



21世纪高等院校创新型项目成果

电子技术

Dianzi Jishu

◎主编 顾海远 ◎主审 李文森

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等院校创新型项目成果

电子技术

主 编 顾海远

主 审 李文森



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

为了适应高校教学的需要,更好地培养技术应用型人才,根据高校教学大纲的要求,结合近几年来教学的经验 and 体会,我们组织编写了电子技术这本教材。全书共分 16 章,其内容包括:半导体二极管及其应用,半导体三极管及其基本放大电路,场效应管及其基本电路,多级放大电路和集成电路,负反馈放大电路,正弦波振荡电路,集成运算放大器的应用,直流稳压电源,晶闸管及其应用,逻辑代数基础,基本逻辑门电路,组合逻辑电路,时序逻辑电路,脉冲波形的产生与整形,数模与模数转换,电子实训等项目。

本书结构合理,内容全面,通俗易懂,便于教学,注重实用,对有些问题的提法也更合理。可作为高等院校、成人高校电气类、计算机类及相关专业的教材,也可供相关技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/顾海远主编. —北京:北京理工大学出版社,2011. 11

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5263 - 8

I. ①电… II. ①顾… III. ①电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 223732 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 474 千字

责任编辑 / 王俊洁

版 次 / 2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

张慧峰

印 数 / 1~1500 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 42.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

本书编写人员名单

主 编 顾海远
副主编 刘 娜 孙丰收
参 编 钱卫钧 张桂萍 张秀华
主 审 李文森

前 言

本教材在编写过程中,突出了以下几个特点:

(1) 力求通俗易懂,便于教师教学和学生自学,在理论方面,注重讲清概念。

(2) 结构合理,学用结合。每章后面配有实验操作与技能训练,最后一章是3个综合实训项目,以提高学生综合处理问题和解决问题的能力。

(3) 注重内容的实用性,侧重集成电路的相关内容。如电子器件、功放集成电路、集成运放、三端集成稳压器、门电路,编码器和计数器等,主要介绍它们的外部特性和主要参数,学会合理选择,正确使用,而对其内部情况只需大概了解即可。书中介绍了很多实用电路。

(4) 对电子技术中有关问题的提法更加合理,并非人云亦云,如何谓二极管的正、反向偏置、整流电路和逻辑函数的化简等。

本教材内容全面,全书共分16章,其中包括半导体二极管及其应用,三极管及其基本放大电路,场效应管及其基本电路,多级放大电路和集成电路,负反馈放大电路,正弦波振荡电路,集成运算放大器及其应用,直流稳压电源,晶闸管及其应用,逻辑代数基础,基本逻辑门电路,组合逻辑电路,时序逻辑电路,脉冲波形的产生与整形,数模与模数转换,电子实训项目。可供各专业学生选用。其中带“*”号的内容为选学内容。

建议本教材理论教学课时数为90课时。其中部分章节内容可根据各专业要求及学时情况酌情取舍。

通过对该课程的教学应使学生达到下列基本目标:掌握与电子技术有关的基本概念、基本知识、基本分析方法及其应用知识,为后续课程的学习和从事有关的工作奠定基础。

参加本书编写的人员有:顾海远(第1,3,4,5,6,7,8章),刘娜(第10,11,12,14,15章),钱卫钧(第9章),张桂萍(第13章),张秀华(第2章),孙丰收(第16章和各章的实验操作与技能训练)。由顾海远对全书进行统稿。

