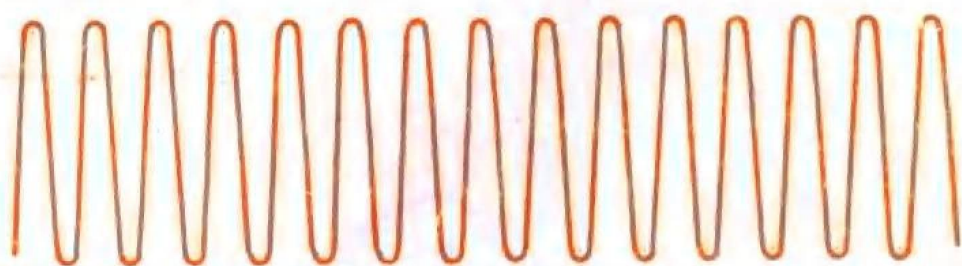




电子技术基础

黄庆元 石邦恒 主编



内 容 简 介

本书是根据一九八四年教育部颁布的高等师范院校《电子技术基础》教学大纲精神编写的。内容有晶体管原理、放大器基础、负反馈放大器、功率放大器、直接耦合放大器与运算放大器、直流稳压电源、调谐放大器、振荡器、调制与解调、晶体管收录机、脉冲电路、数字电路基础及微型计算机、电视等十三章。每章正文后附有适当的思考题与习题。

本书的特点是以扩大机、收录机、电视接收机及微型计算机为线索，深入浅出地阐述了电子技术的基本概念和理论。

本书可作为师范院校、教育学院、职业大学物理专业的试用教材，同时还可作为从事电子线路的工作人员、中学教师和业余无线电爱好者的参考书。

电子技术基础

黄庆元 石帮恒 主编

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 工程技术学院印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 22.5印张 2插页 5054千字

1985年7月第1版 1985年7月第一次印刷

印数：1—12000

统一书号：15202·103 定价：4.10元

前 言

本书是根据一九八四年教育部颁布的高等师范院校《电子技术基础》教学大纲精神，在陕西省高教局科研处的大力支持和关怀下，由十三所院校合编的。

本书总结了编者几年来的教学实践经验，注重了基本概念、基本理论的阐述和基本技能的训练；面对科学技术的飞速发展和中等教学改革的需要，此书充分注意到反映当前电子技术的新成就、新发展和新方向。删减了陈旧的、繁杂的内容，增添了集成电路、数字电路及微型计算机的篇幅。

成书是集体智慧的结晶。西北大学姚长安副教授于一九八四年三月和八月分别在涪陵师专和咸阳师专主持召开了初审和复审会议。参加审稿的有许昌师专郑德有、庆阳师专吴观辉、乌鲁木齐教育学院郭登文、宜宾师专江德卿、昭通师专易明江、宝鸡教育学院忻元华、银川师专闪郁昌、运城师专贾春秀、榆林师专孙长久、张掖师专张功先、陕西机械学院黄日安、安康师专吴树人、内江教师进修学院蒋有功、安顺师专罗源、下关师专牟猛、开封教育学院陈光东、南宁师专黄俊广、铜仁师专陈朝纲、六安师专孙承宜、商丘师专李忠义、怀化师专叶迟凡、嘉兴师专沈登湘、唐山教育学院刘靖涛等。同志们提出了很多宝贵意见，并对有关章节进行了修改，在此谨表示衷心地感谢。

经过大家的共同努力，此书终于和广大读者见面了。能为提高全民族的文化素质尽绵薄之力，我们感到由衷的高兴。本书虽然经过反复的研究和修改，但由于时间仓促，加之编者水平有限，书中错误和欠妥之处，在所难免，恳切希望兄弟院校的师生和广大读者批评和指正。

编 者

一九八五年五月于咸阳

目 录

第一章 晶体管原理

§ 1—1	半导体中的漂移电流与扩散电流	1
§ 1—2	PN 结	1
一、	自由状态下的 PN 结	1
二、	PN 结的单向导电性	2
§ 1—3	晶体二极管	3
一、	晶体二极管的结构和分类	3
二、	二极管的伏安特性	4
三、	晶体二极管的参数	6
四、	晶体二极管的等效电路	8
§ 1—4	晶体三极管	9
一、	三极管的基本结构及放大原理	9
二、	晶体管内部载流子的输运过程及电流分配	11
三、	晶体三极管的特性曲线	13
四、	晶体三极管的参数	15
§ 1—5	场效应管	18
一、	N 沟道绝缘栅型场效应晶体管的结构和特性	18
二、	场效应管的主要参数	21
三、	使用注意事项	22
	思考题与习题	22

