

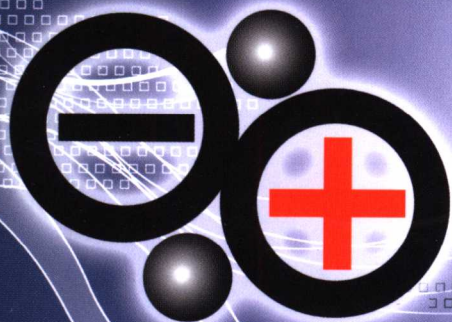


21世纪高等职业技术教育 机电一体化专业规划教材
数控技术

电子 技术

■ 主编 刘阿玲

Dianzi jishu



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

21 世纪高等职业技术教育机电一体化·数控技术专业规划教材

电子技术

主 编 刘阿玲

副主编 范次猛 冯美仙

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本课程主要包括模拟电子技术和数字电子技术两方面,是电子技术方面入门的基础课,具有自身的独立体系,是实践性很强的一门课程。本书系统地介绍了半导体元件的工作原理及其在各种电路中的应用,数字电子技术部分结合实例着重介绍组合逻辑电路和时序逻辑电路的工作原理及应用。本书有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书可作为高职高专电类和非电类学生的教学用书,也可作为工程技术人员学习的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术 / 刘阿玲主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2006. 8
ISBN 7-5640-0751-6

I. 电… II. 刘… III. 电子技术-高等学校: 技术学校-教材
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 095606 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>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 17.25

字 数 / 340 千字

版 次 / 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 25.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

当前，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

如今，中国已成为制造业大国，但还不是制造业强国。我们要从制造业大国走向制造业强国，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

制造业要发展，人才是关键。尽快培养一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育既担负着培养高技能人才的任
务，也为自身的发展提供了难得的机遇。

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用，根据高等职业教育发展与改革的新形势，北京理工大学出版社组织知名专家、学者，与生产制造企业的技术人员反复研讨，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“满足制造业对人才培养的需求，适应行业技术改革，紧跟前沿技术发展”的思路，编写了这套高职高专教材。本套教材力图实现：以培养综合素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出位置，加强实践性教学环节，使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者；以企业需求为基本依据，以就业为导向，增强针对性，又兼顾适应性；课程设置和教学内容适应技术发展，突出机电一体化、数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法；教学组织以学生为主体，提供选择和创新的空間，构建开放、富有弹性、充满活力的课程体系，适应学生个性化发展的需要。

本套教材的主要特色有：

1. 借鉴国内外职业教育先进教学模式，顺应现代职业教育教学制度的改革趋势；
2. 以就业为导向，进行了整体优化；
3. 理论与实践一体化，强化了知识性和实践性的统一。

本套教材适合于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

本书是根据国家教育部数控技术应用专业技能紧缺人才培养方案与劳动和社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范,结合编者多年的教学 and 实践经验编写而成的。

《电子技术》是非电类专业的技术基础课程。通过本课程的学习,应使学生学到电子技术必要的基础理论、基本知识和基本技能,了解电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事有关的工程技术和科学研究工作打下了良好的理论和实践基础。

本书共分为7章,全面细致地介绍半导体的基本知识、半导体三极管及放大电路基础、集成运算放大电路、直流稳压电源、数字逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形及数模、模数转换器等。

本书立足于高职高专人才培养目标,充分考虑高职高专学生的特点,遵循理论够用、内容实用、学了能用、突出能力培养的原则,对教学内容进行了精选,对书中的章节作了适当整合。全书概念叙述清楚,深浅合理,通俗易懂,理论联系实际。

其特点主要有下面几个方面:

1. 在编写上以培养学生的实践能力为主线,强调内容的应用性和实用性,降低理论分析的难度和深度,以“必需”和“够用”为尺度,建立以能力培养为目标的课程教学模式和教材体系,体现“以能力为本位”的编写的指导思想。教材编写时注重突出实用性,编排时大量削减分立元件,重点突出集成电路和特性和应用,强调教材与实际应用相结合;教材中各单元的基础知识与例题分析既相辅相成,又自成一体,内容既适合于传统的课堂教学,又适合于学生预习、复习和自学。

