

DIAN ZI JI SHU

电子技术

主编 陈宗穆

副主编 黄曼兰

保存本

湖南科学技术出版社

TN7
79

电子技术

主 编 陈宗穆
副主编 黄曼兰

湖南科学技术出版社

湘新登字 004 号

内 容 简 介

本书是根据国家教委电工学课程指导小组制订的“电子技术教学基本要求”而编写的大学本科生教材。全书共七章,主要包括模拟电路和数字电路两大部分。每章首有内容提要,章末有小结和习题。本书可供各类高等学校作为电子技术课程的教材或教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

电 子 技 术

主编 陈宗穆 副主编 黄曼兰

责任编辑:刘奇瑛

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路3号)

湖南省新华书店经销

湖南大学印刷厂印刷

(印装质量问题请直接与本厂联系)

1994年4月第1版第1次印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:14 字数:346,000

印数:1—6100

ISBN 7-5357-1416-1

TN·40 定价:10.00元

前 言

本书是根据国家教育委员会电工学课程教学指导小组制订的“电子技术教学基本要求”组织编写的大学本科生教材。

本书力求加强基本概念，反映新技术，着重于实用。每章首有内容提要，章末有小结和习题，便于自学。本书内容按 55~70 学时编写。打 * 号的是加深拓宽的内容，供多学时专业选用。

参加本书编写工作的有陈宗穆（绪论、第一章）、黄曼兰（第二、七章及附录）、许新民（第三、四章）、谢胜曙（第五章）、方厚辉（第六章）。全书由陈宗穆、黄曼兰主编。

本书承蒙国家教委全国高等学校工科电工课程教学指导委员会委员、湖南大学彭介华教授主审。赵雍喜副教授参加了部分章节的审核工作。他们提出了许多宝贵的意见，使本书大为增色。本书的出版还得到许多同志的指导、帮助和支持，陈燕同志为本书绘制了插图，均在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，不妥或错误之处在所难免，敬请广大读者批评指出。

编 者

1993 年 12 月于长沙

绪 论

一、电子技术的发展和应用概况

研究电子学的理论、电子器件、电子电路及其应用的科学技术称为电子技术。虽然电子技术只是在最近几十年里兴起和迅速发展起来的，但是它对整个现代科学技术的发展却起了极大的推动作用。

电子科学技术是人类在生产斗争和科学实验的过程中创立和发展起来的。1883年美国发明家爱迪生发现了热电子效应，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，从而建树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。由于晶体管具有体积小、重量轻、寿命长等特点，所以在大多数领域中已代替了电子管。

电子技术在微型化和大功率强电流两方面均取得突破性的进展。1958年集成电路的第一个样品的问世，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，设计、生产与制造工艺有突破性的进展。1946年首台用电子管制成的电子计算机，体积约 90m^3 ，重量约30吨；而目前只在一个 6mm^2 的芯片上即可实现。电子技术的进步，电子器件的微型化、大规模集成化，有力地推动了计算机技术和自动控制技术的发展，并且迅速改变着其它科学领域和生产部门的面貌。电子技术广泛渗透到许多传统学科中，形成了许多新的边缘学科，如机械电子学、光电子学、电力电子学、医疗工程电子学等等。以机械电子学为例，数字控制机床从1952年研制出来的单机控制，到后来的“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。目前已实现了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。电子技术在大功率强电领域也取得巨大进步，1957年第一个晶闸管的问世，实现了电力系统的无触点控制。此后又相继研制出功率晶体管和场效应管，使半导体技术在强电领域获得越来越广泛的应用。

