

新世纪高等职业教育规划教材

Dianzi Jishu

电子技术

主 编 黄仁欣

Dianzi Jishu

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

TN-43
6

新世纪高等职业教育规划教材

电子技术

主 编 黄仁欣
副主编 黄颖辉 王大忠 刘天飞

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》，并结合长期教学实践经验编写而成。主要包括：常用半导体器件、基本放大电路、差动放大电路与功率放大电路、集成运算放大器及其应用、电力电子技术、门电路与逻辑代数基础、组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、半导体存储器和可编程逻辑器件、模拟量和数字量的转换。每章后有本章小结和习题供读者复习与练习。

本书内容和实例丰富，例题分析透彻，习题安排合理，叙述简明扼要，分析深入浅出，有利于教师组织教学和学生自学；课程体系结构先进，基础理论知识讲授以应用为目的，以“必需、够用”为度，重在电路的认知及对电子技术的应用。

本书可作为高职高专院校、成人高校、民办高校及本科院校所属的二级学院的机电、数控、模具、电气、自动化、机电一体化、计算机应用、计算机网络、光电技术、建筑装饰等专业电子技术课程的教材，同时可供相关专业的电大、自考学生使用，也可作为电子工程技术人员、无线电爱好者和本科院校师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/黄仁欣主编. —徐州：中国矿业大学出版社，2005.8

ISBN 7 - 81107 - 128 - 2

I. 电… II. 黄… III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083413 号

书 名 电子技术

主 编 黄仁欣

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 18 字数 446 千字

版次印次 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

定 价 24.00

(图书出现印装质量问题，本社负责调换)

前 言

电子技术是研究电子元器件、电子电路及其应用的科学技术,发展迅速,应用广泛,已经渗透到国民经济、国防和日常生活的一切领域,在当代科学技术、社会生活和我国现代化建设中占有举足轻重的地位。本书依据教育部制定的《高职高专教育模拟电子技术基础课程教学基本要求》以及《高职高专教育数字电子技术基础课程教学基本要求》,并结合长期教学实践经验编写而成。

高等职业教育是现代高等教育体系中的一个重要组成部分,它的任务是培养具有高尚职业道德,主动适应社会需求,既有专业理论知识,又有高级工技能的高等技术应用型专门人才。本书力求反映近年来电子技术的发展趋势,符合高等职业技术教育的教学规律和学生认知规律。

本书编写的原则是:保证基础,精选内容,加强概念,面向更新,应用实际,利于自学。

本书的特点有:

(1) 基础理论知识讲授以应用为目的,以“必需、够用”为度,讲清原理,突出基本概念,重在对电路的认知以及对电子技术的应用的介绍,理论证明和公式推导从简。

(2) 电子技术的核心是器件,强调“管路结合、管为路用”原则,将器件和电路紧密结合起来讲授,注意介绍新型电子元器件及应用电路,以体现先进性、实用性。

(3) 理论知识深入浅出,内容丰富实用,课程体系结构先进。将学科体系分类的模拟、数字电子技术两部分合并编写,两部分的基础理论知识内容大体独立,少数内容相互交叉渗透。在内容编排上做到相互衔接、配合、和谐、统一,以有利于教师组织教学和学生自学,从而体现适用性。

(4) 例题、习题选择尽量结合工程实际,突出应用性,强调启发性。

本书由黄仁欣副教授担任主编,负责全书的组织、定稿和审阅。黄颖辉、刘天飞、王大忠担任副主编。参加编写工作的有黄仁欣(前言、第四章、第七章、第八章),张洁(第一章)、黄颖辉(第二章)、孟战强(第三章)、王大忠(第五章)、刘天飞(第六章)、彭秋红(第九章)、林丽君(第十章)。

本书可作为高职高专教育的机电、数控、模具、电气、自动化、机电一体化、计算机应用、计算机网络、光电技术、建筑装饰等专业的教材,同时可供相同专业的电大、自考学生使用,也可作为电子工程技术人员、无线电爱好者和本科院校师生的参考用书。

本书的编写和出版得到了江西工业工程职业技术学院主管领导和电子工程系老师的支持,在此谨致衷心感谢。

电子技术发展迅速,内容广泛,由于时间紧迫和编者水平有限,书中的错误和缺点在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2005.6

目 录

第一章 常用半导体器件.....	1
第一节 半导体基础知识.....	1
第二节 半导体二极管.....	6
第三节 半导体三极管	13
第四节 场效应管	21
本章小结	27
习题	28
第二章 基本放大电路	30
第一节 基本共射放大电路	30
第二节 基本共集放大电路与共基放大电路	45
第三节 场效应管基本放大电路	49
第四节 多级放大电路	57
本章小结	60
习题	61
第三章 差动放大电路与功率放大电路	67
第一节 差动放大电路	67
第二节 功率放大电路	74
本章小结	84
习题	85
第四章 集成运算放大器及其应用	87
第一节 集成运算放大器概述	87
第二节 负反馈放大器	90
第三节 集成运算放大器的应用	95
第四节 正弦波振荡器.....	102
本章小结.....	104
习题.....	105
第五章 电力电子技术.....	108
第一节 半导体直流稳压电源.....	108
第二节 晶闸管及其应用.....	119

