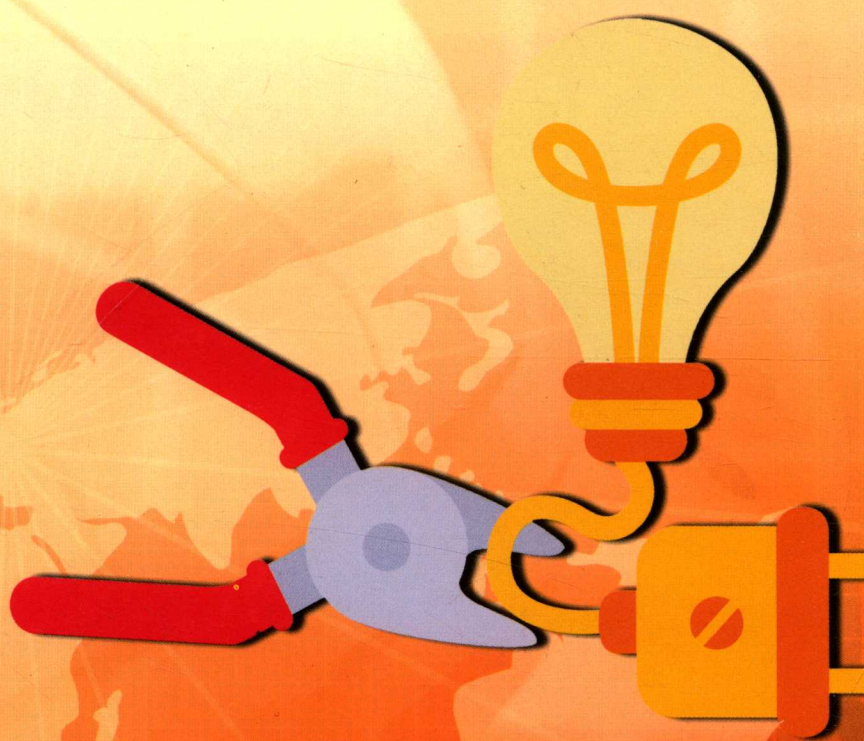




高等职业教育“十二五”规划教材

电工电子技术

刘鹏 李进 刘方 主编



兵器工业出版社

内容简介

高等职业教育“十二五”规划教材

电工电子技术

刘鹏 李进 刘方 主编

兵器工业出版社

内容简介

本书根据高职教育培养应用型人才的实际需要,一改以往教材的编写模式,按照循序渐进、理论联系实际的原则编写,概念阐述准确、语言简明扼要,避免繁复的数学公式推导。全书主要包括十二章内容:半导体器件基础知识、基本放大电路、集成运算放大器、负反馈放大电路、直流稳压电源、数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路应用、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生和交换、数/模和模/数转换技术。

本书可作为高等职业院校机电、计算机、通信类专业或相近专业的教材,也可供有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 刘鹏, 李进, 刘方主编. -- 北京 :
兵器工业出版社, 2014.12

ISBN 978-7-5181-0077-4

I. ①电… II. ①刘… ②李… ③刘… III. ①电工技
术—高等教育—教材②电子技术—高等教育—教
材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 290608 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 冯兰庄兴源印刷厂印制

版 次: 2015 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1 - 5000

责任编辑: 陈红梅 杨俊晓

封面设计: 赵俊红

责任校对: 郭 芳

责任印制: 王京华

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17

字 数: 40.5 千字

定 价: 38.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前言

高职教育培养的人才面向生产、管理第一线，因此其基础课程的教学应以必需、够用为原则，以掌握概念、强化应用为教学重点，注重岗位能力的培养。本书根据职业教育的培养目标，坚持“以全面素质为基础、以就业为导向、以能力为本位、以学生为主体”的原则，贴近职业教育教学实际，按“深入浅出、知识够用、突出技能”的思路编写，突出能力本位的职业教育思想，理论联系实际，以满足学生的实际应用需要。在编写的体系结构上，采用模块式结构，以求在学习过程中体现连贯性、针对性、选择性，让学生学得进、用得上；在方法上注重学生兴趣，融知识、技能于一体，使学生在实际学习、实践中能体验到成功的喜悦。本书有如下特点：

1. 在内容的安排上，为使学生在较短的时间内、较快地掌握这门课程的基本原理和主要内容，本书在编写过程中力求便于学生自学，努力做到精选内容叙述简明，突出基本原理和方法，多举典型例题，以帮助学生巩固和加深对基本内容的理解和掌握；同时还能培养和训练学生分析问题和解决问题的能力。