总之，电子技术现在已渗透到工业、国防等各个国民经济部门和人民生活的各个领域，并以更高的速度日新月异地发展。

二、本课程的任务的基本要求

(1) 在学习的全过程中，要抓住问题的分析方法、解决方法这条主线，要重在理解，积极思考，不要死记。

(2) 实验课是本课程的一个重要环节，要加以重视。通过实验课，加强对所学理论的理解，训练实验技能，培养动手能力和严谨的科学作风。

(3) 通过习题解答，可以巩固和加深对基本理论的理解，并培养分析能力和运算能力。必须认真、独立地完成教师布置的习题作业。

目 录

第一章 基本放大电路	(1)	一、功率放大电路的一般概念	(32)
第一节 半导体二极管	(1)	二、互补对称功率放大电路	(33)
一、PN 结	(1)	三、集成功率放大器	(34)
二、二极管的结构	(4)	第九节 场效应管放大电路	(35)
三、二极管的伏安特性	(4)	一、绝缘栅场效应管	(35)
四、二极管的主要参数	(5)	二、场效应管放大电路	(38)
第二节 特殊二极管	(6)	习 题	(40)
一、稳压管	(7)	第二章 集成运算放大器	(46)
二、光电二极管	(8)	第一节 差功放大电路	(46)
三、发光二极管	(8)	一、工作原理	(46)
第三节 半导体三极管	(9)	二、单端输入方式	(49)
一、晶体管的结构	(9)	第二节 集成运算放大器的基本概念	(50)
二、晶体管的电流放大作用	(10)		(50)
三、晶体管的特性曲线	(12)	一、运算放大器的组成	(50)
四、晶体管的主要参数	(13)	二、集成运放的符号、外引线与参数	(50)
第四节 基本放大电路	(15)		(50)
一、共射极放大电路的基本组成 ..	(15)	三、集成运放的理想模型	(51)
二、共射极放大电路的电压放大原理 ..	(16)	第三节 基本运算电路	(52)
.....	(16)	一、反相输入运算电路	(52)
三、静态工作点对输出波形的影响	(19)	二、同相输入运算电路	(54)
.....	(19)	三、差动输入运算电路	(55)
四、静态工作点的稳定	(19)	四、积分运算电路	(55)
第五节 微变等效电路分析法	(21)	五、微分运算电路	(57)
一、晶体管的微变等效电路	(21)	第四节 放大器中的负反馈	(57)
二、放大电路的微变等效电路	(23)	一、反馈的概念	(57)
三、放大电路性能指标的分析	(23)	二、负反馈的类型	(58)
第六节 射极输出器		三、负反馈对放大器性能的改善 ..	(61)
(共集电极放大电路)	(25)	第五节 信号处理中常用的一些	
一、静态分析	(26)	运算放大电路	(63)
二、动态分析	(26)	一、有源滤波电路	(63)
第七节 多级放大电路	(28)	二、采样保持电路	(64)
一、阻容耦合多级放大电路	(28)	三、电压比较电路	(65)
二、直接耦合多级放大电路	(31)	第六节 信号发生电路	(68)
第八节 互补对称功率放大电路	(32)	一、正弦信号发生器	(68)

二、方波振荡电路	(70)	二、三相无源逆变电路	
三、三角波发生器	(70)	(三项变频电源)	(117)
第七节 运放应用举例	(71)	第七节 晶闸管交流调压与交流开关	(118)
一、电桥放大器	(72)		(118)
二、电池自动充电电路	(74)	一、晶闸管交流调压电路的工作原理	(118)
习 题	(75)		(118)
第三章 直流稳压电源	(81)	二、晶闸管交流调压电路	(119)
第一节 整流电路	(81)	第八节 功率 VDMOS 场效应晶体管简介	(120)
一、单相桥式整流电路	(82)		(120)
二、三相桥式整流电路	(83)	一、功率 VDMOS 场效应管	(121)
第二节 滤波电路	(86)	二、功率 VDMOS 场效应管应用举例	(123)
一、电容滤波电路	(86)		(123)
二、电感滤波电路	(87)	习 题	(125)
三、复式滤波电路	(88)	第五章 门电路及组合逻辑电路	(127)
第三节 稳压电路	(89)	第一节 数字电路概述	(127)
一、串联型晶体管稳压电路	(89)	一、概述	(127)
二、集成稳压器	(91)	二、二进制数	(128)
习 题	(96)	三、脉冲信号	(128)
第四章 晶闸管电路	(99)	第二节 基本逻辑门电路	(129)
第一节 晶闸管	(99)	一、与门电路	(129)
一、晶闸管的结构和工作原理	(99)	二、或门电路	(131)
二、晶闸管的伏安特性和主要参数	(101)	三、非门电路	(132)
.....	(101)	四、与非门、或非门	(132)
第二节 可控整流电路	(103)	第三节 TTL 非门	(133)
一、单相桥式半控整流电路	(103)	一、工作原理	(133)
二、三相桥式半控整流电路	(106)	二、电压传输特性	(134)
第三节 单相可控整流的触发电路	(109)	三、主要参数	(135)
.....	(109)	第四节 MOS 集成门电路	(136)
一、单结晶体管的结构及特性	(109)	一、非门	(136)
二、弛张振荡电路	(110)	二、与非门、或非门	(136)
三、单结晶体管触发电路	(111)	三、传输门	(137)
第四节 晶闸管的保护	(113)	四、三态门	(138)
一、过电流保护	(113)	第五节 逻辑门电路的组合	(139)
二、过电压保护	(114)	一、已知逻辑图,分析逻辑功能	(139)
第五节 晶闸管可控整流电路		二、已知逻辑要求,画出逻辑图	(141)
应用举例	(114)	第六节 编码器	(143)
一、电压负反馈	(115)	一、二进制编码器	(144)
二、电流正反馈	(115)	二、二十进制编码器	(144)
第六节 晶闸管逆变电路	(117)	三、优先编码器	(145)
一、单相无源逆变电路	(117)	第七节 译码器和数码显示	(146)