本章小结	128
习题	129
第六章 门电路与逻辑代数基础	133
第一节 数制与码制	133
第二节 基本逻辑门	135
第三节 逻辑运算法则	143
第四节 集成与非门电路	148
本章小结	152
习题	153
第七章 组合逻辑电路	156
第一节 组合逻辑电路的分析与设计	156
第二节 加法器和数值比较器	161
第三节 编码器	165
第四节 译码器	169
第五节 数据选择器和数据分配器	176
第六节 用 MSI 设计组合逻辑电路	179
本章小结	184
习题	185
第八章 触发器与时序逻辑电路	188
第一节 双稳态触发器	188
第二节 寄存器	199
第三节 计数器	205
第四节 集成计数器及其应用	212
第五节 555 定时器及其应用	219
第六节 时序逻辑电路的分析方法与典型实例	228
本章小结	231
习题	232
第九章 半导体存储器和可编程逻辑器件	238
第一节 只读存储器(ROM)	238
第二节 随机存取存储器(RAM)	243
第三节 可编程逻辑器件(PLD)	248
本章小结	263
习题	264

第十章 模拟量和数字量的转换·····	266
第一节 D/A 转换器 ·····	266
第二节 A/D 转换器 ·····	270
本章小结·····	277
习题·····	278
参考文献·····	280

第一章 常用半导体器件

本章要点

- 半导体的特性及P型、N型半导体,PN结的形成及其单向导电性。
- 二极管的伏安特性、参数及测试方法。
- 三极管的基本结构、工作原理、特性曲线、主要参数及测试方法。
- 场效应管的结构、工作原理、特性曲线、主要参数及使用注意事项。

半导体器件是构成电子线路的主要组成部分,最初是指以半导体二极管和三极管为主的电子控制器件,但随着集成技术的飞速发展,其含义已扩展到具有某些特定功能的半导体组合器件。由于它具有体积小、重量轻、寿命长、用电省等突出的优点,在现代科学技术领域中获得了广泛的应用。

第一节 半导体基础知识

一、半导体特性

自然界中的物体,按照它们的导电能力,一般分为导体、绝缘体和半导体三类。

一切实体性物质,都是由原子组成的,而原子又是由一个带正电的原子核与若干个带负电的电子组成。电子分层围绕着原子核不停转动,在同一个原子中,内层电子受原子核的吸引力大,外层电子受原子核的吸引力小,影响物质导电性能的主要是外层电子。

导体材料的原子,其外层电子受原子核的吸引力小,在常温下,有大量电子能够挣脱原子核的束缚成为自由电子。当有外电场作用时,自由电子将做定向移动形成电流,所以导电性能好,如金、银、铜、铝等。

绝缘材料的原子,其外层电子受原子核吸引力很大,不容易挣脱出来成为自由电子,所以导电性能差,如陶瓷、云母、橡胶、塑料等。

半导体材料的原子,其结构比较特殊。原子的外层电子既不像导体那样容易挣脱,也不像绝缘体那样束缚得很紧,所以它的导电性能介于导体和绝缘体之间。如锗、硅、硒及一些金属氧化物和硫化物。

半导体材料之所以被广泛应用,并不在于它的导电性介于导体和绝缘体之间,而是因为它还有以下独特的性能:

(1) 热敏性。当半导体的温度升高时,它的导电性能显著地增强。而绝大多数导体的导电能力是随温度升高而有所下降。利用这种热敏效应,半导体可制成各种热敏元件。

(2) 光敏性。当照射到半导体上的光照度改变时,其导电能力将发生明显变化。利用半导体的光电效应可制成光敏电阻和光电池,后者在空间技术领域内的应用,为人类利用太阳能展现出广阔的前景。

(3) 掺杂性。在纯净的半导体中适当掺入微量有用杂质,它的导电能力将会大大增加。这是半导体能够制成各种不同用途的电子器件的根本所在。

正是由于半导体的这些性能,才使得它在电子工业中获得了极为广泛的应用。半导体导电能力产生变化的根本原因是什么呢?这就需要了解半导体的原子结构和导电机理。

纯净的半导体也叫本征半导体,是由单一元素组成的具有晶体结构的半导体。以常用的半导体材料硅和锗为例。硅和锗的原子结构如图 1-1 所示,其晶体是由三维空间内规则排列的单元晶格组成,如图 1-2 所示。

