

21世纪高职高专规划教材

电子信息基础系列

模拟电子技术项目教程

金 薇 邵利群 主 编
吴振英 赵 展 副主编

清华大学出版社



21世纪高职高专规划教材

电子信息基础系列

模拟电子技术项目教程

金 薇 邵利群 主 编
奚振英 赵 展 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书遵循“以全面素质为基础、以就业为导向、以能力为本位、以学生为主体”的职教改革思路,结合“模拟电子技术基础”课程的特点,以实用的模拟电子产品为载体,以工作过程为导向,以任务驱动为主要教学方法,通过典型、实用的操作项目以及大量的电路实验的形式,使知识内容更贴近岗位技能的需要。全书内容共分为5个操作项目,包括电子元器件的检测及常用仪器的使用、扩音机电路的制作与调试、红外探测报警器的制作与调试、信号发生器的制作与调试、直流稳压电源的制作与调试等教学单元。在每个项目中配有知识目标、技能目标、知识介绍、实训、思考与练习等,遵循由浅入深、循序渐进的教育规律,学生通过亲手制作一些实用电子产品,渐进式地理解和巩固知识点,逐步提高自身的电子技术实际应用能力。

本书可作为高职高专电类、机电类、计算机类等专业的基础课教材,也可供初学者和电子工程技术人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术项目教程/金薇,邵利群主编. —北京:清华大学出版社,2013.2

(21世纪高职高专规模教材.电子信息基础系列)

ISBN 978-7-302-31069-3

I. ①模… II. ①金… ②邵… III. ①模拟电路—电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第303512号

责任编辑:刘士平

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁芳

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 13.25

字 数: 304千字

版 次: 2013年2月第1版

印 次: 2013年3月第2次印刷

印 数: 451~3450

定 价: 28.00元

产品编号: 045151-01

模拟电子技术是电子类专业的重要专业基础课,是培养生产一线高级技术应用型人才硬件能力的基本入门课程,十分强调工程实践应用,对人才培养有着至关重要的作用。通过本课程的学习,学生能够获得电子技术的基本知识、基本理论和基本技能,具备分析问题、解决问题以及应用现代电子技术的能力,为学习后续课程和从事电子技术方面的工作打下基础。

本书遵循“以全面素质为基础、以就业为导向、以能力为本位、以学生为主体”的职教改革思路,结合“模拟电子技术基础”课程的特点,通过“任务驱动式”教学模式来体现知识目标、能力目标以及教学方法、手段、模式的改革。从高职教育技能培养的角度出发,以基础知识为引导,突出介绍电子技术的新发展、新器件、新技术、新工艺,特别注重实践应用,以培养学生的电子技术应用能力和操作技能为目标,紧密结合国家电子技术职业技能认证大纲,采用项目导向、任务驱动、工学结合的学习方式,通过典型、实用的操作项目以及大量的电路实验的形式,使知识内容更贴近岗位技能的需要。使学生初步建立感观认识,然后对操作结果及出现的问题进行讨论、分析、研究,并得出结论。有利于学生在做中学,渐进式地加深理解和巩固知识点,逐步提高自身的电子技术实际应用能力。全书共分5个操作项目,包括电子元器件的检测及常用仪器的使用、扩音机电路的制作与调试、红外探测报警器的制作与调试、信号发生器的制作与调试、直流稳压电源的制作与调试等教学单元。在每个项目中配有知识目标、技能目标、知识介绍、实训、思考与练习等,遵循由浅入深、循序渐进的教育规律。学生通过亲手制作一些实用电子产品,逐步建立起学习信心和增强成就感。

本书由苏州工业职业技术学院电子与通信工程系金薇老师、邵利群老师担任主编,金薇老师负责全书的统稿工作并编写了项目2和附录,邵利群老师负责全书的审稿工作;由苏州工业职业技术学院电子与通信工程系吴振英老师、赵展老师担任副主编,吴振英老师编写了项目1和项目5,赵展

老师编写了项目 3 和项目 4。在本书的项目设计编写过程中,得到了苏州工业职业技术学院电子与通信工程系黄璟老师、西门子听力仪器(苏州)有限公司孙占高工程师、迪特集科技(深圳)有限公司杨亚斌工程师、苏州金龙客车有限公司俞鑫东工程师的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

