



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

模拟

电子技术

主编 赵青梅 刘英才

煤炭工业出版社

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

模拟电子技术

主 编 赵青梅 刘英才
副主编 晏明军 董 纯 田玉丽

煤炭工业出版社

·北 京·

内 容 提 要

本书是全国煤炭高职高专矿山电气(自动化)专业“十一五”规划教材之一。全书共八章,内容包括:半导体器件、基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大电路、功率放大电路、正弦波振荡电路、直流稳压电源和综合制作等,并附有EWB应用简介、常用半导体器件型号及参数表。

本书为高职高专院校电气(自动化)工程、应用电子、计算机应用、机电技术应用等电类专业的规划教材,也可作为成人高校、高级技师学院及中等专业学校相关专业的教学用书,同时可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/赵青梅,刘英才主编. —北京:煤炭工业出版社,2007.12

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3237-1

I. 模… II. ①赵…②刘 III. 模拟电路-电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 187022 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京京科印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 12¹/₂
字数 297 千字 印数 1—6,000
2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 6038 定价 24.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

全国煤炭高职高专矿山电气(自动化)类“十一五”规划教材

编审委员会

主 任: 邓开陆 訾贵昌

副主任: 王怀群 孔祥春 杨健康 韩 莉

委 员 (以姓氏笔画为序):

王中显 王成旺 王进野 王艳红

宋 鹏 刘莉宏 李 明 李荣生

李德俊 张 博 张名忠 张春芝

陆 红 庞元俊 周景龙 荆 珂

赵青梅 郭立新 章小印 聂国伦

高 专 蒋彦国 梁南丁 魏 良

前 言

本书是全国煤炭高职高专矿山电气(自动化)专业“十一五”规划教材之一,是由中国煤炭教育协会和中国矿业大学(北京)教材编审室共同组织编写的。

本书在编写中,力求体现高职教育的特点,突出实际应用能力的培养。模拟电子技术教材版本很多,本书努力在理论内容的取舍、仿真实例的穿插、动手技能的培养、课后习题的形式要求等方面有所突破、有所创新。

本书具有如下特点:

1. 对理论内容认真取舍。各种电子元器件,主要介绍外特性,达到会选用、会测试、会使用即可。单元电路讲清基本原理,会安装、调试。删除了负反馈增益计算,给出选取负反馈类型的原则;删除了频率特性的推导,给出通频带的概念;简化了一些烦琐的分析过程,如差分放大电路的分析,减少学生学习的困难。

2. 切实加强理论联系实际。凡介绍的理论模型都给出了应用实例。在教材中体现了讲完元件,见实物、测试;讲完单元电路,进行焊接、调试。

3. 突出技能培养。每个单元电路都要求制作电路,最后有综合制作。习题内容增加实物作业、实际电路故障分析。

4. 每章都增加了 EWB 电路仿真。EWB 电路仿真有助于学生的形象思维,使学生对所学知识提高兴趣,加强理解。

本书由赵青梅、刘英才任主编,晏明军、董纯、田玉丽任副主编。具体编写分工如下:云南能源职业技术学院张洁编写第一章;内蒙古科技大学高等职业学院赵青梅编写第二章;内蒙古科技大学高等职业技术学院亢岚编写第八章第 1 节、第 2 节、第 3 节;辽宁石油化工大学职业技术学院荆珂编写第三章和附录Ⅲ;黑龙江科技学院嵩山校区秦淑香编写第四章;山西大同大学工学院姜凯编写第五章;平顶山工业职业技术学院田玉丽编写第六章;宁夏第一工业学校刘英才编写第七章;黑龙江鸡西大学董纯编写除第二章外的全部 EWB 电路仿真和附录Ⅰ;锦州铁路运输学校晏明军编写第八章第 4 节和附录Ⅱ。

本书在编写中,吸收和借鉴了同类教材和专著的精华,得到了参编院校的大力支持,在此,谨表示衷心的感谢。

由于编写水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。联系地址:电子信箱 zqmxx@163.com。

