

| 中等职业教育规划教材 |

电子技术

张国福◎主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业教育规划教材

电子技术

张国福 主 编

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

电子技术 / 张国福主编. —北京: 人民邮电出版社,
2008.7

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-115-17732-2

I. 电… II. 张… 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 (2008) 第 027191 号

内 容 提 要

本书是根据教育部颁发的《中等职业学校电子技术教学大纲》，并参照有关职业技能鉴定规范编写而成的。主要内容包括：半导体元器件、基本放大电路、负反馈在放大器的应用、正弦波振荡器、集成运算放大器及其应用、调制与解调、数字电路基本知识、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与变换、D/A 转换器与 A/D 转换器、直流稳压电源和电力电子器件及其应用等。

本书可作为中等职业学校电工电子及其相关专业教材，也可作为相关从业人员的自学用书。

中等职业教育规划教材

电 子 技 术

◆ 主 编 张国福

责任编辑 曾 斌

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京楠萍印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 14.75

字数: 335 千字

印数: 1—4 000 册

2008 年 7 月第 1 版

2008 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17732-2/TN

定价: 23.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前言

本书根据教育部颁发的《中等职业学校电子技术教学大纲》，并参照电子电气类职业技能鉴定规范编写而成。本书从目前中等职业学校学生的实际出发，淡化理论教学，着重培养学生的学习能力，分析问题和应用知识解决问题的能力，力图使学生通过本书的学习对电子方面的知识产生浓厚的兴趣，并掌握电子方面的基本知识和技能。

本书作为中等职业学校电子技术的基础教材，将课程的理论知识和实践能力相结合，在内容的选取和编排上体现了系统性、应用性、针对性和灵活性的特点。为了方便学生学习，在每个模块的开头都列出了学习目标，课后附有适量的复习题，使学生在巩固所学知识的基础上可以有所拓展。

书中带“*”的部分为选学内容，可根据学校实际情况自行选择。课时安排请参考下表。

课时分配表

课程内容		学时数
第一篇 模拟电路部分	模块一 半导体元器件	4
	模块二 基本放大电路	8
	模块三 负反馈在放大器中的应用	8
	模块四 正弦波振荡器	4
	模块五 集成运算放大器及其应用	2
	模块六 调制与解调	2
第二篇 数字电路部分	模块七 数字电路基本知识	6
	模块八 组合逻辑电路	10
	模块九 时序逻辑电路	8
	* 模块十 脉冲信号的产生与变换	2
	* 模块十一 D/A 转换器与 A/D 转换器	2
第三篇 电力电子技术	模块十二 直流稳压电源	4
第四篇 实验部分	* 模块十三 电力电子器件及其应用	4
	模块十四 实验	20
总计		84

本书由张国福主编，并对全书统稿。车伟民，程明枢担任副主编。由于编写时间仓促，加之作者水平有限，书中的缺点和不妥之处在所难免，希望广大读者批评指正，以便进一步修改，力求日臻完善。

编者
2008.2

目 录

第一篇 模拟电路部分

模块一 半导体元器件	2
项目一 半导体的基本知识	3
活动一 本征半导体	3
活动二 杂质半导体	4
活动三 PN 结的形成及特性	5
项目二 半导体二极管	7
活动一 半导体二极管的结构	7
活动二 半导体二极管的特性	8
活动三 半导体二极管的主要参数及选择	10
活动四 二极管性能的简易测试	10
活动五 特殊二极管	11
项目三 半导体三极管	14
活动一 半导体三极管的结构和类型	14
活动二 半导体三极管的放大作用	15
活动三 半导体三极管的特性曲线及主要参数	17
活动四 三极管的识别和简易测试	22
项目四 半导体器件产品手册查阅	24
活动一 半导体器件型号命名方法	24
活动二 常用半导体二极管、三极管主要参数查阅	25
思考与练习	26
模块二 基本放大电路	29
项目一 放大器的概述	30
活动一 放大电路的概念	30
活动二 放大电路的主要性能指标	30
项目二 共射放大电路的组成及工作原理	31
活动一 电路的组成及各元件的作用	31





