

电子技术

主编 刘振东 王士钐 李文峰



解放军出版社

电子技术

刘振东 王士铃 李文峰 王编

解放军出版社出版发行

(北京平安里三号 100035)

新华书店经销

石家庄军事教育学院印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 15,125印张 378千

1988年11月第1版 1988年11月(石家庄)第1次印刷

印数 000,001—1万

ISBN 7-5065-0601-7 TN·8

定 价: 5.50 元

内容提要

本套教材（《电工技术》和《电子技术》）是根据高等学校工科基础课程指导委员会制定的、国家教委批准的、高等工业学校本科非电类“电工技术”和“电子技术”的基本要求及近年来这两门学科的新发展编写的。

《电工技术》主要内容：直流电路、正弦交流电、电路的频率响应、电路中的过渡过程、磁路与变压器、异步电动机、直流电动机、自动控制、安全用电、CAI——计算机辅助教学。

《电子技术》主要内容：二极管及二极管整流电路，半导体三极管与单管放大器，多级放大电路及负反馈放大电路，振荡，集成运算放大器，直流稳压电源，可控硅及可控整流电路，数字电路基础，触发器，数字逻辑部件。

为便于自学，各章都配有一定数量的例题及习题与思考题。

本套教材可供大专院校，电视大学，职工大学，函授大学非电各专业、管理专业教学用，亦可供有关工程技术人员学习参考。

前 言

《电工技术》、《电子技术》是军事院校两门重要的技术基础课。为了进一步贯彻近年来军事院校教学改革精神,反映“电工技术”、“电子技术”的新发展,参照高等学校教学指导委员会制定的、国家教委批准的、高等工业学校本科非电类《电工技术》、《电子技术》教学基本要求,编写了这套教材。它具有以下几个特点:

1. 内容精炼,重点突出,把电路的基本概念、基本理论、分析计算方法及元器件的外特性作为研究重点。同时,注意了理论联系实际,编选了部分实用电路加以分析研究。

2. 考虑到近年来“电工技术”、“电子技术”的新发展,特别是集成电路、电子计算机的飞速发展,更新内容是十分必要的。本套教材适当地减少了半导体原理、分立元件电路的内容,加强了线性集成电路与数字集成电路的内容,新增加了开关式直流稳压电源、不间断供电电源、计算机辅助分析等内容。

本教材是由石家庄陆军学院发起和组织,有军械工程学院、蚌埠坦克学院、信阳陆军学院、长春空军第一基础学校共同参加编写。

参加全书编写工作的有石家庄陆军学院的刘振东、刘宝春,军械工程学院的王士铃、陆宜昌、朱素清,蚌埠坦克学院的李文峰、陈国祯、邱锦瑞、朱鸣宇、冯根生,信阳陆军学院的段光华、张祥河,长春空军第一基础学校的孙杰等同志。

参加《电工技术》主要审稿工作的有装甲兵指挥学院的韩风午,南昌陆军学院的李国吉,石家庄陆军学院的党筱来。参加内容纲目讨论及审稿的有太原海军电子工程学院的赵金峰、伍秋明,沈阳炮兵学院的周祖亨,国防科工委技术指挥学院的王庆臣,机械工程学院的梁卫东,石家庄陆军学院的孙光运等同志。

参加《电子技术》主要审稿工作的有石家庄陆军学院的张沛然,南昌陆军学院的王心一,装甲兵指挥学院的韩风午,参加内容纲目讨论及审稿的有石家庄陆军学院的安云鹏,太原海军电子工程学院的陈国宾,装甲兵指挥学院的魏治国,防化学院的翟东来,保定空军第二基础学校的李栓虎,中国人民警官大学的吴云瑞,宣化炮兵指挥学院的李建新等同志。