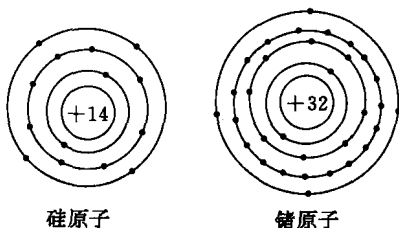


图 1-1 硅和锗原子的结构

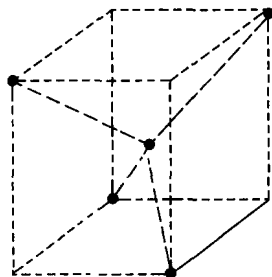


图 1-2 晶体中原子的排列方式

硅和锗的原子排列成整齐的状态,每个原子的四个价电子不仅受本身电子核的束缚,而且还与相邻的四个原子发生联系,每两个相邻原子之间都有一对共用电子对,这种共用电子对所形成的束缚作用叫做“共价键”,这种组合方式称为共价键结构,其平面图如图 1-3 所示。这时的半导体温度接近零度,共价键中的电子被束缚在共价键之中,半导体内没有可以自由移动的电荷,若加外电场,本征半导体内无电流形成。当本征半导体的温度升高或受到光线照射时,本征半导体共价键中的电子从外界获得能量,有少数电子获得足够能量后,挣脱原子核的束缚而成为自由电子,这种现象称为激发。当价电子挣脱原子核的束缚成为自由电子后,在它原来的位置上就留下一个空位,称为空穴,如图 1-4 所示。存在空穴的原子是带正电的(即正离子),在外加电场的作用下,有空穴的正离子会吸引相邻原子中的电子来填补这个空穴,于是在失去一个价电子的相邻原子的共价键中又出现另一个空穴。如此持续下去,空穴便朝着与电子相反的方向移动。

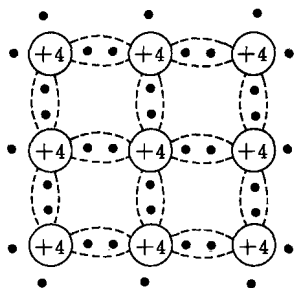


图 1-3 晶体的共价键结构

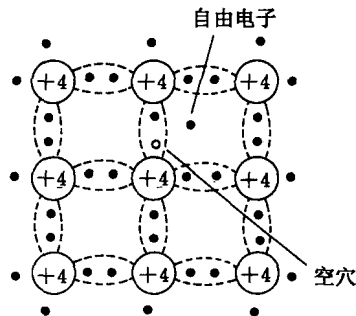


图 1-4 自由电子和空穴的形成

空穴是失去电子以后留下的空位,在分析时用空穴的运动来代替共价键中电子的运动就更加方便。在这里可把空穴看成是一个带正电的粒子,它所带的电量与电子相等,极性相

反,在外加电场作用下,可以自由地在晶体中运动,从而和自由电子一样可参与导电,故统称空穴和自由电子为载流子。可见,在半导体中存在着两种载流子,一种是自由电子,一种是空穴。

当半导体两端加上外电压时,半导体中将出现两部分电流:一是自由电子做定向移动形成的电子电流;一是价电子填补空穴所形成的空穴电流。半导体中并存电子导电和空穴导电是半导体导电的一个重要特征。如图 1-5 所示。

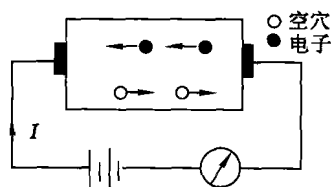


图 1-5 半导体中载流子的运动

自由电子在运动的过程中,会和空穴相遇而填补空穴,这种现象称为复合。本征半导体内的自由电子和空穴总是成对出现,又不断复合,使得电子空穴对消失。在一定温度下,激发与复合达到动态平衡,于是半导体中的载流子数维持在一定值。此时,若温度增加,激发现象增强,则载流子的数目也就越多。

本征半导体在室温下受热激励所产生的自由电子和空穴的数量是很少的,因此本征半导体的导电能力远小于导体的导电能力。

二、N 型与 P 型半导体

本征半导体虽然有两种载流子,但数量极少。若在本征半导体中掺入微量的杂质,就会使半导体的导电性能发生显著的改变。因掺入杂质的不同,杂质半导体可分为 N 型半导体和 P 型半导体两大类。

(一) N 型半导体

在本征硅中掺入杂质磷(或砷、锑),这种元素的外层有 5 个电子,当一个磷原子取代一个硅原子时,外层中的 4 个价电子与 4 个相邻的硅原子形成共价键,多余的电子很容易挣脱原子核的束缚而成为自由电子。可见,掺入一个 5 价元素的原子,就能提供一个自由电子,因此,掺杂所产生的自由电子数比热激发产生的自由电子数要多得多,如图 1-6 所示。在掺杂磷的情况下,半导体导电主要是靠自由电子,所以称这种半导体为电子半导体,简称 N 型半导体。在 N 型半导体中,自由电子是多数载流子,空穴是少数载流子,多数载流子的数目取决于掺杂浓度,少数载流子的数目取决于温度。