李文森对全书进行了审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

在本书的编写过程中,编者参考了许多相关资料和书籍,在此向有关资料与书籍的编者表示感谢。

限于编者的水平和经验有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 半导体二极管及其应用	1
1.1 半导体的基本知识	1
1.1.1 半导体的主要特性	1
1.1.2 PN 结	3
1.2 半导体二极管	3
1.2.1 半导体二极管的结构和符号	3
1.2.2 二极管的主要特性	3
1.2.3 二极管的伏安特性	5
1.2.4 二极管的主要参数	6
1.2.5 理想二极管	7
1.3 半导体二极管的型号	7
1.4 半导体二极管的应用	7
1.4.1 二极管整流电路	7
1.4.2 滤波电路	10
1.4.3 二极管的其他应用	13
1.5 特殊二极管简介	14
1.5.1 稳压二极管	15
1.5.2 变容二极管	16
1.5.3 光电二极管	16
1.5.4 发光二极管	17
* 1.6 倍压整流电路	17
1.6.1 二倍压整流电路	18
1.6.2 多倍压整流电路	18
实验操作与技能训练 1:二极管的识别与检测	21
第2章 半导体三极管及其基本放大电路	24
2.1 半导体三极管	24
2.1.1 三极管的结构、分类和符号	24
2.1.2 三极管的电流放大作用	25
2.1.3 三极管的共射特性曲线	27
2.1.4 三极管的主要参数及其温度影响	29
2.2 三极管的型号与参数选录	31
2.3 放大电路基础	31
2.3.1 放大电路的基本概念	32
2.3.2 放大电路的主要性能指标	32
2.4 共射基本放大电路	35
2.5 放大电路的分析方法	36

2.5.1	共射基本放大电路的静态分析	36
2.5.2	共射基本放大电路的动态图解分析	40
2.5.3	放大电路的工作原理	43
2.6	微变等效电路法	44
2.6.1	三极管的低频、简化微变等效电路	44
2.6.2	放大电路的微变等效电路分析	45
2.7	静态工作点稳定电路	46
2.7.1	静态工作点稳定电路的组成和原理	47
2.7.2	静态工作点稳定电路的分析及改进	48
2.8	共集电路与共基电路	49
2.8.1	共集电路	49
2.8.2	共基电路	52
2.9	放大电路三种基本组态的比较	53
	实验操作与技能训练2:三极管的识别与检测	57
	实验操作与技能训练3:示波器与信号发生器的使用	60
	实验操作与技能训练4:单管交流放大器	64
第3章	场效应管及其基本电路	68
3.1	结型场效应管	68
3.1.1	结型场效应管的结构和工作原理	68
3.1.2	结型场效应管的特性曲线	71
3.1.3	结型场效应管的主要参数	72
3.2	绝缘栅场效应管	73
3.2.1	N 沟道增强型绝缘栅场效应管	74
3.2.2	N 沟道耗尽型绝缘栅场效应管	76
3.2.3	使用场效应管的注意事项	77
3.2.4	场效应管与晶体三极管的比较	78
3.3	场效应管的基本电路	78
3.3.1	场效应管的直流偏置电路和静态工作点	79
3.3.2	场效应管放大电路的等效电路分析法	80
第4章	多级放大电路和集成电路	82
4.1	多级放大器	82
4.1.1	多级放大器的组成	82
4.1.2	多级放大电路的分析	84
4.2	放大电路的频率响应	86
4.2.1	频率响应的描述和几个常用的术语	86
4.2.2	放大电路频率响应的分析	87
4.3	差动放大电路	87
4.3.1	基本差动放大电路	88
4.3.2	差动放大电路的工作原理	88
4.3.3	差动放大电路的四种接法和实用电路	90
4.4	集成电路和集成运算放大器的基本知识	91