编 者
2007 年 8 月

目 录

第一章 半导体器件	(1)
第一节 半导体基础知识	(1)
第二节 二极管	(4)
第三节 三极管	(10)
第四节 场效应管	(17)
思考题与习题	(22)
第二章 基本放大电路	(23)
第一节 基本放大电路的组成及工作原理	(23)
第二节 放大电路分析	(26)
第三节 静态工作点稳定电路	(34)
第四节 共集电极放大电路	(40)
第五节 共基极放大电路	(43)
第六节 多级放大电路	(47)
思考题与习题	(52)
第三章 负反馈放大电路	(58)
第一节 反馈的基本概念	(58)
第二节 四种负反馈典型电路	(62)
第三节 负反馈对放大器性能的影响	(65)
思考题与习题	(71)
第四章 集成运算放大电路	(73)
第一节 差分放大电路	(73)
第二节 集成运算放大器	(77)
第三节 基本运算电路	(79)
第四节 基本运算电路 EWB 仿真	(83)
第五节 有源滤波电路	(85)
第六节 电压比较器	(87)
第七节 波形发生器	(89)
第八节 使用注意事项	(91)
思考题与习题	(93)
第五章 功率放大电路	(97)
第一节 功率放大电路的特点及分类	(97)
第二节 变压器耦合功率放大电路	(98)
第三节 互补对称功率放大电路	(102)
第四节 集成功率放大电路	(106)
第五节 功率放大电路 EWB 仿真	(108)

思考题与习题	(110)
第六章 正弦波振荡电路	(112)
第一节 振荡的基本概念	(112)
第二节 RC 正弦波振荡电路	(113)
第三节 LC 正弦波振荡电路	(117)
第四节 石英晶体振荡电路	(121)
第五节 正弦波振荡电路的 EWB 仿真	(124)
思考题与习题	(128)
第七章 直流稳压电源	(131)
第一节 单相整流滤波电路	(131)
第二节 硅稳压管稳压电路	(138)
第三节 串联型三极管稳压电路	(140)
第四节 线性集成直流稳压器	(144)
第五节 开关型直流稳压电路	(148)
思考题与习题	(150)
第八章 综合制作	(154)
第一节 综合制作的一般要求和步骤	(154)
第二节 收音机组装和调试	(157)
第三节 直流稳压电源的制作	(160)
第四节 扩音机电路的制作	(162)
部分思考题与习题答案	(166)
附录	(168)
附录 1 EWB(Electronics WorkBench)简介	(168)
附录 2 半导体器件型号命名方法(国家标准 GB249—74)	(179)
附录 3 常用半导体器件参数	(181)
主要参考文献	(192)

第一章 半导体器件

本章主要介绍 PN 结的单向导电性,二极管、三极管、场效应管的结构、工作原理和主要参数。要求学生能识别和测试二极管、三极管,并掌握其外部特性,达到能正确使用二极管、三极管和场效应管的目的。

第一节 半导体基础知识

一、PN 结及单向导电性

1. 半导体特性

自然界中的物质,按照它们的导电能力分为导体、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。半导体的导电性具有如下特点:

(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。因此,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,它的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原因所在。

半导体分为本征半导体和掺杂半导体两种类型。

2. 本征半导体

纯净的半导体称为本征半导体。常用的半导体材料是硅(Si)和锗(Ge)。硅和锗都是 4 价元素,原子核外的四个价电子与相邻的四个原子组成“共价键”结构,如图 1-1 所示。当温度

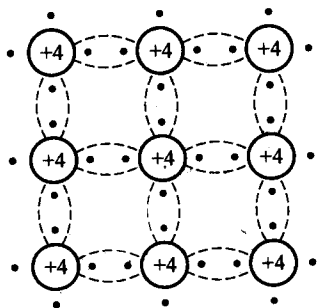


图 1-1 晶体的共价键结构

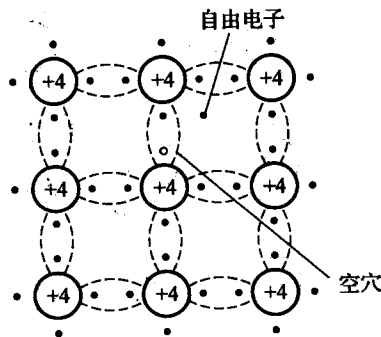


图 1-2 自由电子和空穴的形成

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,有少数电子就会挣脱原子核的束缚而成为自由电子,在它原来的位置上就留下一个空位,称为“空穴”,如图 1-2 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,空穴便朝着与电子运动相反的方向移动。