2. 淡化器件内部结构分析, 重点介绍器件的符号、特性、功能及应用。突出基本概念、基本原理和基本分析方法, 采用较多的图表来代替文字描述和进行归纳、对比。

3. 尽量降低理论分析、公式推导和计算难度, 加大“应用实例”的篇幅。重点介绍结论的实际意义和应用, 各章后面均附有一定数量的思考题与习题, 便于老师教学和学生自学。

4. 注重将理论讲授与实践相结合, 理论讲授贯穿其应用性, 实践中有理论、有方法, 以基本技能和应用为主, 易学易懂易上手。

5. 在内容安排上, 注重吸收新技术、新产品、新内容。

本教材由江苏联合职业技术学院无锡交通分院刘阿玲主编并编写了第1、2章; 第3、4章由冯美仙编写; 第5、8章由范次猛编写; 第6章由谢敏玲编写; 第7章由吕纯编写。

本书编者为从事多年高职高专教学的一线教师, 有扎实的教学实践基础。本书在结构、内容安排等方面, 吸收了编者在教学改革、教材建设等方面的经验, 力求全面体现高职高专的特点, 满足当前教学的需要。

由于编者能力有限, 编审时间仓促, 本书中难免有不妥和错误之处, 恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 半导体的基本知识	(1)
1.1 半导体及 PN 结	(1)
1.2 半导体二极管	(6)
1.3 二极管基本电路及其应用	(8)
1.4 特殊二极管	(11)
本章小结	(13)
习题	(14)
第 2 章 半导体三极管及放大电路基础	(16)
2.1 半导体三极管	(16)
2.2 场效应晶体管	(21)
2.3 基本交流电压放大电路	(27)
2.4 分压式偏置放大电路	(34)
2.5 阻容耦合放大电路	(38)
2.6 共集电极放大电路	(41)
2.7 功率放大电路	(44)
2.8 放大电路中的负反馈	(48)
本章小结	(53)
习题	(54)
第 3 章 集成运算放大电路	(59)
3.1 差分放大电路	(59)
3.2 集成运算放大电路简介	(66)
3.3 集成运算放大器的基本运算电路	(71)
3.4 运算放大器电路中的负反馈	(77)
3.5 集成运算放大器的应用	(81)

本章小结	(87)
习题	(88)
第4章 直流稳压电源	(91)
4.1 整流电路	(92)
4.2 滤波电路	(98)
4.3 硅稳压管稳压电路	(102)
4.4 串联型稳压电路	(104)
4.5 集成稳压电源	(106)
本章小结	(109)
习题	(110)
第5章 数字逻辑电路	(113)
5.1 数字电路概述	(113)
5.2 数制	(115)
5.3 开关元件	(120)
5.4 基本逻辑门电路	(122)
5.5 组合逻辑电路	(134)
5.6 编码器	(152)
5.7 译码器	(156)
5.8 加法器	(167)
本章小结	(170)
习题	(171)
第6章 时序逻辑电路	(178)
6.1 时序逻辑电路的特点和分类	(178)
6.2 RS 触发器	(179)
6.3 时钟控制触发器	(185)
6.4 寄存器	(192)
6.5 计数器	(198)
6.6 应用举例	(204)
本章小结	(207)
习题	(207)

第 7 章 脉冲波形的产生和整形	(212)
7.1 单稳态触发器	(212)
7.2 施密特触发器	(221)
7.3 555 定时器	(228)
7.4 应用举例	(233)
本章小结	(234)
习题	(235)
第 8 章 数/模、模/数转换器	(238)
8.1 D/A 转换器	(239)
8.2 A/D 转换器	(246)
本章小结	(260)
习题	(261)
参考文献	(263)

