

21世纪普通高校电子电气类专业基础课应用型规划教材

模拟电子技术基础

唐朝仁 主编

清华大学出版社



21世纪普通高校电子电气类专业基础课应用型规划教材

模拟电子技术基础

唐朝仁 主编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书依据应用型人才的培养目标,突出了集成运算放大及模拟集成电路的应用与实践能力的培养,采用了新的体例结构和结构式描述方式,力求做到易读、易懂、易学、易记。针对重点、难点内容,提供了丰富的例题,便于教学与自学。

全书共8章,包括半导体器件、放大电路及其基本分析方法、集成运算放大电路、负反馈放大电路、功率放大电路、集成运算放大电路的应用、信号发生电路、直流电源。

本书可作为应用型本科电类各专业的模拟电子技术课程的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础/唐朝仁主编. —北京:清华大学出版社,2014

21世纪普通高校电子电气类专业基础课应用型规划教材

ISBN 978-7-302-33714-0

I. ①模… II. ①唐… III. ①模拟电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第264574号



责任编辑:梁颖

封面设计:常雪影

责任校对:梁毅

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:18.75

字 数:467千字

版 次:2014年1月第1版

印 次:2014年1月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:35.00元

产品编号:051043-01

前 言

模拟电子技术基础是电类各专业一门重要的技术基础课,它在素质教育中起着重要作用。目前模拟电子技术基础的教材众多,大多都是偏重理论知识的论述,缺少实际应用的内容,很难找到适合应用型本科的模拟电子技术基础的教材。

为此,本书在编写过程中,从应用型本科教学的实际需要出发,坚持理论与实践相结合,构架了以集成运算放大电路和模拟集成电路为主,以信号的放大与处理为核心的模拟电子技术基础体系结构。

全书分为 8 章:第 1 章半导体器件,是模拟电路的基础,重点介绍组成模拟电路的核心器件——半导体二极管、双极型三极管和场效应管,第 2 章至第 6 章介绍放大电路的基本分析方法和常用的信号放大与处理电路;第 7 章介绍正弦信号与非正弦信号发生电路;第 8 章介绍直流电源电路。全书由信号、信号的加工处理和电源组成一个完整的模拟电路系统。

本书各章的基本体例结构如下:

1. 内容提要:概括本章讲解的主要内容。
2. 学习目标与重点:说明学习重点及学习收获。
3. 应用导入:以电路的实际应用为引导,激发学习的兴趣,导入本章的知识内容。
4. 本章正文。
5. 实用电路举例与分析:穿插于正文中,说明理论知识的实际应用,培养与提高应用技能与能力。
6. 实践环节:将实践与理论知识融为一体,突出培养技能与能力。
7. 本章小结:对本章主要内容和知识点进行概要回顾。
8. 本章知识结构:本章核心内容的体系结构,以及内容之间的关系。
9. 阶段测试与综合练习。

此外还设置了问题讨论、动手动脑、动手实践、知识拓展等新颖的特色栏目,全书突出理论与实践的结合,知识与能力的结合,互动交流。

本书根据应用型人才的培养目标和“应用为本、学以致用”的办学理念,贯彻“精、新、实”的编写原则,以“必需、够用”为度,精选必需的内容。本书的编写突出了以下主要特点:

- 增加由实际应用引入,激发学生的学习兴趣。
- 采用结构式描述,易读、易懂、易学、易记。
- 理论与实践融合为一个整体,有利于培养技能与能力。

本书既可以作为应用型本科电类各专业的模拟电子技术基础课教材,也可以作为非电类专业学生学习电子技术的入门书籍。

本书参编人员为沈阳工学院的骨干教师和辽宁石油化工大学的杨冶杰同志。其中第1、3、7章由李姿编写,第4、5章由杨冶杰编写,第2、6、8章由唐朝仁编写。全书由唐朝仁教授担任主编,负责策划、内容安排和全书的统编。本书在编写过程中得到沈阳工学院领导和教务处的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。书中可能存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013年6月