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价键中电子的运动。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,符号相反,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加导电,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。

3. 掺杂半导体

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。

1) N 型半导体

在本征半导体硅中掺入少量杂质磷(或砷、锑),这种杂质原子的最外层轨道有 5 个价电子,当一个磷原子取代一个硅原子时,4 个价电子与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量要多得多,如图 1-3 所示。在掺杂磷的情况下,半导体导电主要是自由电子导电,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(简称多子),空穴是少数载流子(简称少子),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。

2) P 型半导体

若在本征硅中掺入少量杂质硼(或铟),这种杂质的原子最外层轨道只有 3 个价电子,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 1-4 所示。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是空穴导电,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。

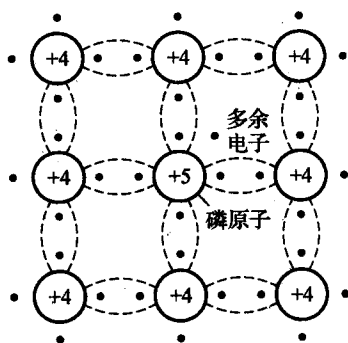


图 1-3 N 型半导体的共价键结构

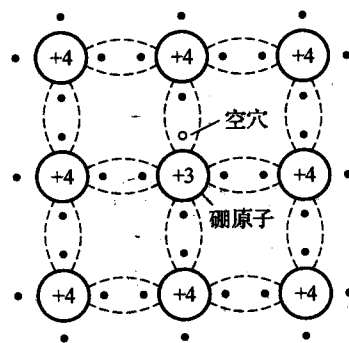


图 1-4 P 型半导体的共价键结构

4. PN 结的形成及单向导电性

1) 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,那么在其交界处就会形成空间电荷区,称其为 PN 结。

PN 结的形成过程如图 1-5 所示。在 P 型半导体和 N 型半导体结合后,由于 P 型半导体中存在较多的空穴, N 型半导体中存在较多的电子,这样就要产生载流子的扩散运动,如图 1-5(a)所示。扩散是由于浓度差引起的运动,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 型区一边留下不可移动的带负电的离子,在 N 型区一边留下不可移动的带正电的离子。这两种不可移动的离子便形成了空间电荷区(又称耗尽层),即 PN 结。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,内电场阻止扩散运动进行。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的。在扩散运动的初期,少数载流子的运动是很微弱的。但是,随着多数载流子扩散运动的进行,空间电荷区的加宽,也就是内电场的逐步加强,漂移运动逐步加强。漂移就是少数载流子在电场作用下产生的定向运动。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等量时,空间电荷区的宽度就固定下来,整个 PN 结将呈现动态平衡状态,如图 1-5(b)所示。

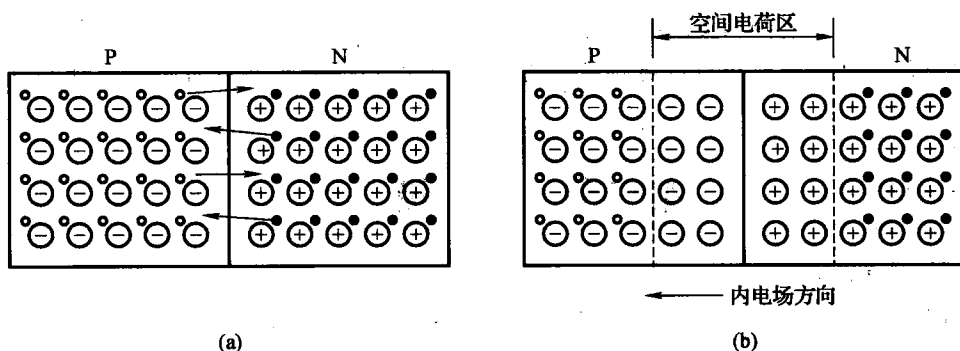


图 1-5 PN 结的形成

(a) 载流子的扩散运动; (b) 平衡状态下的 PN 结

2) PN 结的单向导电性

如果在 PN 结的两端加上正向电压(又称正向偏置电压),即电源正极接 P 区,负极接 N 区,如图 1-6(a)所示。这时,外加电场的方向与内电场的方向相反,削弱了内电场,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,PN 结表现为一个阻值很小的电阻。由少数载流子形成的漂移电流,其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。

