



21世纪高等学校规划教材

电子技术 (电工学II)

DIANZI JISHU (第2版)

主编 ◎ 方厚辉 谢胜曙 主审 ◎ 张晓冬



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



21 世纪高等学校规划教材

电子技术

(电工学 II)

(第 2 版)

主编 方厚辉 谢胜曙

主审 张晓冬

北京邮电大学出版社

• 北京 •

内容简介

本书是根据教育部电工学课程教学指导委员会最新制定的“电子技术(电工学Ⅱ)课程教学基本要求”,为高等学校非电专业理工科学生编写的 21 世纪课程教材。全书分为 3 篇,共 9 章。第 1 篇为模拟电子电路,内容包括基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电路、晶闸管电路等。第 2 篇为数字电子电路,内容包括门电路及组合逻辑电路、触发器及时序逻辑电路、数字量和模拟量的转换、半导体存储器等。第 3 篇为 EDA 技术,内容包括 EDA 技术简介等。本书主要特点是内容精炼、起点高、知识新、系统性和实用性强。

本书可作为各类高等学校非电专业学生电子技术(电工学Ⅱ)课程的教材或教学参考书,也可供有关工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术. 电工学. 2/方厚辉,谢胜曙主编. —2 版. —北京:北京邮电大学出版社,2012. 3

ISBN 978-7-5635-2887-5

I. ①电… II. ①方… ②谢… III. ①电子技术—高等学校—教材 ②电工学—高等学校—教材
IV. ①TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 281832 号

书 名	电子技术(电工学Ⅱ)(第 2 版)
主 编	方厚辉 谢胜曙
责任编辑	韩 霞
出版发行	北京邮电大学出版社
社 址	北京市海淀区西土城路 10 号(100876)
电话传真	010-82333010 62282185(发行部) 010-82333009 62283578(传真)
网 址	www.buptpress3.com
电子信箱	ctrd@buptpress.com
经 销	各地新华书店
印 刷	北京联兴华印刷厂
开 本	787 mm×960 mm 1/16
印 张	20
字 数	437 千字
版 次	2012 年 3 月第 2 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2887-5

定价: 35.00 元

如有质量问题请与发行部联系

版权所有 侵权必究

再版前言

本书按照教育部电工学课程教学指导委员会最新制定的“电子技术(电工学Ⅱ)课程教学基本要求”组织编写的21世纪课程教材,在第1版的基础上,重新修订、编写而成的,可作为高等学校非电专业理工科《电子技术(电工学Ⅱ)》课程的教学教材。

21世纪的到来,伴随着新技术的日新月异,电子技术也发生了巨大变化。为了适应新世纪信息化时代的需要,本书作者在分析和总结以往教材及教学经验的基础上,根据电子技术课程教学基本要求,对传统的教学内容进行了精选,适当地提高了教材的起点,并增加和强化了部分电子领域的新技术和新内容,如半导体存储器、EDA技术等。此外,在内容体系上加强了知识结构的系统性和完整性,扩大了知识面,加强了应用性。从而形成了本书的主要特点:内容精炼、起点高、知识新、系统性和实用性强。

教学内容、教学体系的改革,必须与教学方法、教学手段的改革相结合。为了帮助更新教学观念和教学方法,增加课堂信息,除基本内容外,本书还提供了丰富的思考题和习题,供教师选讲和学生练习,以培养学生的自学能力和创新能力。

全书由方厚辉和谢胜曙主编。参加本书编写工作的有方厚辉、谢胜曙、李中发、许新民、江亚群、邹津海、陈洪云、姜燕、方璐。本书承蒙国家电工电子基地副主任、北京市电工学会理事长、北京交通大学张晓冬教授主审,并提出了许多宝贵意见。本书还得到了中国高等学校电工学会理事长、教育部原电工学课程教学指导委员会委员唐介教授和杨欣荣教授等专家的帮助和指导。

由于编者水平有限,经验不足,加之成书时间短促,书中不妥或错误之处在所难免,敬请广大读者和同仁批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
----	-----