4.4.1 集成电路的基本知识	91
4.4.2 集成运算放大器的基本知识	93
4.5 集成功率放大器	94
4.5.1 LM386 集成功率放大器工作原理及应用	95
4.5.2 傻瓜 2100 功率放大器及其应用	96
实验操作与技能训练 5: 差动放大电路	98
第 5 章 负反馈放大电路	101
5.1 反馈的基本概念	101
5.1.1 反馈	101
5.1.2 反馈类型及判别	102
5.2 负反馈放大电路的方框图	105
5.2.1 负反馈放大电路的方框图	105
5.2.2 负反馈放大电路的一般表达式	105
5.3 负反馈对放大电路的影响	106
5.3.1 提高放大倍数(增益)的稳定性	106
5.3.2 减小非线性失真	107
5.3.3 扩展通频带	108
5.3.4 对放大器的输入电阻和输出电阻的影响	108
5.3.5 引入负反馈的一般原则	109
* 5.4 深度负反馈放大电路的计算	110
5.4.1 深度负反馈的特点	110
5.4.2 深度负反馈放大电路的计算	111
第 6 章 正弦波振荡电路	115
6.1 正弦波振荡器的基本原理	115
6.1.1 平衡振荡的条件	115
6.1.2 正弦波振荡电路的起振条件	116
6.1.3 正弦波振荡电路的组成与分类	116
6.2 RC 正弦波振荡电路	117
6.2.1 RC 串并联网络的选频特性	117
6.2.2 RC 桥式振荡电路的工作原理	118
6.3 LC 振荡电路	120
6.3.1 LC 并联谐振回路的选频特性	120
6.3.2 变压器反馈式 LC 振荡电路	121
6.3.3 三点式 LC 振荡电路	122
6.4 石英晶体振荡电路	126
6.4.1 石英晶体谐振器	126
6.4.2 石英晶体振荡电路	127
实验操作与技能训练 6: 正弦波振荡电路	130
第 7 章 集成运算放大器的应用	132
7.1 集成运算放大器应用基础	132
7.1.1 理想集成运算放大器的技术指标	132

7.1.2	集成运算放大器工作在线性区和非线性区的特点	132
7.2	集成运放的运算电路	134
7.2.1	比例运算电路	134
7.2.2	加减法运算电路	135
7.2.3	微分和积分运算电路	137
*7.3	集成运放的非线性应用	138
7.3.1	电压比较器	139
7.3.2	波形发生器	141
	实验操作与技能训练7:集成运算放大电路	144
第8章	直流稳压电源	149
8.1	概述	149
8.1.1	直流稳压电源的组成及各部分的作用	149
8.1.2	直流稳压电源的主要技术指标	150
8.2	串联型稳压电路	151
8.3	集成稳压器	152
8.3.1	三端固定式稳压器	152
8.3.2	三端可调式集成稳压器及其应用	154
8.3.3	开关型稳压电源简介	156
	实验操作与技能训练8:直流稳压电源	158
第9章	晶闸管及其应用	162
9.1	晶闸管	162
9.1.1	晶闸管的结构、符号及工作原理	162
9.1.2	晶闸管的伏安特性及主要参数	165
9.2	单相可控整流电路	167
9.2.1	单相半波可控整流电路	167
9.2.2	单相桥式可控整流电路	168
9.3	单结晶体管触发电路	171
9.3.1	单结晶体管的结构及其性能	171
9.3.2	单结晶体管张弛振荡器	172
9.3.3	单结晶体管同步触发电路	173
9.4	双向晶闸管及其应用电路	174
9.4.1	双向晶闸管结构、符号及特性	174
9.4.2	用双向二极管构成触发电路的交流调压电路	175
第10章	逻辑代数基础	177
10.1	数字电路概述	177
10.1.1	数字信号与数字电路	177
10.1.2	数字电路的特点和分类	177
10.1.3	常见的脉冲波形和参数	178
10.2	数制及数制之间的相互转换	179
10.2.1	数制	179
10.2.2	各种进制之间的转换	181