项目 1 电子元器件的检测及常用仪器的使用	1
1.1 电子元器件的识别与检测	2
1.1.1 半导体的基础知识	2
1.1.2 晶体二极管	5
1.1.3 晶体三极管	12
1.1.4 场效应管	18
实训 晶体二极管、三极管的识别与检测	23
思考与练习	27
1.2 常用仪器的使用	30
1.2.1 直流稳压电源的使用	30
1.2.2 信号发生器的使用	31
1.2.3 示波器的使用	34
1.2.4 交流毫伏表的使用	39
实训 常用仪器的使用	41
项目 2 扩音机电路的制作与调试	43
2.1 小信号放大器	44
2.1.1 放大器的基本知识	44
2.1.2 低频小信号共射放大器	46
2.1.3 共集电极放大器	60
2.1.4 共基极放大器	63
实训 共射放大器的测试	65
思考与练习	66
2.2 负反馈放大器	70
2.2.1 多级放大器	70
2.2.2 反馈的类型与判断	74

2.2.3 负反馈对放大器性能的影响	79
实训 负反馈放大器的测试	82
思考与练习	84
2.3 功率放大器	87
2.3.1 功率放大器的基本知识	87
2.3.2 双电源互补对称功率放大器	90
2.3.3 单电源互补对称功率放大器	95
实训 功率放大器的测试	99
思考与练习	101
2.4 扩音机电路的制作与调试	104
实训 扩音机电路的制作与调试	105
项目3 红外探测报警器的制作与调试	109
3.1 直流放大器	110
3.1.1 直流放大器的问题	110
3.1.2 差分放大电路	111
实训 差分放大器的测试	117
思考与练习	119
3.2 集成运算放大器	120
3.2.1 集成运放的基本知识	120
3.2.2 集成运放的线性应用	125
3.2.3 集成运放的非线性应用	129
实训 集成运算放大电路的测试	131
思考与练习	133
3.3 红外探测报警器的制作与调试	135
实训 红外探测报警器的制作与调试	138
项目4 信号发生器的制作与调试	142
4.1 正弦波信号产生电路	143
4.1.1 正弦波自激振荡的基本原理	143
4.1.2 RC正弦波振荡电路	144
4.1.3 LC正弦波振荡电路	146
4.1.4 石英晶体正弦波振荡电路	148
实训 RC桥式正弦波振荡器	150
思考与练习	151

4.2 非正弦信号产生电路	153
4.2.1 矩形波发生电路	154
4.2.2 三角波发生电路	155
4.2.3 锯齿波发生电路	156
实训 方波—三角波发生电路的测试	156
思考与练习	158
4.3 信号发生器的制作与调试	160
实训 信号发生器的制作与调试	162
项目 5 直流稳压电源的制作与调试	165
5.1 整流电路	166
5.1.1 单相半波整流电路知识	166
5.1.2 单相全波整流电路知识	168
实训 整流电路的测试	170
思考与练习	172
5.2 滤波电路	173
5.2.1 电容滤波电路	174
5.2.2 电感滤波电路	177
5.2.3 复式滤波电路	177
实训 滤波电路的测试	178
思考与练习	180
5.3 稳压电路	181
5.3.1 并联型稳压电路	181
5.3.2 串联型稳压电路	183
5.3.3 集成稳压器	185
实训 稳压电路的测试	188
思考与练习	189
5.4 直流稳压电源的制作与调试	190
实训 稳压电源的电路制作与调试	193
附录 A 半导体器件型号命名方法	196
附录 B 常用半导体器件的主要参数	199

电子元器件的检测及 常用仪器的使用



项目概述

电子元器件的检测是电子类专业学生的一项基本功,若要准确、有效地检测元器件的相关参数,判断元器件的好坏,必须根据不同的元器件采用不同的方法,从而判断元器件正常与否。特别对初学者来说,掌握常用元器件的检测方法和经验很有必要。

本项目通过对电子元器件的检测及常用仪器的使用,达到以下教学目标。



知识目标

- (1) 了解半导体的基础知识,熟悉二极管器件的外形和电路符号,理解半导体二极管的单向导电性。
- (2) 会识别二极管并能对其进行检测。
- (3) 了解三极管的结构,掌握三极管的电流分配关系及放大原理,会识别三极管并能对其进行检测,掌握三极管的输入/输出特性,理解其含义,了解主要参数的定义。
- (4) 理解直流稳压电源、信号发生器、交流毫伏表和示波器 4 种仪器上各按钮的作用。



技能目标

- (1) 学会独立查阅半导体二极管、半导体三极管元器件的资料。
- (2) 掌握半导体二极管元器件的检测及选取方法。
- (3) 掌握半导体三极管元器件的检测及选取方法。
- (4) 会独立使用直流稳压电源、信号发生器、交流毫伏表和示波器。