第二章 晶体管放大器基础

§ 2—1	单管放大电路	24
一、	电路的组成	24
二、	直流通道	25
三、	交流通道	26
§ 2—2	放大电路的图解分析方法	27
一、	用图解法确定静态工作点	27
二、	用图解法描绘放大电路各处的电流、电压波形	28
三、	用图解法分析放大器的失真	30
四、	交流负载线	32
五、	放大器的动态范围	33
§ 2—3	晶体管的微变等效电路	34
一、	晶体管的 h 参数	34
二、	晶体管的 h 参数等效电路	36
三、	晶体管输入电阻 h_{ie} (r_{be}) 的估算	37
§ 2—4	用微变等效电路分析晶体管放大器	38

一、画出 h 参数等效电路	38
二、计算放大器的性能指标	38
§ 2—5 静态工作点的稳定	44
一、环境温度 T 对放大器工作点的影响	44
二、工作点稳定电路	45
§ 2—6 多级放大器	47
一、多级放大电路电压放大倍数的估算	48
二、放大倍数的分贝表示法	49
三、阻容耦合放大器的频率特性	50
§ 2—7 场效应管放大器	53
一、偏置电路	53
二、场效应管的微变等效电路	54
三、用微变等效电路计算共源放大器	55
四、源极输出器 (共漏放大电路)	56
思考题与习题	57

第三章 负反馈放大器

§ 3—1 反馈的概念与种类	63
一、什么叫反馈	63
二、负反馈放大器的分类	64
§ 3—2 负反馈电路	66
一、电流串联负反馈	66
二、电压串联负反馈	67
三、电压并联负反馈	68
四、电流并联负反馈	70
§ 3—3 负反馈对放大器性能的影响	70
一、负反馈使放大器的放大倍数降低	70
二、负反馈提高放大倍数的稳定性	71
三、负反馈使放大器的通频带展宽	72
四、负反馈改善非线性失真	73
五、负反馈对放大器输入电阻和输出电阻的影响	73
§ 3—4 负反馈放大器的计算	77
一、射极输出器——电压串联负反馈放大电路	77
二、电流并联负反馈放大电路	80
思考题与习题	83

第四章 低频功率放大器

§ 4—1 功率放大器的特点与分类	85
一、特点和要求	85
二、分类	86
§ 4—2 单管甲类功率放大器	86

§ 4—3	变压器耦合推挽功率放大器	88
§ 4—4	无变压器推挽功率放大器	93
	一、互补对称式功率放大电路	93
	二、复合互补对称推挽功率放大电路	95
〔附录〕	晶体管扩音机电路分析——飞跃 JK 25W 晶体管扩音机	99
	一、技术性能	99
	二、扩音部分电路分析	99
	思考题与习题	101

第五章 直接耦合放大器和运算放大器

§ 5—1	直接耦合放大器的特点	103
	一、级间耦合方式	103
	二、零点漂移	104
§ 5—2	差分放大器	106
	一、基本电路	106
	二、工作原理	106
	三、典型电路分析	108
	四、差分放大器的几种接法	112
	五、差分放大器性能的改进	113
§ 5—3	集成运算放大器基础	115
	一、概述	115
	二、集成运算放大器电路分析	115
	三、集成运算放大器的主要参数	120
	四、集成运算放大器的特性	121
§ 5—4	集成运算放大器的应用	124
	一、加法器	124
	二、减法器	124
	三、微分、积分运算器	126
	四、指数及对数运算器	126
	五、乘法和除法运算器	127
	思考题与习题	127

第六章 直流稳压电源

§ 6—1	整流电路	129
	一、半波整流电路	129
	二、全波整流电路	130
	三、桥式整流电路	131
	四、倍压整流电路	131
§ 6—2	滤波电路	132
	一、电容滤波电路	132
	二、电感滤波电路	135

三、LC型滤波电路	136
四、 π 型滤波电路	136
§ 6—3 稳压管稳压电路	137
一、硅稳压二极管	137
二、稳压原理	138
三、稳定度与内阻	138
四、电路元件选择	139
§ 6—4 串联型晶体管稳压电路	140
一、电路组成和稳压原理	140
二、提高稳压电源性能的措施	142
三、过流保护电路	143
四、飞跃牌12D1A型电视机稳压电源	144
* § 6—5 集成稳压电路	144
一、WA7型集成稳压组件的结构	144
二、工作原理	145
思考题与习题	146