10.3	编码	182
10.3.1	编码	182
10.3.2	二——十进制编码(BCD 码)	183
10.4	逻辑代数	184
10.4.1	基本逻辑关系	184
10.4.2	复合逻辑关系	186
10.4.3	逻辑函数及其表示方法	188
10.5	逻辑代数的基本定律和规则	189
10.5.1	逻辑代数的基本公式和定律	189
10.5.2	逻辑代数的常用公式	190
10.5.3	逻辑代数的三个重要规则	191
10.6	逻辑函数的化简	192
10.6.1	逻辑函数表达式的形式	192
10.6.2	逻辑函数的化简	192
10.6.3	逻辑函数的公式化简法	193
10.7	卡诺图法化简逻辑函数	194
10.7.1	最小项与卡诺图	194
10.7.2	逻辑函数的卡诺图表示法	196
10.7.3	用卡诺图化简逻辑函数	197
10.7.4	具有约束项逻辑函数的化简	199
第 11 章	基本逻辑门电路	202
11.1	基本逻辑门电路	202
11.1.1	与门电路	202
11.1.2	或门电路	203
11.1.3	非门电路	204
11.2	TTL 集成逻辑门电路	205
11.2.1	TTL 与非门电路	205
11.2.2	其他 TTL 门电路	206
11.2.3	TTL 系列集成电路及使用注意事项	208
11.3	CMOS 门电路	209
11.3.1	CMOS 门电路	210
11.3.2	CMOS 集成电路及使用注意事项	212
实验操作与技能训练 9:集成门电路		214
第 12 章	组合逻辑电路	217
12.1	逻辑电路的分析和设计方法	217
12.1.1	组合逻辑电路概述	217
12.1.2	组合逻辑电路的分析	217
12.1.3	组合逻辑电路的设计	219
12.2	编码器	220
12.2.1	二进制编码器	220
12.2.2	二进制优先编码器	221

12.2.3	二——十进制编码器	222
12.2.4	二——十进制优先编码器	223
12.3	译码器	224
12.3.1	二进制译码器	224
12.3.2	二——十进制译码器(BCD 译码器)	225
12.3.3	显示译码器	226
*12.3.4	用译码器实现组合逻辑函数	228
12.4	数据选择器	230
12.4.1	四选一数据选择器	230
12.4.2	集成数据选择器	231
*12.4.3	用数据选择器实现逻辑函数	232
12.4.4	数据分配器	233
12.5	加法和数值比较器	233
12.5.1	加法器	233
12.5.2	数值比较器	235
*12.6	组合电路中的竞争冒险	237
12.6.1	竞争冒险产生的原因	237
12.6.2	竞争冒险的识别	238
12.6.3	竞争冒险的消除	238
	实验操作与技能训练 10:加法器	240
第 13 章	时序逻辑电路	243
13.1	触发器	243
13.1.1	基本 RS 触发器	243
13.1.2	其他功能触发器	245
13.1.3	不同逻辑功能触发器之间的转换	249
13.2	时序逻辑电路分析与设计	251
13.2.1	时序逻辑电路分析	251
13.2.2	时序逻辑电路设计	253
13.3	计数器	255
13.3.1	二进制计数器	255
13.3.2	十进制计数器	258
13.3.3	N 进制计数器	259
13.3.4	计数器容量的扩展	259
13.4	寄存器	260
13.4.1	基本寄存器	260
13.4.2	移位寄存器	261
	实验操作与技能训练 11:触发器	263
	实验操作与技能训练 12:计数器	266
第 14 章	脉冲波形的产生与整形	270
14.1	多谐振荡器	270
14.1.1	TTL 与非门构成的多谐振荡器	270

14.1.2 石英晶体多谐振荡器	271
14.1.3 多谐振荡器的应用	272
14.2 单稳态触发器	273
14.2.1 集成单稳态触发器	273
14.2.2 单稳态触发器的应用	275
14.3 施密特触发器	275
14.3.1 集成施密特触发器	275
14.3.2 施密特触发器应用	276
14.4 555 定时器及其应用	277
14.4.1 555 定时器的结构及其特性	277
14.4.2 由 555 定时器构成的多谐振荡器	279
14.4.3 由 555 定时器构成的单稳态触发器	280
14.4.4 由 555 定时器构成的施密特触发器	281
实验操作与技能训练 13:555 定时器的应用	284
第 15 章 数模与模数转换	287
15.1 D/A 转换器(DAC)	287
15.1.1 二进制权电阻网络 DAC	287
15.1.2 T 型电阻网络 DAC	288
15.1.3 倒 T 型电阻网络 DAC	290
15.1.4 D/A 转换器的主要技术指标	291
15.1.5 集成 D/A 转换器芯片及其应用	292
15.2 A/D 转换器(ADC)	294
15.2.1 A/D 转换原理	294
15.2.2 A/D 转换电路	296
15.2.3 A/D 转换器的主要技术指标	298
15.2.4 集成 A/D 转换器芯片及其应用	299
第 16 章 电子实训	301
16.1 声控开关的组装与调试	301
16.1.1 器件参数及原理分析	301
16.1.2 电路制作要求	303
16.1.3 电路的调试和故障排除	304
16.2 声光控延时开关的组装与调试	306
16.3 水位控制器的设计、组装与调试	308
附录	310
附录 1 半导体器件型号与命名方法(摘自国家标准 GB 249—74)	310
附录 2 部分半导体二极管参数选录	311
附录 3 常用部分小功率晶体三极管的型号与参数选录	311
附录 4 电阻标称阻值及允许误差	312
附录 5 电容标称容量和允许误差及额定工作电压	312
参考文献	314