1.1 电子元器件的识别与检测

【学习目标】

- (1) 了解半导体的基础知识,熟悉二极管器件的外形和电路符号,理解半导体二极管的单向导电性。
- (2) 掌握半导体二极管的检测及参数的选取方法。
- (3) 掌握半导体三极管的检测及参数的选取方法。
- (4) 会熟练使用直流稳压电源、信号发生器、交流毫伏表和示波器。

1.1.1 半导体的基础知识

对于自然界中的各种物质,按导电能力划分为导体、绝缘体和半导体。半导体是一种导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。半导体器件具有体积小、寿命长、耗电少、工作可靠等优点,从而得到广泛应用,成为各种电子电路的重要组成部分。半导体具有热敏性、光敏性和掺杂性。利用光敏性可制成光电二极管和光电三极管及光敏电阻;利用热敏性可制成各种热敏电阻;利用掺杂性可制成各种不同性能、不同用途的半导体器件,如二极管、三极管、场效应管等。

1. 本征半导体

不含杂质且无晶格缺陷的半导体称为本征半导体。在电子器件中,用得最多的材料是硅和锗。硅和锗都是四价元素,最外层原子轨道上具有4个电子,称为价电子。每个原子的4个价电子不仅受自身原子核的束缚,还与周围相邻的4个原子发生联系。这些价电子一方面围绕自身的原子核运动,另一方面也时常出现在相邻原子所属的轨道上。这样,相邻的原子就被共有的价电子联系在一起,称为共价键结构。共价键结构的示意图如图1-1所示。

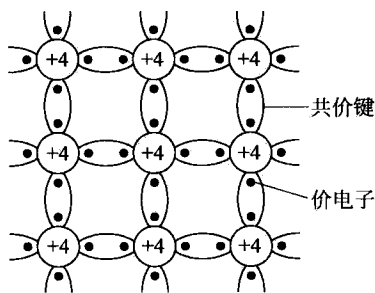


图 1-1 共价键结构示意图

在极低温度下,半导体的价带是满带;受到热激发后,价带中的部分电子会越过禁带进入能量较高的空带。空带中存在电子后成为导带,价带中缺少一个电子后形成一个带正电的空位,称为空穴。导带中的电子和价带中的空穴合称电子—空穴对,均能自由移动,即载流子。它们在外电场作用下产生定向运动而形成宏观电流,分别称为电子导电和空穴导电。这种由于电子—空穴对的产生而形成的混合型导电称为本征导电。导带中的电子会落入空穴,电子—空穴对消失,称为复合。在一定温度下,电子—空穴对的产生和复合同时存在并达到动态平衡,此时半导体具有一定的载流子密度,从而具有一定的电阻率。温度升高时,将产生更多的电子—空穴对,载流子密度增加,电阻率减小。无晶格缺陷的纯净半导体的电阻率较大,实际应用不多。

2. 杂质半导体

在本征半导体中掺入微量的杂质元素,会使半导体的导电性能发生显著改变。根据掺入杂质元素的性质不同,杂质半导体分为P型半导体和N型半导体两大类。

(1) P型半导体

P型半导体是在本征半导体硅(或锗)中掺入微量的三价元素(如硼、镓等)而形成的。因杂质原子只有3个价电子,它与周围的硅原子组成共价键时,缺少1个电子,因此在晶体中便产生1个空穴,当相邻共价键上的电子受热激发获得能量时,就有可能填补这个空穴,使硼原子成为不能移动的负离子,而原来硅原子的共价键因缺少了1个电子,便形成了空穴,使得整个半导体仍呈中性。P型半导体的示意图如图1-2所示。

在P型半导体中,原来的晶体仍会产生电子—空穴对。由于杂质的掺入,使得空穴数目远大于自由电子数目,成为多数载流子(简称多子),自由电子则为少数载流子(简称少子)。因而,P型半导体以空穴导电为主。P型半导体的导电特性为:掺入的杂质越多,多数载流子(空穴)的浓度越高,导电性能越强。

(2) N型半导体

N型半导体是在本征半导体硅中掺入微量的五价元素(如磷、砷、镓等)而形成的。杂质原子有5个价电子与周围硅原子结合成共价键时,将多出1个价电子,这个多余的价电子易成为自由电子,如图1-3所示。