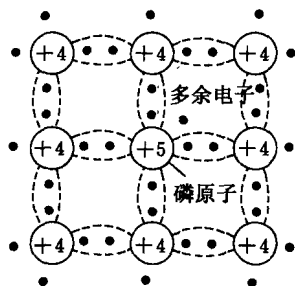


图 1-6 N 型半导体的共价键结构

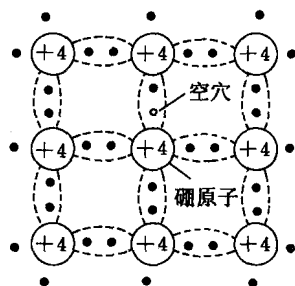


图 1-7 P 型半导体的共价键结构

(二) P 型半导体

若在本征硅中掺入杂质硼(或镓),这种杂质的外层只有 3 个电子,当一个硼原子取代一

个硅原子时,只形成了 3 个共价键,第 4 个由于缺少一个电子而形成空穴,如图 1-7 所示。室温下这个空穴能吸引邻近的价电子来填充,每掺入一个硼原子就能提供一个空穴,从而使空穴的数量远远超过自由电子。这种半导体的导电主要靠空穴,因此称为空穴半导体,简称 P 型半导体。P 型半导体的空穴是多数载流子,自由电子是少数载流子。

三、PN 结及其单向导电性

(一) PN 结的形成

在一块晶片上,采取一定的掺杂工艺使其分成 P 型和 N 型半导体两部分,那么在其交界面处就会形成 PN 结。

在 P 型半导体中,每个三价的杂质原子都能够接收一个自由电子而提供一个空穴,而杂质本身便成为一个带负电的离子,被固定在晶格上,如图 1-8 所示。

在 N 型半导体中,五价的杂质原子把自己多余的一个价电子释放出来,形成多数载流子,而杂质本身便成为一个带正电的离子,被固定在晶格上,如图 1-9 所示。图中没有画出半导体原子和由热运动产生的少数载流子。

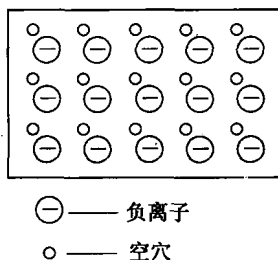


图 1-8 P 型半导体简化示意图

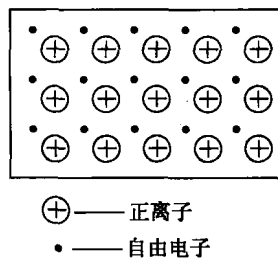


图 1-9 N 型半导体简化示意图

在 P 型半导体和 N 型半导体结合后,由于 P 型半导体存在较多的空穴,N 型半导体存在较多的电子,这样就要产生载流子的扩散运动,如图 1-10(a)所示。所谓扩散就是物质从浓度大的地方向浓度小的地方运动的形式。即 N 区的电子向 P 区扩散,P 区的空穴向 N 区扩散。并在交界面附近发生复合,使空穴和电子消失。于是,在 P 型区一边随着空穴的消失留下不可移动的带负电的离子,在 N 型区一边随着自由电子的消失留下不可移动的带正电的离子。这两种不可移动的粒子便形成了空间电荷区,即 PN 结,如图 1-10(b)所示。而正负离子不同的带电性质又导致了空间电荷区内电场的建立。这个由 N 区指向 P 区的电场,是由多数载流子扩散运动在其内部形成的,故称为内电场。显然内电场方向是阻止扩散运动进行的。事实上,内电场的建立使扩散运动逐渐削弱。

但无论是 N 型半导体还是 P 型半导体,总是存在着由热激发产生的可移动的少数载流子。尽管在扩散运动的初期,少数载流子的运动是微不足道的。但是,随着多数载流子扩散运动的进行和空间电荷区的加宽,也就是内电场的逐步加强,移动到空间电荷区边沿上的少数载流子将在内电场的吸引下形成漂移运动。所谓漂移就是载流子在电场作用下产生的定向运动,即 N 区的少数载流子向 P 区漂移,P 区的少数载流子向 N 区漂移,这种运动形成了漂移电流。显然,漂移运动的结果是使空间电荷区变窄,与扩散运动的作用是相反的。因此,多数载流子扩散运动的削弱与少数载流子漂移运动的增强一旦达到平衡的时候,空间电荷

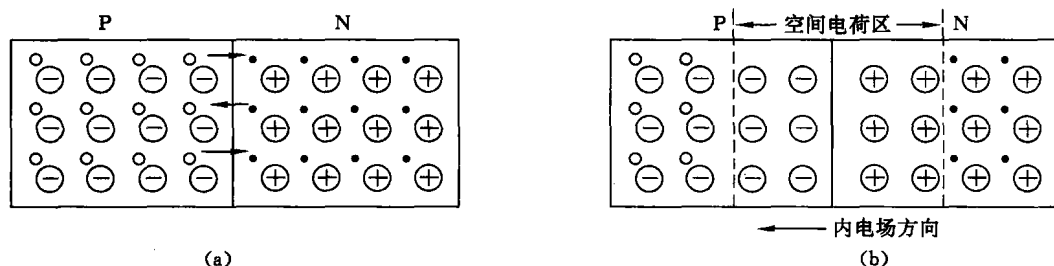


图 1-10 PN 结的形成

(a) 载流子的扩散运动; (b) 平衡状态下的 PN 结

区的宽度就固定下来,整个 PN 结将呈现动态平衡状态。

综上所述,内电场的作用有二:其一是阻止多子做进一步扩散运动;其二是推动少子做漂移运动。PN 结实际上是扩散和漂移两种互为相反运动的电流达到动态平衡时所呈现的状态。