一、二进制译码器.....	(146)	第七章 电子电路的应用	(193)
二、二-十进制译码器和数码显示	(149)	第一节 数字式直流电压表	(193)
第八节 加法器	(151)	一、电路组成.....	(193)
一、半加器.....	(151)	二、转换原理.....	(193)
二、全加器.....	(151)	第二节 出租汽车自动计价表	(195)
第九节 电平转换电路	(153)	一、工作原理.....	(195)
一、晶体管接口电路.....	(153)	二、电路分析.....	(197)
二、集成接口电路.....	(154)	第三节 时间程序控制器	(198)
三、光电耦合器接口电路.....	(155)	一、电路组成.....	(198)
习 题	(156)	二、工作原理.....	(200)
第六章 触发器及时序逻辑电路	(160)	第三节 几个简单的应用实例	(201)
第一节 双稳态触发器	(160)	一、适用于铅酸电池的低压电池检出器	(201)
一、RS 触发器	(160)	二、声电开关和声电转换器.....	(202)
二、JK 触发器	(163)	三、断电应急照明装置.....	(203)
三、触发器逻辑功能的转换.....	(164)	附录一 电阻、电位器及电容器的类别	(205)
第二节 寄存器	(166)	一、电阻器.....	(205)
一、数码寄存器.....	(166)	二、电位器.....	(205)
二、移位寄存器.....	(166)	三、电容器.....	(206)
第三节 计数器	(168)	附录二 国产半导体器件型号命名法	(207)
一、二进制加法计数器.....	(168)	附录三 常用半导体器件参数	(208)
二、十进制计数器.....	(171)	一、半导体二极管.....	(208)
三、其他进制计数器.....	(174)	二、稳压管.....	(209)
第四节 555 定时器	(176)	三、半导体三极管.....	(209)
一、单稳态触发器.....	(177)	四、绝栅场效应管.....	(211)
二、无稳态触发器.....	(179)	五、单结晶体管.....	(211)
三、施密特触发器.....	(180)	六、晶闸管.....	(212)
第五节 模拟量和数字量的转换	(181)	附录四 集成电路型号命名	(212)
一、数模转换器.....	(181)	附录五 逻辑代数运算法则	(213)
二、模数转换器.....	(185)		
习 题	(188)		

第一章 基本放大电路

本章介绍常用的半导体器件及其应用电路,如半导体二极管、稳压管、发光二极管、半导体三极管、场效应管等器件,以及共射极放大电路、共集极放大电路、功率放大器和场效应管放大电路等基本放大电路。它们是构成集成电路和复杂电子线路的基础。此外,本章还介绍放大电路的基本分析法。学好本章将为以后各章的学习打下基础。

第一节 半导体二极管

一、PN 结

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,称为单晶体,也称为本征半导体。

(1) 半导体的原子结构和原子结合方式

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,即硅和锗都是四价元素。

最外层具有 8 个电子的原子才是稳定状态。所以,在本征半导体中,每个原子与相邻的四个原子结合。每一原子的四个价电子分别为相邻的四个原子所共有,组成所谓共价键结构,如图 1-2 所示。