活动二	放大电路中电流和电压符号写法的规定	32
活动三	放大电路的工作原理	32
项目三	静态工作点的电路	33
活动一	温度变化对静态工作点的影响	34
活动二	分压式偏置电路	34
项目四	共集电极电路和共基极电路	37
活动一	共集电极电路(射极输出器)	37
* 活动二	共基极电路	39
* 活动三	三种基本放大电路的比较	39
项目五	多级放大电路	40
活动一	级间耦合方式	40
活动二	两级阻容耦合放大电路	42
活动三	多级放大电路的动态分析	44
思考与练习		45
模块三	负反馈在放大器中的应用	51
项目一	反馈的基本概念	52
活动一	反馈的定义	52
活动二	反馈的分类和性质	52
活动三	负反馈的一般关系式	53
项目二	四种负反馈电路	54
活动一	电压串联负反馈	54
活动二	电压并联负反馈	55
活动三	电流串联负反馈	55
活动四	电流并联负反馈	56
项目三	负反馈对放大器性能的影响	57
活动一	负反馈对放大倍数的影响	57
* 活动二	扩展频带	57
活动三	减小输出波形的非线性失真	58
活动四	对放大器输入、输出电阻的影响	59
思考与练习		59
模块四	正弦波振荡器	61
项目一	自激振荡器	62
项目二	LC 振荡器	63
活动一	变压器反馈式 LC 振荡器	63
活动二	三点式 LC 振荡电路	63
项目三	RC 桥式振荡器	64
项目四	石英晶体谐振器	66



思考与练习	67
模块五 集成运算放大器及其应用	68
项目一 集成运算放大器概述	69
活动一 集成电路概述	69
活动二 集成运算放大器概述	69
活动三 集成运算放大器使用常识	71
项目二 集成运放的主要参数和理想特性	71
活动一 集成运放主要参数	71
活动二 集成运放的理想特性	72
项目三 基本集成运算放大器	72
活动一 反比例运算放大器及反相器	73
活动二 同相输入比例运算放大器及电压跟随器	74
项目四 集成运算放大器的应用举例	75
活动一 集成运算放大器的线性应用	75
* 活动二 集成运算放大器的其他应用	77
思考与练习	79
模块六 调制与解调	83
项目一 发射与接收	84
项目二 调制与解调	85
思考与练习	86

第二篇 数字电路部分

模块七 数字电路基本知识	88
项目一 概述	89
项目二 数制及其转换	89
活动一 数制	89
活动二 数制转换	90
活动三 二进制数的四则运算	92
活动四 编码	92
项目三 逻辑代数基础	94
活动一 逻辑函数及其表示方法	94
活动二 逻辑函数的基本公式	95
活动三 逻辑函数的化简	97
思考与练习	99



模块八 组合逻辑电路	101
项目一 复合门电路	102
活动一 与非门	102
活动二 或非门	104
活动三 与或非门	105
活动四 异或门	106
项目二 加法器	107
活动一 半加器	107
活动二 全加器	108
项目三 编码器	110
活动一 编码	110
活动二 2 位二进制编码器	111
活动三 3 位二进制编码器	112
活动四 二—十进制编码器	113
项目四 译码器	115
活动一 译码	115
活动二 2 位二进制译码器	116
活动三 3 位二进制译码器	117
活动四 二—十进制译码器	118
活动五 译码显示器	121
思考与练习	122
模块九 时序逻辑电路	123
项目一 集成触发器	124
活动一 基本 RS 触发器	124
活动二 时钟控制的触发器	125
活动三 触发器应用举例	127
项目二 寄存器	128
活动一 数码寄存器	128
活动二 移位寄存器	129
项目三 计数器	132
活动一 2 位异步二进制加法计数器	132
活动二 4 位异步二进制加法计数器	134
* 活动三 异步十进制加法计数器	135
活动四 减法计数器	136
思考与练习	137
* 模块十 脉冲信号的产生与变换	138
项目一 脉冲的基础知识	139