第 1 章

半导体二极管及其应用



本章主要介绍半导体的基本知识,半导体二极管的结构、符号、主要特性、主要参数及其应用。

1.1 半导体的基本知识

世界上的物质根据导电能力的不同,可分为导体(如金、银、铜、铁等)和绝缘体(如干燥的木头、玻璃等),还有一类物质,它的导电能力介于导体和绝缘体之间,称为半导体。常用的半导体材料是硅(Si)、锗(Ge)和砷化镓等。

1.1.1 半导体的主要特性

1. 半导体的奇妙特性

在电工技术的发展史上,由于半导体既不是良好的导电材料,又不是可靠的绝缘材料,所以长期受到冷落,之所以后来得到广泛应用,是因为人们发现了半导体具有以下三个可贵的特性:

(1) 光敏特性

即半导体的导电能力对光照辐射很敏感。对半导体施加光线照射时,光照越强,等效电阻越小,导电能力越强。利用半导体的光敏性,可以制成光敏检测元件,如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管和光电池等,可用于路灯、航标灯的自动控制,或制成火灾报警装置、光电控制开关等。

(2) 热敏特性

即半导体的导电能力对温度很敏感。温度升高,将使半导体的导电能力大大增强。例如,纯锗,温度每升高 10°C 它的导电能力增加一倍(电阻率会减少到原来的一半)。利用半导体对温度十分敏感的特性,可以制成自动控制中常用的热敏电阻(是负温度系数)及其他热敏元件。

(3) 掺杂特性

“杂质”可以显著改变(控制)半导体的导电能力。这里所说的“杂质”是指人为的、有目的的、在纯净的半导体(通常称本征半导体)中掺入的极其微量的三价或五价元素(如硼、磷)。在本征半导体中掺入微量的杂质元素,则它的导电能力将大大增强。例如在纯硅中掺入一亿分之一的硼元素,其导电能力可以增加两万以上。利用掺杂半导体可以制造出晶体二极管、

晶体三极管、场效应管、晶闸管和集成电路等半导体器件。

这也说明,任何东西的特性本身无所谓好坏,主要是看人们如何去利用它们。

2. 本征半导体

纯净的结构完整的半导体称为本征半导体。用于制造半导体器件的纯硅和锗都是四价元素,其最外层原子轨道上有四个电子(称为价电子)。

在单晶结构中,由于原子排列的有序性,价电子为相邻的原子所共有,形成图 1.1 所示的共价键结构,图中 +4 代表四价元素原子核和内层电子所具有的净电荷。共价键中的价电子,将受共价键的束缚。在室温或光照下,少数价电子可以获得足够的能量摆脱共价键的束缚成为自由电子,同时在共价键中留下一个空位,如图 1.2 所示,这种现象称为本征激发,这个空位称为空穴,可见本征激发产生的自由电子和空穴是成对出现的。原子失去价电子后带正电,可等效地看成是有了带正电的空穴。空穴很容易吸引邻近共价键中的价电子去填补,使空位发生转移,这种价电子填补空位的运动可以看成空穴在运动,但其运动方向与价电子运动方向相反。自由电子和空穴在运动中相遇时会重新结合而成对消失,这种现象称为复合。温度一定时,自由电子和空穴的产生与复合将达到动态平衡,这时自由电子和空穴的浓度一定。