目 录

第 1 章 半导体器件	/1
1.1 半导体基础知识	/1
1.1.1 半导体特性	/1
1.1.2 本征半导体	/2
1.1.3 杂质半导体	/2
1.1.4 PN 结	/3
1.2 半导体二极管	/5
1.2.1 二极管的结构与类型	/5
1.2.2 二极管的伏安特性	/6
1.2.3 二极管的主要参数	/7
1.2.4 二极管的等效模型	/8
1.2.5 二极管的应用电路	/10
1.2.6 稳压管	/10
1.2.7 二极管的识别与检测	/11
1.3 双极型三极管	/14
1.3.1 三极管的结构与类型	/14
1.3.2 三极管的电流放大作用	/15
1.3.3 三极管的特性曲线	/16
1.3.4 三极管的主要参数	/19
1.3.5 三极管的检测	/20
1.4 场效应管	/23
1.4.1 绝缘栅型场效应管的结构和工作原理	/23
1.4.2 绝缘栅型场效应管的特性曲线	/25
1.4.3 绝缘栅场效应管的主要参数	/26
1.4.4 绝缘栅场效应管的特性对比	/27
本章小结	/28
综合练习	/30
第 2 章 放大电路及其基本分析方法	/33
2.1 放大电路的主要技术指标	/33
2.2 单管共发射极放大电路	/36

2.2.1	单管共发射极放大电路的组成	/36
2.2.2	单管共发射极放大电路的工作原理	/37
2.3	放大电路的基本分析方法	/38
2.3.1	放大电路的直流通路与交流通路	/38
2.3.2	放大电路的静态分析	/39
2.3.3	放大电路静态工作点的测量	/44
2.3.4	放大电路的动态分析	/45
2.3.5	放大电路电压放大倍数、输入电阻和输出电阻的测量	/51
2.4	分压式静态工作点稳定电路	/52
2.4.1	温度对静态工作点的影响	/53
2.4.2	分压式静态工作点稳定电路	/53
2.5	双极型三极管放大电路的3种基本组态	/56
2.5.1	共集电极放大电路	/56
2.5.2	共基极放大电路	/59
2.5.3	三种基本组态电路的比较	/61
2.6	场效应管放大电路	/62
2.6.1	分压-自偏压式共源极放大电路	/63
2.6.2	共漏极放大电路	/64
2.7	多级放大电路	/67
2.7.1	多级放大电路的耦合方式	/67
2.7.2	多级放大电路的电压放大倍数、输入和输出电阻	/69
2.8	放大电路的频率特性	/70
2.8.1	频率特性的基本概念	/70
2.8.2	单管共发射极放大电路的频率特性	/71
2.8.3	多级放大电路的频率特性	/74
2.8.4	放大电路频率特性的测量	/76
本章小结		/80
综合练习		/81

第3章 集成运算放大电路 /86

3.1	集成运算放大电路概述	/87
3.2	集成运放的基本组成	/90
3.2.1	偏置电路	/90
3.2.2	差分放大输入级	/92
3.2.3	中间级和输出级	/98
3.3	集成运放的使用	/99
3.3.1	几种常用的集成运放	/99