第 1 篇 模拟电路

第 1 章 基本放大电路	(3)
1.1 半导体二极管	(4)
1.2 半导体三极管	(13)
1.3 放大电路的组成和工作原理	(20)
1.4 放大电路的静态分析	(22)
1.5 放大电路的动态分析	(25)
1.6 工作点稳定的放大电路	(32)
1.7 共集电极放大电路	(37)
1.8 多级放大电路	(40)
1.9 差动放大电路	(46)
1.10 互补对称功率放大电路	(52)
1.11 场效应管放大电路	(56)
习题	(63)
第 2 章 集成运算放大器	(71)
2.1 集成运算放大器的基本概念	(71)
2.2 运算放大器的基本运算电路	(75)
2.3 运算放大电路中的负反馈	(81)
2.4 运算放大器组成的信号处理电路	(87)
2.5 运算放大器组成的信号产生电路	(93)
2.6 使用运算放大器应注意的几个问题	(98)
习题	(99)

第3章 直流稳压电源	(106)
3.1 整流电路	(107)
3.2 滤波电路	(113)
3.3 稳压电路	(117)
习题	(125)
第4章 晶闸管电路	(129)
4.1 晶闸管	(129)
4.2 可控整流电路	(134)
4.3 晶闸管的触发电路	(142)
4.4 晶闸管的保护	(146)
4.5 逆变、交流调压与交流开关	(149)
习题	(153)

第2篇 数字电路

第5章 门电路及组合逻辑电路	(155)
5.1 基本逻辑门电路	(156)
5.2 TTL与非门电路	(162)
5.3 MOS门电路	(167)
5.4 逻辑代数	(172)
5.5 组合逻辑电路的分析与设计	(182)
5.6 加法器	(191)
5.7 编码器	(195)
5.8 译码器和数字显示	(200)
5.9 数据分配器和数据选择器	(206)
5.10 应用电路	(211)
习题	(215)
第6章 触发器及时序逻辑电路	(223)
6.1 双稳态触发器	(223)
6.2 寄存器	(231)
6.3 计数器	(235)
6.4 单稳态触发器	(246)
6.5 无稳态触发器	(249)
6.6 应用电路	(251)

习题.....	(254)
第 7 章 模拟量和数字量的转换	(261)
7.1 数模转换器	(261)
7.2 模数转换器	(267)
习题.....	(271)
第 8 章 半导体存储器	(272)
8.1 只读存储器	(272)
8.2 随机存取存储器	(281)
习题.....	(286)

第 3 篇 EDA

第 9 章 EDA 技术	(288)
9.1 EDA 技术简介	(288)
9.2 可编程只读存储器	(292)
9.3 可编程逻辑阵列	(297)
9.4 通用阵列逻辑	(299)
习题.....	(299)
习题参考答案	(301)
附录	(305)
附录 A 半导体分立器件型号命名法	(305)
附录 B 部分半导体器件型号和参数	(306)
附录 C 半导体集成电路型号命名法	(308)
附录 D 部分半导体集成电路型号、参数	(309)
附录 E 逻辑代数运算法则	(310)
主要参考文献	(312)

绪 论

电子技术是研究电子技术理论、电子器件、电子电路及其在工程领域应用的科学技术。电子技术发展到今天,人们已经掌握了大量的电子技术方面的知识,并已经或正在运用这些知识推动着电子事业不断前进。

电子技术是人类在生产过程和科学实验中创立和发展起来的,是与电子技术的应用紧密联系的。1883年美国发明家爱迪生发现了热电效应。1904年弗莱明利用这个效应制成了电子二极管。1906年美国的德福雷斯发明了电子三极管,从而树立了早期电子技术上最重要的里程碑。1948年美国贝尔实验室的科学家发明了世界上第一个晶体管,促进了电子技术的迅速发展和普及。在大多数领域逐步用晶体管取代电子管。

集成电路的第一个样品是在1958年问世的。集成电路的出现和应用,标志着电子技术发展到了一个新的阶段。它实现了材料、元件、电路三者之间的统一,使设计、生产与制造工艺有了突破性进展。随着集成电路制造工艺的进步,出现了大规模和超大规模集成电路,进一步显示出集成电路的优越性。

随着半导体技术的发展和科学研究、生产、管理及生活等方面的需要,电子计算机应运而生,并且日臻完善。从1946年第一台电子计算机诞生以来,已经经历了电子管、晶体管、集成电路及大规模集成电路四代。现在正在研究开发第五代计算机(人工智能计算机)和第六代计算机(生物计算机)。特别是20世纪70年代微型计算机问世以来,大大加快了电子计算机的普及速度。集计算机、电视机、电话、传真机、音响等于一体的多媒体计算机也纷纷问世。以多媒体计算机、光纤电缆和互联网络为基础的信息高速公路已成为计算机诞生以来的又一次信息革命。未来的人工智能将给人们的生活与工作方式带来前所未有的变化。