全书由刘振东、王士铃、李文峰主编。解放军出版社乐俊淮同志为本套教材的出版给予很多帮助。本套教材的全部插图是由司建贞、郭子岗清绘。

石家庄地区院校协作中心的同志对本教材的编审工作也给予了很多帮助。

对上述为本教材的编写工作给予大力支持和帮助的各院校领导及同志们,我们在此,一并表示衷心感谢。

由于我们水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,诚恳希望广大读者给予指正。

编者

于石家庄陆军学院

一九八八年五月二十八日

目 录

第一章 二极管与二极管整流电路	1
1—1 半导体二极管	1
一、半导体	1
二、PN结	2
三、半导体二极管	3
四、稳压二极管	6
1—2 二极管整流电路	7
一、单相半波整流电路	7
二、单相全波整流电路	8
三、单相桥式整流电路	9
1—3 滤波电路	12
一、电容滤波电路	12
二、RC滤波电路	13
三、电感滤波电路 (RL低通滤波电路)	13
四、复式滤波电路	13
习题与思考题	14
第二章 半导体三极管与单管放大器	16
2—1 半导体三极管	16
一、三极管的构造	16
二、三极管的电流分配关系	17
三、三极管共发射极特性曲线	17
四、三极管的主要参数	19
2—2 单管放大电路的组成及图解分析法	21
一、单管放大电路的组成	21
二、静态工作点的确定	22
三、放大电路空载时的图解分析法	23
四、放大电路输出端接有负载 R_L 时的图解分析法	25
2—3 静态工作点的稳定	27
一、温度对工作点的影响	27
二、分压式射极偏置电路	28
2—4 放大电路的微变等效电路分析法	30
一、三极管的微变等效电路	30
二、单管放大电路的动态微变等效电路分析法	31
习题与思考题	36
第三章 多级放大电路及负反馈放大电路	39

3—1	多级放大电路	39
一、	阻容耦合放大电路	39
二、	多级放大电路的电压放大倍数和输入输出电阻	39
三、	多级放大电路的频率响应	41
3—2	放大电路中的负反馈	43
一、	反馈的概念	43
二、	负反馈放大电路的分类	44
三、	负反馈放大电路转移增益的一般表达式	44
四、	典型的负反馈放大电路	47
3—3	负反馈对放大电路工作性能的影响	51
一、	提高放大倍数的稳定性	51
二、	改变输入输出电阻	52
三、	扩展放大电路的通频带	53
四、	减小非线性失真和抑制干扰	54
五、	负反馈放大器的自激振荡	54
3—4	射极输出器(射极跟随器)	55
3—5	功率放大器	57
一、	概述	57
二、	单管功率放大器	57
三、	变压器耦合推挽功率放大器	60
四、	无输出变压器的互补对称功率放大器(OTL电路)	62
	习题与思考题	65
第四章	振荡电路	70
4—1	自激振荡	70
一、	自激振荡条件	70
二、	振荡的建立与稳定	71
4—2	LC正弦波振荡器	72
一、	变压器反馈式振荡电路	72
二、	三点式振荡电路	73
4—3	RC型振荡器	76
一、	移相式RC振荡器	77
二、	桥式RC振荡器	77
三、	应用举例	78
4—4	石英晶体振荡器	80
一、	石英晶体的电特性和等效电路	80
二、	石英晶体振荡电路	82
	习题与思考题	84
第五章	集成运算放大器	87

5—1	直接耦合放大器	87
一、	直接耦合放大电路与零点漂移	87
二、	差动放大电路	90
5—2	集成运算放大电路	94
一、	集成运放 F007 结构	94
二、	运算放大器的主要技术指标	99
三、	集成运放使用常识	100
5—3	运算放大器的应用	102
一、	运算放大器的基本运算电路	103
二、	运算放大器的数学运算电路	106
	习题与思考题	109
第六章	直流稳压电源	112
6—1	串联型晶体管稳压电路	112
一、	稳压电路的组成	112
二、	稳压过程	112
三、	输出电压的调节范围	113
四、	电路的改进措施	113
6—2	集成稳压电源	114
一、	集成稳压电源的主要参数	114
二、	5G14 型集成稳压电源	116
三、	W7800、W7900 系列三端固定输出集成稳压电源	117
6—3	晶体管开关电源	117
6—4	不间断供电电源	121
一、	不间断供电系统的方框图	121
二、	晶体管逆变器	122
三、	系统中的静止开关	122
	习题与思考题	123
第七章	可控硅及可控整流电路	124
7—1	可控硅 (SCR)	124
一、	基本结构	124
二、	工作原理	125
三、	伏安特性及主要参数	126
四、	可控硅的选择	128
7—2	可控整流电路	129
一、	单相半波可控整流电路	129
二、	单相半控桥式整流电路	132
7—3	可控硅的触发电路	135
一、	可控硅对触发电路的要求	135

二、单结晶体管 UJT	136
三、单结晶体管振荡电路	137
四、单结晶体管的同步触发电路	138
五、应用举例	139
7—4 可控硅的保护	140
一、可控硅的过电流保护	140
二、可控硅的过电压保护	141
习题与思考题	141
第八章 数字电路基础	142
8—1 半导体器件的开关特性	142
一、半导体二极管的开关特性	142
二、晶体管的开关特性	143
三、MOS 管的开关特性	145
8—2 基本逻辑电路	146
一、与门电路	146
二、或门电路	147
三、非门电路	148
8—3 集成逻辑门电路	151
一、TTL 与非门电路	151
二、MOS 与非门电路	154
三、三态逻辑门电路	154
四、其他常用的复合门电路	155
五、使用集成逻辑门电路的基本常识	156
8—4 逻辑代数	156
一、逻辑代数的基本定律	157
二、逻辑函数的代数化简法	158
三、逻辑函数的卡诺图化简法	159
8—5 逻辑门电路的组合	163
一、已知逻辑图分析逻辑功能	163
二、已知逻辑要求画出逻辑图	164
习题与思考题	166
第九章 触发器	170
9—1 时序逻辑电路概述	170
9—2 R—S 触发器	171
一、基本 R—S 触发器	171
二、钟控 R—S 触发器	172
三、R—S 触发器的应用及缺陷	173
9—3 主从 J—K 触发器	174