3.3.2	集成运放的使用和保护	/100
3.4	理想运算放大器	/102
3.4.1	理想运放的性能指标	/102
3.4.2	集成运放的电压传输特性	/102
3.4.3	理想运放工作在线性区的特点	/102
3.4.4	理想运放工作在非线性区的特点	/103
	本章小结	/104
	综合练习	/105
第4章	负反馈放大电路	/108
4.1	反馈的基本概念及其分类	/108
4.1.1	反馈的基本概念	/109
4.1.2	反馈分类和判断	/109
4.1.3	反馈的一般表达式	/113
4.1.4	负反馈的4种组态	/114
4.2	负反馈对放大电路性能的影响	/122
4.2.1	提高放大倍数的稳定性	/122
4.2.2	减小非线性失真	/123
4.2.3	展宽频带	/124
4.2.4	改变输入电阻和输出电阻	/125
4.2.5	引入负反馈的一般原则	/128
4.3	深度负反馈放大电路的近似计算	/131
4.3.1	利用深度负反馈闭环放大倍数的表达式 计算	/131
4.3.2	利用深负反馈的关系式进行计算	/132
4.3.3	深度负反馈放大电路计算举例	/133
4.4	负反馈放大电路的自激振荡	/135
4.4.1	产生自激振荡的原因和自激振荡的 条件	/135
4.4.2	自激振荡的消除方法	/136
	本章小结	/137
	综合练习	/138
第5章	功率放大电路	/143
5.1	功率放大电路的基本概念	/143
5.2	互补对称功率放大电路	/145
5.2.1	OCL 互补对称功率放大电路	/146
5.2.2	OTL 互补对称功率放大电路	/152

5.2.3 采用复合管的互补对称功率放大电路	/155
5.2.4 功率放大电路的调整与检测	/157
5.3 集成功率放大器	/160
5.3.1 集成功率放大器 LM386	/160
5.3.2 集成功率放大器 TDA2822	/162
5.3.3 集成功率放大器 TDA2030A	/163
本章小结	/165
综合练习	/166

第6章 集成运算放大电路的应用 /171

6.1 理想运放的工作特点	/171
6.1.1 理想运放工作在线性区的特点	/171
6.1.2 理想运放工作在非线性区的特点	/172
6.2 集成运放应用在模拟信号运算电路	/173
6.2.1 比例运算电路	/173
6.2.2 求和运算电路	/178
6.2.3 微分和积分运算电路	/184
6.2.4 对数和指数运算电路	/186
6.2.5 集成模拟乘法器	/188
6.3 集成运放应用在信号处理电路	/190
6.3.1 滤波器的基本概念	/190
6.3.2 有源滤波器	/191
6.4 电压比较器	/197
6.4.1 单限电压比较器	/197
6.4.2 滞回比较器	/200
6.4.3 双限比较器	/203
6.4.4 集成电压比较器	/204
6.5 集成运放的应用举例	/205
6.5.1 单电源的交流放大电路	/205
6.5.2 电平指示电路	/207
6.5.3 温度控制电路	/208
本章小结	/208
综合练习	/210

第7章 信号发生电路 /216

7.1 正弦波振荡电路的振荡条件	/216
7.1.1 产生正弦波振荡的条件	/217
7.1.2 正弦波振荡电路的组成	/218

7.1.3	正弦波振荡电路的分析方法	/218
7.2	RC 正弦波振荡电路	/219
7.2.1	RC 串并联选频网络的选频特性	/219
7.2.2	RC 桥式振荡电路	/220
7.2.3	RC 桥式振荡电路的检测	/222
7.3	LC 正弦波振荡电路	/223
7.3.1	LC 并联电路的选频特性	/223
7.3.2	变压器反馈式 LC 振荡电路	/224
7.3.3	电感三点式振荡电路	/225
7.3.4	电容三点式振荡电路	/226
7.4	石英晶体振荡电路	/228
7.5	非正弦波发生电路	/231
7.5.1	矩形波发生电路	/231
7.5.2	三角波发生电路	/233
7.5.3	锯齿波发生电路	/234
本章小结		/235
综合练习		/235

第 8 章 直流电源 /240

8.1	直流电源的组成	/240
8.2	单相整流电路	/241
8.2.1	单相半波整流电路	/242
8.2.2	单相桥式整流电路	/243
8.3	滤波电路	/248
8.3.1	电容滤波电路	/248
8.3.2	其他形式的滤波电路	/251
8.4	稳压管稳压电路	/252
8.4.1	稳压电路的主要指标	/252
8.4.2	稳压管稳压电路	/253
8.5	串联型稳压电路	/257
8.6	集成稳压电路	/261
8.6.1	固定输出的三端集成稳压器	/262
8.6.2	可调式三端集成稳压器	/266
8.6.3	直流稳压电源的检测	/268
8.7	开关型稳压电路	/270
8.7.1	开关型稳压电路的特点和分类	/270
8.7.2	开关型稳压电路的工作原理	/271
本章小结		/272
综合练习		/274