第 1 章

半导体的基本知识

1.1 半导体及 PN 结

半导体器件是 20 世纪中期开始发展起来的, 具有体积小、质量小、使用寿命长、可靠性高、输入功率小和功率转换效率高等优点, 因而在现代电子技术中得到广泛的应用。半导体器件是构成电子电路的基础。半导体器件和电阻、电容、电感等电子元器件连接起来, 可以组成各种电子电路。顾名思义, 半导体器件都是由半导体材料制成的, 因此必须对半导体材料的特点有一定的了解。

1.1.1 半导体的基本特性

在自然界中存在着许多不同的物质, 根据其导电性能的不同大体可分为导体、绝缘体和半导体三大类。通常将很容易导电、电阻率小于 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质, 称为导体, 例如铜、铝、银等金属材料; 将很难导电、电阻率大于 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质, 称为绝缘体, 例如塑料、橡胶、陶瓷等材料; 将导电能力介于导体和绝缘体之间、电阻率在 $10^{-4} \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 范围内的物质, 称为半导体。常用的半导体材料是硅 (Si) 和锗 (Ge)。

用半导体材料制作电子元器件, 不是因为其导电能力介于导体和绝缘体之间, 而是由于其导电能力会随着温度、光照的变化或掺入杂质的多少发生显著的变化, 这就是半导体不同于导体的特殊性质。

1. 热敏性

所谓热敏性就是指半导体的导电能力随着温度的升高而迅速增加。半导体的电阻率对温度的变化十分敏感。例如纯净的锗在温度从 20°C 升高到 30°C 时, 其电阻率几乎减小为原来的 $1/2$ 。而一般金属导体的电阻率则变化较小, 例如铜, 当温度同样升高 10°C 时, 其电阻率几乎不变。

2. 光敏性

半导体的导电能力随光照的变化有显著改变的特性叫做光敏性。硫化铜薄膜在暗处的电阻为几十兆欧, 受光照后, 电阻可以下降到几十千欧, 只有原来的 1% 左右。自动控制中用

的光电二极管和光敏电阻，就是利用半导体的光敏特性制成的。而金属导体在阳光下或在暗处的电阻率一般没有什么变化。

3. 杂敏性

所谓杂敏性就是指半导体的导电能力因掺入适量杂质而发生很大的变化。在半导体硅中，只要掺入亿分之一的硼，电阻率就会下降到原来的几万分之一。所以，利用这一特性，可以制造出不同性能、不同用途的半导体元器件。而金属导体即使掺入千分之一的杂质，对其电阻率也几乎没有什么影响。

半导体之所以具有上述特性，根本原因在于其特殊的原子结构和导电机理。

1.1.2 本征半导体

原子由原子核和电子构成，原子核由带正电的质子和不带电的中子构成，电子带负电并围绕原子核旋转。电子以不同的距离在核外分层排布，距核越远，电子的能量越高，最外层的电子被称为价电子，物质的化学性质就是由价电子的数目决定的。

由于现在所用的半导体材料仍然主要是硅和锗，所以在这里只讨论硅和锗的原子结构，图 1-1 所示是硅和锗的原子结构简化模型。硅和锗的外层电子都是四个，它们是四价元素。随着原子间的相互靠近，价电子相互作用并形成晶体。晶体的最终结构是四面体，每个原子（硅或锗）周围都有四个临近的（硅或锗）原子，分布在两个原子间的价电子构成共价键，图 1-2 所示是硅和锗四面体结构。

硅和锗四面体结构一般用二维平面图来表示，图 1-3 所示是硅和锗晶体结构平面图。在晶体结构中，通过电子运动，每一半导体原子最外层的四个价电子与相邻的四个半导体原子的各一个价电子组成四对共价键，并按规律排列，图 1-3 中的原子间每条线代表一个价电子。