数字控制和数字测量也在不断发展和得到日益广泛的应用。数字控制机床从1952年研制出来后,发展很快。“加工中心”多工序数字控制机床和“自适应”数字控制机床相继出现。目前利用电子计算机对几十台乃至上百台数字控制机床进行集中控制也已实现。

由于大功率半导体器件的制造工艺日益完善,电力电子技术已成为当今一门发展迅速、方兴未艾的科学技术,应用于中频电源、变频调速、直流输电、不间断电源等诸多方面,使半导体技术进入强电领域。

21世纪的到来,人类已经进入了信息时代,这将是不同领域的科学技术互相渗透和融合的时代。电工技术和电子技术已与其他学科结合,相互渗透、相互促进,并且开拓出新的

学科领域。显然,电的应用对劳动生产率的提高和社会的发展起着巨大的作用。因此,学习和掌握电子技术的基本知识和应用技术具有十分重要的意义。

电子技术课程是高等学校本科非电专业的一门技术基础课程。本课程的作用与任务是:使学生通过本课程的学习,获得电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电子技术的应用和我国电子事业的发展概况,为学习和从事与本专业有关的工程技术等工作打下一定的基础。

本书是高等学校非电专业学生电子技术课程的基本教材,全书包括模拟电子电路、数字电子电路与 EDA 技术 3 篇。第 1 篇模拟电子电路,主要讨论基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电路、晶闸管电路等,学习时着重要弄清各种电路的组成,掌握模拟电子电路的基本分析方法和基本概念;第 2 篇数字电子电路,主要讨论门电路及组合逻辑电路、触发器及时序逻辑电路、数字量和模拟量的转换、半导体存储器等,学习时着重要注意各个单元电路的逻辑功能,掌握逻辑电路的基本分析方法和各个逻辑部件的应用;第 3 篇 EDA 技术,简单介绍有关 EDA 技术等,要求对 EDA 新技术的基本知识有所了解。

实验是本课程重要的实践教学环节。实验的目的不仅是验证和加深理解所学的理论知识,更重要的是训练学生的实验技能,树立工程实际观点和严谨的科学作风。因此,应保证足够的实验学时,创造较好的实验条件(如增加设计性和综合应用型实验、开放实验室等),使学生有充分的实践机会。每个学生都应珍惜这种机会,以提高自己的工程实际能力和综合应用能力。

习题不仅能加深巩固学生对所学理论的理解,而且能培养学生分析和解决问题的能力,同时也是学生检查自己学习情况的重要手段,应当予以重视。本书各章节都安排了适当的习题和思考题,以便在教学中根据具体情况选用。对于教师布置的习题,学生应该认真独立完成。

第1篇 模拟电路

第1章 基本放大电路

内容提要 本章介绍常用的半导体二极管、稳压管、发光二极管、半导体三极管、场效应管等半导体器件,共发射极放大电路、共集电极放大电路、差动放大电路、功率放大电路和场效应管放大电路等基本放大电路,以及放大电路的基本分析方法。这些基本放大电路是构成集成电路和复杂电子电路的基础,学好本章将为以后各章的学习打下基础。

半导体器件是用半导体材料制成的电子器件,是构成各种电子电路最基本的核心元件,包括半导体二极管、稳压管、发光二极管、半导体三极管、场效应管等。半导体器件具有体积小、重量轻、功耗低、使用寿命长等优点,在现代工业、农业、科学技术、国防等各个领域得到了广泛应用。

三极管的主要用途之一是利用其放大作用组成放大电路。放大电路的功能是把微弱的电信号放大成较强的电信号,广泛应用于音像设备、电子仪器、测量、控制系统及图像处理等各个领域。在生产和科学实验中,往往要求用微弱的信号控制较大功率的负载。例如,在自动控制机床上,需要将反映加工要求的控制信号加以放大,得到一定的输出功率以推动执行元件如电磁铁、电动机、液压机构等工作。又如,在测量仪表及自动控制系统中,首先将温度、压力、流量等非电量通过传感器变换为微弱的电信号,经过放大以后,从显示仪表上读出非电量的大小,或者用来推动执行元件以实现自动控制。就是在常见的收音机和电视机中,也是将天线收到的微弱信号放大到足以推动扬声器和显像管的程度。可见放大电路的应用十分广泛,是电子设备中最普遍的一种基本单元。