第七章 调谐放大器

§ 7—1 LC并联谐振电路的基本特性	149
一、谐振频率和谐振电阻	149
二、谐振回路的品质因数	150
三、谐振曲线和通用谐振方程	150
四、信号源和负载与并联谐振回路的连接	152
§ 7—2 LC调谐放大器	152
一、单调谐放大器	152
二、采用部分接入电路的LC调谐放大器	155
§ 7—3 双调谐放大器	156
§ 7—4 多级LC单调谐放大器	158
§ 7—5 调谐放大器的稳定性	159
一、中和	160
二、共射——共基单调谐放大电路	160
§ 7—6 集成电路调谐放大器及声表面波滤波器	161
一、集成电路调谐放大器	161
二、声表面波滤波器及其应用	162
思考题与习题	163

第八章 振荡器

§ 8—1 自激振荡器原理	165
§ 8—2 LC振荡器	166
一、电感三点式振荡器	166
二、电容三点式振荡器	168

三、三点式振荡器的组成原则·····	170
四、变压器耦合振荡电路·····	170
* § 8—3 石英晶体振荡器·····	172
一、石英晶体振荡器·····	172
二、石英晶体振荡器的类型·····	173
§ 8—4 RC振荡器·····	174
一、文氏桥式振荡器·····	174
二、RC移相式振荡器·····	177
§ 8—5 实用电路举例·····	178
一、收音机中的本机振荡电路·····	178
二、电视接收机中的本机振荡电路·····	178
思考题与习题·····	179

第九章 调制与解调

§ 9—1 调制方式·····	181
§ 9—2 调幅·····	181
一、调幅原理·····	181
二、调幅波的频谱·····	184
三、调幅波的功率·····	185
四、调幅电路·····	186
§ 9—3 检波·····	187
一、大信号直线性检波·····	188
二、小信号平方律检波·····	189
§ 9—4 调频与鉴频·····	191
一、调频信号的特点·····	191
二、相位鉴频器·····	193
三、比例鉴频器·····	196
思考题与习题·····	197

第十章 晶体管收录机

§ 10—1 电磁波传播·····	198
§ 10—2 变频原理及电路·····	199
一、变频原理·····	199
二、变频电路·····	200
§ 10—3 晶体管超外差收音机·····	202
一、输入回路·····	202
二、统调·····	204
三、自动增益控制电路(AGC 电路)·····	206
四、收音机整机电路分析·····	207
* § 10—4 集成电路收音机·····	208
* § 10—5 晶体管收录机简介·····	209

一、录音原理·····	209
二、红灯2L143型台式AM、FM四波段收录两用机电路分析·····	211
思考题与习题·····	214

第十一章 脉冲电路

§ 11—1 脉冲的基本知识·····	215
§ 11—2 一阶RC电路的过渡过程·····	216
§ 11—3 脉冲波形的变换·····	219
一、耦合电路与微分电路·····	219
二、积分电路·····	220
三、脉冲分压器·····	221
§ 11—4 晶体二极管、三极管的开关特性·····	222
一、二极管的开关特性·····	222
二、三极管的开关特性·····	223
§ 11—5 限幅与箝位电路·····	224
一、二极管限幅电路·····	225
二、三极管限幅电路·····	226
三、箝位电路·····	226
§ 11—6 多谐振荡器·····	228
一、工作原理·····	229
二、输出脉冲的幅度与周期·····	230
三、改进电路·····	230
* 四、用集成运放构成的方波发生器·····	231
§ 11—7 单稳态电路·····	231
一、电路的稳态·····	232
二、工作过程·····	232
三、脉冲宽度 t_w 的计算·····	234
* 四、用运算放大器构成的单稳态电路·····	234
§ 11—8 晶体管施密特电路——射极耦合双稳态触发器·····	235
一、电路构成及特点·····	235
二、工作原理·····	235
三、施密特电路的应用·····	237
* 四、用运算放大器构成的施密特触发器·····	238
思考题与习题·····	239