(二) PN 结的单向导电性

如果在 PN 结的两端加上正向偏置电压,即外部电源正极接 P 区,负极接 N 区,如图 1-11(a)所示。这时,外加电场的方向与内电场的方向相反,因而削弱了内电场,使阻挡层变薄,有利于扩散运动的进行。于是,多数载流子在外电场的作用下,将顺利地通过 PN 结,形成较大的正向电流。外加电压越大,PN 结越薄,正向电流越大。在正常工作范围内,PN 结外加电压只要稍有变化,便能引起电流显著变化,因此,电流是随外加电压急剧上升的。此时的 PN 结表现为一个阻值很小的电阻。这时,由少数载流子形成的漂移电流方向与扩散电流方向相反,和正向电流比较,其数值很小,可忽略不计。

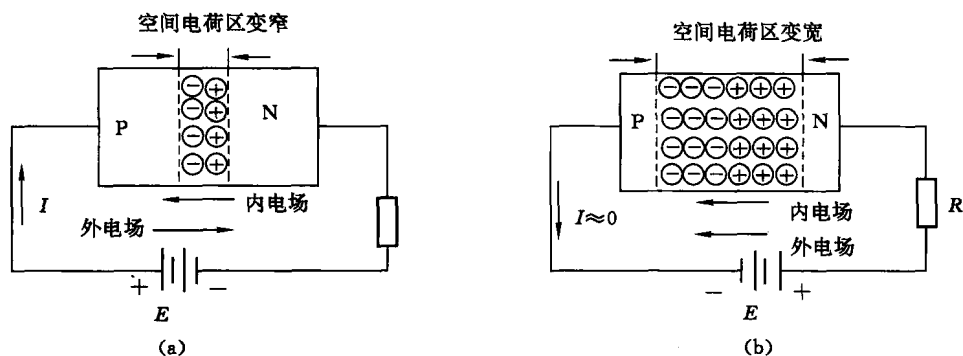


图 1-11 PN 结的单向导电性

(a) 加正向电压; (b) 加反向电压

如果给 PN 结加上反向偏置电压,如图 1-11(b)所示。这时,外电场方向与内电场方向相同,因而增强了内电场的作用,使阻挡层变厚,不利于多数载流子的扩散运动,而利于少数载流子的漂移运动。这时,只有少数载流子在电场作用下通过 PN 结形成微弱的反向电流。由于少数载流子的浓度很小,所以,反向电流是很微弱的,一般只有微安数量级。同时,由于少数载流子是由本征半导体激发产生的,当管子制成后,其数值决定于温度,而与外加电压几乎无关,当环境温度上升时,少数载流子的数量相对增多。由于 PN 结在反向偏置时的反向

电流很小,PN 结呈现出一个很大的电阻,此时可认为它基本不导电。但温度对反向电流的影响较大,在实际应用中还必须加以考虑。

由以上分析可知,PN 结在加正向电压时,有较大的正向电流流过,PN 结呈现低电阻状态,这种情况称为导通。加反向电压时,通过的反向电流很小,PN 结呈现高电阻状态,这种情况称为截止。PN 结所具有的这种特性称为单向导电性。它是构成各种半导体器件的基础。

第二节 半导体二极管

一、二极管的结构及类型

半导体二极管(简称二极管)是由一个 PN 结加上接触电极、引出线和管壳构成的。由 P 区引出的为正极,由 N 区引出的为负极。常见二极管的外形及电路符号如图 1-12 所示。

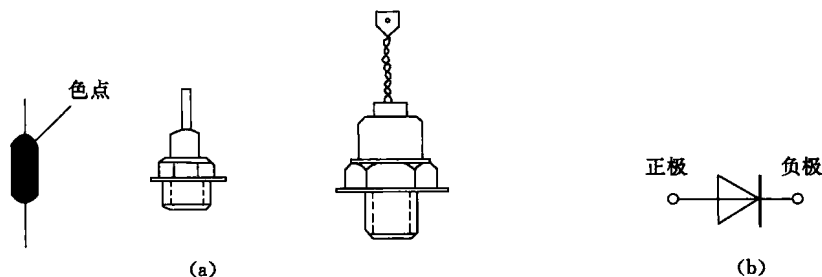


图 1-12 二极管的外形及符号

(a) 二极管的外形;(b) 二极管的符号

在使用二极管时,必须注意极性不能接错,否则电路非但不能正常工作,还有毁坏管子和其他元件的可能。为此,一般在二极管管壳上标明箭头符号或色点,符号箭头所指为正向导通方向,色点所在一端表示为正极端。