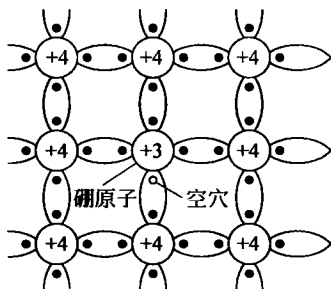


图 1-2 P型半导体原子结构示意图

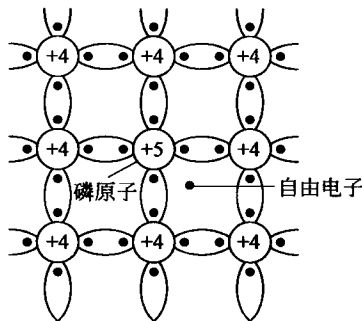


图 1-3 N型半导体原子结构示意图

在N型半导体中,原来的晶体仍会产生电子—空穴对。由于杂质的掺入,使得自由电子数目远大于空穴数目,成为多数载流子,空穴则为少数载流子。因而,N型半导体以自由电子导电为主。N型半导体的导电特性为以自由电子导电为主,掺入的杂质越多,多数载流子(自由电子)的浓度越高,导电性能越强。

3. PN结

(1) PN结的形成

单纯的P型半导体或N型半导体内部虽然有空穴或自由电子,但整体是电中性的,不带电。在同一块半导体基片的两边分别形成P型和N型半导体,它们的交界面附近会形成一个很薄的空间电荷区。因为P区的多数载流子是空穴,N区的多数载流子是电子,在两块半导体交界处,同类载流子的浓度差别极大,这种差别将使得P区浓度高的空

穴向 N 区扩散, N 区浓度高的电子也会向 P 区扩散。扩散运动的结果使 P 型半导体的原子在交界处得到电子, 成为带负电的离子; N 型半导体的原子在交界处失去电子, 成为带正电的离子, 形成空间电荷区。空间电荷区随着电荷的积累将建立起一个内电场 E , 该电场对半导体内多数载流子的扩散运动起阻碍作用, 但对少数载流子的运动起促进作用。少数载流子在内电场作用下的运动称为漂移运动。当外部条件一定时, 扩散运动和漂移运动最终达到动态平衡, 扩散电流等于漂移电流, 这时空间电荷区的宽度一定, 内电场一定, 形成了 PN 结。PN 结的形成过程如图 1-4 所示。

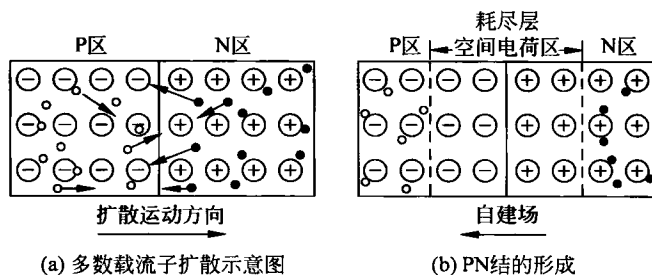


图 1-4 PN 结的形成

由于空间电荷区中的载流子极少, 被消耗殆尽, 所以空间电荷区又称耗尽区。另外, 从 PN 结内电场阻止多数载流子继续扩散这个角度来说, 空间电荷区也可称为阻挡层或势垒区。

(2) PN 结的单向导电性

① PN 结正向偏置——导通。给 PN 结加上电压, 电压的正极接 P 区, 负极接 N 区 (即正向连接或正向偏置), 如图 1-5(a) 所示。物质总是从浓度高的地方向浓度低的地方运动, 这种由于浓度差而产生的运动称为扩散运动。由于 PN 结是高阻区, 而 P 区与 N 区电阻很小, 因而外加电压几乎全部落在 PN 结上。由图可见, 外电场将推动 P 区多数载流子(空穴)向右扩散, 与原空间电荷区的负离子中和, 推动 N 区的多数载流子(电子)向左扩散, 与原空间电荷区的正离子中和, 使空间电荷区变薄, 打破了原来的动态平衡。同时, 电源不断地向 P 区补充正电荷, 向 N 区补充负电荷, 其结果使电路中形成较大的正向电流, 由 P 区流向 N 区。这时, PN 结对外呈现较小的阻值, 处于正向导通状态。