第十二章 数字电路基础与微型计算机

§ 12—1 基本的逻辑关系和门电路·····	242
一、与门电路和逻辑乘·····	242
二、或门电路和逻辑和·····	243
三、非门电路和逻辑非·····	244
§ 12—2 晶体管——晶体管逻辑(TTL)与非门·····	245

§ 12—3	TTL与非门参数	246
§ 12—4	MOS 门电路	247
一、	NMOS反相器	247
二、	CMOS反相器	248
三、	NMOS与非门	248
四、	CMOS与非门	248
五、	CMOS或非门	249
§ 12—5	逻辑代数的基本知识	249
一、	基本定律和规则	249
二、	逻辑函数的化简	250
§ 12—6	计数制	251
一、	二进制	251
二、	八进制	252
* § 12—7	其他类型的门电路	253
一、	集电极开路与非门 (简称OC门)	254
二、	三态门	254
三、	异或门	255
四、	与或非门	255
§ 12—8	组合逻辑电路	256
一、	三位二进制译码器	256
二、	8—4—2—1 BCD码器及液晶显示器	256
三、	半加器、全加器	258
§ 12—9	触发器	260
一、	基本RS触发器	260
二、	时钟脉冲控制的触发器 (同步触发器)	261
三、	维持阻塞触发器	264
四、	主从触发器	266
§ 12—10	时序逻辑电路	267
一、	寄存器	267
二、	移位寄存器	267
三、	非同步二进制加法计数器	268
四	同步二进制加法计数器	269
五、	同步8—4—2—1 BCD码十进加法计数器	269
六、	非同步8—4—2—1 BCD码十进计数器	270
* § 12—11	微型电子计算机简介	270
一、	概述	271
二、	微处理器的结构	274
三、	存储器	276
四、	微型计算机的基本指令	278
	思考题与习题	283

第十三章 电 视

§ 13—1 电视发送的基本原理.....	285
一、电视信号的形成.....	285
二、扫描.....	287
三、全电视信号.....	288
四、电视信号的发送.....	290
§ 13—2 晶体管黑白电视接收机.....	292
一、显象管与偏转线圈.....	293
二、高频调谐电路.....	296
三、中频放大电路.....	302
四、视频检波电路及视频放大电路.....	304
五、伴音电路.....	307
六、自动增益控制 (A G C) 电路.....	308
七、同步分离电路.....	311
八、场扫描电路.....	315
九、行扫描电路.....	323
十、飞跃12D 1 A黑白电视接收机电路分析.....	333
* § 13—3 彩色电视简介.....	336
一、三基色原理.....	336
二、兼容制彩色电视原理.....	338
三、颜色电视接收机.....	343
思考题与习题.....	345
主要参考书.....	348
附图 1	
附图 2	

第一章 晶体管原理

PN结是构成晶体二极管、三极管和其他半导体器件的基础。本章首先介绍PN结的形成和它的单向导电特性，其次讨论在PN结基础上构成的晶体三极管、场效应管的工作原理、特性曲线和参数。

§ 1—1 半导体中的漂移电流与扩散电流

在热运动的基础上，半导体中的载流子在电场作用下所产生的定向运动称为载流子的漂移运动。

以 v 表示载流子在电场 E 作用下所获得的平均迁移速度，则迁移速度与外加电场 E 的比值：

$$\mu = \frac{v}{E}$$

称为迁移率。

以 N 表示载流子浓度，则由于电场影响而产生的漂移电流密度应为：

$$j = Ne v$$

或

$$j = Ne \mu E$$

可见，由于漂移运动所形成的电流密度与外加场强 E 成正比。

半导体中除了上述漂移运动外，还有因载流子在半导体内分布不均匀而产生的扩散运动。如果在半导体内的某一部分出现某种载流子浓度较大的情况，载流子就从浓度大的区域向浓度小的区域扩散，载流子的这种定向扩散运动所形成的电流称为扩散电流，扩散电流与载流子浓度梯度成正比。

§ 1—2 PN结

一、自由状态下的PN结

在一块本征半导体的两侧掺入不同的杂质，使一侧形成N型半导体，另一侧形成P型半导体。N型半导体中的电子是多子，空穴是少子，电子浓度大；而P型半导体中，空穴是多子，电子是少子，空穴浓度大。这样，在交界面附近必然引起载流子的相互扩散运动，如图1—1所示。电子由N区向P区扩散，同时，空穴也从P区向N区扩散。多子的扩散运动就形成扩散电流，方向由P区指向N区。扩散的结果，在P区界面附近