图 1-1 硅和锗的原子结构简化模型

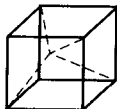


图 1-2 硅和锗四面体结构

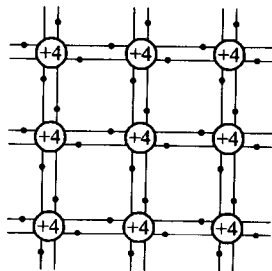


图 1-3 硅和锗晶体结构平面图

本征半导体是一种纯净的半导体晶体。在热力学温度 $T=0\text{ K}$ ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) 且无外部激发能量时，每个价电子都处于最低能态，价电子没有能力脱离共价键的束缚，没有能够自由

移动的带电粒子，这时的本征半导体被认为是绝缘体。

当价电子在外部能量（如温度升高、光照）作用下，一部分价电子脱离共价键的束缚成为自由电子，这一过程叫本征激发。自由电子是带负电荷量的粒子，它是本征半导体中的一种载流子。在外电场作用下，自由电子将逆着电场方向运动形成电流。载流子的这种运动叫漂移，所形成的电流叫漂移电流。价电子脱离共价键的束缚成为自由电子后，在原来的共价键中便留下一个空位，这个空位叫空穴。空穴很容易被邻近共价键中跳过来的价电子填补上，于是在邻近共价键中又出现新的空穴，这个空穴再被别处共价键中的价电子填补；这样，在半导体中出现了价电子填补空穴的运动。在外部能量的作用下，填补空穴的价电子作定向移动也形成漂移电流。但这种价电子的填补运动是由于空穴的产生引起的，而且始终是在原子的共价键之间进行的，它不同于自由电子在晶体中的自由运动。同时，价电子填补空穴的运动无论在形式上还是在效果上都相当于空穴在与价电子运动相反的方向上运动。为了区分电子的这两种不同的运动，把后一种运动叫做空穴运动，空穴被看作带正电荷的带电粒子，称为空穴载流子。图1-4所示是半导体中的两种载流子。

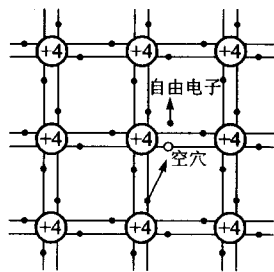


图1-4 半导体中的两种载流子

综上所述，本征半导体中存在两种载流子：带负电荷的自由电子和带正电荷的空穴。它们是成对出现的，也叫电子空穴对。由于两者电荷量相等，极性相反，所以本征半导体是电中性的。本征半导体在外界的作用下，自由电子形成电子电流，空穴形成空穴电流，虽然两种载流子的运动方向相反，但因为其所带的电荷极性也相反，所以两种电流的实际方向是相同的，其和就是半导体中的电流。

另外需要指出的是，价电子在热运动中获得能量而产生电子空穴对的物理现象称为激发；同时自由电子在运动中与空穴相遇，使电子、空穴对消失，这种现象称为复合。在一定温度下，载流子的产生过程和复合过程是相对平衡的，载流子浓度是一定的。本征半导体中载流子的浓度，除了与半导体材料本身的性质有关以外，还与温度有关。而且随着温度的升高，基本上呈指数规律增加。因此，半导体载流子浓度对温度十分敏感。

1.1.3 杂质半导体

本征半导体的电阻率比较大，载流子浓度又小，且对温度变化敏感，因此用途很有限。在本征半导体中，人为地掺入少量其他元素（称杂质），可以使半导体的导电性能发生显著的变化。利用这一特性，可以制成各种性能不同的半导体器件，这样使得半导体的用途大大增加。掺入杂质的本征半导体叫杂质半导体。根据掺入杂质性质的不同，可分为两种：电子型半导体和空穴型半导体。载流子以电子为主的半导体叫电子型半导体，因为电子带负电，取英文单词“负”（Negative）的第一个字母“N”，所以电子型半导体又称为N型半导体。