(2) 半导体中的载流子

共价键中的电子不像绝缘体中的价电子被束缚得那样紧,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,这个空穴可能为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,而在该电子中又出现一个空穴,如图 1-3 所示。如此继续下去,就好像空穴在运动。为与自由电子导电相区别,人们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:

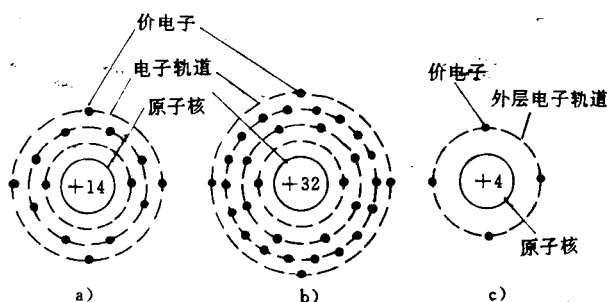


图 1-1 硅和锗的原子结构示意图
a) 硅原子结构 b) 锗原子结构 c) 简化模型

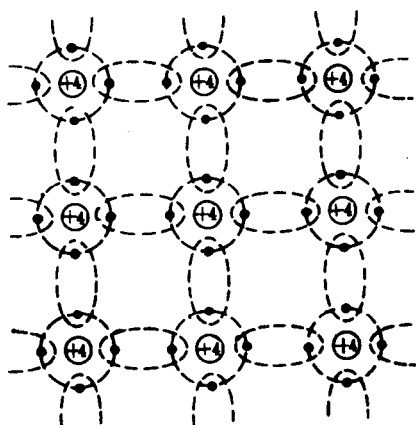


图 1-2 硅或锗晶体中的共价键结构

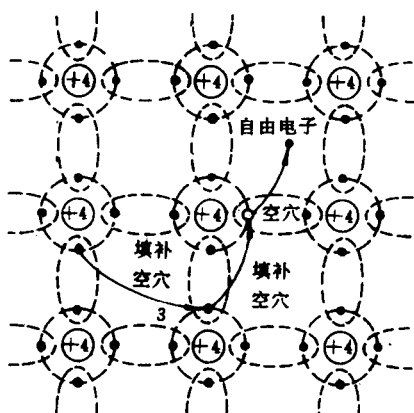


图 1-3 热运动产生的电子空穴对

带负电荷的自由电子和带正电荷的空穴。

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,载流子浓度将按指数规律增加,因此,温度对本征半导体的性能有很大的影响。

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。由于所含杂质的不同,掺杂半导体可分为两类。

(1) N 型半导体

若在本征半导体中掺入五价元素(如磷、砷、锑等),如图 1-4 所示,则每一个五价元素的原子在组成共价键时,产生一个电子,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。

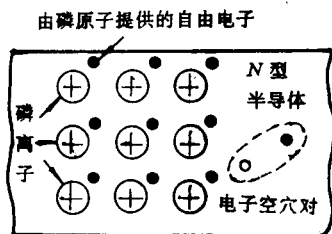


图 1-4 N 型半导体结构示意图

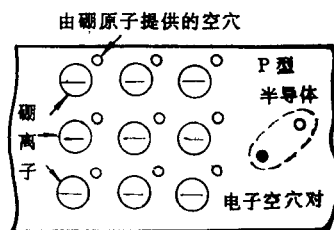


图 1-5 P 型半导体结构示意图

(2) P 型半导体

若在本征半导体中掺入三价元素(如硼、铟、镓等)后,如图 1-5 所示,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,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。

综上所述,电子掺入杂质的不同,产生两种不同类型的半导体——N型半导体和P型半导体,它们统称为杂质半导体。值得指出,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,但是整块杂质半导体仍呈电中性。

3. PN 结及其单向导电性

如果通过一定的工艺措施,使同一块硅片上的两边分别形成N型半导体和P型半导体,那么它们的交界面处就形成了PN结。PN结是构成各种半导体器件的基础。

(1) PN 结的形成

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1-6a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;交界面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,但却有助于交界处两侧少数载流子的运动。少数载流子在电场的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,因此,也称之为耗尽区或阻挡层,如图1-6b所示。