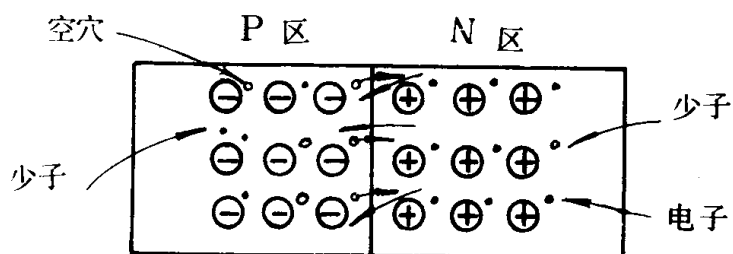


图 1 — 1 构成PN 结时载流子的扩散运动

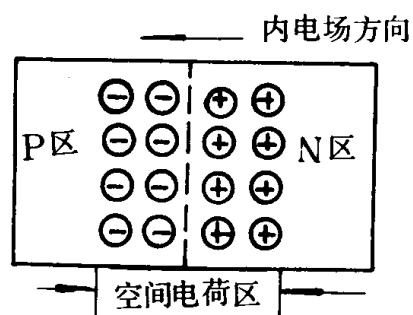


图 1 — 2 PN 结的形成

因失去空穴而留下等量的不能移动的负离子；在N区界面附近因失去电子而留下等量的不能移动的正离子。因此，在交界面附近就形成一个很薄的空间电荷区，这就是PN结。在这个空间电荷区，存在着一个很强的电场，称为内建场或内电场，方向由N区指向P区，如图1—2所示。

显然，空间电荷区的内电场将对电子和空穴的扩散起阻碍作用，故又把空间电荷区叫做阻挡层或势垒区。随着扩散运动的进行，空间电荷区愈来愈宽，从而对扩散运动的阻碍作用愈来愈强。另一方面，P区的少子（电子）和N区的少子（空穴）在这个内电场的作用下，很容易运动到对方区域，从而形成漂移电流，其方向由N区指向P区。从P区漂移到N区的电子补充了原来交界面N区失去的电子，而N区漂移到P区的空穴补充了原来交界面P区失去的空穴。因此，漂移运动的结果使空间电荷区变窄，作用正好与扩散运动相反。不难看出，在扩散刚开始时，扩散运动占优势，内电场较弱，扩散运动大于漂移运动。随着扩散的不断进行，空间电荷区离子增多，内电场逐渐加强，扩散运动减弱，漂移运动增强，当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时，PN结不再加厚。此时，扩散电流和漂移电流二者大小相等，方向相反，从宏观上看，流过交界面的电流为零。

动态平衡是有条件的，当外界条件（如温度、光照、施加电压等）发生变化时，PN结的动态平衡就会随之改变。

二、PN 结的单向导电性

给PN结外加一个电压，使外电源的正极接P区，负极接N区如图1—3所示，这种情况称为正向偏置，简称正偏。

PN结正偏时，外电压在阻挡层中产生的外加电场 E_r 与内电场 E_i 方向相反，从而减弱了内电场，破坏了原来的动态平衡，N型半导体中性区内的多数载流子（电子）要向左移动，与原来空间电荷区内的正离子中和，使空间电荷区宽度减小。与此同时电源负端也不断地向N区中补充电子，维持它在电性能上保持中性。同理，P型半导体中性区内的多数载流子（空穴）要向右移动，亦要使空间电荷区的宽度减小。这样，P型半导体的多子（空穴）就容易扩散到N型区，而N型半导体的多子（电子）也容易扩散到P型区，形成较大的扩散电流，从而导致外电路出现较大的电流，PN结表现为低电阻，