载流子以空穴为主的半导体叫空穴型半导体。取英文单词“正”(Positive)的第一个字母“P”，空穴型半导体又称为P型半导体。下面以硅材料为例进行讨论。

1. N型半导体

在本征半导体中掺入五价元素(如磷、砷)使每一个五价元素取代一个四价元素在晶体中的位置,可以形成N型半导体。掺入的元素原子有五个价电子,其中四个与硅原子结合成共价键,余下的一个不在共价键之内,掺入的五价元素原子对它的束缚力很小。因此只需较小的能量便可将其激发成为自由电子。由于掺入的五价元素原子很容易贡献出一个自由电子,故称为“施主杂质”。掺入的五价元素原子提供一个电子(成为自由电子)后,它本身因失去电子而成为正离子。

在上述情况下,半导体中除了大量的由掺入的五价元素原子提供的自由电子外,还存在由本征激发产生的电子空穴对,它们是少数载流子。这种杂质半导体以自由电子导电为主,因而称为电子型半导体,或N型半导体。在N型半导体中,由于自由电子是多数,故N型半导体中的自由电子称为多数载流子(简称多子),而空穴称为少数载流子(简称少子)。

2. P型半导体

当本征半导体中掺入三价杂质元素(如硼、镓)时,三价元素原子为形成四对共价键使结构稳定,常吸引附近半导体原子的价电子,从而产生一个空穴和一个负离子,故这种杂质半导体的多数载流子是空穴,因为空穴带正电,所以称为P型半导体,也称为空穴半导体。除了多数载流子空穴外,还存在由本征激发产生的电子空穴对,可形成少数载流子(自由电子)。由于所掺入的杂质元素原子易于接受相邻的半导体原子的价电子成为负离子,故称为“受主杂质”。在P型半导体中,由于空穴是多数,故P型半导体中的空穴称为多数载流子(简称多子),而自由电子称为少数载流子(简称少子)。

P型半导体和N型半导体均属非本征半导体。其中多数载流子的浓度取决于掺入的杂质元素原子的密度;少数载流子的浓度主要取决于温度;而所产生的离子,不能在外电场作用下作漂移运动,不参与导电,不属于载流子。

1.1.4 PN结

如果将一块半导体的一侧掺杂成为P型半导体,而另一侧掺杂成为N型半导体,则在二者的交界处将形成一个PN结。

1. PN结的形成

在P型和N型半导体的交界面两侧,由于自由电子和空穴的浓度相差悬殊,所以N区中的多数载流子自由电子要向P区扩散;同时P区中的多数载流子空穴也要向N区扩散,并且当电子和空穴相遇时,将发生复合而消失,如图1-5所示。于是,在

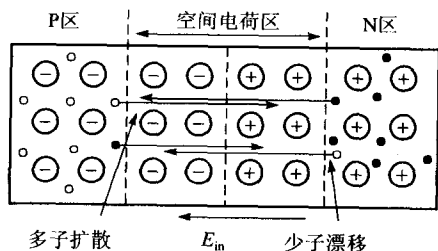


图1-5 PN结的形成

交界面两侧将分别形成不能移动的正、负离子区，正、负离子处于晶格位置而不能移动，所以称为空间电荷区（亦称为内电场）。由于空间电荷区内的载流子数量极少，近似分析时可忽略不计，所以也称其为耗尽层。空间电荷区一侧带正电，另一侧带负电，所以形成了内电场 E_{in} ，其方向由 N 区指向 P 区。在内电场 E_{in} 的作用下，P 区和 N 区中的少子会向对方漂移，同时内电场将阻止多子向对方扩散，当扩散运动的多子数量与漂移运动的少子数量相等，两种运动达到动态平衡的时候，空间电荷区的宽度一定，PN 结就形成了。

空间电荷区的宽度一般都很薄，约为几微米至几十微米。由于空间电荷区内几乎没有载流子，其电阻率很高。

2. PN 结的单向导电性

在 PN 结的两端引出电极，P 区的一端称为阳极，N 区的一端称为阴极。在 PN 结的两端外加不同极性的电压时，PN 结表现出截然不同的导电性能，称为 PN 结的单向导电性。