1.1 半导体二极管

自然界中存在着各种物质,按导电能力的强弱可分为导体、绝缘体和半导体。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间,主要有硅、锗、硒、砷化镓、氧化物和硫化物等。

半导体之所以被重视,是因为很多半导体的导电能力在不同的条件下有着显著的差异。例如,有些半导体如钴、锰、硒等的氧化物对温度的反应特别灵敏,环境温度升高时,它们的导电能力会明显增强。利用这种热敏特性可制成各种热敏元件。又如,有些半导体如镉、铝的硫化物和硒化物受到光照时,它们的导电能力会变得很强;当无光照射时,又变得像绝缘体那样不导电。利用这种光敏特性可制成各种光敏元件。

更重要的是,如果在纯净的半导体中掺入微量的杂质元素,其导电能力会猛增到几千、几万甚至上百万倍。利用半导体的这种掺杂特性,可制成种类繁多的具有不同用途的半导体器件,如半导体二极管、半导体三极管、场效应管等。

1.1.1 半导体的导电特征

1. 本征半导体

目前用来制造半导体器件的材料主要是硅(Si)、锗(Ge)等。硅和锗半导体材料经高纯度提炼后,其原子排列已变成非常整齐的状态,称为晶体,纯净的半导体也称为本征半导体。

硅和锗的原子结构示意图如图 1.1 所示。它们的最外层电子轨道上都有 4 个电子,最外层的电子称为价电子,所以硅和锗都是四价元素。最外层具有 8 个电子的原子才处于稳定状态。因此,在本征半导体中,每个原子与相邻的 4 个原子结合。每一个原子的 4 个价电子分别为相邻的 4 个原子所共有,组成所谓共价键结构,如图 1.2 所示。

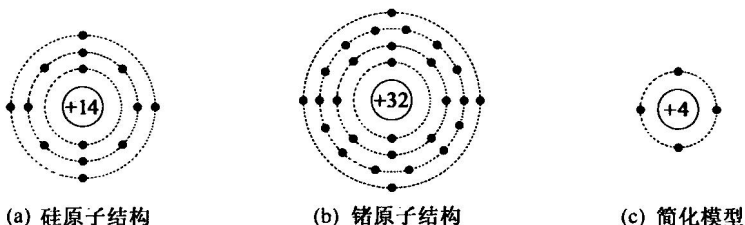


图 1.1 硅和锗的原子结构示意图

共价键中的价电子不像绝缘体中的价电子被束缚得那么紧,在获得一定能量(温度增高或受光照)后,可能挣脱原子核的束缚(电子受到激发)而成为自由电子。与此同时,共价键中就留下一个空位,称为空穴。电子和空穴成对出现,称为电子空穴对。在外电场的作用下,

这个空穴可能被相邻的价电子所填充。同时,失去了一个价电子的相邻原子的共价键中出现另一个空穴,它也可以由相邻的价电子来递补,而在该位置上又出现一个空穴,如图 1.3 所示。如此继续下去,就好像空穴在运动。为了与自由电子导电相区别,把空穴运动称为空穴导电。由此可见,半导体中存在着两种载流子,即带负电荷的自由电子和带正电荷的空穴。

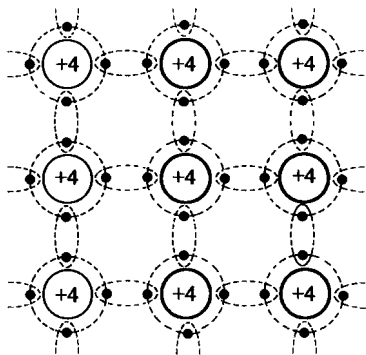


图 1.2 硅或锗晶体中的共价键结构

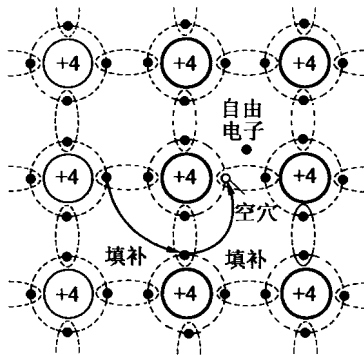


图 1.3 热运动产生的电子空穴对

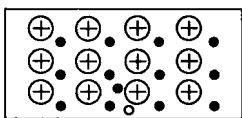
在室温条件下,本征半导体中的载流子数目是一定的,且数目很少,所以导电性能较差。温度升高时,载流子浓度将按指数规律增加,因此,温度对本征半导体的导电性能有很大的影响。