附录 A 使用文字符号的说明 /278

附录 B 部分综合练习答案 /282

参考文献 /287

内容提要:

半导体器件是组成电子电路的基本器件。本章首先介绍半导体材料的特性及导电性、PN 结的结构和单向导电性,然后介绍半导体二极管、双极型三极管、场效应管的结构、工作原理、特性曲线、主要参数,以及基本应用电路和分析。

学习目标与重点:

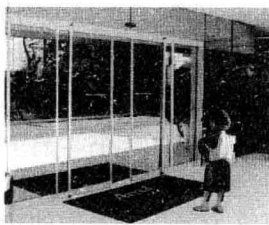
- 理解 N 型半导体和 P 型半导体,以及 PN 结的单向导电性;
- 掌握半导体二极管的伏安特性和基本应用电路的分析方法;
- 掌握双极型三极管的输入、输出特性,三极管的 3 种工作状态及其判别方法;
- 掌握场效应管的输出特性、转移特性;
- 熟悉二极管、三极管的测试方法。

应用导入:

门为什么会自动打开?

当你走到银行门前,玻璃门自动向两侧拉开,你走进门后门又自动关闭。门为什么会自动打开?

这是人体红外半导体器件发挥的作用,它可以在一定范围内感知人体发出的红外线,控制门的开启,延迟一段时间,再控制门的关闭。



1.1 半导体基础知识

自然界中的物质按照导电性能可分为导体、绝缘体、半导体三大类。导电性能介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体。常用的半导体材料有硅 Si 和锗 Ge 等。

1.1.1 半导体特性

半导体材料具有与导体和绝缘体完全不同的特殊性质。

1. 热敏性

大多数半导体材料对温度的变化很敏感,随着温度的升高其导电性能提高。利用半导体的热敏性制成各种热敏电子器件,如电子体温计就是利用热敏电子器件来测量体温。

2. 光敏性

许多半导体材料在光照强弱变化时,其导电性能会随之变化,光照越强,导电性能越好。利用半导体的光敏性制成各种光电器件,如光敏电阻、光电二极管、光电三极管等。现在应用越来越广泛的太阳能电池就是利用了半导体的光敏性。

3. 掺杂性

在纯净的半导体中加入微量的杂质,其导电性能会显著地提高,称为掺杂性。正是利用半导体的掺杂性制成了各种半导体器件,如二极管、三极管、场效应管等。

1.1.2 本征半导体

纯净的具有晶体结构的半导体称为本征半导体。在硅(或锗)的晶体中,每个原子最外层有 4 个价电子,它与周围的 4 个硅原子形成的共价键结构,如图 1.1(a)所示。