(1) 外加正向电压时 PN 结处于导通状态。当外加电压使 PN 结的阳极电位高于阴极时，称 PN 结外加正向电压或 PN 结正向偏置（简称正偏），如图 1-6 所示。图中实心点代表电子，空心圈代表空穴。此时，外加电场 E_{out} 与内电场 E_{in} 的方向相反，其作用是增强扩散运动而削弱漂移运动。所以，外电场驱使 P 区的多子空穴进入空间电荷区抵消一部分负空间电荷，也使 N 区的多子电子进入空间电荷区抵消一部分正空间电荷，其结果是使空间电荷区变窄，PN 结呈现低电阻（一般为几百欧）；同时由于扩散运动占主导，形成较大的正向电流（mA 级），此时 PN 结导通，相当于开关的闭合状态。由于 PN 结导通时，其电位差只有零点几伏，且呈现低电阻，所以应该在其所在回路中串联一个限流电阻，以防止 PN 结因过电流而损坏。

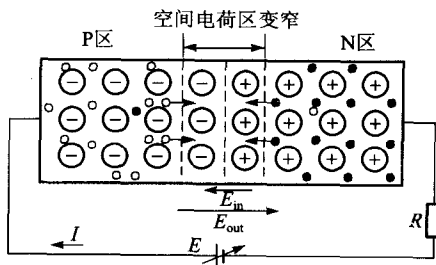


图 1-6 PN 结正向偏置时导通

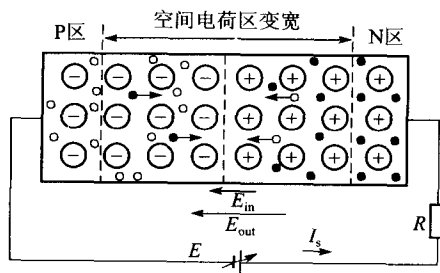


图 1-7 PN 结反向偏置时截止

(2) 外加反向电压时 PN 结处于截止状态。当外加电压使 PN 结的阳极电位低于阴极时，称 PN 结外加反向电压或 PN 结反向偏置（简称反偏），如图 1-7 所示。此时，外加电场 E_{out} 与内电场 E_{in} 的方向一致，并与内电场一起阻止扩散运动而促进漂移运动。其结果是使空间电荷区变宽，PN 结呈现高电阻（一般为几千欧至几百千欧）。同时由于漂移运动占主导，而少子由本征激发产生，数量极少，因而由少子形成的反向电流很小（ μA 级），近似分析时可忽略不计。此时 PN 结截止，相当于开

关的断开状态。在一定温度下,当外加反向电压超过某个值(大约零点几伏)后,反向电流将不再随外加反向电压的增加而增大,所以又称其为反向饱和电流 I_s 。

由上可知,PN 结正偏时,正向电阻很小,正向电流较大,呈导通状态;PN 结反偏时,反向电阻很大,反向电流非常小,呈截止状态。这就是 PN 结的单向导电性,它是一些二极管应用电路的基础。

需要指出的是,当反向电压超过一定数值后,反向电流将急剧增加,这种现象称为 PN 结的反向击穿,此时 PN 结的单向导电性被破坏。

1.2 半导体二极管

在一个 PN 结的两端加上电极引线并用外壳封装起来,就构成了半导体二极管。由 P 型半导体引出的电极,叫做正极(或阳极),由 N 型半导体引出的电极,叫做负极(或阴极)。通常用图 1-8 (c) 所示的图形符号表示。按照结构工艺的不同,二极管有点接触型和面接触型两类。它们的管芯结构和图形符号如图 1-8 (a)、(b) 所示。