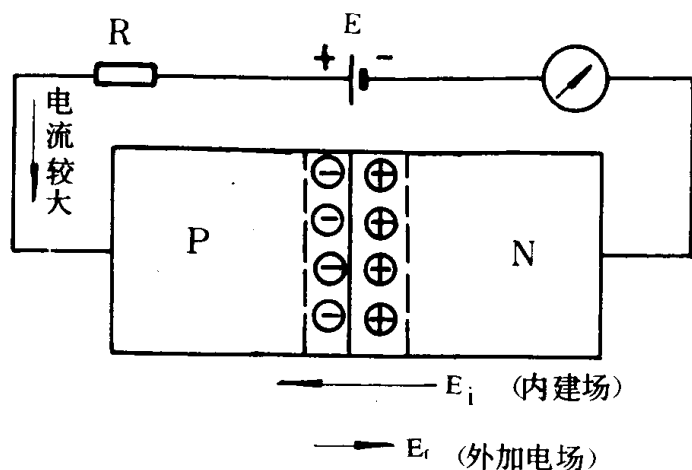


图 1 — 3 PN 结正向偏置时的情况

称反偏。这时，外电场 E_r 与内电场 E_i 方向相同，使内电场增强，它将驱使N区的电子和P区的空穴离开耗尽层，在结附近留下更多的正、负离子，少子的漂移运动占优势。于是这时通过PN结的电流将主要由漂移电流决定，它是由少子组成的，少子的浓度很小，因此得到的电流（又称反向电流）是很小的。且温度不变时，少子浓度不变，因此，反向电流几乎不随外加电压而变化（故又称反向饱和电流）。若忽略这一小电流，则电路呈截止状态。