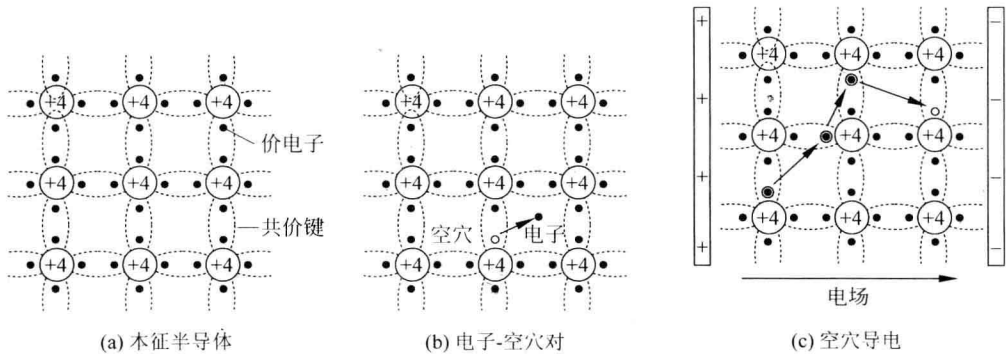


图 1.1 本征半导体结构示意图

在本征半导体中,少数共价键中的价电子从外部获得能量,可以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,称为空穴,如图 1.1(b)所示。自由电子和空穴成为两种载流子,分别称为自由电子载流子和空穴载流子。自由电子和空穴是同时成对出现的,称为电子-空穴对。因此在本征半导体中,自由电子和空穴的数量总是相等的。

自由电子和空穴在电场作用下都可移动形成电流。空穴的移动与自由电子移动不同,它是借助于价电子的移动实现空穴的转移。由于空穴带正电,很容易把邻近共价键中的价电子吸引过来填补,在新的位置上出现空穴,如此进行下去,形成空穴的不断转移,也就是空穴导电,如图 1.1(c)所示。

在本征半导体中,是依靠电子-空穴对导电。自由电子和空穴的浓度与温度有关,即温度越高,电子-空穴对浓度就越高。在本征半导体中由于载流子浓度很低,所以其导电性能很差。

1.1.3 杂质半导体

在本征半导体中掺入不同的杂质元素,形成两种不同类型的杂质半导体。

1. N 型半导体

在本征半导体中掺入微量的 5 价元素磷或砷等,杂质原子取代了某个硅原子的位置,杂

质原子最外层有 5 个价电子,其中的 4 个价电子与相邻的 4 个硅原子形成共价键,另一个价电子由于不受共价键的束缚成为自由电子,此时的杂质原子因失去一个电子而成为正离子,称为施主离子。掺入一个杂质原子就产生一个自由电子,掺杂后的半导体中自由电子和空穴的数量不再相等,自由电子远远多于空穴,所以称为电子型半导体,又叫 N(Negative)型半导体,如图 1.2(a)所示。在 N 型半导体中,自由电子称为“多数载流子”,简称“多子”;空穴称为“少数载流子”,简称“少子”。在 N 型半导体中导电主要是多数载流子自由电子起作用,导电电流近似为电子电流。

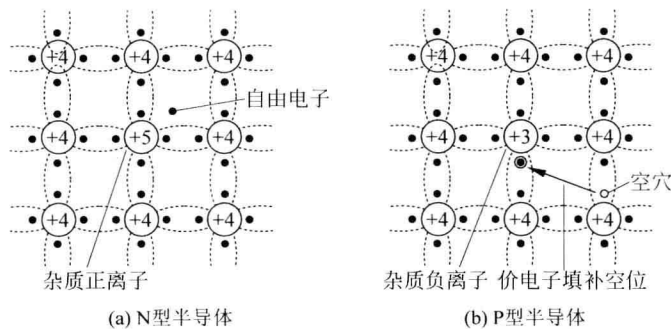


图 1.2 杂质半导体结构示意图

2. P 型半导体

在本征半导体中掺入微量的 3 价元素硼或铝等,杂质原子取代了某个硅原子的位置,杂质原子最外层有 3 个价电子,与相邻 4 个硅原子形成共价键,因缺少一个电子而出现了空位,它很容易吸引邻近共价键的价电子填补空位,产生一个空穴,同时杂质原子因得到一个电子而成为负离子,称为受主离子。显然,掺杂后的空穴数量远远多于自由电子,因此称为空穴型半导体,又叫 P(Positive)型半导体,如图 1.2(b)所示。