2. N 型半导体和 P 型半导体

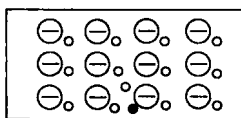
若在本征半导体中掺入少量的杂质元素,就能显著地改善半导体的导电性能。根据所掺杂质的不同,掺杂后的半导体可分为 N 型半导体和 P 型半导体两种类型。

若在本征半导体中掺入五价元素(如磷、砷、锑等),则每一个五价元素的原子在组成共价键时,产生一个电子,如图 1.4(a) 所示,使得在掺杂后的半导体中,电子的浓度大大增加,其数量远远多于空穴的数量。这种半导体以电子导电为主,称为 N 型半导体。在 N 型半导体中,电子为多数载流子,空穴为少数载流子。

若在本征半导体中掺入三价元素(如硼、镓、铟等),则每一个三价元素的原子在组成共价键时,产生了一个空穴,如图 1.4(b) 所示,使得掺杂后的半导体中的空穴浓度大大增加,其数量远大于自由电子的数量。这种半导体以空穴导电为主,称为 P 型半导体。在 P 型半导体中,空穴为多数载流子,电子为少数载流子。



(a) N 型半导体结构示意图



(b) P 型半导体结构示意图

图 1.4 N 型半导体和 P 型半导体结构示意图

综上所述,由于掺入杂质的不同,产生 N 型半导体和 P 型半导体两种不同类型的半导体。它们统称为杂质半导体。应该指出,尽管杂质半导体中载流子的浓度远大于本征半导体中载流子的浓度,但整块杂质半导体仍呈电中性。

1.1.2 PN 结及其单向导电性

1. PN 结的形成

如果通过一定的工艺措施,使同一硅片的两边分别形成 N 型半导体和 P 型半导体,那它们的交界面处就可形成 PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的基础。

在 N 型半导体和 P 型半导体的交界处,由于 N 区的电子浓度远大于 P 区的电子浓度,因此电子将从 N 区向 P 区扩散。同理,P 区的空穴将向 N 区扩散,如图 1.5(a) 所示。扩散的结果,使得交界面 N 区侧因失去电子而留下带正电的正离子,P 区侧因失去空穴而留下带负电的负离子。这些带电离子在交界面两侧形成带异号电荷的空间电荷区,这就是 PN 结。空间电荷所形成的电场称为内电场。内电场对扩散运动有阻碍作用,但有助于交界处两侧少数载流子的运动。少数载流子在内电场作用下的定向运动称为漂移。当扩散与漂移达到动态平衡时,PN 结的厚度一定。由于在空间电荷区中载流子基本耗尽,也称为耗尽区或阻挡层,如图 1.5(b) 所示。

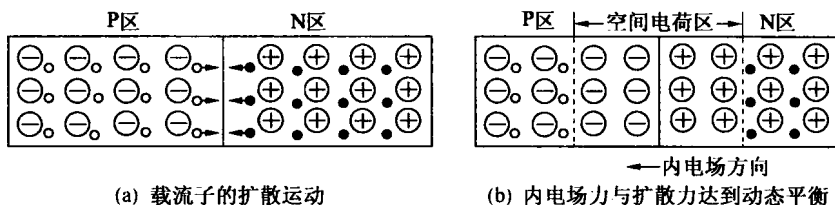


图 1.5 PN 结的形成

2. PN 结的单向导电性

在 PN 结两端加上正向电压(称正向偏置),即 P 区接电源正极,N 区接电源负极,如图 1.6(a) 所示。此时,外加电压所产生的外电场的方向与内电场方向相反,外电场削弱了内电场,结果使空间电荷区变窄,于是扩散运动超过漂移运动,PN 结两侧的多数载流子能顺利地通过 PN 结,形成较大的电流,这意味着 PN 结呈现低阻状态。PN 结的这种工作状态称为导通状态。

在 PN 结两端加上反向电压(称反向偏置),即 P 区接电源负极,N 区接电源正极,如图 1.6(b) 所示,此时,外加电压所产生的外电场的方向与内电场方向一致,内电场增强,空间电荷区变宽,使多数载流子的扩散运动难以进行,但有利于少数载流子的漂移运动。但因常温下少数载流子数量很少,仅能形成很小的反向电流,即反向偏置时 PN 结呈高阻状态。PN 结的这种工作状态称为截止状态。