2. 在知识的讲解上，力求用简练的语言循序渐进，深入浅出地让学生理解并掌握基本概念，熟悉各种典型的单元电路。对电子器件着重介绍其外部特性和参数，重点放在使用方法和实际应用上；对典型电路进行分析时，不做过于繁杂的理论推导；对集成电路内部不做重点仔细分析，而着重其外特性和逻辑功能以及它们的应用。

3. 在实践性教学方面，增加电子元件、集成器件的选用、识别、测试方法等内容的介绍；选择一些基本特色实用电路作为例子介绍，以开拓学生的电路视野；安排一些具体的实例作为读图练习的内容，培养学生理论联系实际，电子电路读图的能力；相关章节安排的实用资料速查，具有一定的先进性和实用性，为学生的学习和知识拓展提供了方便。

4. 为了方便学生的自学和复习，书中每章均选编了一定数量和难度适中的练习题，以便于学生自检和自测。

本书的编者都是高职高专院校的教师，长期从事电子技术课程的教学工作，积累了丰富的教学经验，对高职高专学生的知识接受能力了解深刻，所以在编写本书时做到了内容取舍得当，难易适中，突出技术性、应用性的特点，力求突出问题的物理实质，避免繁复的数学公式推导，真正反映了教育部关于高职高专课程改革意见的精神。

本书教学参考课时为 80 学时。书中带有 * 号的内容，不同的专业可根据课时安排

前言

及需要选讲，或安排课外学习。教学过程中，可另外安排 18 学时的实训。教学课程结束后，可安排两周学时的电子技术课程设计。

本书由重庆电子工程职业学院刘鹏、李进，以及杨凌职业技术学院刘方担任主编。其具体分工如下：刘鹏编写第一、二、三、四、七、十章和附录一；李进编写第八、九、十一章和附录三；刘方编写第五、六、十二、十三章和附录二。

在本书编写过程中，重庆工商大学赵志华教授对本书提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心感谢。本书的相关资料和售后服务可扫封底的二维码或与 QQ(2436472462) 联系获得。

本书既可作为应用型院校、职业技术学院电子信息类专业学生的教材，也可作大专函授、电子技术培训班的教材，还适合开设《电工电子技术》课程的其他专业学生使用。鉴于编者水平所限，书中错误和缺点在所难免，不当之处，敬请专家和读者批评指正。

编者

2015 年 1 月

目 录

第一章 半导体器件基础知识	1	二、放大电路的主要性能指标	26
第一节 半导体的基础知识	1	三、直流通路与交流通路	28
一、半导体的概念	1	第二节 放大电路的分析方法	29
二、半导体的特性	1	一、估算法	29
三、本征半导体	2	二、图解法	30
四、N型和P型半导体	2	三、微变等效电路分析法	32
五、PN结	3	第三节 固定偏置共射极放大电路	33
第二节 半导体二极管	4	一、组成及各元器件的作用	33
一、二极管的结构	4	二、固定偏置共射极放大电路的分析	34
二、二极管的类型	5	第四节 分压式偏置电路共射极放大电路	36
三、二极管的伏安特性	5	一、温度对静态工作点的影响	36
四、二极管的主要参数	7	二、分压式偏置电路共射极放大电路的组成	37
五、特殊二极管	7	三、分压式偏置电路共射极放大电路的工作原理	37
第三节 半导体三极管	9	四、分压式偏置电路共射极放大电路的分析	38
一、三极管的结构和分类	9	第五节 共集电极与共基极放大电路	39
二、三极管的电流放大作用及其放大的基本条件	11	一、共集电极放大电路	39
三、三极管的伏安特性	12	二、共基极放大电路	43
四、三极管的主要参数	14	*第六节 场效应管放大电路	44
*第四节 场效应管	16	一、场效应管偏置电路及静态分析	44
一、N沟道增强型绝缘栅场效应管 MOSFET	16	二、场效应管放大电路的微变等效电路分析	46
二、耗尽型绝缘栅场效应管的结构及其工作原理	19	第七节 多级放大电路	49
三、结型场效应管简介	20		
四、场效应管的主要参数	21		
习题一	22		
第二章 基本放大电路	26		
第一节 放大电路基本知识	26		
一、放大的概念	26		