二极管视结构形式的不同,分为点接触型和面接触型两大类,图 1-13(a)、(b)所示是这两种二极管的结构示意图。

点接触型二极管是由一根很细的金属丝与一块半导体(如锗)的表面接触,然后在正方向通过很大的瞬时电流,使触丝和半导体牢固地熔接在一起,构成 PN 结,其结构如图 1-13(a)所示。由于金属丝很细,形成的 PN 结面积很小,因而结电容小,可在很高的频率下工作,但不能承受高的反向电压和大的电流。这种类型的管子多用来做高频检波和数字电路里的开关元件。

面接触型二极管的 PN 结是用合金法或扩散法做成的,其结构如图 1-13(b)所示。由于面接触型二极管的 PN 结面积大,可承受较大的电流,但由于结电容大,不宜在高频下工作,所以这种类型的管子适用于整流。

二、二极管的伏安特性

二极管的性能常用其伏安特性来表示。所谓伏安特性,就是指加在二极管两端的电压和

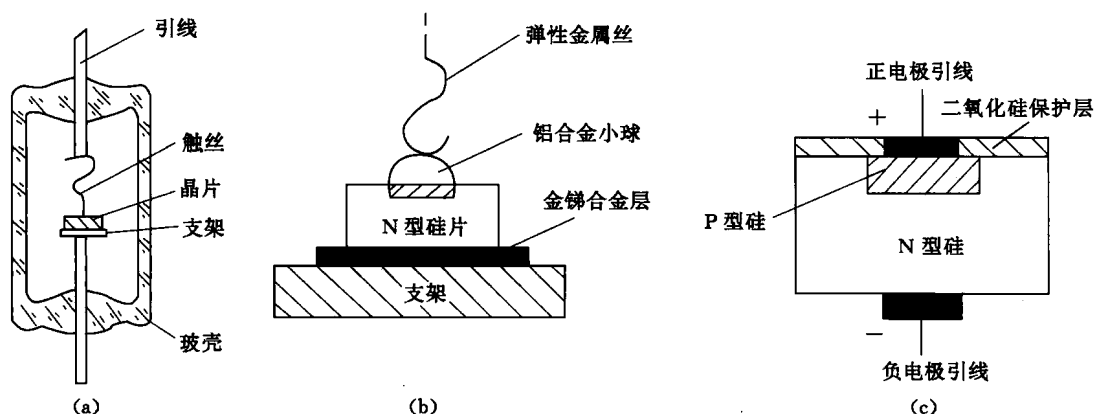


图 1-13 二极管的结构示意图

(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 平面型开关管

流过二极管的电流之间的数量关系。图 1-14 所示是根据实测结果描绘出的锗和硅两种二极管的伏安特性曲线,在第一象限是正向特性,第三象限是反向特性。伏安特性表明二极管具有非线性电阻的特性。

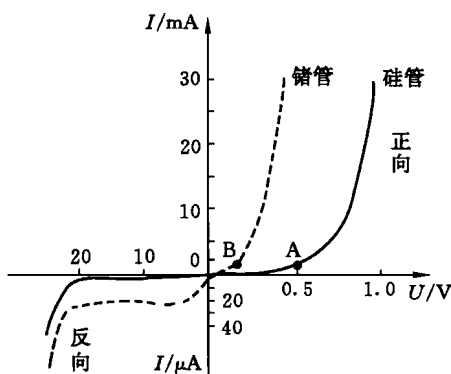


图 1-14 二极管的伏安特性

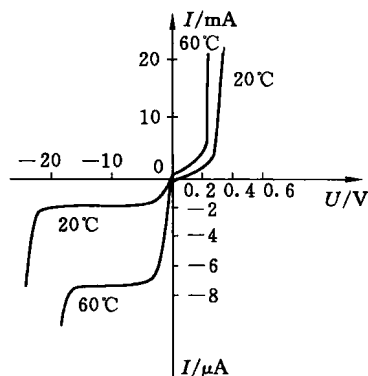


图 1-15 温度对二极管伏安特性的影响

在二极管正向特性的起始部分,由于外加正向电压较小,外电场还不足以克服 PN 结内电场对多数载流子所造成的阻力,因此这时的正向电流几乎为零,二极管呈现出很大的电阻。这个范围称为死区,相应的电压称为死区电压,锗管的死区电压约为 0.1 V,硅管的死区电压约为 0.5 V。当正向电压大于死区电压后,内电场被大大削弱,因而电流增长很快。一般在正常工作的情况下,锗管的正向导通压降约为 0.2 V,硅管的正向导通压降约为 0.7 V。

我们已经知道,由热激发产生的少数载流子,在反向电压作用下将通过 PN 结形成反向电流。但由于少数载流子数目是有限的,因此在反向电压不超过某一范围时,反向电流的大小基本恒定,故通常称其为反向饱和电流。如果外加反向电压过高,通过空间电荷区的电子在强电场作用下获得了很大的能量,它们在高速运动中撞击晶体结构中的原子,使更多的电子脱离共价键而出现大量的自由电子和空穴,从而形成很大的反向电流,这种现象称为击穿。发生击穿时的反向电压称为反向击穿电压。PN 结击穿时电流很大,电压也很高,因而消耗在 PN 结上的功率很大,容易使 PN 结发热超过它的耗散功率,从而烧毁二极管。