项目二	单稳态触发器的工作原理及应用举例	140
活动一	RC 波形变换电路	141
活动二	微分型单稳态触发器	144
项目三	多谐振荡器的电路工作原理及应用实例	148
活动一	与非门基本多谐振荡器	148
活动二	环形多谐振荡器	149
活动三	石英晶体多谐振荡器	150
项目四	施密特触发器的电路工作原理及应用实例	151
活动一	用集成与非门组成的施密特触发器	151
活动二	集成施密特触发器	152
项目五	时基电路(555 定时器的组成及工作原理)	153
活动一	电路组成	154
活动二	工作原理	154
活动三	集成定时器的应用	155
	思考与练习	157
* 模块十一 D/A 转换器与 A/D 转换器		160
项目一	概 述	161
项目二	数字—模拟(D/A)转换	162
活动一	梯形电阻式 D/A 转换原理	162
活动二	DAC 主要参数指标	163
活动三	D/A 集成电路举例	163
项目三	模拟—数字(A/D)转换	165
活动一	逐次逼近法 A/D 转换原理	165
活动二	ADC 主要参数指标	166
活动三	A/D 集成电路举例	166
	思考与练习	168

第三篇 电力电子技术

模块十二	直流稳压电源	170
项目一	概述	171
项目二	单相整流电路	172
活动一	单相半波整流电路	172
活动二	单相桥式整流电路	174
项目三	滤波电路	177
活动一	电容滤波电路	177
* 活动二	电感滤波电路	180





* 活动三 复式滤波电路	181
项目四 直流稳压电路和三端集成稳压器	182
活动一 直流稳压电路	182
活动二 三端集成稳压器	183
思考与练习	186
* 模块十三 电力电子器件及其应用	189
项目一 晶闸管和单相可控整流电路	190
活动一 晶闸管及其特性	190
活动二 单相桥式半控整流电路	192
活动三 触发电路	193
活动四 其他大功率电子器件简介	194
项目二 变频电路和交流调压电路	195
活动一 变频电路	195
活动二 交流调压电路	196
思考与练习	197

第四篇 实验部分

模块十四 实验	200
实验一 常用电子仪器的使用	201
实验二 单管放大电路	203
实验三 负反馈电路的应用	205
实验四 集成运算放大器的线性应用	207
实验五 直流稳压电源	210
实验六 集成门电路测试运用	212
实验七 集成JK触发器的应用实例	214
实验八 集成加法计数器及其应用	217
实验九 555 定时器及其应用	218
实验十 晶闸管的应用	220
附录 半导体器件型号命名方法	222

第一篇

模拟电路部分

附录本基的半
管对二本半
管对三本半
毛品气升器本半
阅查册

一
二
三
四

附录本基的半

管对二本半
管对三本半
毛品气升器本半
阅查册



模块一

半导体元器件

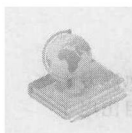


学习目标

- 了解 PN 结的单向导电性
- 掌握半导体二极管结构及电压、电流关系和主要参数,了解特殊二极管的作用
- 理解半导体三极管结构、放大作用、特性曲线和主要参数
- 了解半导体元器件查表法

- 项目一 半导体的基本知识
- 项目二 半导体二极管
- 项目三 半导体三极管
- 项目四 半导体器件产品手册查阅





项目一 半导体的基本知识

物体根据导电能力的强弱可分为导体、半导体和绝缘体三大类。凡容易导电的物质(如金、银、铜、铝、铁等金属物质)称为导体,不容易导电的物质(如玻璃、橡胶、塑料、陶瓷等)称为绝缘体,导电能力介于导体和绝缘体之间的物质(如硅、锗、硒等)称为半导体。半导体之所以得到广泛的应用,是因为它具有热敏性、光敏性、掺杂性等特殊性能。

活动一

本征半导体

本征半导体是一种纯净的半导体晶体。常用的半导体材料是单晶硅(Si)和单晶锗(Ge)。半导体硅和锗都是4价元素,其原子结构如图1-1(a)、(b)所示。最外层是4个电子,将原子核和内层电子看成一个整体,称为惯性核,如图1-1(c)所示。惯性核带4个单位的正电荷,最外层有4个价电子,带4个单位负电荷,整个原子呈中性。