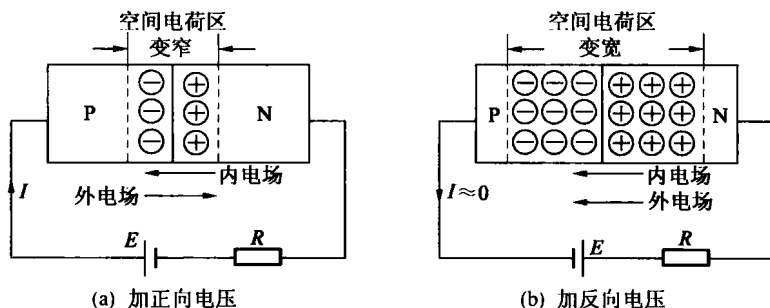


图 1.6 PN 结的单向导电性

综上所述,PN 结具有单向导电性,即 PN 结加正向电压时,正向电阻很小,PN 结导通,可以形成较大的正向电流;PN 结加反向电压时,反向电阻很大,PN 结截止,反向电流基本为零。二极管、三极管等半导体器件的工作特性都是以 PN 结的单向导电性为基础的。

1.1.3 半导体二极管

1. 二极管的结构

如果在一个 PN 结的两端加上电极引线并用外壳封装起来,那么就构成一只半导体二极管,简称二极管。如图 1.7 所示为几种二极管的外形、结构示意图和图形符号。由 P 区引出的电极称为阳极,由 N 区引出的电极称为阴极。

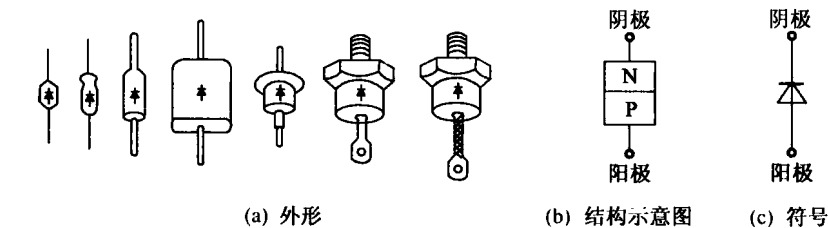


图 1.7 二极管的外形和符号

按结构分,二极管有点接触型和面接触型两类,如图 1.8 所示。点接触型二极管 PN 结

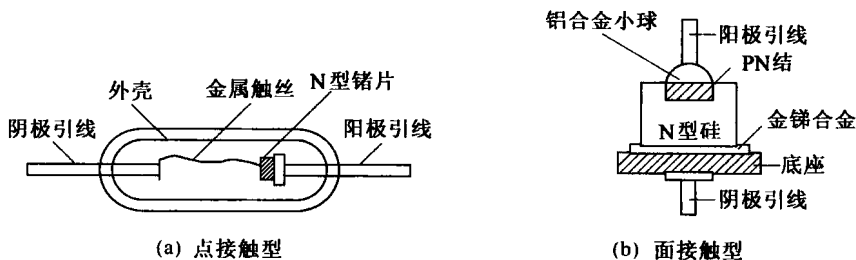


图 1.8 二极管的结构类型

的结面积较小,因此结电容很小,且不能通过较大电流,但其高频性能好,故一般适用于高频和小功率电路,也可用于数字电路中作开关元件;面接触型二极管 PN 结的结面积较大,允许通过较大电流,但结电容较大,工作频率较低,适用于整流电路。

二极管的种类很多,根据所用材料的不同,分为硅二极管和锗二极管两种。硅二极管因其温度特性较好,使用较为广泛。

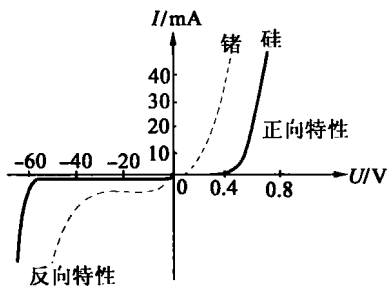


图 1.9 二极管的伏安特性曲线性

2. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性曲线用来表示二极管的电流与其两极电压之间的关系,如图 1.9 所示。其中实线表示硅二极管的伏安特性,虚线表示锗二极管的伏安特性。