一、级间耦合方式	49	二、一般单限比较器	83
二、多级放大电路的主要性能指标	52	习题三	84
习题二	52	第四章 负反馈放大电路	91
第三章 集成运算放大器	58	第一节 反馈的基本知识	91
第一节 集成运算放大器的基本知识	58	一、反馈与反馈支路	91
一、集成运算放大器的基本组成	58	二、反馈放大电路的组成	91
二、集成运算放大器的分类	59	第二节 反馈电路的类型与判别	93
三、集成运算放大器的主要参数	59	一、负反馈放大电路的基本类型	93
四、集成运算放大器使用时应注意的问题	60	二、反馈极性的判别	94
五、运放运算放大器的使用技巧	61	三、直流负反馈与交流负反馈	94
六、理想运放	62	四、电压反馈和电流反馈的判别	95
第二节 差分放大电路	63	五、串联反馈和并联反馈的判别	96
一、基本差分放大电路	64	第三节 负反馈对放大电路性能的影响	97
二、典型差分放大电路	65	一、提高放大倍数的稳定性	97
第三节 理想运算放大器	70	二、减小非线性失真	98
一、理想运算放大器工作在线性区的特点	70	三、展宽通频带	99
二、理想运算放大器工作在非线性区的特点	70	四、改变输入、输出电阻	100
第四节 集成运算放大器的线性应用	71	习题四	101
一、比例运算电路	71	第五章 直流稳压电源	104
二、加、减运算电路	74	第一节 直流电源的结构及各部分的作用	104
三、微分和积分运算电路	79	一、直流稳压电源的组成	104
第五节 集成运算放大器的非线性应用——电压比较器	81	二、直流稳压电源工作过程	104
一、过零比较器	81	第二节 二极管整流电路	105
		一、单相半波整流电路	105
		二、单相全波整流电路	107
		三、单相桥式整流电路	108
		第三节 滤波电路	110
		一、电容滤波	110



二、电感滤波	111	第二节 复合逻辑门	145
三、复式滤波	111	一、与非门	145
第四节 稳压电路	113	二、或非门	147
一、稳压电路的工作原理	113	三、与或非门	148
二、硅稳压管稳压电路参数的 选择	114	四、异或门	149
第五节 集成稳压器	115	五、同或门	150
一、固定式三端集成稳压器	116	*第三节 数字逻辑电路系列	151
二、可调式三端集成稳压器	117	一、TTL 逻辑电路	151
习题五	119	二、CMOS 逻辑电路	156
第六章 数字逻辑基础	122	习题七	161
第一节 数制与编码	122	第八章 组合逻辑电路应用	165
一、数制	122	第一节 组合逻辑电路的分析和 设计方法	165
二、数制的转换	123	一、组合逻辑电路的分析	165
三、编码	124	二、组合逻辑电路的设计	166
第二节 逻辑函数的表示方法	126	第二节 编码器	167
一、三种基本逻辑运算	126	一、二进制编码器	168
二、复合逻辑运算	128	二、二—十进制编码器	169
三、逻辑函数及其表示方法	129	三、优先编码器	171
第三节 逻辑代数的基本定律及 规则	132	第三节 译码器	174
一、基本公式	132	一、二进制译码器	175
二、常用公式	133	二、BCD 译码器	179
三、逻辑代数的基本规则	133	三、显示译码器	180
第四节 逻辑函数的标准表达式	134	第四节 数据选择器和 数据分配器	182
一、逻辑函数的常见形式	134	一、数据选择器	183
二、最小项和最大项	134	二、数据分配器	185
三、逻辑函数的化简	136	习题八	186
习题六	137	第九章 触发器	188
第七章 逻辑门电路	140	第一节 基本 RS 触发器	188
第一节 基本逻辑门	140	一、基本 RS 触发器的电路组成 和逻辑符号	188
一、逻辑电路基本知识	140		
二、基本逻辑门电路	141		



二、基本 RS 触发器的逻辑功能	189
第二节 同步触发器	191
一、同步 RS 触发器	191
二、同步 D 触发器	192
三、同步触发器的空翻现象	193
第三节 JK 触发器	194
一、主从 JK 触发器的电路组成和逻辑符号	194
二、主从 JK 触发器的逻辑功能	195
三、集成 JK 触发器	197
第四节 不同类型触发器之间的转换	198
一、D 触发器转换为 JK 触发器	199
二、JK 触发器转换为 D 触发器	199
习题九	200
第十章 时序逻辑电路	202
第一节 时序逻辑电路的分析	202
一、一般分析方法	202
二、时序逻辑电路的分析方法	203
三、时序逻辑电路的分析步骤	203
四、时序逻辑电路分析举例	204
第二节 计数器	206
一、异步二进制计数器	207
二、同步二进制计数器	209
三、十进制计数器	212
四、N 进制计数器	215