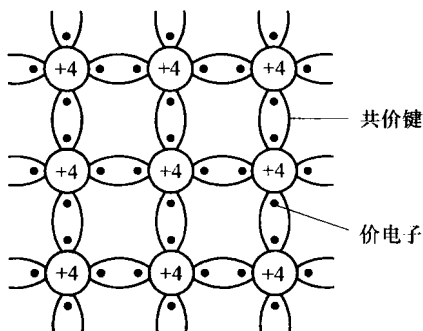


图 1.1 单晶硅的共价键结构图

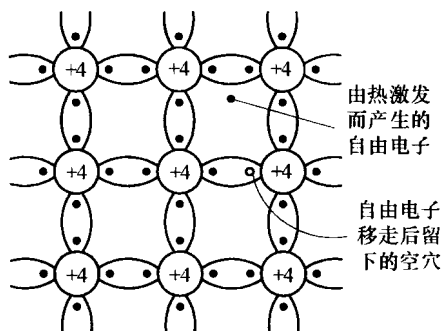


图 1.2 本征激发产生的电子空穴对

在电场作用下,自由电子和空穴将做定向运动,这种运动称为漂移,所形成的电流叫做漂移电流。因为半导体中有自由电子和空穴两种载流子(载有电荷,并能参与导电过程的粒子称为载流子)参与导电,分别形成电子电流和空穴电流,这一点与金属导体的导电机理不同。在常温下本征半导体载流子浓度很低,因此导电能力很弱。不过,当本征半导体受到光或热的作用时,由于外界能量的激发,就有较多的共价键破裂成电子空穴对,从而涌现出大量的载流子,使得半导体的导电能力明显上升,呈现出半导体的光敏、热敏特性。

3. 掺杂半导体

本征半导体导电能力差,本身用处不大,但是在本征半导体中掺入某种微量的杂质,却可以大大改善它的导电性能。按照掺入杂质的不同,可分为 N 型和 P 型两种掺杂半导体,这两种半导体是制造各种半导体器件的基础材料,其中 P 是 Positive(正)的第一个字母, N 是 Negative(负)的第一个字母。

(1) N 型(电子型)半导体

如果在本征硅中掺入微量的五价元素,例如磷(P)。这种掺入磷杂质的硅半导体中就具有了相当数量的自由电子,这种半导体主要靠自由电子导电,所以称为电子型半导体,简称 N

型半导体。在N型半导体中,不但有数量很多的自由电子,而且有少量的空穴存在,自由电子是多数载流子(简称多子),空穴是少数载流子(简称少子),自由电子主要是由五价杂质产生的,而空穴是原半导体由于热或光的激发产生的。

(2) P型(空穴型)半导体

如果在本征硅中掺入微量的三价元素,例如,百万分之几的硼(B)和镓(Ga)等,掺入硼杂质的硅半导体中就具有相当数量的空穴载流子,这种半导体主要靠空穴导电,所以称为空穴型半导体,简称P型半导体。

总之,不管是N型半导体还是P型半导体,内部都有大量的载流子,导电能力都较强。

1.1.2 PN结

如果通过一定的工艺把P型半导体和N型半导体结合在一起,则在它们的交界面处就会形成一个具有特殊性能的导电薄层,称为PN结。它是构成二极管、三极管、晶闸管以及半导体集成电路等众多半导体器件的核心部分。

1.2 半导体二极管

1.2.1 半导体二极管的结构和符号

半导体二极管简称二极管,其结构是由一个PN结加上相应的电极引线和管壳构成。它有两个电极,由P型半导体引出的电极是正极(又叫阳极),由N型半导体引出的电极是负极(又叫阴极),如图1.3(a)所示。二极管的外形有多种,如图1.3(c)所示,在电路图中并不需要画出二极管的结构,而是用约定的电路符号和文字符号来表示,二极管的电路符号如图1.3(b)所示,通常用字母D(或VD)表示二极管。许多二极管的管壳上标有符号,其极性是不难识别的,对于极性不明的二极管,可以用万用表的电阻挡测量它的正、反向电阻值,判别出它的正、负电极。