一、用门电路组成的 J—K 触发器	174
二、单块集成触发器	176
9—4 维持阻塞型 D 触发器	177
习题与思考题	180
第十章 数字逻辑部件	183
10—1 寄存器	183
一、数码寄存器	183
二、移位寄存器	184
三、移位寄存器的应用举例	188
10—2 计数器	189
一、概述	189
二、二进制计数器	189
三、十进制计数器	194
四、其他进制计数器及计数器的组合	200
五、计数器应用举例	205
10—3 编码器	207
一、常用的二—十进制 (BCD) 编码	207
二、BCD 编码器	208
10—4 译码器与数字显示电路	210
一、数字显示器件简介	210
二、译码器	212
三、数字显示电路应用实例	215
10—5 集成多路器	219
一、多路选择器	220
二、多路分配器	222
三、应用实例——交替显示电路	223
习题与思考题	224
习题答案	228
参考文献	232

第一章 二极管与二极管整流电路

半导体器件是近代电子学的重要组成部分。由于半导体器件具有体积小、重量轻、功耗低、使用寿命长等优点，得到了广泛的应用。尤其是集成电路出现以后，使电子设备更加小型化，可靠性也进一步提高。半导体二极管和三极管是最常用的半导体器件，是组成电子线路的基本器件。下面首先介绍半导体二极管。

1—1 半 导 体 二 极 管

半导体器件是用半导体材料制造的，下面先介绍有关半导体的知识。

一、半导体

物质按导电能力的不同可分为三种，即导体、绝缘体和半导体。半导体的导电能力是介于前两者之间的。目前，能用来制成半导体器件的半导体材料主要是硅（Si）、锗（Ge）和砷化镓（GaAs）等。

（一） 本征半导体和半导体的载流子

本征半导体就是完全纯净的晶格结构完整的半导体。也称为单晶体。在绝对温度零度，即没有热激发及其他激发时，本征半导体是不导电的（没有载流子）。硅和锗都是四价元素，每个原子周围都有四个共价键，因此，它们具有相同的共价键结构图。图1—1所示为没有受激发的单晶硅的共价键结构图。而在常温下，由于热激发，有少数共价键中的电子获得较多的能量，挣脱共价键的束缚，成为自由电子，形成半导体的一种带负电的载流子（称为电子

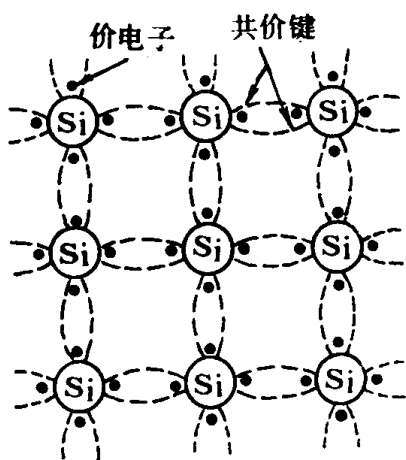


图 1—1 单晶硅的共价键结构图

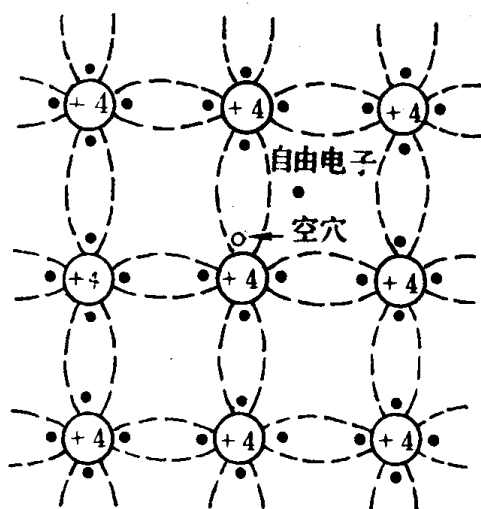


图 1—2 形成电子空穴对的本征半导体结构图

型载流子)，共价键中由于挣脱出去电子，就出现与电子数量相同的带正电的空位（称为空穴）。由于电子和空穴总是成对出现的，因此有电子空穴对之称。空穴又可能被附近的共价键中的电子来添补，又形成一个新的空穴。这就好象带正电荷的空穴在运动（见图1—2）。我们把带正电荷的空穴称为半导体的空穴型载流子。在外电场的作用下，电子型载流子和空穴型载流子的运动方向相反，形成两个电流，外电路电流等于这两种电流之和。常温下，本征半导体的电子空穴对数量是很少的，因此，它的导电能力很差。在温度一定时，电子空穴对的数量也是不变的。但这是一种动态平衡，电子空穴对不断产生，又不断消失，即自由电子被空穴“俘获”重新形成共价键，称这种运动为“复合”。我们说，电子空穴对的产生和复合，在温度一定时，是处在动态平衡中。当温度升高，或受到光的照射，电子空穴对就增加。利用本征半导体的这种性质，可做成热敏电阻、光敏电阻等元件。