五、级联法	221
第三节 寄存器	223
一、数码寄存器	224
二、移位寄存器	225
习题十一	230
第十一章 脉冲信号的产生和变换	233
第一节 单稳电路	233
一、微分型单稳电路的原理	233
二、单稳电路的应用	234
第二节 施密特电路	235
一、施密特电路工作原理	235
二、施密特电路的应用	236
三、多谐振荡器	238
第三节 555 时基电路及应用	239
一、555 定时器的电路结构	239
二、555 时基电路的应用	240
习题十二	243
第十二章 数/模和模/数转换技术	246
第一节 数/模转换 (D/A)	246
一、D/A 转换器原理	246
二、T 型电阻网络 D/A 转换器	247
第二节 模/数转换 (A/D)	250
一、A/D 转换原理	250
二、A/D 转换方法	251
习题十三	255
附录一 常用符号说明	257
附录二 半导体器件型号命名方法	260
附录三 常用数字集成电路一览表	261
参考文献	264

第一章 半导体器件基础知识

现代电子设备中的电子线路，按其所处理的信号形式加以划分，主要分为模拟电路和数字电路。模拟电路处理模拟信号，数字电路处理数字信号。

模拟信号是指在时间上和幅度上都是连续变化的信号，一般是模拟真实世界物理量的电压或电流，例如语音信号。数字信号是指在时间上和幅度上都是离散的信号，例如各种脉冲信号，总是发生在一系列离散的瞬间，而且幅度上是量化的，往往分为高电平和低电平。学习模拟信号电路和数字信号电路的基础是半导体器件理论。

半导体器件是电子电路中使用最为广泛的器件，也是构成集成电路的基本单元。只有掌握半导体器件的结构性能、工作原理和特点，才能正确分析电子电路的工作原理，正确选择和合理使用半导体器件。本章主要介绍二极管、三极管和场效应管的结构、性能、主要参数以及各器件的选用原则。

第一节 半导体的基础知识

一、半导体的概念

导电性能介于导体与绝缘体之间的物质称为半导体。常用的半导体材料有硅(Si)、锗(Ge)、硒(Se)和砷化镓(GaAs)以及其他金属氧化物和硫化物等，半导体一般呈晶体结构。

二、半导体的特性

半导体之所以引起人们注意并得到广泛应用，其主要原因并不在于它的导电能力介于导体和绝缘体之间，而在于它有如下几个特点：

1. 掺杂性

在半导体中掺入微量杂质，可改变其电阻率和导电类型。

2. 温度敏感性

半导体的电阻率随温度变化很敏感，并随掺杂浓度不同，具有正或负的电阻温度系数。

3. 光敏感性

光照能改变半导体的电阻率。

根据半导体的以上特点，可将半导体做成各种热敏元件、光敏元件、二极管、三极管及场效应管等半导体器件。

三、本征半导体

纯净的不含任何杂质、晶体结构排列整齐的半导体称为本征半导体。本征半导体的最外层电子（称为价电子）除受到原子核吸引外还受到共价键束缚，因而它的导电能力差。半导体的导电能力随外界条件改变而改变。它具有热敏特性和光敏特性，即温度升高或受到光照后半导体的导电能力会增强。这是由于价电子从外界获得能量，挣脱共价键的束缚而成为自由电子。这时，在共价键结构中留下相同数量的空位，每次原子失去价电子后，变成正电荷的离子，从等效观点看，每个空位相当于带一个基本电荷量的正电荷，成为空穴。在半导体中，空穴也参与导电，其导电实质是在电场作用下，相邻共价键中的价电子填补了空穴而产生新的空穴，而新的空穴又被其相邻的价电子填补，这个过程持续下去，就相当于带正电荷的空穴在移动。共价键结构与空穴产生示意图如图 1-1 所示。

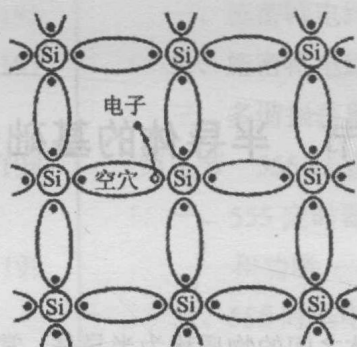


图 1-1 共价键结构与空穴产生示意图

四、N 型和 P 型半导体

本征半导体的导电能力差，但是在本征半导体中掺入某种微量元素（杂质）后，它的导电能力可增加几十万甚至几百万倍。

1. N 型半导体

用特殊工艺在本征半导体掺入微量五价元素，如磷或砷。这种元素在和半导体原子组成共价键时，就多出一个电子。这个多出来的电子不受共价键的束缚，很容易成为自由电子而导电。这种掺入五价元素，电子为多数载流子，空穴为少数载流子的半导体叫电子型半导体，简称 N 型半导体。如图 1-2a 所示。