普通二极管有点接触型和面接触型两类结构,如图1.3(d)和图1.3(e)所示。点接触型由于结面积小,因而结电容也小,适用于高频工作,但允许通过的电流很小(几十毫安以下)。国产锗检波二极管2AP系列和开关二极管2AK系列都属于点接触型二极管。面接触型二极管,由于结面积大,因而能通过较大的电流,主要用于整流电路中。国产硅二极管2CP和2CZ系列都属于面接触型二极管。

1.2.2 二极管的主要特性

1. 二极管导电特性的演示实验

为了了解二极管的导电特性,先来做一个二极管导电特性的演示实验。将二极管串接到由电池和指示灯组成的电路中。按图1.4(a)连接电路,观察指示灯是否发亮;将二极管的阴、阳极对调后,按图1.4(b)连接电路,再观察指示灯的亮暗情况。通过实验可以发现,当电流由二极管的阳极流入、阴极流出时,指示灯亮,表明二极管的电阻很小,很容易导电,近似为开关的接通状态;若电流以相反方向通过时,指示灯不亮,表明此时二极管的电阻很大,反向几乎不导电,近似为开关的断开状态。

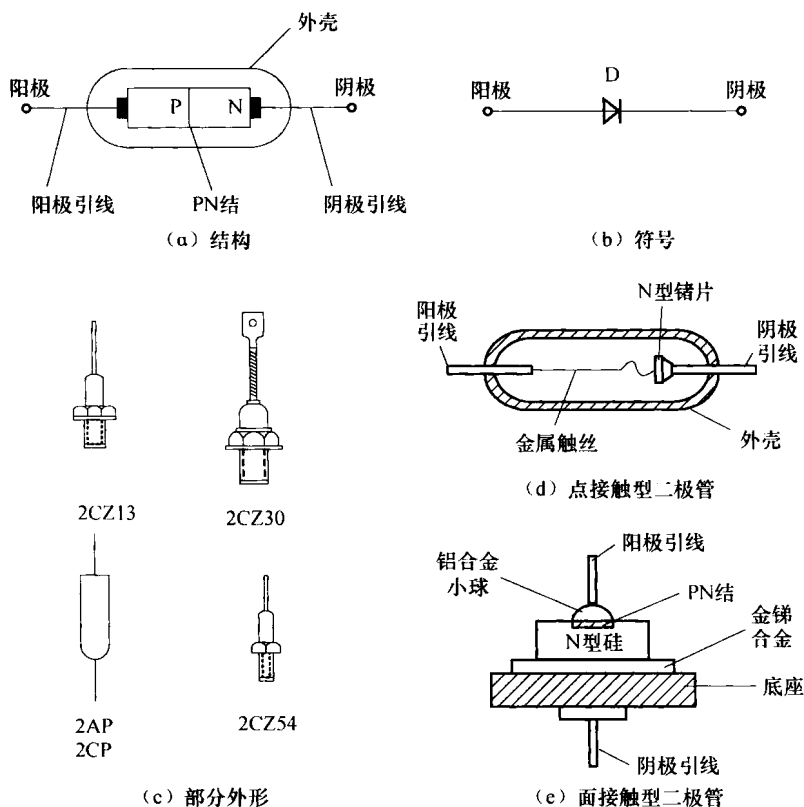


图 1.3 二极管的结构、符号、外形和类型

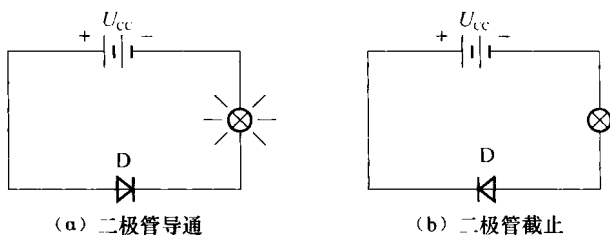


图 1.4 二极管单向导电实验

2. 二极管的主要特性——单向导电性

通过以上的实验和分析,我们可以得到二极管导电的主要特性是单向导电性。单向导电性是二极管最重要的特性。

所谓二极管单向导电,是说二极管只能一个方向导电,另一个方向不导电;也就是说按二极管符号中箭头的方向,由阳极(P区)往阴极(N区)电流可以顺利地流过,而反过方向来就不导电。