可见，PN结反向偏置时，阻挡层变宽，少子漂移占优势，从而形成反向电流，但反向电流很小，PN结呈现为高电阻，即呈反向截止状态。

综上所述，PN结正向偏置时，呈低电阻，正向电流大，为正向导通状态；反向偏置时，呈高电阻，反向电流小，为反向截止状态。这就是PN结的单向导电性。

这种状态常称正向导通状态，这时的电流称正向电流。显然，正向电压愈大，正向电流愈大。至于PN结两边的少子所形成的漂移电流与扩散电流相比是很小的，常予以忽略。

由此可见，PN结正向偏置时，空间电荷区变窄，势垒降低，由多子扩散运动形成的正向电流增加，PN结呈现低电阻，即呈导通状态。

当外电源的正极接N区，负极接P区，如图1—4所示时，这种情况叫反向偏置，简

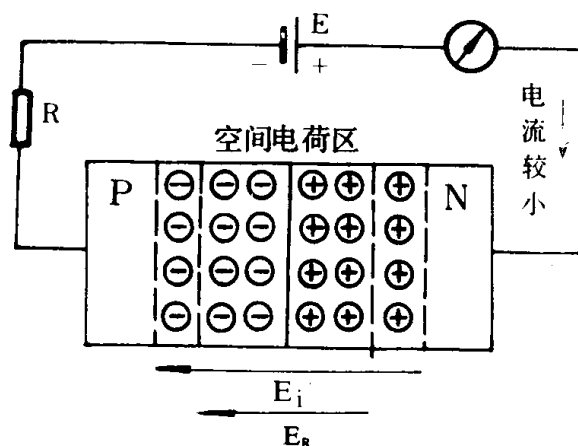


图 1 — 4 PN 结反偏时的情况

§ 1 — 3 晶体二极管

一、晶体二极管的结构和分类

一个PN结，加上相应的电极引线和管壳就构成晶体二极管。在电路中，通常用 $\rightarrow|$ 表示。箭头所指的方向表示正向电流的方向。

按二极管的结构可分为面结合型、点接触型和平面型三种，如图1—5(a)、(b)、(c)所示。

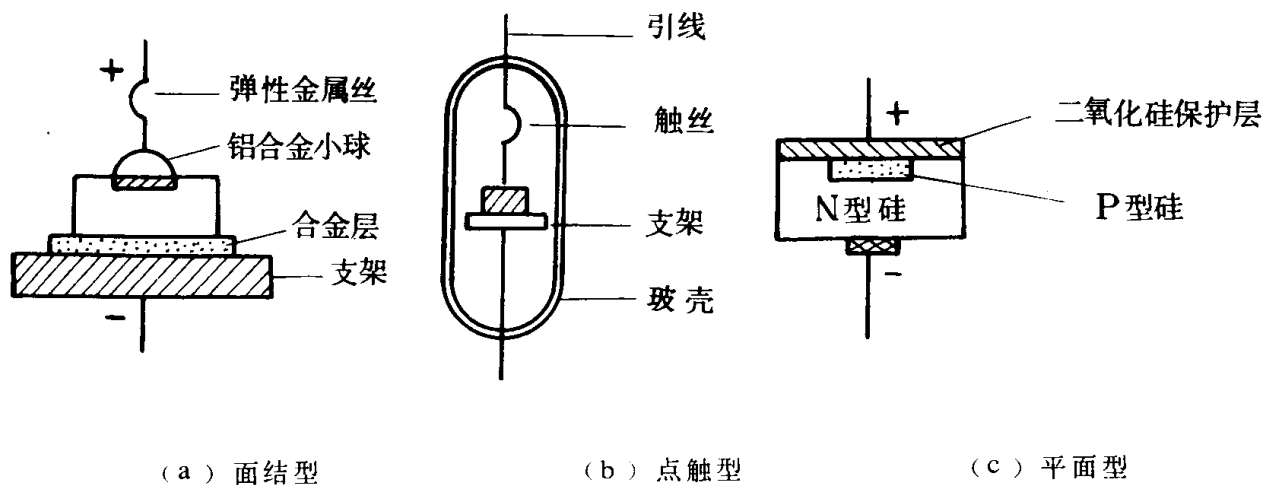


图1—5 晶体二极管结构示意图

按用途来分类，二极管可分为整流二极管、检波二极管、稳压二极管、开关二极管和变容二极管等。

一般整流二极管多为面结型。面结型接触面大，可承受较大电流，故适用于整流(如2CP系列的小电流整流二极管和2CZ系列大电流整流二极管)。点接触型二极管结面积小，结电容小，允许通过电流较小，能在高频下工作，常用来作检波二极管(如2AP1~2AP9)。结面积小的平面型二极管常用来作开关二极管(如2CK系列)。

按半导体材料来分类，二极管又可分为硅二极管和锗二极管。锗二极管正向特性变化缓慢，正向压降较小(约0.2V)，反向电流较大；硅二极管正向特性变化迅速，正向压降较大(约0.7V)，反向电流很小。不管哪种类型的二极管，其核心部分都是一个PN结，基本特性是一样的。

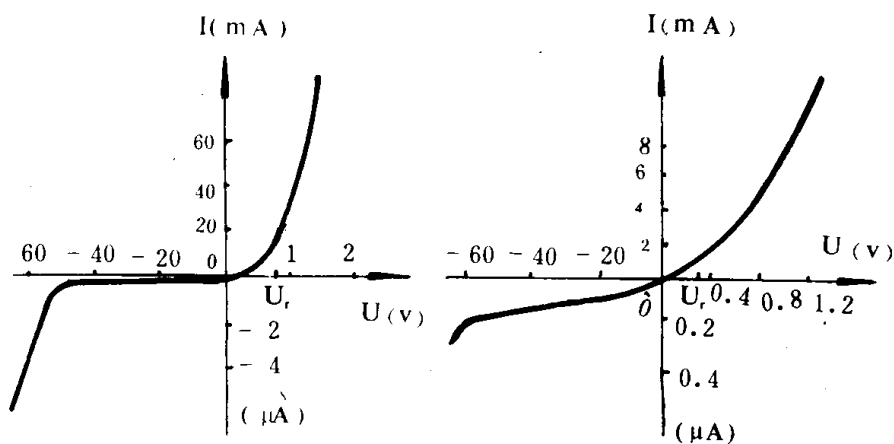
二、二极管的伏安特性

1. 二极管的伏安特性

二极管的单向导电性，可用二极管的伏安特性曲线来表示。所谓伏安特性曲线，就是加在二极管两端的电压 U 与流过二极管的电流 I 之间的关系曲线。典型的二极管的伏安特性如图1—6(a)、(b)所示。

当二极管两端的正向电压很小时，PN结的内电场仍对载流子的扩散运动起较大的阻挡作用，因此，基本上无电流流过PN结，正向电流几乎为零，这一段称为死区。只有当外加电压超过某数值后(这一数值与管子材料和温度有关，室温下，锗管约为0.1V，硅管约为0.5V)，正向电流才明显增长，这时的电压叫接通电压或门限电压，用 U_r 表示。正向电压超过 U_r 时，PN结内电场的阻挡作用大大削弱，随着外加正向电压的升高，电流增长很快，超过一定值后，几乎是直线上升。

当二极管两端加上反向电压时，外加电场与内电场方向一致，使PN结阻挡层加宽，



(a) 硅二极管特性

(b) 锗二极管特性

图 1—6 二极管的伏安特性曲线

这时只有两边的少数载流子在反向电压作用下形成很小的反向饱和电流，用 I_s 表示。温度一定时， I_s 保持定值而不随反向电压的变化而改变。一般小功率锗管的反向饱和电流为几 μA ~ 几十 μA ，硅管比锗管小得多，一般小于 1 μA 。