（二） 杂质半导体

如果在本征半导体中有选择地加入某种微量元素（称为杂质）会使半导体的导电能力显著提高，称这种半导体为杂质半导体。

1. P型半导体

在本征半导体，例如硅中，掺入微量的三价元素（如硼元素），其原子进入硅原子组成的晶格中。但是，由于三价元素只有三个价电子，所以，在一个硼原子周围四个共价键中，有一个将缺少一个电子，形成一个空穴。在本征半导体中掺入多少个三价元素的原子，就会形成多少个空穴。在这种掺杂后的半导体中，空穴的数目远大于自由电子的数目，称为多数载流子，而电子称为少数载流子，所以，称它为空穴型半导体，也叫P型半导体。

2. N型半导体

如果在本征硅（或锗）中加入微量的五价元素（如磷等），则五价元素的原子会进入本征半导体的晶格中，在某一位置上取代硅（或锗）的原子，由于五价元素的最外层有五个价电子，在形成共价键结构时，就剩下一个电子处于游离状态，在室温下成为自由电子。这样，一个五价元素的原子就能提供一个自由电子，从而，使这种半导体中的自由电子为多数载流子、空穴为少数载流子。这种半导体称为电子型半导体，又叫N型半导体。

二、PN结

（一） PN结的形成

如果通过掺杂使一块半导体晶片两边分别形成N型和P型半导体，则在交界面两侧出现了载流子的浓度差，它产生一种扩散力，使P区中的空穴向N区扩散，并在P区靠近界面处留下不能移动的负离子，如图1—3中⊖所示。进入N区的空穴与N区中的电子复合。与此同时，N区中的自由电子向P区扩散，在N区靠近界面处留下不能移动的正离子，如图1—3中⊕所示，进入P区中的电子与P区中的空穴复合。这样，在交界面两侧就形成了一个空间电荷区，称其谓PN结。由于空间电荷区内载流子被消耗尽了，故又称其为耗尽层。

空间电荷区中的正负离子在交界面两侧形成一个电场，其方向是从正离子区指向负离子区，称其为内电场，如图1—3所示。这样，载流子的扩散运动将受到内电场的阻挡。所以又常称PN结为阻挡层。

随着扩散的不断进行，PN结不断加宽，但不会无止境地加宽，因为空间电荷区形成的内电场，将随着空间电荷区的加宽而加强，它的方向是阻止多子扩散，而另一方面又对P区

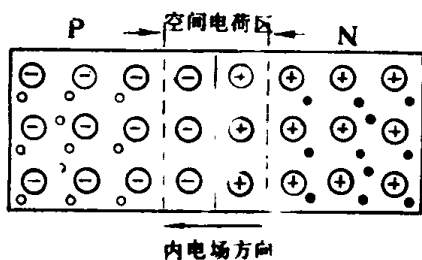


图 1—3 PN 结

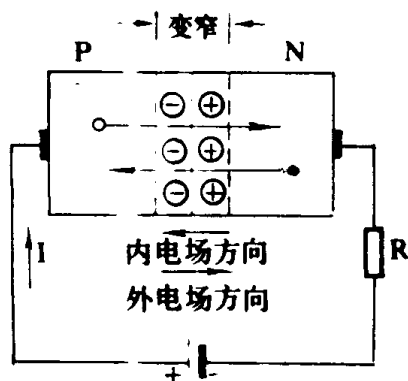


图 1—4 PN 结加正向电压

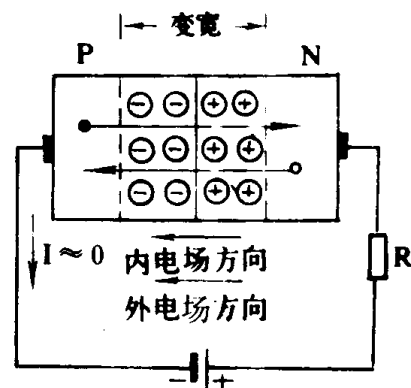


图 1—5 PN 结加反向电压

和N区中的少数载流子向对方的运动起加速作用，只要它们一靠近耗尽层就会被内电场拉到对方区域。这种少数载流子在内电场作用下产生的定向运动叫漂移运动。显然，漂移运动的方向和扩散运动的方向是相反的，当这两种运动达到动态平衡时PN结就不再加宽了。