(1) 正向特性。伏安特性曲线图的第一象限称为正向特性。它表示外加正向电压时二极管的工作情况。当正向电压较小时,外电场不足以克服 PN 结内电场对多数载流子扩散运动的阻力,故正向电流极小,几乎为零。

此区域称为死区,对应的电压称为死区电压。硅管的死区电压约为 0.5 V,锗管约为 0.2 V。当正向电压超过死区电压后,内电场将大大削弱,电流迅速增大,二极管导通。导通后的二极管端电压变化很小,基本上是一个常量。硅管的正向压降约为 0.7 V,锗管约为 0.3 V。

(2) 反向特性。伏安特性曲线图的第三象限称为反向特性。它表示二极管承受反向电压时的工作情况。在一定范围内,反向电流基本上不随反向电压变化。这是因为少数载流子的数量很少,在一定的温度下数量一定。因此,反向电流又称为反向饱和电流。当外加反向电压增大到一定值时,反向电流将突然增大,二极管失去单向导电性,这种现象称为反向击穿。此时的电压称为反向击穿电压,用 U_{BR} 表示。各类二极管的反向击穿电压从几十伏到几百伏不等。反向击穿时,若不限制反向电流,则二极管 PN 结会因功耗太大而过热,导致 PN 结烧毁。

3. 二极管的主要参数

二极管的参数是反映其性能的质量指标,也是选用二极管的主要依据。二极管的主要参数有如下几个。

(1) 最大整流电流 I_{OM} 。 I_{OM} 是指二极管长期使用时,允许流过二极管的最大正向平均电流。 I_{OM} 的大小主要取决于 PN 结的结面积, I_{OM} 受结温的限制。二极管使用时的工作电流应小于 I_{OM} ,否则,会由于 PN 结过热而使管子损坏。

(2) 反向工作峰值电压 U_{RWM} 。 U_{RWM} 是指二极管使用时允许加的最大反向电压。器件产品手册中,通常取反向击穿电压 U_{BR} 的 1/2 作为 U_{RWM} 。

(3) 反向峰值电流 I_{RM} 。 I_{RM} 是指二极管加上反向峰值电压时的反向电流值。 I_{RM} 越小,二

极管的单向导电性越好。 I_{RM} 受温度的影响很大。硅管的 I_{RM} 较小,一般在几个微安以下;锗管的 I_{RM} 较大,是硅管的几十倍到几百倍。

(4) 最高工作频率 f_M 。 f_M 是指二极管所能承受的外施电压的最高频率。外施电压的频率超过 f_M ,二极管将失去单向导电性。PN 结两侧的空间电荷与电容器极板充电时所储存的电荷类似。因此,PN 结具有电容效应,相当于一个电容,称为结电容。二极管的 PN 结面积越大,结电容越大。由于高频电流可以直接通过结电容,从而破坏了二极管的单向导电性,故不同型号的二极管都有最高工作频率 f_M 的限制。结电容大, f_M 低;结电容小, f_M 高。

温度对二极管特性有较大的影响,随着温度的升高,使正向特性曲线向左移,反向特性曲线向下移。如

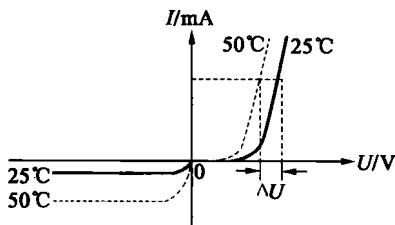


图 1.10 温度对二极管特性的影响

图 1.10 所示为二极管在不同温度下的伏安特性曲线。正向特性曲线左移,表明在相同的正向电流下,二极管正向压降随温度升高而减小。实验表明,温度每升高 1°C ,正向压降约减小 2 mV 。反向特性曲线下移,表明温度升高时,反向电流剧增。实验表明,温度每升高 10°C ,反向电流约增大 1 倍。

二极管的应用范围很广,主要都是利用它的单向导电性。它可用于整流、检波、元件保护,以及在脉冲与数字电路中作为开关元件。

【例 1.1】 在图 1.11 中,输入端 A 的电位 $V_A = +3\text{ V}$,B 的电位 $V_B = 0\text{ V}$,求输出端 F 的电位 V_F (电阻 R 接负电源 -12 V)。