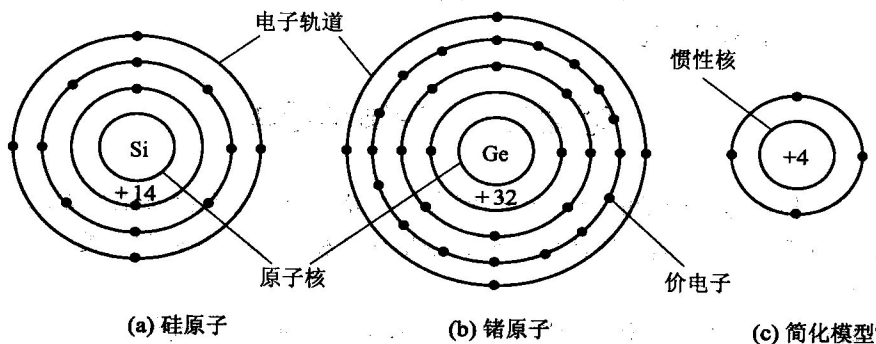


图 1-1 半导体的原子结构示意图

本征半导体晶体结构示意图如图1-2所示。由图1-2可见,各原子间整齐而有规则地排列着,使每个原子的4个价电子不仅受所属原子核的吸引,而且还受相邻4个原子核的吸引,每一个价电子都为相邻原子核所共用,形成了稳定的共价键结构。每个原子核最外层等效有8个价电子,由于价电子不易挣脱原子核束缚而成为自由电子,因此,本征半导体导电能力较差。

但是,如果能从外界获得一定的能量(如光照、温升等),有些价电子就会挣脱共价键的束缚而成为自由电子,在共价键中留下一个空位,称为“空穴”。空穴的出现使相邻原子的价电子离开它所在的共价键来填补这个空穴,同时,这个共价键又产生了一个新的空穴。这个空穴也会被相邻的价电子填补而产生新的空穴,这种电子填补原有空穴同时又产生新空穴的现象相当于带正电荷的空穴在运动,因此可以把空穴看成一种带正电荷的载流子。空穴越多,





半导体的载流子数目就越多,形成的电流就越大。

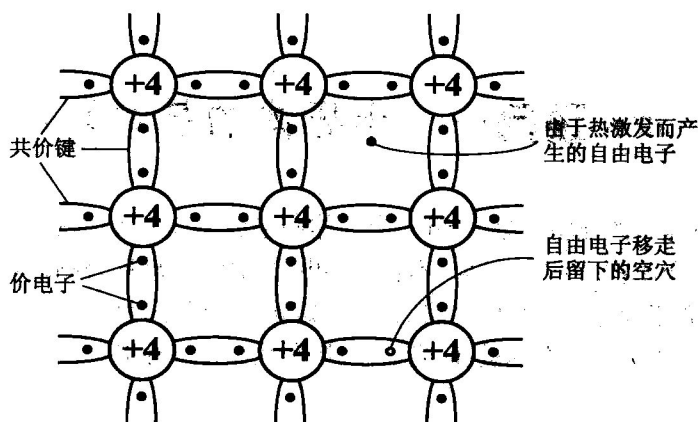


图 1-2 单晶硅的共价键结构

在本征半导体中,空穴与电子是成对出现的,称为电子—空穴对。其自由电子和空穴的数目总是相等的。本征半导体在温度升高时产生电子—空穴对的现象称为本征激发。温度越高,产生的电子—空穴对数目就越多,这就是半导体的热敏性。

在半导体中存在着自由电子和空穴两种载流子,而导体中只有自由电子这一种载流子,这是半导体与导体的不同之处。

活动二

杂质半导体

在本征半导体中掺入微量的杂质元素,就会使半导体的导电性能发生显著改变。根据掺入杂质元素的性质不同,杂质半导体可分为 P 型半导体和 N 型半导体两大类。

1. P 型半导体

P 型半导体是在本征半导体硅(或锗)中掺入微量的 3 价元素(如硼 B、铟 In、铝 Al 等)而形成的。因杂质原子只有 3 个价电子,它与周围的硅原子组成共价键时,缺少 1 个电子,因此在晶体中便产生了一个空穴,当相邻共价键上的电子受热激发并获得能量时,就有可能填补这个空穴,使硼原子成为不能移动的负离子,而原来硅原子的共价键因缺少了一个电子,便形成了空穴,使得整个半导体仍呈中性,如图 1-3 所示。

在 P 型半导体中,原来的晶体仍会产生电子—空穴对,由于杂质的掺入,使得空穴数目远大于自由电子数目,成为多数载流子(简称多子),而自由电子则为少数载流子(简称少子)。因而 P 型半导体以空穴导电为主。

2. N 型半导体

N 型半导体是在本征半导体硅中掺入微量的 5 价元素(如磷 P、砷 As、锑 Sb 等)而形成的,杂质原子有 5 个价电子与周围硅原子结合成共价键时,多出 1 个价电子,这个多余的价电子易成为自由电子,如图 1-4 所示。