(二) PN 结的单向导电性

1. PN 结加正向电压

PN结加正向电压时，如图1—4所示，P区接电源正极，N区接电源负极。这时外加电源在PN结上建立的外电场和内电场方向相反，因此，削弱了内电场，使空间电荷区变窄，这就打破了原来建立起来的扩散运动和漂移运动之间的动态平衡，使扩散运动加强，漂移运动减弱，多子扩散运动的不断进行，造成的浓度降低，由外电源的正极向P区补充空穴，向N区补充电子，形成很大的正向导通电流，PN结呈低阻状态，通常称为导通状态。

2. PN 结加反向电压

如图1—5所示，如果N区接电源正极，P区接电源负极，这时外加电压在阻挡层中形成的电场和内电场方向一致，加强了内电场，使PN结加宽。阻碍扩散运动的进行，而有利于少数载流子的漂移运动，但因少数子数量有限，所以漂移电流很小，此时PN结对外呈现高阻状态，通常称为截止状态。

值得注意的是，当反向电压增加到一定值时，流过PN结的电流突然增加，这是PN结的反向击穿。

由上述分析可知，PN结加正向电压时，呈低阻导通状态，加反向电压呈高阻截止状态，这是PN结的单向导电性。

三、半导体二极管

(一) 基本构造

半导体二极管是由PN结加欧姆接触电极引出线和管壳构成的。P区引出的电极为阳极（也叫正极），N区引出的电极为阴极（也叫负极）。

二极管有点接触型〔图1—6（a）〕和面接触型〔图1—6（b）〕。二极管在电路中的表示符号如图1—6（c）所示。

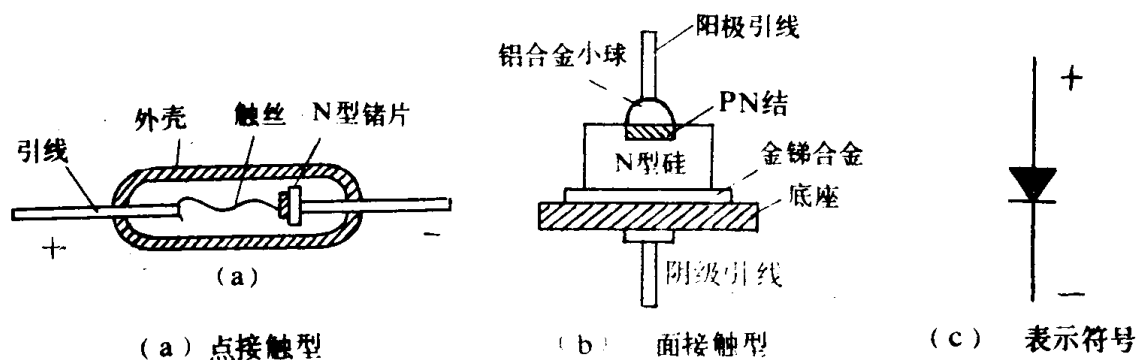


图 1-6 半导体二极管

点接触型的优点是PN结的面积小,结电容小,适用于高频电路,其缺点是不能通过大电流。

面接触型的优点是结面积大,能通过很大电流。缺点是结电容大,只能用在低频电路。

(二) 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性主要由其PN结决定。根据半导体物理推导出来的PN结伏安特性的近似公式为

$$I = I_s (e^{\frac{qV}{kT}} - 1) \quad (1-1)$$

其中, $q = 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑, 是电子的电荷电量; $k = 1.38 \times 10^{-23}$ 焦耳/K, 是玻尔兹曼常数; T 是绝对温度, 以摄氏 -273° 为零点, 单位用字母 k 表示; V 是加在PN结两端的电压。正向电压取正值, 反向电压取负值。

在室温 27°C 时, $T = 300\text{K}$, 则 $\frac{kT}{q} = 1.38 \times 10^{-23} \times 300 / 1.6 \times 10^{-19} = 26\text{mV}$, 此时式

(1-1) 为

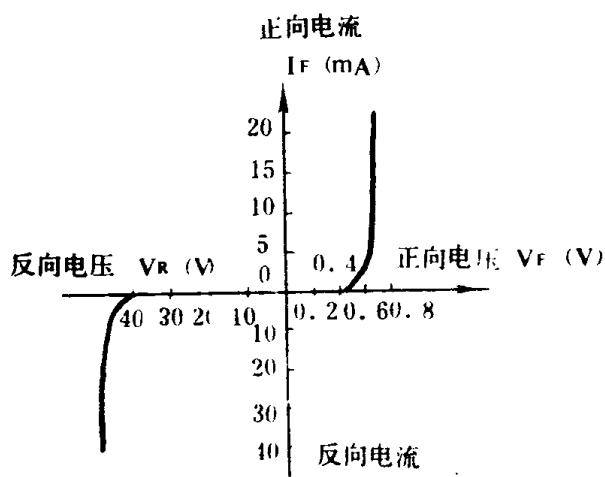
$$I = I_s (e^{\frac{V}{26}} - 1) \quad (1-2)$$