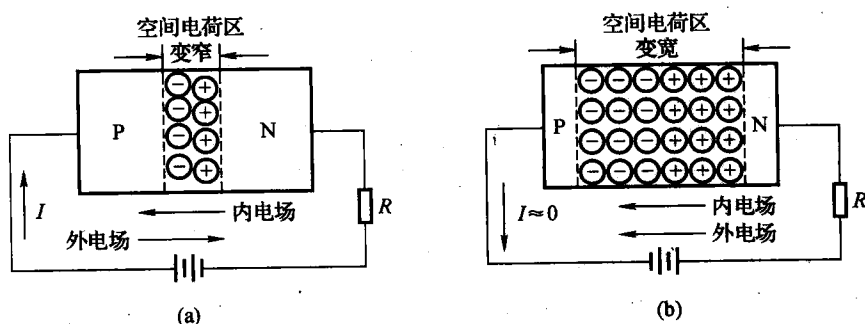


图 1-6 PN 结的单向导电性

(a) 加正向电压; (b) 加反向电压

PN 结加反向电压(又称反向偏置),即电源正极接 N 区,负极接 P 区,如图 1-6(b)所示。外电场方向与内电场方向相同,加强了内电场,不利于多数载流子的扩散运动,有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。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。

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 二 极 管

一、二极管的结构

半导体二极管(以下简称二极管)是由一个 PN 结,加上接触电极、引出线和管壳构成的。由 P 区引出的电极称为正极,由 N 区引出的电极称为负极。常见二极管的外形及符号如图 1-7 所示。

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,色点所在一端为正极。

二极管可以分为点接触型、面接触型和硅平面型,图 1-8 是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和一块半导体(如锗)的表面接触,然后在正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 结的,其结构如图 1-8(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作高频检波和数字电路中