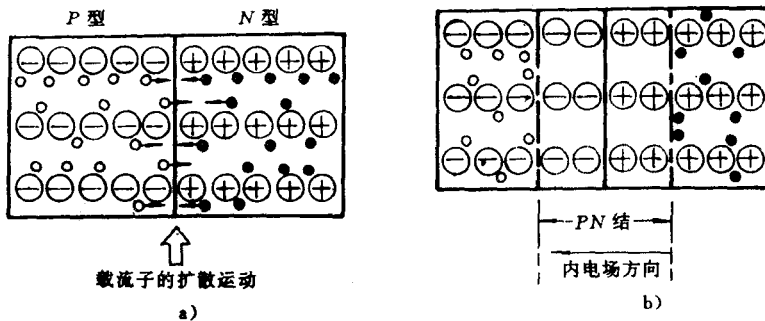


图 1-6 PN 结的形成

a)载流子的扩散运动 b)内电场力与扩散力达到动态平衡

(2) PN 结的单向导电性

如果在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1-7a所示。此时,外加电压所产生的外电场的方向与内电场的方面相反,外电场削弱了内电场,结果使空间电荷区变薄,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渡越PN结,形成较大的电流。PN结呈现低阻状态,称为导通状态。

若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1-7b所示。此时,外电场与内电场方向一致,内电场增强,空间电荷区变厚,使多数载流子的扩散运动难以进行。这有利于少数载流子的漂移运动。但因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,称为截止状态。

综上所述,PN结具有单向导电性。

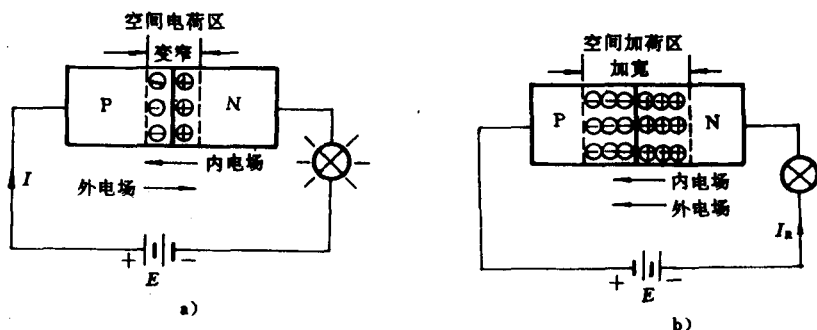


图 1-7 PN 结的单向导电性
a) 加正向电压 b) 加反向电压

二、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,便构成一只半导体二极管,简称二极管。图 1-8 是它的内部结构示意图、图形符号和外形。由 P 区引出的电极称为阳极,由 N 区引出的电极称为阴极,箭头表示电流正向导通的方向。

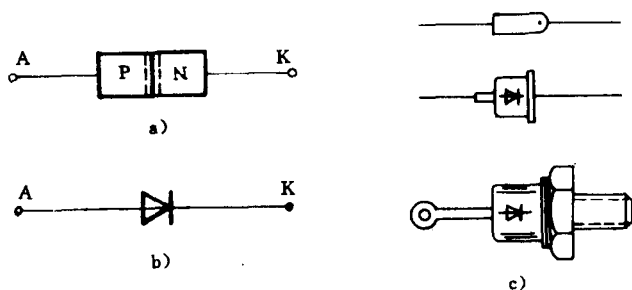


图 1-8 二极管的结构、符号和外形
a) 结构示意图 b) 图形符号 c) 外形

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。国产半导体器件的命名方法详见附录二。

三、二极管的伏安特性

二极管的导电特性常用伏安特性曲线来表示。它表示通过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。它表示当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 0.5V,锗管约为 0.2V。当正向电压超过死区电压后,内电场较大大削弱,电流迅速增长,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 0.7V,锗管约为

0.3V。

2. 反向特性

伏安特性曲线图的第三象限称为反向特性。它表示二极管所承受反向电压在一定范围内时,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,反向电流又常称为反向饱和电流。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到几百伏不等。反向击穿时,若不限制反向电流,则二极管的PN结会因功耗大而过热,导致PN结烧毁。