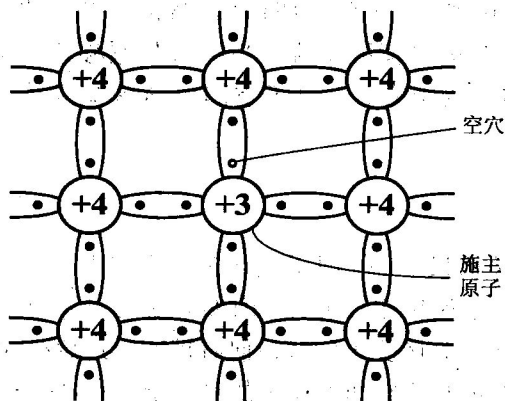


图 1-3 P 型半导体的共价键结构

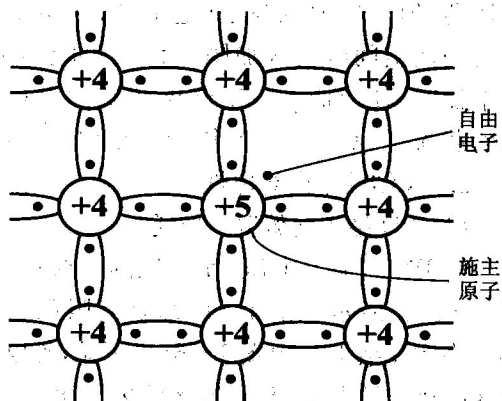


图 1-4 N 型半导体的共价键结构

在 N 型半导体中,同 P 型半导体一样,原来的晶体仍会产生电子—空穴对,由于杂质的掺入,使得自由电子数目远大于空穴数目,成为多数载流子,而空穴则为少数载流子。因而 N 型半导体以自由电子导电为主。

综上所述,在掺入杂质后,载流子的数目都有相当程度的增加。因而对半导体掺杂是改变半导体导电性能的有效方法。

活动三

PN 结的形成及特性

1. PN 结的形成

在同一块半导体基片的两边分别形成 N 型和 P 型半导体,它们的交界面附近会形成一个很薄的空间电荷区,称为 PN 结。PN 结的形成过程如图 1-5 所示。

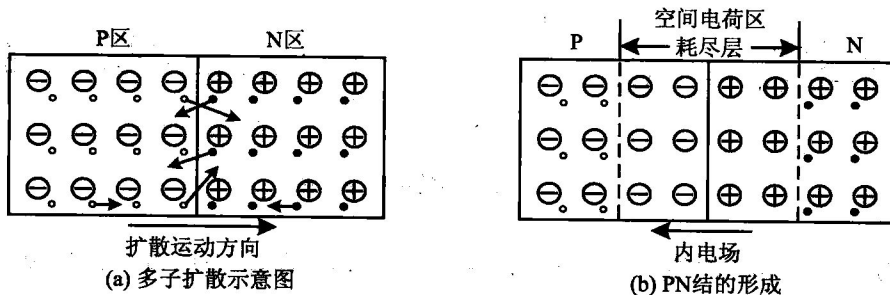


图 1-5 PN 结的形成

由图 1-5(a)可见,界面两边明显存在着载流子的浓度差,N 区的多子(电子)必然向 P 区扩散,并与界面附近 P 区的空穴复合,在 N 区留下一层不能移动的正电荷离子。同样,P 区的多子(空穴)也会向 N 区扩散,并与界面附近的 N 区电子复合而消失,在 P 区留下一层不能移动的负电荷离子。扩散的结果使界面出现了空间电荷区,如图 1-5(b)所示。空间电荷区形成了一个由 N 区指向 P 区的内电场。内电场的存在阻碍了扩





散运动,但却使P区少数(电子)向N区漂移,N区的少数(空穴)向P区漂移。多子的扩散运动使空间电荷区加厚,而少子的漂移运动使空间电荷区变薄。当扩散与漂移达到动态平衡时,便形成了一定厚度的空间电荷区,称其为PN结。由于空间电荷区缺少能移动的载流子,故又称PN结为耗尽层或阻挡层。