在 P 型半导体中,空穴为“多子”,自由电子为“少子”。在 P 型半导体中导电主要是空穴起作用,导电电流近似为空穴电流。

无论是 N 型半导体还是 P 型半导体,整体都呈电中性。另外,多子的浓度与掺杂浓度有关,少子的浓度与温度有关。

1.1.4 PN 结

在一块半导体基片上,用不同的掺杂工艺使其一边形成 N 型半导体,另一边形成 P 型半导体,在这两种杂质半导体的交界面会形成一个特殊的薄层,称为 PN 结。

1. PN 结的形成

在 P 型和 N 型半导体交界面两侧,自由电子与空穴的浓度存在显著差异,P 区的空穴浓度远大于 N 区,N 区的自由电子浓度远大于 P 区,浓度差会引起载流子从高浓度区向低浓度区运动,称为扩散运动,如图 1.3(a)所示,扩散运动所形成的电流称为扩散电流。

P 区中的多子空穴扩散到 N 区,与 N 区的电子复合消失,N 区中的多子电子扩散到 P 区,与 P 区的空穴复合消失,使交界面附近的载流子骤减,只留下不能移动的杂质离子形成了空间电荷区。N 区一侧留下杂质正离子,P 区一侧留下杂质负离子,于是就产生了由 N 区指向 P 区的电场,叫内电场,如图 1.3(b)所示。

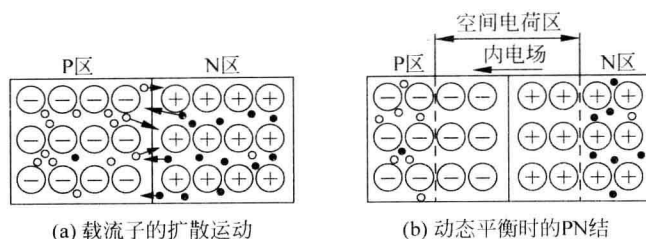


图 1.3 PN 结的形成

内电场的建立产生两个作用,一方面阻碍多子的扩散,另一方面促使交界面附近的少子产生漂移运动。开始时,内电场较小,扩散运动较强,漂移运动较弱,随着扩散的进行,空间电荷区增厚,内电场逐渐增大,扩散运动逐渐减弱,漂移运动逐渐增强,最终扩散运动与漂移运动达到了动态平衡,即扩散过去多少载流子必然漂移回来同样多的同类载流子,此时扩散电流等于漂移电流,空间电荷区的厚度不再增加,达到稳定,形成了 PN 结。

由于 PN 结一侧为杂质正离子形成的正电荷区,另一侧为杂质负离子形成的负电荷区,PN 结两侧产生电位差,称为内建电位差,其大小与半导体材料、掺杂浓度以及温度有关。室温时,硅材料 PN 结的内建电位差为 $0.5 \sim 0.7\text{V}$,锗材料 PN 结的内建电位差为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$ 。

由于空间电荷区中的载流子几乎被耗尽,因而空间电荷区又称为耗尽层。另外,空间电荷区产生的内电场起阻碍扩散的作用,又把空间电荷区称为阻挡层。

2. PN 结的单向导电性

如果在 PN 结两端加上电压,称为偏置电压,若 P 区端的电位高于 N 区端电位,叫做 PN 结外接正向电压或正向偏置,简称正偏;反之,叫做 PN 结外接反向电压或反向偏置,简称反偏。

1) PN 结正向偏置

PN 结外加正向电压时如图 1.4(a)所示。P 区接电源正极,N 区接电源负极。PN 结正偏时,外电场与内电场方向相反,从而使内电场削弱,空间电荷区变窄。于是扩散运动增强,漂移运动减弱,有大量的多子越过 PN 结,形成很强的扩散电流,扩散所消耗的载流子源源不断从外电源得到补充,使扩散运动得到持续,在回路中形成正向电流。由于正向电流较大,PN 结呈现的电阻很小,因此 PN 结处于导通状态。正向电流会随着正向偏压的增加而迅速增大。