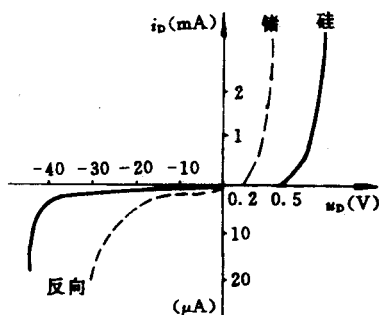


图 1-9 二极管的伏安特性曲线

四、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。主要参数有如下几个。

1. 最大整流电流 I_{OM}

它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} 主要取决于PN结的面积。 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,将由于PN结过热而使管子损坏。

2. 反向工作峰值电压 U_{RWM}

它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} 的一半作为 U_{RWM} 。

3. 反向峰值电流 I_{RM}

它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} 受温度的影响大,硅管的较小,一般在几个微安以下;锗管的较大,为硅管的几十到几百倍。

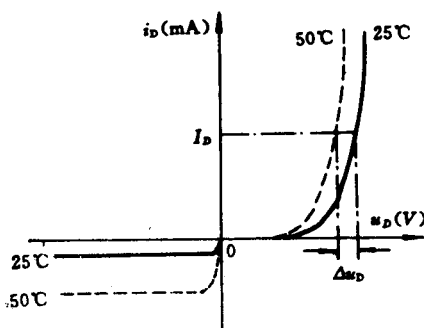


图 1-10 温度对二极管特性的影响

4. 最高工作频率 f_M

它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。结电容大的, f_M 低;结电容小, f_M 高。

温度对二极管特性有较大的影响,图 1-10 为二极管在不同温度下的伏安特性曲线。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。

①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。温度每升高 1°C ,正向压降约减小 2mV 。

②反向特性曲线左移表明:温度升高时,反向电流剧增。温度每升高 10°C ,反向电流约增大一倍。

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 $U_A = +3\text{V}$, B 的电位 $U_B = 0\text{V}$,求输出端 F 的电位 U_F (电阻 R 接负电源 -12V)。

解:因为 $U_A > U_B$,所以 V_A 优先导通。假设二极管的正向压降是 0.3V ,则 $U_F = +2.7\text{V}$,当 V_A 导通后, V_B 上加的是反向电压,因此截止。

在这里, V_A 起钳位作用,把 F 端的电位钳住在 $+2.7\text{V}$; V_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,是频率为 465kHz 、幅度与音频信号成比例的调幅波,如图 1-12b 所示。该信号是二极管检波电路(图 1-12a)的输入信号 u_i (图 1-12b)。试分析检波电路输出信号 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 1-12c 所示。由于电容 C 对 465kHz 中频信号的容抗只有 0.02Ω ,而对于 1kHz 音频信号的容抗却有 10Ω 。故电容 C 接入时, 465kHz 的中频信号所产生的电压几乎为零,即输出信号 u_o 仅为音频信号,如图 1-12d 所示。

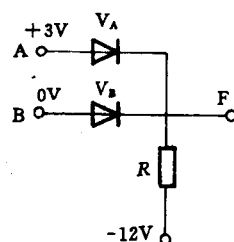


图 1-11 例 1-1 的图

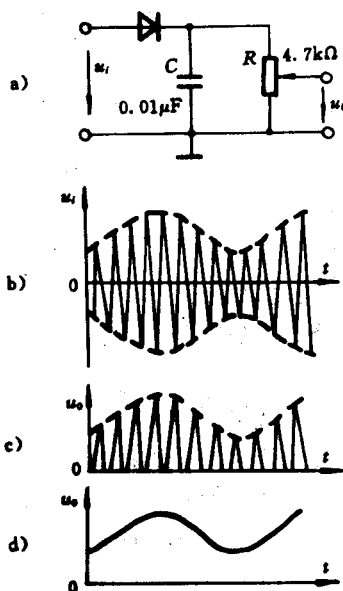


图 1-12 例 1-2 的图

- a) 二极管检波电路 b) 输入信号 u_i 的波形
c) 电容 C 断开时输出信号 u_o 的波形
d) 电容 C 接通时的输出信号 u_o 的波形

第二节 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。

一、稳压管

1. 稳压管的稳压作用

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,能起稳定电压的作用,故称为稳压管。它的符号如图 1-13 所示。