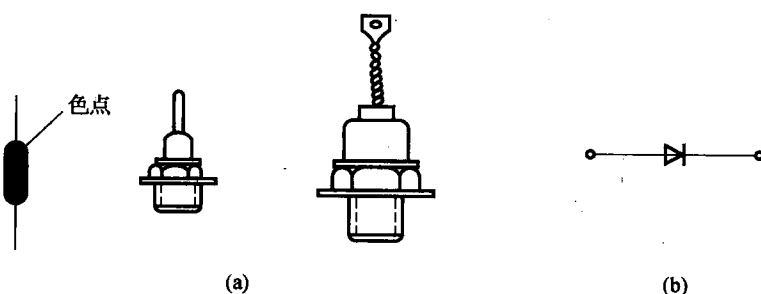


图 1-7 二极管的外形图及符号

(a) 二极管的外形; (b) 二极管的符号

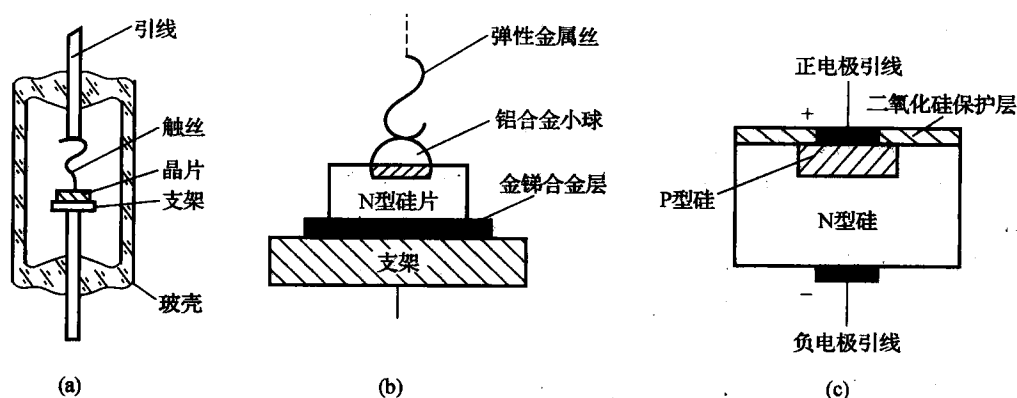


图 1-8 二极管的结构示意图

(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 硅平面型

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1-8(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。

硅平面型二极管是一种特制的硅二极管,结构如图1-8(c)所示。其结面积小的管子,结电容小,性能稳定可靠,多用于开关、脉冲及高频电路中;其结面积大的管子可通过较大的电流,适用于大功率整流电路。

二、二极管的特性

二极管的特性用伏安特性来表示。伏安特性是指改变二极管两端的电压,使流过二极管的电流随电压变化的曲线。

图1-9所示为根据实测结果而描绘出的硅和锗两种二极管的伏安特性曲线。第一象限是正向特

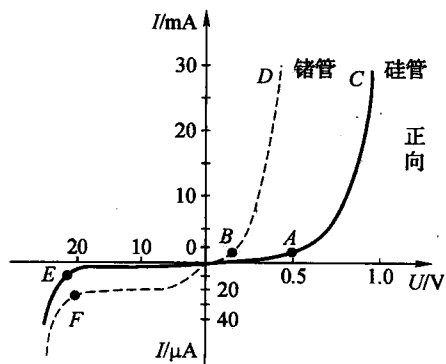


图 1-9 二极管的伏安特性

性,第三象限是反向特性。

1. 正向特性

0A(0B)段:称为“死区”。在这一区间,电压很小,电流也很小,几乎为零。这是由于正向电压较小时,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碍作用,只有极少数载流子能越过PN结形成电流的缘故。在该区,二极管呈现很大的正向电阻,对外不导通。因此,把A(B)点所对应的电压称为门槛电压(或死区电压),硅管约为0.5 V,锗管约为0.2 V。

AC(BD)段:称为正向导通区。随着外加电压的继续增大,外电场削弱了内电场对多数载流子的阻碍作用,正向电流开始增大。在这一区间,正向电流变化范围相当大,但二极管两端电压变化却很小。此时多数载流子在外电场作用下大量通过PN结,电流急剧增大,二极管等效电阻很小,对外呈现导通状态,在电路中相当于一个闭合的开关,二极管两端的正向压降很小(硅管为约0.7 V,锗管为约0.3 V),而且比较稳定,几乎不随电流而变,表现出很好的恒压特性。

2. 反向特性

0E(0F)段:称为反向截止区。当反向电压增加时,反向电流增加极少。在该区间,反向电压增强了PN结内电场的阻碍作用,使多数载流子扩散几乎不能进行,但少数载流子在内电场作用下更容易通过PN结,形成很小的反向电流。在一定温度下,由于少数载流子的数目有限,即使再增加反向电压,反向电流仍保持基本不变。此电流称为反向饱和电流。反向饱和电流愈大,二极管的单向导电性能愈差。小功率硅管,反向饱和电流小于 $1\text{ }\mu\text{A}$,而锗管可达几微安到几十微安以上。这是硅管和锗管的一个显著区别,这时二极管呈现很高的电阻,在电路中相当于一个断开的开关,呈截止状态。过了E(F)点后的区域称为反向击穿区。此时反向电压稍有增加,反向电流急剧加大,这种现象称为反向击穿。发生击穿时所加的电压称为反向击穿电压。

三、二极管的主要参数

二极管的主要参数规定了二极管的应用范围,它是合理选用二极管的依据,也是极限参数。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。

1. 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。

2. 最大反向电压 U_{RM}

最大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大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,面接触型二极管可达数百伏。