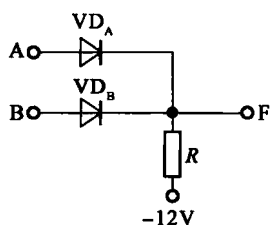


图 1.11 例 1.1 的图

解 因为 $V_A > V_B$,所以二极管 VD_A 优先导通。假设二极管的正向压降是 0.3 V ,则输出端 F 的电位为 $V_F = 3 - 0.3 (\text{V}) = 2.7\text{ V}$ 。当 VD_A 导通后, VD_B 上加的是反向电压,因此截止。

在这里, VD_A 起钳位作用,把输出端 F 的电位钳制在 $+2.7\text{ V}$; VD_B 起隔离作用,把输入端 B 和输出端 F 隔离开来。

【例 1.2】 晶体管收音机从天线接收并经混频、放大后的信号,其频率为 465 kHz 、幅度与音频信号成比例的调幅波,如图 1.12(b) 所示。该信号是二极管检波电路[见图 1.12(a)] 的输入信号 u_i 。试画出检波电路输出信号 u_o 的波形。

解 u_i 经具有单向导电性的二极管后,仅留下正半周的波形,假设此时电容是断开的,则输出信号 u_o 的波形将如图 1.12(c) 所示。由于电容 C 对 465 kHz 的中频信号的容抗很小,只有 $0.02\ \Omega$,而对于 1 kHz 音频信号的容抗却有 $10\ \Omega$ 。故电容 C 接入时, 465 kHz 的中频信号所产生的电压几乎为零,即输出信号 u_o 仅为单频信号,如图 1.12(d) 所示。

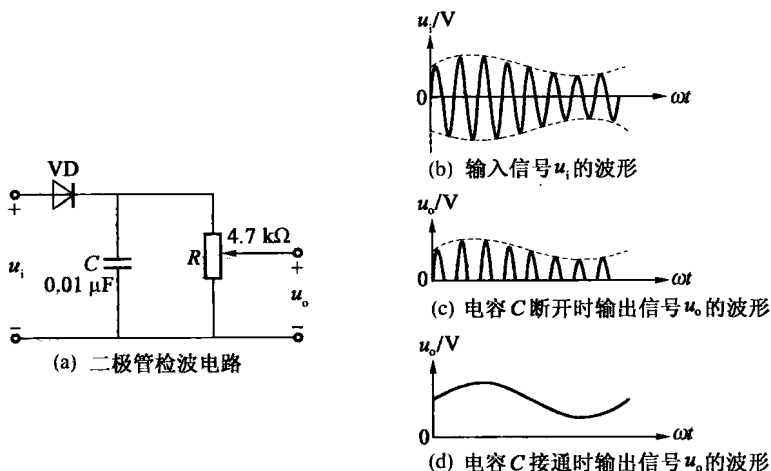


图 1.12 例 1.2 的图

1.1.4 特殊二极管

除了上述普通二极管外,还有一些特殊二极管,如稳压二极管、发光二极管和光电二极管等,对它们仅作简单的介绍。

1. 稳压管

稳压管是一种特殊的硅二极管。由于它在电路中与适当数值的电阻配合后,能起到稳定电压的作用,故称为稳压管。稳压管的伏安特性曲线与普通二极管的类似,如图 1.13(a) 所示。其差异是稳压管的反向击穿特性曲线比较陡。如图 1.13(b) 所示为稳压管的符号。

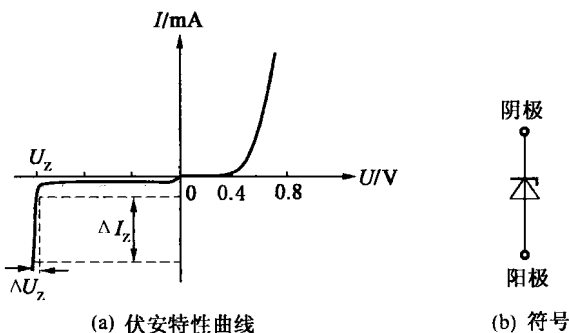


图 1.13 稳压管的伏安特性曲线与符号

稳压管正常工作于反向击穿区,且在外加反向电压撤除后,稳压管又恢复正常,即它的反向击穿是可逆的。从反向特性曲线上可以看出,当稳压管工作于反向击穿区时,电流虽然在很大范围内变化,但稳压管两端的电压变化很小,即它能起稳压的作用。