稳压管的伏安特性曲线与普通二极管的类似,如图 1-14 所示。其差异是,稳压管的反向特性曲线比较陡。

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,但稳压两端的电压变化很小,即它能起稳压的作用。

如果稳压管的反向电流超过允许值,则它将会因过热而损坏。所以,与其配合的电阻要适当,才能起稳压作用。

2. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压 U_Z

它指稳压管的稳压值。由于制造工艺方面和其它原因,稳压值也有一定的分散性。同一型号的稳压管稳压值可能略有不同。手册给出的都是在一定条件(工作电流、温度)下的数值。例如 2CW18 稳压管的稳压值在 10~12V。

(2) 稳定电流 I_Z

它指稳压管工作电压等于稳定电压时的工作电流。手册中给出的数值,可作为使用的参考数据。

(3) 电压温度系数 α_U

它是说明稳压值受温度影响的系数,表示稳压管的温度稳定性。例如 2CW18 稳压管的电压温度系数是 0.095%/°C,就是说温度每增加 1°C,它的稳压值将升高 0.095%。假如在 20°C 时的稳压值是 11V,那么在 40°C 时的稳压值将是

$$11 + \frac{0.095}{100} (40 - 20) \times 11 \approx 11.2V$$

一般来说,高于 6V 的稳压管,具有正的电压温度系数;低于 5V 的稳压管,电压温度系数是负的。而 6V 左右的稳压管,电压温度系数很小。因此,选用 5~6V 的稳压管,可以得到较好的温度稳定性。

(4) 动态电阻 r_Z

它指稳压管两端电压的变化量与相应电流变化量的比值,即

$$r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} \quad (1-1)$$

稳压管的反向伏安特性曲线愈陡,则动态电阻愈小,稳压性能愈好。

(5) 最大允许耗散功率 P_{ZW}

它指管子不致发生热击穿的最大功率损耗。 $P_{ZW} = U_Z I_{Zmax}$ 。

例 1-3 在图 1-15 中,通过稳压管的电流 I_Z 等于多少? R 是限流电阻,其值是否合适?

解: $I_Z = \frac{20 - 12}{1.6} = 5mA$



图 1-13 稳压管的符号

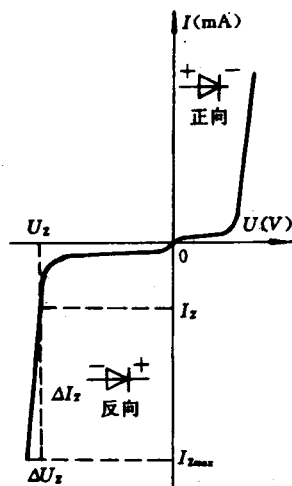


图 1-14 稳压管的伏安特性曲线

$I_Z < I_{Zmax}$, 上述电阻合适。

二、光电二极管

光电二极管也是一种特殊二极管。它的特点是,在电路中它一般处于反向工作状态,当没有光照射时,其反向电阻很大,PN结流过的反向电流很小;当光线照射在PN结上时,就在PN结及其附近产生电子-空穴对,它们在PN结的内电场作用下作定向运动,形成光电流。如果光的照度改变,光生电子-空穴对的浓度也相应改变,光电流强度也随之改变。可见光电二极管能将光信号转变为电信号输出。