2) PN 结反向偏置

PN 结外加反向电压如图 1.4(b)所示,P 区接电源的负极,N 区接电源的正极。PN 结反偏时,使外电场与内电场方向相同,增强了内电场,导致空间电荷区变厚,结果多子扩散难以进行,而少子则在外电场作用下漂移过 PN 结形成反向电流,但由于少子数目很少,因此反向电流非常微小,几乎为零,PN 结的电阻很大,因此 PN 结处于截止状态。当温度一定时,少子浓度一定,反向电流几乎不随外加反向偏置电压而变化,称为反向饱和电流。

综上所述,PN 结正偏时导通,呈现很小的电阻,形成较大的正向电流;反偏时截止,呈现很大的电阻,反向电流近似为零。因此 PN 结具有单向导电性。

PN 结是构成二极管、晶体管、晶闸管、集成电路等许多半导体器件的基础。

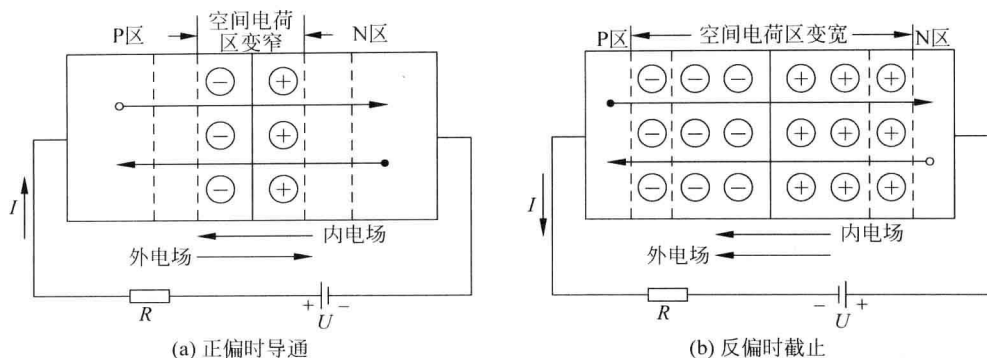
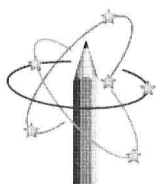


图 1.4 PN 结的单向导电性



阶段测试

1. 半导体材料有 3 个特性, 它们是_____、_____、_____。
2. 在杂质半导体中多数载流子的浓度取决于_____, 而少数载流子的浓度则与_____有关。
3. 在纯净的半导体中掺入适量五价元素, 可形成_____型半导体, 其多子为_____。
4. 在 P 型半导体中, 多数载流子是_____, 少数载流子是_____;
在 N 型半导体中, 多数载流子是_____, 少数载流子是_____。
5. PN 结的主要特性是_____。

1.2 半导体二极管

半导体二极管又称晶体二极管, 简称二极管。二极管是最早诞生的半导体器件之一, 其应用非常广泛。特别是在各种电子电路中, 利用二极管和电阻、电容、电感等元器件进行合理的连接, 构成不同功能的电路, 可以实现对交流电整流、对调制信号检波、限幅和钳位以及对电源电压的稳压等多种功能。无论在常见的收音机电路还是在其他的家用电器产品或工业控制电路中, 都可以找到二极管的踪迹。

1.2.1 二极管的结构与类型

在 PN 结的两端各引出一根电极, 用外壳封装起来就构成二极管。二极管的电路符号如图 1.5(a) 所示。二极管有两个电极, 由 P 区引出的电极是正极, 又叫阳极; 由 N 区引出的电极是负极, 又叫阴极。三角箭头方向表示正向电流的方向, 二极管的文字符号用 VD 表示。