2. P 型半导体

在半导体硅或锗中掺入少量三价元素，如硼元素，和外层电子数是四个的硅或锗原子组成共价键时，就自然形成一个空穴，这就使半导体中的空穴载流子增多，导电能力增强，这种掺入三价元素，空穴为多数载流子，而自由电子为少数载流子的半导体叫空穴型半导体，简称 P 型半导体。如图 1-2b 所示

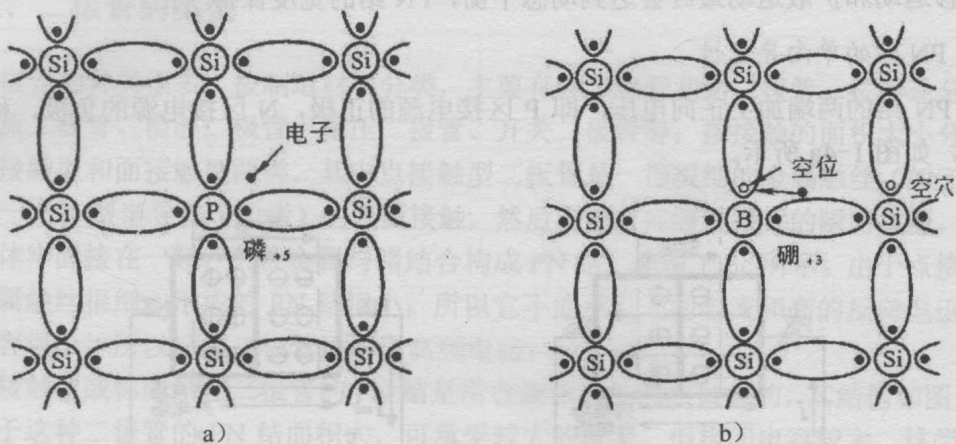


图 1-2 掺杂半导体共价键结构示意图

a) N 型半导体; b) P 型半导体

五、PN 结

P 型或 N 型半导体的导电能力虽然大大增强，但并不能直接用来制造半导体器件。通常是在一块纯净的半导体晶片上，采取一定的工艺措施，在两边掺入不同的杂质，分别形成 P 型半导体和 N 型半导体，它们的交界面就形成了 PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的基础。

1. PN 结的形成

在一块纯净的半导体晶体上，采用特殊掺杂工艺，在两侧分别掺入三价元素和五价元素。一侧形成 P 型半导体，另一侧形成 N 型半导体如图 1-3 所示。

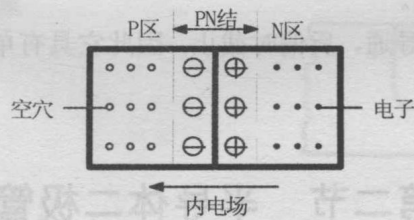


图 1-3 PN 结的形成

P 区的空穴浓度大，会向 N 区扩散，N 区的电子浓度大则向 P 区扩散。这种在浓度差作用下多数载流子的运动称为扩散运动。空穴带正电，电子带负电，这两种载流子在扩散到对方区域后复合而消失，但在 P 型半导体和 N 型半导体交界面的两侧分别留下了不能移动的正负离子，呈现出一个空间电荷区，这个空间电荷区就称为 PN 结。PN 结的形成会产生一个由 N 区指向 P 区的内电场，内电场的产生对 P 区和 N 区间多数载流子的相互扩散运动起阻碍作用。同时，在内电场的作用下，P 区中的少数载流子电子、N 区中的少数载流子空穴会越过交界面向对方区域运动。这种在内电场作用下少数载流子的运动称漂移运