光电二极管可用来作为光控元件,当制成大面积的光电二极管时,可当作一种能源而称为光电池。

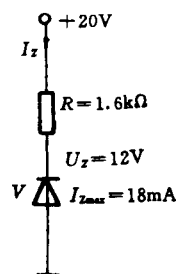


图 1-15 例 1-3 的图

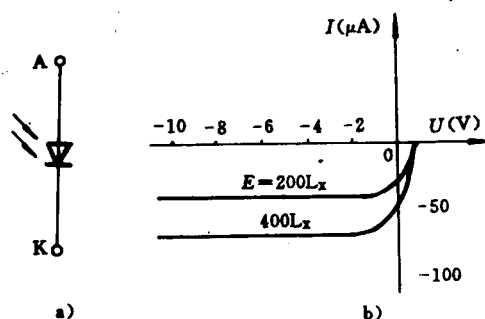


图 1-16 光电二极管的符号及特性曲线
a) 图形符号 b) 特性曲线

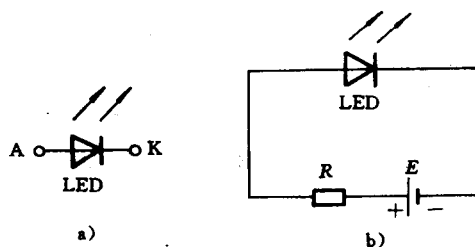


图 1-17 发光二极管的符号及其工作电路
a) 图形符号 b) 工作电路

光电二极管的管壳上备有一个玻璃窗口,以便接受光照。图 1-16a 是光电二极管的符号,图 b 是光电二极管的特性曲线。灵敏度的典型值为 $0.1\mu A/LX$ 数量级。

三、发光二极管

发光二极管的工作原理与光电二极管相反。由于它采用砷化镓、磷化镓等半导体材料制成,所以在通过正向电流时,由于电子与空穴的直接复合而发出光来。图 1-17a 为发光二极管的图形符号,常用字母 LED 来表示。图 1-17b 为发光二极管正向导通发光的电路。

当发光二极管正向偏置时,其发光亮度随注入的电流的增大而提高,为限制其工作电流,通常都要串接限流电阻 R 。由于发光二极管的工作电压低 ($1.5 \sim 3V$)、工作电流小 ($5 \sim 10mA$),所以用发光二极管作为显示器件具有体积小、显示快和寿命长等优点。

第三节 半导体三极管

半导体三极管(简称晶体管)是最重要的一种半导体器件。它是放大电路和开关电路的基本元件之一。下面介绍它的基本结构、工作特性和主要参数。

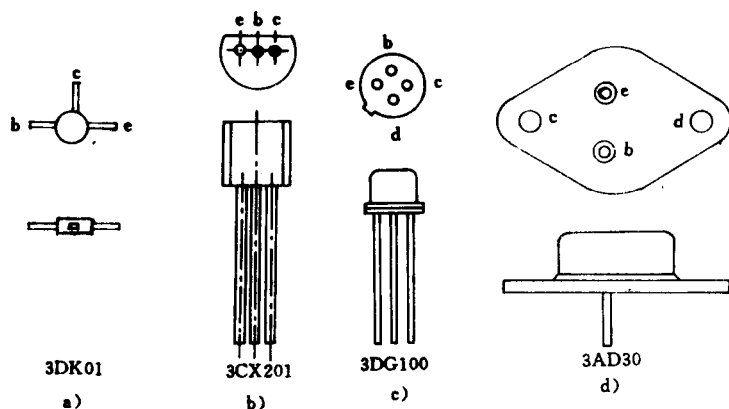


图 1-18 常见晶体管的外形图

a)超小型管 b)塑封管 c)高频管 d)大功率管

一、晶体管的结构

晶体管的外形如图 1-18 所示。它有三个电极,分别称为发射极(E)、基极(B)和集电极(C)。工作频率较高的小功率管,除了这三个电极外,还有供屏蔽用的电极(D),如图 1-18c 所示。大功率管的集电极通常与金属外壳相连,如图 1-18d 所示。

晶体管的结构,目前最常见的有平面型和合金型两类,如图 1-19 所示。硅管主要是平面型,锗管都是合金型。

晶体管的内部有两个 PN 结,根据三个 P、N 区的排列方式不同,可分为 NPN 型和 PNP 型两类,其结构如图 1-20 所示。当前国产的硅晶体管多为 NPN 型(3D 系列),锗晶体管多为 PNP 型(3A 系列)。

每一类管子都分成基区、发射区和集电区,都有两个 PN 结。基区和发射区之间的结称为发射结。基区与集电区之间的结称为

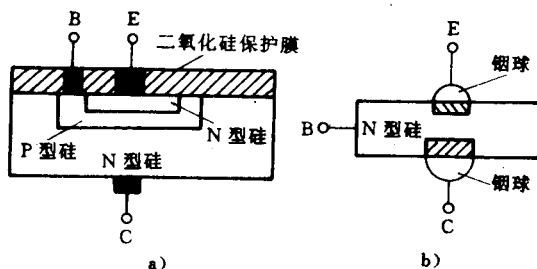


图 1-19 晶体管的结构

a)平面型 b)合金型