只要正向电压 $V \gg 26\text{mV}$, $e^{\frac{V}{26}} \gg 1$, 故式 (1-2) 可简化为

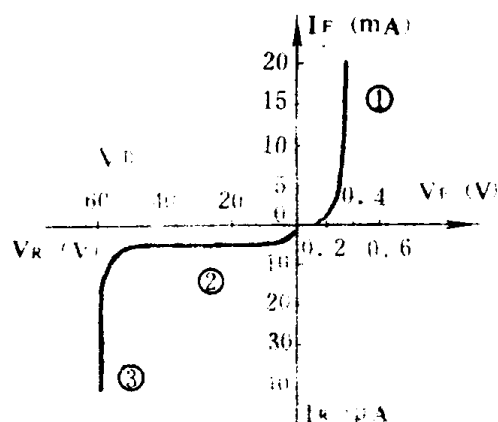
$$I \approx I_s e^{\frac{V}{26}} \quad (1-3)$$

注意, 其中 V 的单位应取毫伏。

显然, 当PN结加正向电压时, 若电压值较小, 对内电场的削弱不是很明显, 故二极管的正向电流极其微弱, PN结呈现较大的内阻。当外加电压超过所谓死区电压 V_z (硅管为 0.5 伏左右、锗管为 0.1 伏左右) 时, 内电场被大大削弱, 二极管的内阻变得很小, 正向电流显著增长 [图 1-7 (b) ①]。



(a) 硅二极管 2CP10



(b) 锗二极管 2AP10

图 1-7 二极管的伏安特性

当PN结加反向电压，则由式(1-2)可得

$$I = I_s e^{\frac{V}{26}} - I_s$$

当 $|V| \gg 26$ 时，上式第一项接近于零，即反向电流 $I \approx I_s$ ，几乎是不随外加电压 V 而变化，故 I_s 称为反向饱和电流〔图 1-7 (b) ②〕。

当反向电压达到 V_B 时，二极管反向击穿，反向电流急剧增加〔图 1-7 (b) ③〕。

通过上面的理论分析和实测得到二极管的伏安特性如图 1-7 所示。

(三) 二极管的主要参数

1. 最大整流电流 I_{OM}

是二极管长期工作时允许通过的最大正向平均电流，是由PN结的面积和散热条件决定的。使用时不得超过该值，否则将烧坏二极管。

2. 最高反向工作电压 V_{RM}

是保证二极管不被击穿的最高反向电压，一般取反向击穿电压的一半或三分之二。

3. 最大反向电流 I_{RM}

是指管子的反向电压加到 V_{RM} 时的反向电流值。 I_{RM} 越小说明管子的单向导电性能越好。硅管反向电流较小，一般在几微安以下，而锗管的则为硅管的几十到几百倍。此外，温度对反向电流的影响很大，使用时必须注意。

4. 直流电阻 R_D

是加于二极管两端的直流电压与流过二极管的直流电流之比，即工作点Q到原点连线的斜率的倒数，如图 1-8 所示。

$$R_D = \frac{V_Q}{I_Q} = \frac{1}{\tan \theta} \quad (1-4)$$

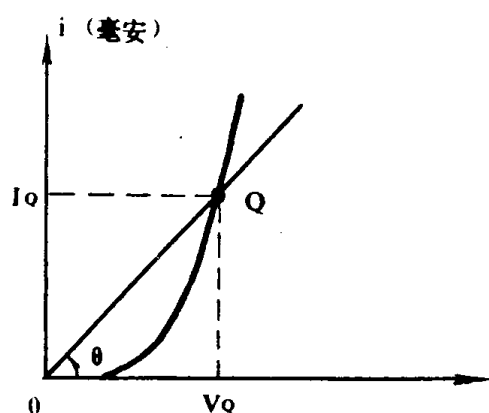


图 1—8 二极管的直流电阻

由二极管的伏安特性可以看出, R_D 不是常数, 它随 Q 点的变化而变化。平时用万用表测量二极管的正反向电阻就是直流电阻。

四、稳压二极管

从图 1—7 二极管的伏安特性曲线可知, 二极管反向击穿时, 反向电流急剧增加, 而两端的电压却几乎不变, 即表现出稳压特性。稳压二极管就是利用二极管的这种特性制成的。