二极管的单向导电性,只有在其两端外加不同极性的电压时才能表现出来。

(1) 二极管的正向导通

在二极管的两电极加上电压,称为给二极管以偏置,并规定,当外加电压使二极管的阳极电位高于阴极电位时,称为二极管的正向偏置,简称正偏。在正向偏置的情况下,二极管的等

效电阻很小,近似为开关的接通状态,这就是二极管的正向导通(状态)。这时通过二极管的电流称为正向电流,用 I_F 表示,其大小由外部电路的参数决定。

(2) 二极管的反向截止(截止即不导通)

规定,当外加电压使二极管的阳极电位低于阴极电位时,称为二极管的反向偏置,简称反偏。在反向偏置的情况下,二极管的等效电阻很大,通过二极管的电流很小,约为零,近似为开关的断开状态。这就是二极管的反向截止(状态)。这时通过二极管的电流称为反向电流,用 I_R 表示,随着反向电压的升高,反向电流几乎保持不变,故称为反向饱和电流,用 I_{sat} 表示。 I_{sat} 虽然很小,但受温度影响很大。

总之,二极管具有单向导电性,即正向导通、反向截止。单向导电性是二极管最重要的特性。

1.2.3 二极管的伏安特性

粗略地说,二极管的主要性能就是单向导电性,但更准确、更全面的(静态)特性,反映在它的伏安特性上。二极管的伏安特性是指通过二极管的电流随其两端电压对应变化的关系。伏安特性是外特性,是内部载流子运动的外在表现形式,对使用者来说,掌握外特性比掌握其内部机理更加重要。伏安特性可以用表达式表示,也可以在 $u-i$ 坐标平面上以曲线的形式描绘出来,称为伏安特性曲线。

1. 二极管的伏安特性曲线

利用晶体管图示仪能十分方便地测出二极管的正、反向伏安特性曲线,如图 1.5 所示。

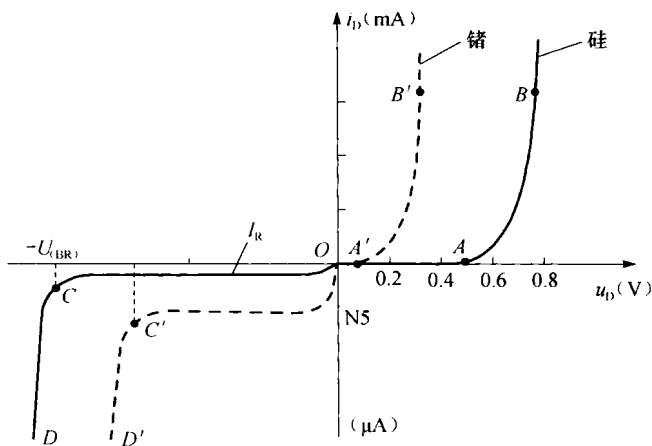


图 1.5 二极管伏安特性曲线

(1) 正向特性

正向伏安特性曲线指第一象限部分,它的两个主要特点是:

① 外加电压较小时,二极管呈现的电阻较大,正向电流几乎为零,曲线 OA 段称作不导通区或者死区。一般硅二极管的死区电压约为 0.5 V ,锗二极管约为 0.1 V 。

② 正向电压 u_D 超过死区电压时,二极管正向导通。 AB 段特性曲线很陡,几乎与横轴垂直,说明这时通过二极管的电流在很大范围内变化,而其两端的电压却基本保持不变。 AB 段称作导通区。二极管导通后两端的正向电压称作管压降(或导通压降),管压降基本不变。一