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

四、二极管的应用

1. 整流

利用二极管单向导电性,可以把方向交替变化的交流电变换成单一方向的脉动直流电。

2. 开关元件

二极管接正向电压导通时电阻很小,相当于开关闭合;而在反向电压作用下处于截止状态时电阻很大,相当于开关的断开。因此,可以作为开关元件组成各种逻辑电路。

3. 限幅元件

二极管正向导通后,它的正向压降基本保持不变(硅管为 0.7 V,锗管为 0.3 V)。利用这一特性,二极管在电路中作为限幅元件,可以把电压信号幅度限制在一定范围内。

4. 检波

在各种收音机中用二极管作检波元件,起检波作用。

5. 续流

在继电器和含有电感的开关电源中,用二极管为储能元件电感的放电提供通路,从而起续流作用。

五、二极管的测试

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

1. 判别极性

二极管在电路中所呈现的直流电阻与二极管的工作状态,即所加偏置电压大小、方向有关。二极管正偏时,呈现低阻,流过二极管的电流大;二极管反偏时(在未击穿区),呈现高阻。根据这一道理,用指针式万用表测试二极管的极性。测试时,表内部电源给二极管提供正向或反向偏置电压,测出的是二极管正向直流电阻或反向直流电阻。

选取万用表的欧姆挡进行测试,注意要应以不损坏二极管为前提,(尤其是小型二极管)在测试时表内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 $R \times 1$ 挡,因为这挡电流太大,也不用 $R \times 10\text{ k}$ 挡,这挡的表内电压可能高于某些二极管最大反向电压。测量时,将万用表电阻挡的量程拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1\text{ k}$ 位置,用万用表的红、黑两根表棒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 1-10 所示。阻值小的是正向电阻如图 1-10(a),阻值大的为反向电阻如图 1-10(b)。在正向导通时,黑表棒(表内电池的正极)所接的一端为二极管的正极,红表棒(表内电池的负极)所接的一端为二极管的负极。

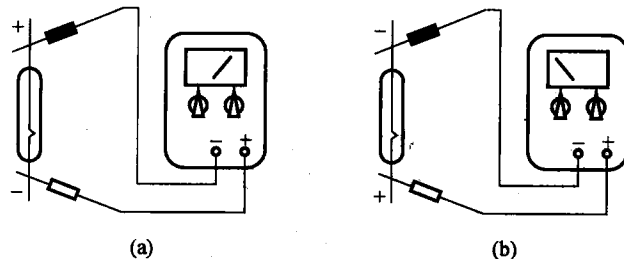


图 1-10 万用表测试二极管
(a) 正向电阻很小;(b) 反向电阻很大

如果使用数字万用表,则可直接用标有二极管符号的挡测试,根据二极管接正向电压导通,反向电压截止即可判断出二极管的正负极。要注意的是数字万用表的红表棒就是表内

电源的正极,黑表棒是表内电源的负极,正好与指针式万用表相反。

2. 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。

六、其他特殊二极管

除前面所讨论的普通二极管外,还有若干种特殊二极管,现分别介绍如下:

1. 稳压二极管

1) 稳压二极管的结构及伏安特性

稳压二极管是一种特殊的面接触型硅二极管,其电路符号和伏安特性曲线如图 1-11 所示。稳压二极管正向的伏安特性与普通二极管相似,但其反向击穿部分曲线较陡,反向击穿电压一般比较低,反向击穿电流较大。稳压二极管通常工作于反向击穿状态,使用时一定是正极接电路中的低电位,负极接高电位。从特性曲线可知,在反向击穿区稳压管两端电压基本保持不变,因此在电路中它能起稳定电压作用,而电流的变化范围很大,也就是说,电压的一个微小的变化引起电流的急剧变化,如图 1-11(b)所示。稳压二极管工作时,只要反向击穿电流不超出所允许的范围,就不会因发生热击穿而损坏管子。

