。



(a) 实物



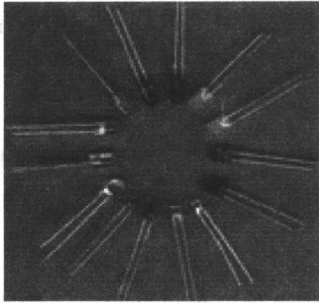
(b) 电路符号

图 1-7 稳压二极管

## 2. 发光二极管

发光二极管与普通二极管一样, 也是由 PN 结构成的, 同样具有单向导电性, 但在正向导通时能发光, 所以它是一种把电能转换成光能的半导体器件。发光二极管是利用元素周期表中 III、V 族元素的化合物制造而成。如利用波长为  $655 \times 10^{-9} \text{m}$  磷砷化钾制成的二极管发出红光, 用光波长为  $583 \times 10^{-9} \text{m}$  磷砷化钾制成的二极管发出黄光, 用波长为  $565 \times 10^{-9} \text{m}$  磷化镓制成的二极管发出绿光。发光二极管的死区电压比普通二极管高, 发光强度与正向电流的

大小成正比。使用时应加正向电压，并接入适当的限流电阻。普通发光二极管常用做显示器件，如各种电子设备的电源指示灯、手机背景灯等。红外线发光二极管由砷化镓（GaAs）等半导体材料制成，发射一定波长的红外线光，已应用于各种遥控发射器中。发光二极管的实物图和电路符号如图 1-8 所示。



(a) 实物

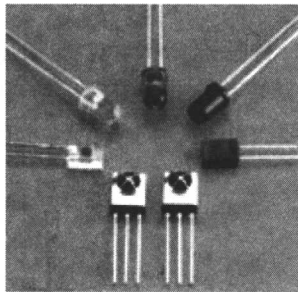


(b) 电路符号

图 1-8 发光二极管

### 3. 光敏二极管

光敏二极管是利用半导体的光敏特性制造的光接收器件，它能将光信号转换为电信号。为了便于接收光线，光敏二极管在管壳上有一个玻璃窗口，让光线透过窗口照射到 PN 结的光敏区，它应在反向偏置下工作。光敏二极管的实物图和电路符号如图 1-9 所示。



(a) 实物



(b) 电路符号

图 1-9 光敏二极管

### 4. 变容二极管

变容二极管是利用 PN 结电容可变原理制成的半导体器件，它仍工作在反向偏置状态。当外加的反向偏置电压的大小变化时，其结电容随外加偏压的变化而变化，在电路中可作为可变电容器使用。由于它无机械磨损且体积小，因而已广泛应用于彩电调谐器中。不同型号的管子，其电容最大值可能是 3~300 pF，最大容值与最小容值之比约为 5:1。变容二极管的实物图和电路符号如图 1-10 所示。