动。漂移运动和扩散运动最终会达到动态平衡，PN 结的宽度保持一定。

2. PN 结的单向导电性

当 PN 结的两端加上正向电压，即 P 区接电源的正极，N 区接电源的负极，称为 PN 结正偏，如图 1-4a 所示。

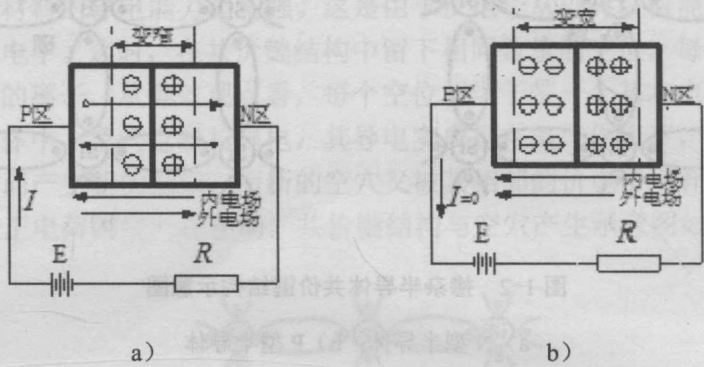


图 1-4 PN 结的单向导电性

a) PN 结正偏; b) PN 结反偏

外加电压在 PN 上所形成的外电场与 PN 结内电场的方向相反，削弱了内电场的作用，破坏了原有的动态平衡，使 PN 结变窄，加强了多数载流子的扩散运动，形成较大的正向电流，如图 1-4a 所示。这时称 PN 结为正向导通状态。

如果给 PN 外加反向电压，即 P 区接电源的负极，N 区接电源的正极，称为 PN 结反偏，如图 1-4b 所示。外加电压在 PN 结上所形成的外电场与 PN 结内电场的方向相同，增强了内电场的作用，破坏了原有的动态平衡，使 PN 结变厚，加强了少数载流子的漂移运动，由于少数载流子的数量很少，所以只有很小的反向电流，一般情况下可以忽略不计。这时称 PN 结为反向截止状态。

综上所述，PN 结正偏时导通，反偏时截止，因此它具有单向导电性，这也是 PN 结的重要特性。

第二节 半导体二极管

一、二极管的结构

在 PN 结的两端各引出一根电极引线，然后用外壳封装起来就构成了半导体二极管，简称二极管，如图 1-5a 所示，其图形符号如图 1-5b 所示。由 P 区引出的电极称正极（或阳极），由 N 区引出的电极称负极（或阴极），电路符号中的箭头方向表示正向电流的流动方向。

二、二极管的类型

二极管的种类很多，按制造材料分类，主要有硅二极管和锗二极管；按用途分类，主要有整流二极管、检波二极管、稳压二极管、开关二极管等；按接触的面积大小分类，可分为点接触型和面接触型两类。其中点接触型二极管是一根很细的金属触丝（如三价元素铝）和一块 N 型半导体（如锗）的表面接触，然后在正方向通过很大的瞬时电流，使触丝和半导体牢固接在一起，三价金属与锗结合构成 PN 结，如图 1-5c 所示。由于点接触型二极管金属触丝很细，形成的 PN 结很小，所以它不能承受大的电流和高的反向电压。由于极间电容很小，所以这类二极管适用于高频电路。

面接触型或称面结型二极管的 PN 结是用合金法或扩散法做成的，其结构如图 1-5d 所示。由于这种二极管的 PN 结面积大，可承受较大的电流。但极间电容较大，这类器件适用于低频电路，主要用于整流电路。