二极管按半导体材料不同分为硅管和锗管两类。锗管的工作温度较低, 一般为中、小功率二极管。硅管的工作温度较高, 可制成中、大功率二极管。

按用途不同, 二极管可分为检波二极管、整流二极管、稳压二极管、变容二极管和开关二极管等。

二极管按结构不同可分为点接触型、面接触型和平面型几种, 它们的结构示意图分别如

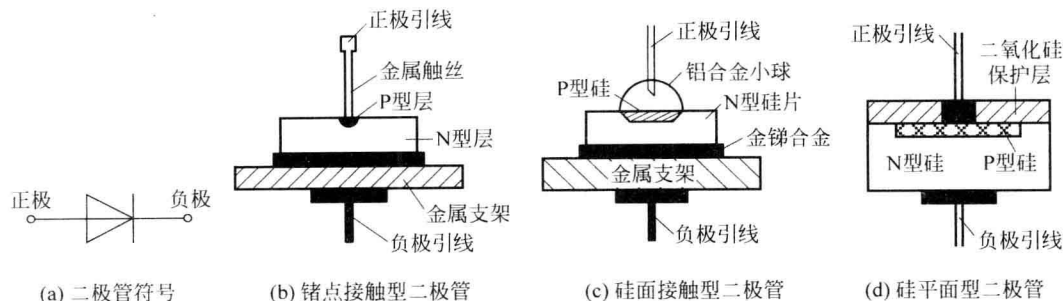


图 1.5 二极管符号和结构示意图

图 1.5 中(b)、(c)、(d)所示。点接触型二极管的 PN 结接触面积小,不能通过较大的正向电流和承受较高的反向电压,但它的高频性能好,适宜在高频检波电路和开关电路中使用。面接触型二极管的 PN 结接触面积大,可以通过较大的电流,也能承受较高的反向电压,适宜在整流电路中使用。平面型二极管在脉冲数字电路中作开关管使用时 PN 结面积较小,用于大功率整流时 PN 结面积较大。

1.2.2 二极管的伏安特性

二极管的基本特性是单向导电性,可用伏安特性来描述。所谓二极管伏安特性就是流过二极管的电流 I 与加在二极管两端电压 U 之间的关系。如图 1.6 所示为硅二极管的伏安特性曲线。下面分 3 部分介绍二极管的伏安特性。

1. 正向特性

二极管的正向特性是指二极管加正向电压与正向电流的关系。正向特性的特点如下:

(1) 存在“死区”。当外加正向电压较小时,二极管呈现的电阻很大,正向电流非常小,近似为零,这个区域称为“死区”,为图中的 0A 段。硅二极管的死区电压约为 0.5V,锗管的死区电压约为 0.1V。在该区域二极管处于截止状态。

(2) 当加到二极管的正向电压大于死区电压时,二极管正向电流开始快速增长,正向电压稍有增加,电流就会增大很多,这时二极管呈现的电阻很小,二极管处于导通状态,即图中的 AB 段。二极管导通时在二极管两端存在正向导通压降,硅二极管正向导通压降为 0.6~0.7V,锗管为 0.2~0.3V。

2. 反向特性

二极管的反向特性是指二极管加反向电压与反向电流的关系。反向特性的特点是反向电流极小,而且,在一定范围内反向电流并不随反向电压而增大,故称为反向饱和电流,用符号 I_s 表示。在该区域二极管处于截止状态,即图中的 0C 段。

综上所述,当二极管加正向电压大于死区电压时,二极管导通;二极管所加电压小于死区电压时,二极管截止,二极管具有单向导电性。

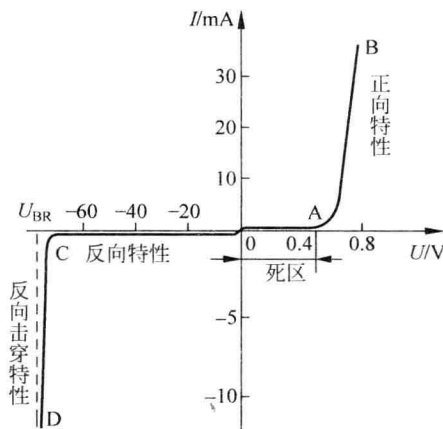


图 1.6 二极管的伏安特性曲线