温度对二极管伏安特性的影响也是应该注意的。由图 1-15 可见,加反压时,由于少数载流子是由温度决定的,所以温度上升,反向饱和电流就增大。与此同时,反向击穿电压相应下降。

温度对正向特性也有影响。温度升高,P 区和 N 区的少数载流子都要增加,而多数载流子不变。对 P 区而言,电子的增加将使得 PN 结交界面两边的电子浓度差减小,从而使从 N 区扩散到 P 区的电子数减少。同理,从 P 区扩散到 N 区的空穴也将减少。这样,空间电荷区变窄使内电场强度下降,为维持一定的正向电流,所需的外加电压就可以降低,因此,温度上升使正向压降减小。

三、二极管的主要参数

二极管的参数规定了二极管的适用范围,它是合理选用二极管的依据。使用时,要特别注意不要超过最大整流电流和最高反向电压,否则管子容易损坏。二极管的主要参数有:

(一) 最大整流电流 I_{OM}

最大整流电流是指二极管长期工作时,允许通过的最大正向平均电流。因为电流通过 PN 结要引起管子发热,电流过大,发热量超过限度就会烧坏 PN 结,一般 PN 结的面积愈大,最大整流电流愈大。

(二) 最高反向电压 U_{RM}

最高反向电压是保证二极管不被击穿而给出的最高反向电压。一般手册上给出的最高反向电压约为击穿电压的一半,其目的是确保管子安全工作。点接触型二极管的最大反向电压为数十伏,而面接触型二极管的最大反向电压可达数百伏。

(三) 最大反向电流 I_{RM}

最大反向电流是最大反向电压下的反向电流。 I_{RM} 越大,二极管的单向导电性越差,受温度的影响也越大。硅管的最大反向电流一般在几个微安以下,锗管的最大反向电流一般在几十微安至几百微安之间。

除了上述三个主要参数外,还有最高工作频率、结电容、最高使用温度及最大瞬时电流等,均可在半导体器件手册中查到。

四、二极管的测试

在使用二极管时,常常需要判别它的正、负极和质量,简易的方法是用万用表测量它的正、反向电阻。

(一) 判别极性

二极管在电路中所呈现的直流电阻与二极管所加偏置电压大小、方向有关。二极管正偏时,直流电阻较小,呈现低阻,流过二极管的正向直流电流越大,直流电阻越小;二极管反偏时(在未击穿区),其反向直流电阻很大,呈现高阻。根据这一道理,我们常常用万用表欧姆档粗略测试二极管的好坏。测试时,欧姆表作为被测二极管的偏置直流电源,欧姆表内部电源给二极管提供正向或反向偏置,欧姆表测出的是二极管正向直流电阻或反向直流电阻。

测试时应以不损坏二极管为前提(尤其是小型二极管),在测试时欧姆表的电源电压不能超过二极管最大反向电压,流过二极管的电流不能超过二极管最大整流电流,因此测试时一般不用 $R \times 1$ 档,因为该档电流太大,也不用 $R \times 10k$ 档,因为该档的表内电压可能高于某

些二极管最大反向电压。测量时,将万用表电阻档的量程拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 位置,用万用表的红、黑两根表笔分别正接和反接二极管的两端,可测得大小两个电阻值,如图 1-16 (a)所示阻值小的是正向电阻,图 1-16(b)所示阻值大的为反向电阻。在正向导通时,黑表笔(表内电池的正极)所接的一端为二极管的正极,红表笔(表内电池的负极)所接的一端为二极管的负极。

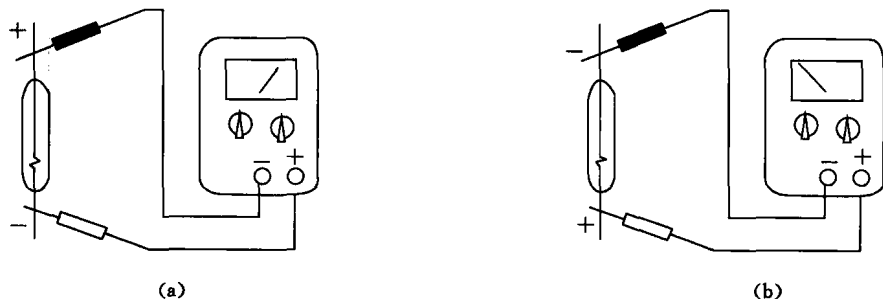


图 1-16 用万用表测试二极管

(a) 电阻小; (b) 电阻大

(二) 判别质量

如果测得的正向电阻是几百欧,反向电阻是几百千欧,则被测二极管是好的。如果测得的正反向电阻都很小,表明二极管已被反向击穿,失去单向导电性。如果测得的正反向电阻均为无穷大,表明二极管已经断路。