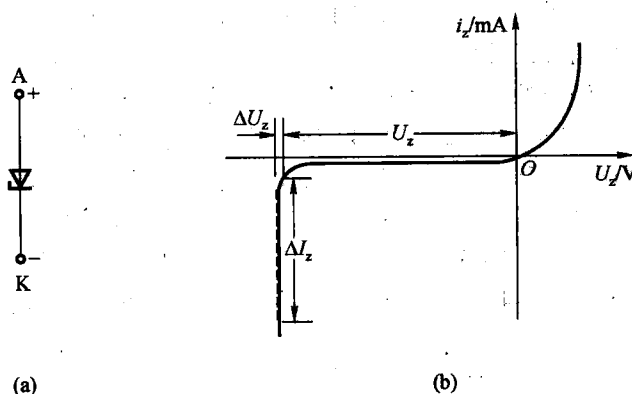


图 1-11 稳压管的符号及伏安特性

(a) 符号; (b) 伏安特性

2) 稳压二极管的主要参数

(1) 稳定电压 U_z : 是指在规定的测试电流下,稳压管工作在击穿区时的电压。由于制造工艺的原因,同一型号的管子 U_z 值有一定的分散性。

(2) 稳定电流 I_z : 是指稳压管在稳定电压时的工作电流。

(3) 最大耗散功率 P_M : 是指管子工作时允许承受的最大功率。

(4) 动态电阻 r_z : 是指在稳压范围内,管子端电压的变化量与通过电流的变化量之比,

$$\text{即} \quad r_z = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z} \quad (1-1)$$

r_z 越小,稳压性能越好。

3) 稳压二极管的应用

(1) 稳压二极管接正向电压时可以作为普通二极管应用,压降约为 0.7 V 。

(2) 为保证稳压二极管工作电流合适,电路中应串联限流电阻。

(3) 多个稳压二极管可以串联使用,总的稳压值等于各管稳压值之和,但要注意各管工作电流应基本相等。稳压管不允许并联使用,因为各管的稳压值总是存在差异,并联时各管电流分配不均,可能会使其中一个管子因电流过大而烧毁。

2. 光电子器件

当前在信号传输和存储等环节中大量应用光电信号。例如,在电话、计算机网络,声像演唱机用的 CD 或 VCD,计算机光盘 CD-ROM,甚至于在船舶和飞机的导航装置中均采用现代化的光电子系统。

1) 光电二极管

光电二极管的结构与 PN 结二极管类似,但在它的 PN 结处,通过管壳上的一个玻璃窗口能接收外部的光照。这种器件的 PN 结在反向偏置状态下运行,它的反向电流随光照强度的增加而上升,反向电流与照度成正比。图 1-12(a)是光电二极管的符号。

2) 发光二极管

发光二极管与普通二极管一样,也是由一个 PN 结组成的,具有单向导电性,只是在导通时发光,是一种把电能转换成光能的半导体器件。电路符号如图 1-12 所示。

发光二极管通常由磷化镓(GaP)或磷砷镓(GaAsP)等半导体材料制成的,发光颜色以红、绿、黄、橙四种颜色为主。

发光二极管应用广泛,可以作为各种电子仪器设备电源指示灯和手机的背景灯,还可以作为七段或矩阵显示器件使用。

发光二极管的另一种重要用途是将电信号变为光信号,通过光缆传输,然后再用光电二极管接收,再转换成电信号。

测试发光二极管采用万用表 $R \times 10\text{ k}\Omega$ 挡,方法和普通二极管一样,正向电阻大约为 $15\text{ k}\Omega$,反向电阻无穷大。

七、二极管的选用

实际应用中要根据用途及电路的具体要求选用二极管的种类、型号及参数。

选用检波二极管时,主要保证工作频率符合电路频率的要求,结电容小的检波效果好。锗高频三极管的一个 PN 结也能当检波二极管用,用发射结进行检波较好,因发射结电容小。

整流二极管选用主要考虑其最大整流电流、最高反向电压是否满足电路要求。

如果在检修电器装置时,现有的型号与原损坏的二极管的型号不一致,可考虑代用。代用的方法是要清楚原二极管的性能和主要参数,然后换上与其参数相当的其他型号的二极管。如检波二极管,代换时只要其工作频率不低于原型号的工作频率即可;对整流二极管,只要反向电压和整流电流不低于原型号的反向电压和整流电流即可。