继续增大反向电压，当增大到某一数值时，反向电流突然增大，这就是反向击穿现象，相应地把这时的反向电压称为击穿电压，用 U_b 表示。

击穿一般分为两类：即雪崩击穿和齐纳击穿。

雪崩击穿往往在外加反向电压很高时出现。当反向电压增大到某一数值时，少数载流子将获得很高的能量，当它们和空间电荷区中的硅原子碰撞时，足以把硅原子中的价电子撞击出来，产生出新的电子空穴对。这些新的电子空穴对受强电场的加速获得足够的能量后，又可以去撞击其它原子，产生更多的电子空穴对，如此链锁反应，载流子的数目宛如雪崩一样急剧地增多，使反向电流突然增大，故称雪崩击穿。一般二极管的击穿多属雪崩击穿。

齐纳击穿一般在掺杂很高的 PN 结内发生。当杂质浓度很大时，空间电荷密度大，阻挡层很薄，这时即使外加的反向电压并不高（例如 5V 以下），足可使空间电荷区内的电场强度达到极高的数值，以致能把阻挡层内或 PN 结边缘的价电子从共价键中直接拉出来，从而产生大量的电子空穴对，使反向电流猛增，这就是齐纳击穿。

如果把反向电流限制在容许范围以内，即使产生反向击穿，也不致使 PN 结损坏，当降低反向电压后，管子可恢复到原来状态。可见，击穿过程是可逆的，稳压管就是利用这一击穿特性而构成的。

2. 二极管伏安公式

二极管伏安关系，除了用上述特性曲线表示以外，还可由 PN 结理论近似得出的如下公式来表示：

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

式中

q ——电子电荷量, 为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ Q}$

K ——波尔兹曼常数, 为 $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

T ——绝对温度, K

I_s ——反向饱和电流

U ——为PN结电压, 正向工作时为正值, 反向工作时为负值。

在室温下, 若取 $T = 300\text{K}$, 则

$$\frac{KT}{q} \approx 26 \text{ (mV)}$$

当二极管反偏, U 为负值, 且远小于 -26mV 时, 反向电流为:

$$I = I_s (e^{\frac{qU}{KT}} - 1) \approx -I_s$$

当二极管正偏, 正向电压 U 比 26mV 大得多时, 正向电流为:

$$I = I_s (e^{\frac{qU}{KT}} - 1) \approx I_s e^{\frac{qU}{KT}} = I_s e^{\frac{U}{26\text{mV}}}$$

可见, 这时, 正向电流随电压 U 按指数规律上升。事实上, 只要 $U \geq 0.1\text{V}$, 就可认

为正向电流 $I \approx I_s e^{\frac{qU}{KT}}$, 同理, 当反向电压 $U \leq -0.1\text{V}$ 时, 就可认为 $I = -I_s$ 。

(1—1) 式与二极管的实际伏安特性基本符合, 只是不包含击穿特性而已。

三、晶体二极管的参数

晶体二极管的特性也可以用各种参数予以表征, 常用二极管(如整流、检波二极管)的主要参数如下:

1. 最大整流电流 I_{OM}

最大整流电流 I_{OM} 是指在保证二极管不损坏的前提下, 最大允许的半波整流电流的平均值。使用时, 应使二极管的工作电流小于 I_{OM} , 以免使PN结升温过高而烧坏。

2. 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压 U_{RM} 是安全工作条件下的最高反向电压, 其数值一般是反向击穿电压 U_B 的一半。正常使用时, 二极管反向电压不应超过 U_{RM} 。

3. 直流电阻 R_D

二极管的直流电阻 R_D 是二极管两端的直流电压 U 与流过二极管的直流电流之比。在二极管伏安特性曲线上, (如图 1—7 所示), R_D 可以表示为曲线上的某一点 Q (该点称工作点) 与原点之间连线的斜率倒数, 即

$$R_D = \frac{U_Q}{I_Q} = \frac{1}{\text{tg } \theta} \quad (1-2)$$

用万用表测出的二极管的正向电阻即是 R_D , 由于二极管特性曲线的非线性, Q 点不同, R_D 也不同。 I_Q 愈大, R_D 愈小。常用二极管的正向电阻约为几十欧到几百欧。反向电阻较大, 约几十千欧到几百千欧。

4. 交流电阻 r_D