如图 1-5e 所示是硅工艺面型二极管结构图，它是集成电路中常见的一种形式。

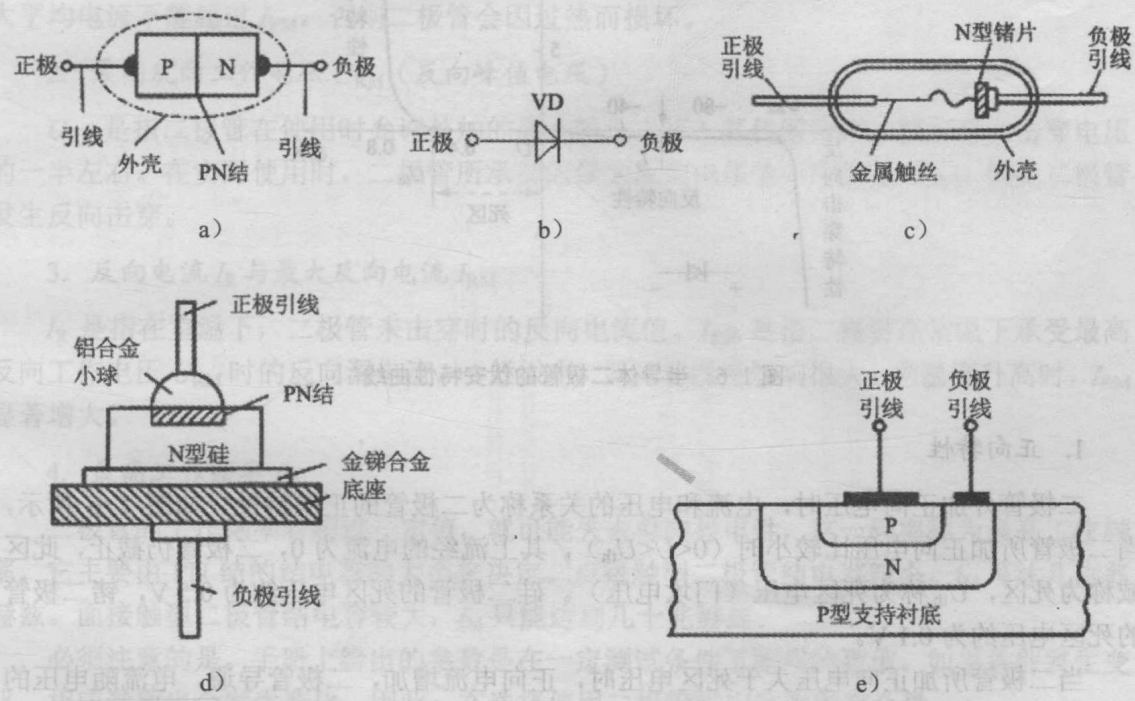


图 1-5 半导体二极管的结构和符号

三、二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指二极管两端的端电压 (V) 与流过二极管的电流 (I) 之间的关系。它可以通过实验数据来说明。表 1-1 和表 1-2 分别给出了二极管 2CP31 加正向电压和反向电压时，实验所得的该二极管两端电压 U 和流过电流 I 的一组数据。

表 1-1 二极管 2CP31 加正向电压的实验数据

电压/mV	0	100	500	550	600	650	700	750	800
电流/mA	0	0	0	10	60	85	100	180	300

表 1-2 二极管 2CP31 加反向电压的实验数据

电压/mV	0	-10	-20	-60	-90	-115	-120	-125	-135
电流/mA	0	-10	-10	-10	-10	-25	-40	-150	-300

将实验数据绘成曲线，可得到二极管的伏安特性曲线，如图 1-6 所示。

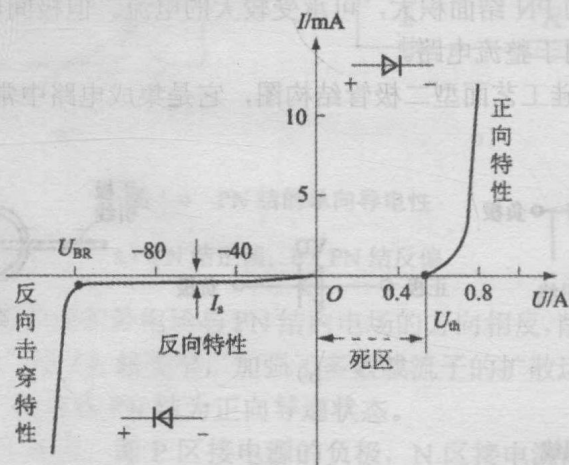


图 1-6 半导体二极管的伏安特性曲线

1. 正向特性

二极管外加正向电压时，电流和电压的关系称为二极管的正向特性。如图 1-6 所示，当二极管所加正向电压比较小时 ($0 < U < U_{th}$)，其上流经的电流为 0，二极管仍截止，此区域称为死区， U_{th} 称为死区电压（门坎电压）。硅二极管的死区电压约为 0.5 V，锗二极管的死区电压约为 0.1 V。

当二极管所加正向电压大于死区电压时，正向电流增加，二极管导通，电流随电压的增大而上升，这时二极管呈现的电阻很小，认为二极管处于正向导通状态。

硅二极管的正向导通压降约为 0.7V，锗二极管的正向导通压降约为 0.3 V。

2. 反向特性

二极管外加反向电压时，电流和电压的关系称为二极管的反向特性。由图 1-6 可见，二极管外加反向电压时，反向电流很小，而且在相当宽的反向电压范围内，反向电流几乎不变，因此，称此电流值为二极管的反向饱和电流。这时二极管呈现的电阻很大，认为二极管处于截止状态。一般硅二极管的反向电流比锗二极管小很多。



3. 反向击穿特性

从图 1-6 可见, 当反向电压的值增大到 U_{BR} 时, 反向电压值稍有增大, 反向电流会急剧增大, 称此现象为反向击穿, U_{BR} 为反向击穿电压。利用二极管的反向击穿特性, 可以做成稳压二极管, 但一般的二极管不允许在反向击穿区工作。

四、二极管的主要参数

电子元器件参数是国家标准或制造厂家对生产的元器件应达到技术指标所提供的数据要求, 也是合理选择和正确使用器件的依据。二极管的参数可从手册上查到, 下面对二极管的几种常用参数作简要介绍。