从图 1—9 所示稳压管的伏安特性曲线上可以看出, 在正向电压区间, 稳压管的伏安

特性和普通二极管是相似的。在反向电压区间, 未击穿之前也和普通二极管一样, 流过很小的反向饱和电流 I_s 。当反向电压增至 V_Z 时, 反向电流剧增, 稳压管反向击穿。此后, 流过稳压管的电流虽然在很大的范围内变化, 但稳压管两端的电压变化很小。稳压管就是工作在这一区域起稳压作用的。稳压管和一般二极管不同。由于稳压管是采用特殊加工工艺制造的面接触型的二极管, 接触面积上的电流分布均匀, 只要流过稳压管的电流不超过最大允许电流, 则稳压管的击穿就是可逆的, 去掉反向电压后, 稳压管又恢复正常。

稳压管的主要参数

1. 稳定电压 V_Z

V_Z 是稳压管正常工作电压值, 如图 1—9 所示。手册中给定的数值都是在一定条件下测得的。不同的工作电流和不同的温度 V_Z 的大小略有改变。对于同一型号的稳压管来说, 它的稳压值也不尽相同, 如 2CW11 的稳压值 V_Z 是在 3.2 伏到 4.5 伏, 这就是说, 在这个型号中任取一支稳压管它的稳压值 V_Z 可能是 3.2 伏到 4.5 伏之间的某个数值, 如 3.6 伏, 而不是一个管子的稳压值在这个范围内变。

2. 稳定电流 I_Z

稳压管的稳定电流 I_Z 只是稳压管正常稳压时的一个参考电流值。该值一般是指工作范围内的中点电流值。

3. 电压温度系数 α_v

α_v 是说明 V_Z 受温度变化影响的系数。它是指温度变化一度时 V_Z 变化的百分数。如 2CW18 的电压温度系数是 $+0.095\%/^{\circ}\text{C}$, 即温度每增加一度, 它的稳压值 V_Z 将增加 0.095% , 若 20°C 时 2CW18 的 $V_Z = 11$ 伏, 那么在 60°C 时的 V_Z 值是

$$11 + \frac{0.095}{100} \times (60 - 20) \times 11 \approx 11.42 \text{ V}$$

一般说来, V_Z 低于 6 伏的稳压管 α_v 是负的, 高于 6 伏的稳压管 α_v 是正的, 而在 6 伏左右的稳压管 α_v 比较小, 因此, 如有可能应尽量选用 6 伏左右的稳压管。

4. 动态电阻 r_z

r_z 是稳压管两端电压变化量 ΔV_Z 与相应的电流变化量 ΔI_Z 之比, 如图 1—9 中所示。

$$r_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z}$$

(1—5)

显然，稳压管的反向伏安特性曲线越陡、 r_z 越小，稳压性能越好。

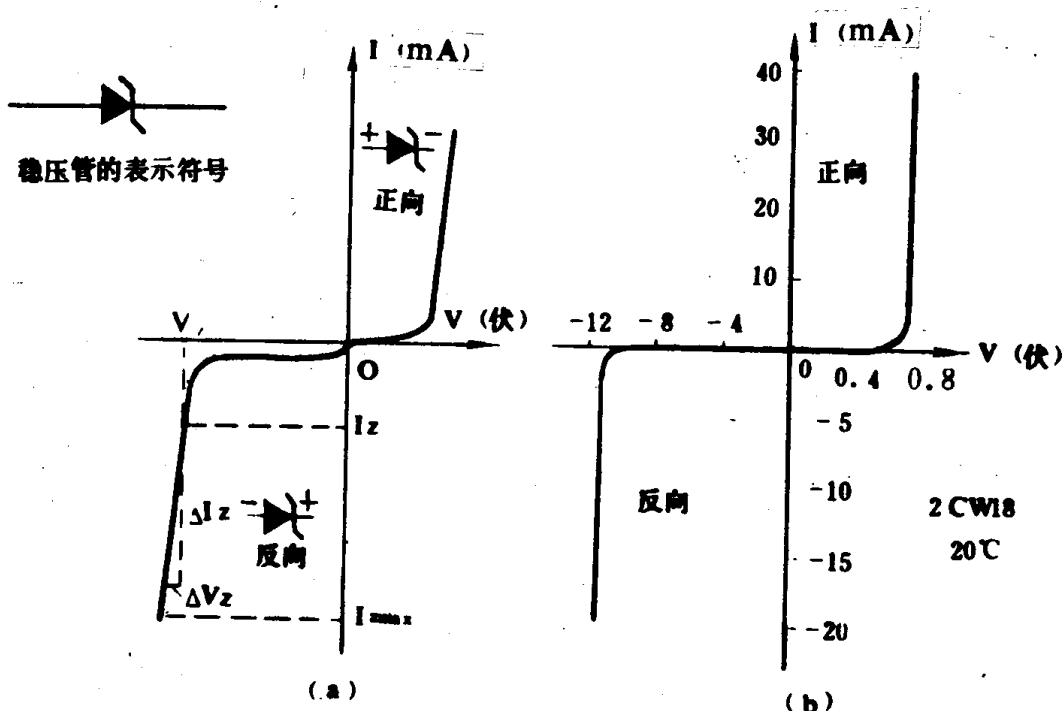


图 1—9 稳压管的伏安特性曲线

1—2 二极管整流电路

在后面将要研究的各种电子电路中都是用直流电源供电的，而通常电网供给市电是220伏，50赫芝的交流电。如何采用既简便又经济的办法将电网供给的交流电变成直流电是本节讨论的内容。利用二极管单向导电的特性，可以把交流电变成直流电，这个过程通常称为整流。下面分别讨论几种常见的整流电路。