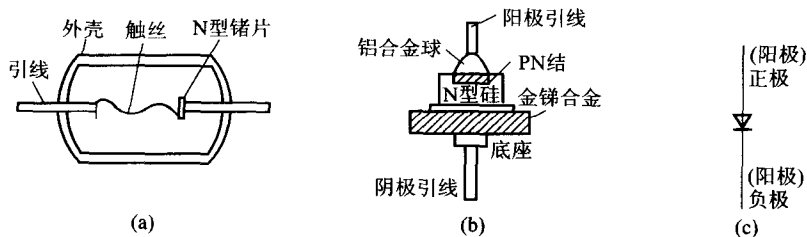


图 1-8 二极管的结构和图形符号

(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 图形符号

点接触型二极管(一般为锗管)的 PN 结结面积很小(结电容小),工作频率高,适用于高频电路和开关电路;面接触型二极管(一般为硅管)的 PN 结结面积大(结电容大),工作频率较低,适用于大功率整流等低频电路中。

半导体二极管的种类和型号很多,因此用不同的符号来代表它们,例如 2AP9,其中“2”表示二极管,“A”表示采用 N 型锗材料为基片,“P”表示普通用途管(P 为汉语拼音字头),“9”为产品性能序号;又如 2CZ8,其中“C”表示由 N 型硅材料作为基片,“Z”表示整流管。

1.2.1 二极管的伏安特性

二极管既然是一个PN结,必然具有单向导电性。其伏安特性曲线如图1-9所示。所谓伏安特性,就是指加到二极管两端的电压与流过二极管的电流的关系曲线。二极管的伏安特性曲线可分为正向特性和反向特性两部分。

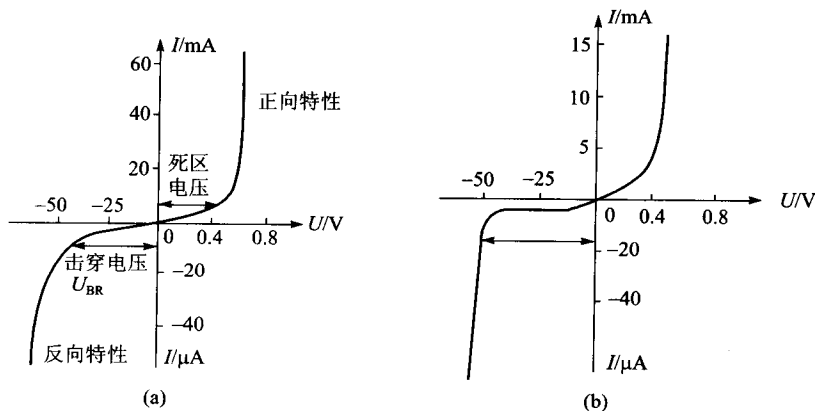


图1-9 二极管的伏安特性曲线
(a) 2CP10 硅二极管; (b) 2AP 锗二极管

1. 正向特性

当二极管加上很低的正向电压时,外电场还不能克服PN结内电场对多数载流子扩散运动所形成的阻力,故正向电流很小,二极管呈现很大的电阻。当正向电压超过一定数值即死区电压后,内电场被大大削弱,电流增长很快,二极管电阻变得很小。死区电压又称阈值电压,硅管约为 $0.6 \sim 0.7\text{ V}$ 。锗管约为 $0.2 \sim 0.3\text{ V}$ 。二极管正向导通时,硅管的压降一般为 $0.6 \sim 0.7\text{ V}$,锗管则为 $0.2 \sim 0.3\text{ V}$ 。

2. 反向特性

二极管加上反向电压时,由于少数载流子的漂移运动,因而形成很小的反向电流。反向电流有两个特性,一是它随温度的上升增长很快;二是在反向电压不超过某一数值时,反向电流不随反向电压改变而改变,故这个电流称为反向饱和电流。

当外加反向电压过高时,反向电流将突然增大,二极管失去单向导电性,这种现象称为电击穿。发生击穿的原因,一种是处于强电场中的载流子获得足够大的能量碰撞晶格而将价电子碰撞出来,产生电子空穴对,新产生的载流子在电场作用下获得足够能量后又通过碰撞产生电子空穴对。如此形成连锁反应,反向电流越来越大,最后使得二极管反向击穿。另一种原因是强电场直接将共价键的价电子拉出来,产生电子空穴对,形成较大的反向电流。二