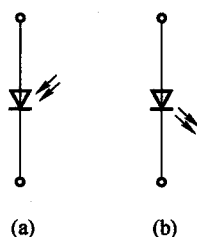


图 1-12 光电二极管和发光二极管
(a) 光电二极管;
(b) 发光二极管

第三节 三 极 管

一、三极管的结构

晶体三极管是具有三个电极的半导体器件。常见的晶体三极管的外形如图 1-13(a) 所示。三极管的内部是由三层半导体组成, 由于半导体材料不同, 三极管分为 PNP 型和 NPN 型两类, 其结构示意图和符号如图 1-13(b)、(c) 所示。每层即为一种半导体区域, 每个区域引出一根电极作为管脚, 用管壳密封和固定。

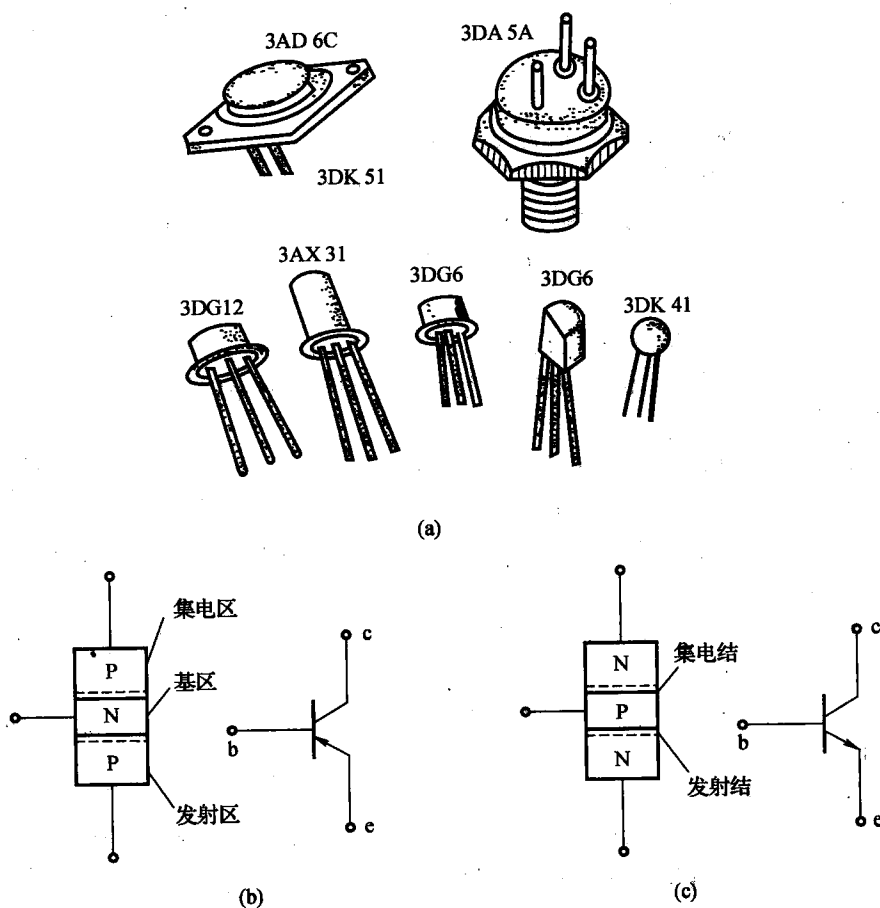


图 1-13 晶体三极管结构示意图

(a) 外形; (b) PNP 管; (c) NPN 管

三极管的 PNP 型和 NPN 型两种结构型式是完全相似的, 都具有两个 PN 结, 分别称为发射结和集电结; 都形成三个区, 分别称为发射区、基区和集电区, 由三个区分别引出的管脚称为发射极、基极和集电极, 用 e、b、c 表示。图中箭头方向表示发射结正向接法时的电流方向, 在 PNP 型管中, 箭头向内, 在 NPN 型管中, 箭头向外。

不论是 PNP 型还是 NPN 型三极管, 结构都有一个共同点, 发射区是高浓度掺杂区, 载