一、单相半波整流电路

纯电阻负载的单相半波整流电路如图 1—10 所示。它是电源变压器 B 、整流二极管 D 和负载电阻 R_L 组成的。电源变压器 B 通常为降压变压器，如果负载要求电压较高，也可采用升压变压器。电源变压器的原边接到220 伏交流电源上，设其付边电压为

$$v = \sqrt{2} V \sin \omega t$$

如图 1—11 (a) 所示。由于二极管的单向导电性，在 v 的正半周时， a 端为正， b 端为负，此时二极管承受正向电压而导通，有电流 i_o 流过 R_L ，其方向是自上而下的。因二极管正向导通时压降很小，可以忽略不计，故此时 R_L 上获得的电压可认为是和 v 一样的。

当 v 处于负半周时，即 a 端为负， b 端为正，二极管承受反向电压而截止，回路中没有

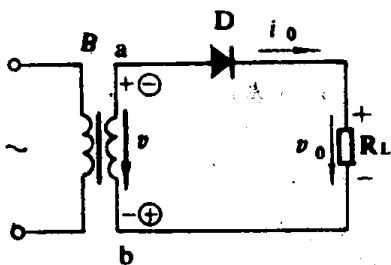


图 1—10 单向半波整流电路

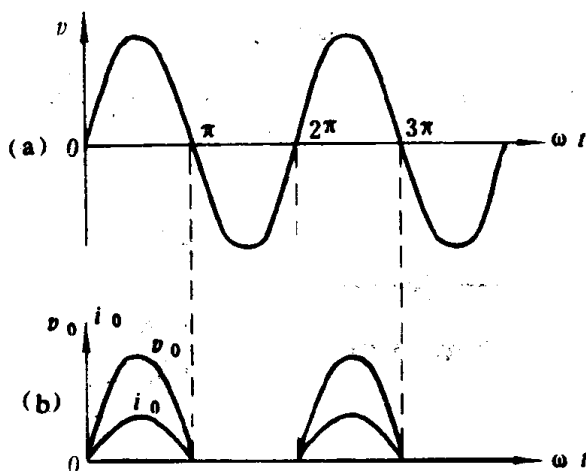


图 1—11 半波整流电压电流波形

电流, R_L 上也没有电压降。这样, 在负载 R_L 上得到的电压、电流如图 1—11 (b) 所示。

显然, 负载上得到的电压虽然是单向的, 但是脉动的。对于这种单向脉动电压常用它在
一个周期内的平均值来表示其中直流成分的大小, 即

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} V \sin \omega t d(\omega t) \\ &= \frac{\sqrt{2}}{\pi} V = 0.45 V \end{aligned} \quad (1-6)$$

负载上的电流为

$$I_o = \frac{V_o}{R_L} = 0.45 \frac{V}{R_L} \quad (1-7)$$

在工程上常常是根据负载上要求的直流电压来求电源变压器次级的交流电压, 故式
(1—6) 式可改写为

$$V = \frac{1}{0.45} V_o = 2.22 V_o \quad (1-8)$$

在选择整流二极管时, 要根据负载要求的整流电流 I_o 和二极管截止时所承受的反向电压 V_{DRM} 来选取。半波整流电路二极管所承受的反向最高电压显然是电源变压器次级电压的峰值 $\sqrt{2} V$ 。一般为留有余量, 二极管的实际耐压的选取还要比 $\sqrt{2} V$ 大一倍。

二、单相全波整流电路

单相全波整流电路, 实际上就是两个半波整流电路的组合, 如图 1—12 所示。它是由具有中心抽头的电源变压器 B 、两个整流二极管 D_1 、 D_2 和电阻负载 R_L 组成。

在电源变压器次级得到的两个大小相等, 相位相反的电压 v_a 、 v_b 如图 1—13 (a) 所示。假定从 $0 \sim \pi$ 的半个周期内, 变压器次级的电压极性是上正下负, 则 v_a 使 D_1 承受正向电压而导通, v_b 使 D_2 承受反向电压而截止。在负载 R_L 上得到的电流如图 1—12 中的 I_o , R_L 两端的电压则是上正下负, 这和半波整流的情况是一样的。在 $\pi \sim 2\pi$ 的半个周期内, 变压器 B 次