2. PN结的单向导电性

(1) PN结正向偏置—导通

给PN结加上电压,使电压的正极接P区,负极接N区(即正向连接或正向偏置),如图1-6(a)所示。由于PN结是高阻区,而P区与N区电阻很小,因而外加电压几乎全部落在PN结上。由图1-6(a)可见,外电场将推动P区多子(空穴)向右扩散,与原空间电荷区的负离子中和,推动N区的多子(电子)向左扩散与原空间电荷区的正离子中和,使空间电荷区变薄,打破了原来的动态平衡。同时电源不断地向P区补充正电荷,向N区补充负电荷,其结果使电路中形成较大的正向电流,由P区流向N区。这时PN结对外呈现较小的阻值,处于正向导通状态。

(2) PN结反向偏置—截止

将PN结按图1-6(b)所示方式连接(称PN结反向偏置)。由图1-6(b)可见,外电场方向与内电场方向一致,它将N区的多子(电子)从PN结附近拉走,将P区的多子(空穴)从PN结附近拉走,使PN结变厚,呈现出很大的阻值,且打破了原来的动态平衡,使漂移运动增强。由于漂移运动是少数运动,因而漂移电流很小,若忽略漂移电流,则可以认为PN结截止。

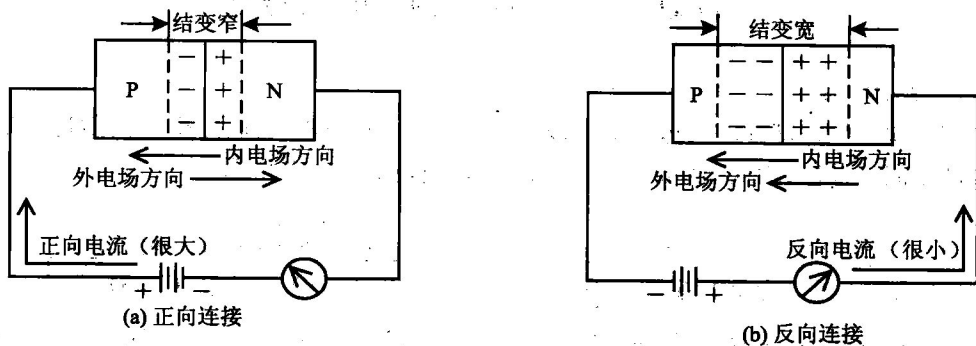


图1-6 PN结的单向导电性

综上所述,PN结正向偏置时,正向电流很大;PN结反向偏置时,反向电流很小,这就是PN结的单向导电性。



项目二 半导体二极管

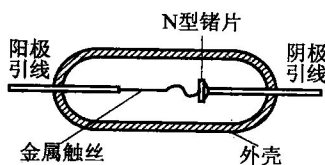
活动一

半导体二极管的结构

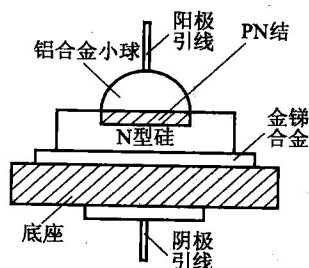
1. 结构和符号

半导体二极管又称晶体二极管,简称二极管。二极管按其结构的不同可以分为点接触型和面接触型两类。

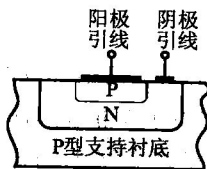
点接触型二极管的结构,如图 1-7(a)所示。这类管子的 PN 结面积和极间电容均很小,不能承受高的反向电压和大电流,因而适用于制做高频检波和脉冲数字电路里的开关元件,以及作为小电流的整流管。



(a) 点接触型结构



(b) 面接触型结构



(c) 集成电路中的平面型结构



(d) 图形符号

图 1-7 半导体二极管的结构及符号

面接触型二极管或称面结型二极管,其结构如图 1-7(b)所示。这种二极管的 PN 结面积大,可承受较大的电流,其极间电容大,因而适用于整流,而不适用于高频电路中。

图 1-7(c)所示是硅工艺平面型二极管的结构图,是集成电路中常见的一种二极管。二极管的图形符号如图 1-7(d)所示。

2. 类型

二极管根据外形、结构、材料、功率和用途可分成各种类型,按国标 GB249—74 的规定,国产二极管的型号命名方法见附录。