五、二极管的应用

(一) 限幅电路

限幅电路是用来让信号在预置的电平范围内,有选择地传输一部分。在电子技术中,常用限幅电路对各种信号进行处理。图 1-17 所示是一个简单的限幅电路及其电压波形。

假设输入 u_i 为一周期性矩形脉冲,低电平 $u_{m-} = -5\text{ V}$,高电平 $u_{m+} = +5\text{ V}$ 。当输入 u_i 为负时,二极管 D 截止,视为开路,输出 $u_o = 0\text{ V}$;当输入 u_i 为正时,二极管 D 导通,由于其等效电阻 r 相对于负载电阻 R 的值小得多,故 u_i 基本降落在 R 上,即 $u_o = u_i$ 。

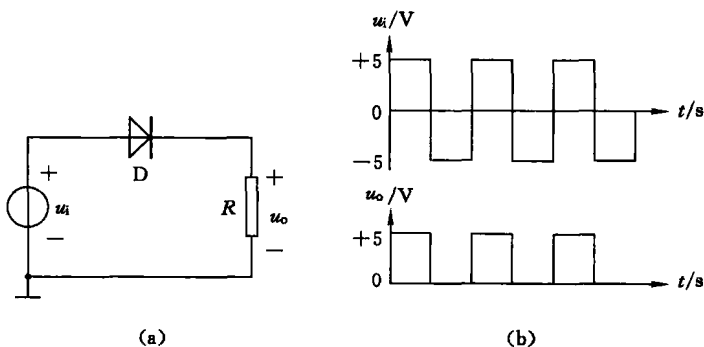


图 1-17 限幅电路

(a) 电路图; (b) 电压波形

(二) 低电压稳压电路

稳压电源是电子电路中常见的组成部分。这里所讨论的是一种低电压的稳压电路。利用二极管的正向压降特性,可以获得较好的稳压性能。

如图 1-18(a)所示。合理选取电路参数,对于硅二极管,可以获得输出电压 $U_o (=U_D)$ 近似等于 0.7 V,若采用几只二极管串联,则可获得 3~4 V 的输出电压。

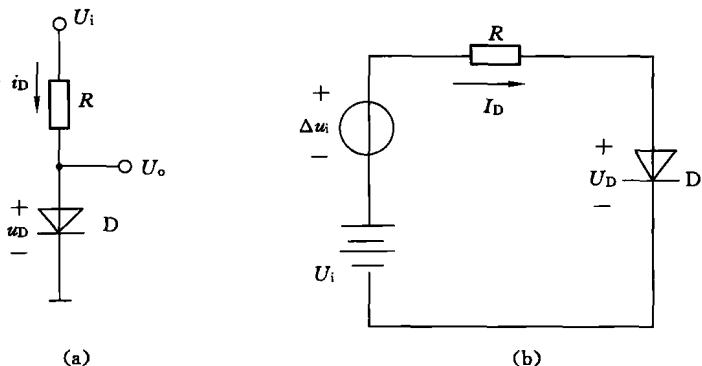


图 1-18 低电压稳压电路

(a) 电路图; (b) U_i 产生波动后的电路

由于某种原因,如电网电压波动引起直流电源电压 U_i 产生波动,这个波动分量用 Δu_i 表示,其波形是任意的,它与 U_i 串联共同作用于限流电阻 R 和二极管 D 相串联的支路,如图 1-18(b)所示。电路中 U_i 、 R 和二极管 D 共同确定电路的静态工作点。当波动电压的增量 Δu_i 出现之后,二极管电压亦产生相应的增量 Δu_D , $u_D = U_D + \Delta u_D$,从二极管的伏安特性上可知,电路中的电流亦产生相应的增量, $i_D = I_D + \Delta i_D$,使电阻上的电压 u_R 增加,即 $u_R = i_D \cdot R$,且绝大部分电压增量都落在 u_R 上,使二极管上的电压几乎不变。由于二极管的正向电压基本恒定,可以构成低压稳压电路,若将几只二极管串接,在 3~4 V 以下的电路中,可以获得较好的稳压特性。

(三) 二极管整流电路

将交流电变为直流电的过程,称为整流。利用二极管的单向导电性可组成各种整流电路。

单相半波整流电路及其波形如图 1-19 所示。它由电源变压器 T ,整流二极管 D 和负载电阻 R_L 组成。设变压器副边电压 $u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ 。

在图中, u_2 的正半周 ($0 \leq \omega t \leq \pi$) 期间, a 端为正, b 端为负,二极管承受正向电压作用而导通。电流从 a 端流出,经二极管 D 流过负载电阻 R_L 回到 b 端。如果略去二极管的正向压降,则加在负载两端的电压就等于 u_2 。

在 u_2 的负半周 ($\pi \leq \omega t \leq 2\pi$) 期间, a 端为负, b 端为正,二极管承受反向电压作用而截止,负载中没有电流,故 $u_2 = 0$ 。这时,二极管承受了全部 u_2 。

可见,尽管 u_2 是交变的,但因二极管的单向导电作用,使得负载上的电流 i_o 和电压 u_o 都是单一方向。这种电路,只有在 u_2 的半个周期内负载上才有电流,故称为半波整流电路。

负载上的直流电压和电流平均值为