1. 最大整流电流 I_{FM}

I_{FM} 是指二极管长期运行时允许通过的最大正向直流电流。 I_{FM} 与 PN 结的材料、面积及散热条件有关。大功率二极管使用时, 一般要加散热片。在实际使用时, 流过二极管最大平均电流不能超过 I_{FM} , 否则二极管会因过热而损坏。

2. 最高反向工作电压 U_{RM} (反向峰值电压)

U_{RM} 是指二极管在使用时允许外加的最大反向电压, 其值通常取二极管反向击穿电压的一半左右。在实际使用时, 二极管所承受的最大反向电压值不应超过 U_{RM} , 以免二极管发生反向击穿。

3. 反向电流 I_R 与最大反向电流 I_{RM}

I_R 是指在室温下, 二极管未击穿时的反向电流值。 I_{RM} 是指二极管在常温下承受最高反向工作电压 U_{RM} 时的反向漏电流, 一般很小, 但其受温度影响很大。当温度升高时, I_{RM} 显著增大。

4. 最高工作频率 f_M

二极管的工作频率若超过一定值, 就可能失去单向导电性, 这一频率称为最高工作频率。它主要由 PN 结的结电容的大小来决定。点接触型二极管结电容较小, f_M 可达几百兆赫兹。面接触型二极管结电容较大, f_M 只能达到几十兆赫兹。

必须注意的是, 手册上给出的参数是在一定测试条件下测得的数值。如果条件发生变化, 相应参数也会发生变化。因此, 在选择使用二极管时应注意留有余量。

五、特殊二极管

1. 发光二极管

发光二极管 (LED) 是一种将电能转换成光能的特殊二极管, 它的外型和符号如图 1-7 所示。在 LED 的管头上一般都加装了玻璃透镜。

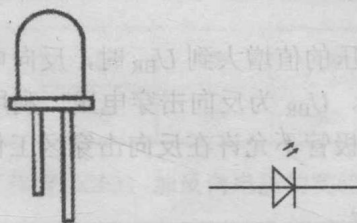


图 1-7 发光二极管的外形和符号

通常制成 LED 的半导体中的掺杂浓度很高，当向二极管施加正向电压时，大量的电子和空穴在空间电荷区复合时释放出的能量大部分转换为光能，从而使 LED 发光。

LED 常用半导体砷、磷、镓及其化合物制成，它的发光颜色主要取决于所用的半导体材料，通电后不仅能发出红、绿、黄等可见光，也可以发出看不见的红外光。使用时必须正向偏置。它工作时只需 1.5~3V 的正向电压和几毫安的电流就能正常发光，由于 LED 允许的工作电流小，使用时应串联限流电阻。

2. 光电二极管

光电二极管又称光敏二极管，是一种将光信号转换为电信号的特殊二极管（受光器件）。与普通二极管一样，其基本结构也是一个 PN 结，它的管壳上开有一个嵌着玻璃的窗口，以便光线的射入。光电二极管的外形及符号如图 1-8 所示。

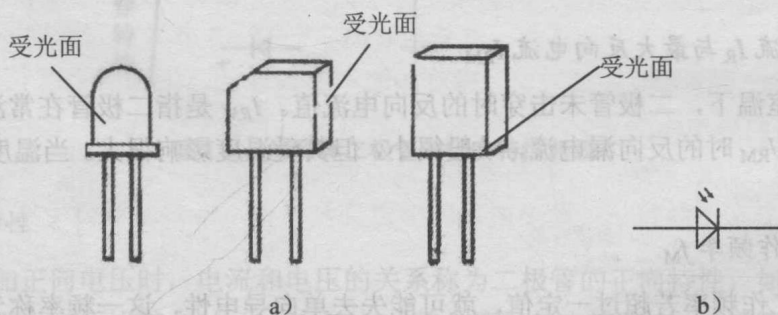


图 1-8 光电二极管的外形及符号

a) 外形

b) 符号

光电二极管工作在反向偏置下，无光照时，流过光电二极管的电流（称暗电流）很小；受光照时，产生电子-空穴对（称光生载流子），在反向电压作用下，流过光电二极管的电流（称光电流）明显增强。利用光电二极管可以制成光电传感器，把光信号转变为电信号，从而实现控制或测量等。

如果把发光二极管和光电二极管组合并封装在一起，则构成二极管型光电耦合器件，光电耦合器可以实现输入和输出电路的电气隔离和实现信号的单方向传递。它常用在数/模电路或计算机控制系统中做接口电路。

3. 稳压二极管

稳压二极管是一种在规定反向电流范围内可以重复击穿的硅平面二极管。它的伏安特