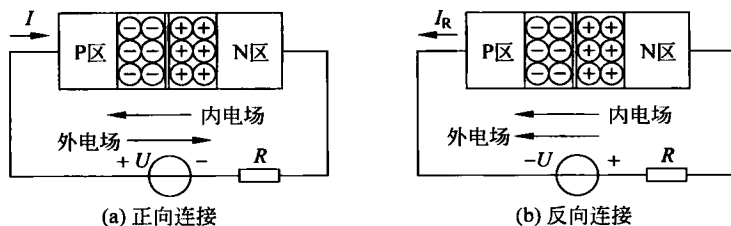


图 1-5 PN 结的单向导电性

② PN 结反向偏置——截止。将 PN 结按图 1-5(b)所示方式连接(即 PN 结反向连接或反向偏置)。在电场力作用下,载流子的运动称为漂移运动。由图 1-5(b)可见,外电场方向与内电场方向一致,它将 N 区的多数载流子(电子)从 PN 结附近拉走,将 P 区的多数载流子(空穴)从 PN 结附近拉走,使 PN 结变厚,呈现出很大的阻值,且打破了原来的动态平衡,使漂移运动增强。由于漂移运动是少数载流子运动,因而漂移电流很小。若忽略漂移电流,可以认为 PN 结截止。

综上所述,PN 结正向偏置时,正向电流很大,此时 PN 结如同一个开关合上,呈现很小的电阻,称为导通状态;PN 结反向偏置时,反向电流很小,此时 PN 结如同一个开关打开,呈现很大的电阻,称为截止状态。这就是 PN 结的单向导电性。当 PN 结反向偏置时,结电阻很大;当反向电压加大到一定程度时,PN 结会因击穿而损坏。

1.1.2 晶体二极管

半导体二极管又称晶体二极管,简称二极管。

1. 半导体二极管的基本结构与类型

按 PN 结面积的大小,二极管分为点接触型和面接触型两大类。点接触型二极管的结构如图 1-6(a)所示。点接触型二极管是在锗或硅材料的单晶片上压触一根金属针后,再通过电流法形成的。这类管子的 PN 结面积和极间电容均很小,不能承受很高的反向电压和大电流,因而适用于制作高频检波和脉冲数字电路里的开关元件,以及作为小电流的整流管。

面接触型二极管或称面结型二极管的结构如图 1-6(b)所示。这种二极管的 PN 结面积大,可承受较大的电流,其极间电容大,适用于整流,但不宜用于高频电路中。图 1-6(c)所示为硅工艺平面型二极管的结构图,是集成电路中常见的一种形式。二极管的图形符号如图 1-6(d)所示。

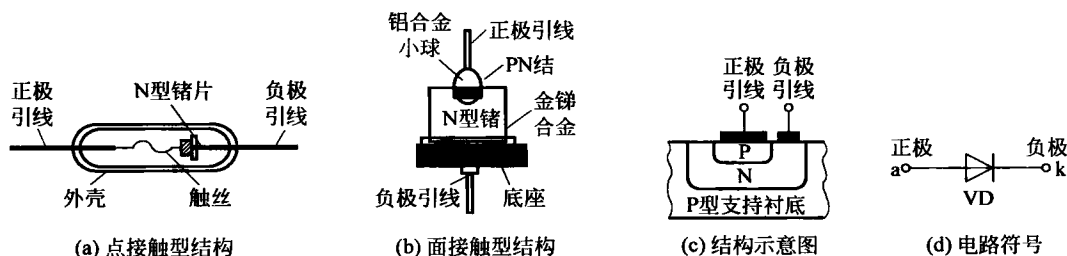


图 1-6 半导体二极管的结构及符号

2. 半导体二极管的特性

根据制造材料的不同,二极管可分为硅、锗两大类。相应的伏安特性也分为两类。

(1) 测试电路

二极管伏安特性的测试电路如图 1-7 所示。

(2) 测试步骤

① 测正向特性曲线。按图 1-7(a)所示接线,由图可知,二极管的正极接电源的正极,

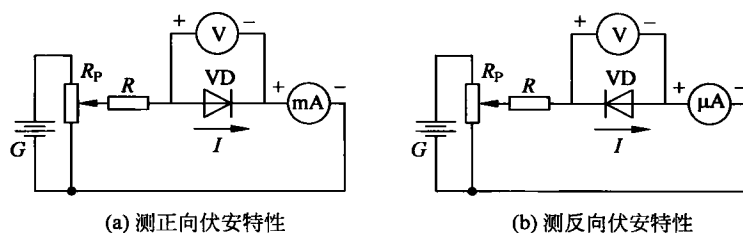


图 1-7 二极管伏安特性的测试电路

二极管的负极接电源的负极,二极管处于正向偏置状态。调节 R_P 使二极管两端的正向电压从零开始逐渐增大,通过电压表(V)和电流表(mA)读出一组正向电压 U_F 和正向电流 I_F 的对应数值,得出正向伏安特性数据。

② 测反向特性曲线。按图 1-7(b)所示接线,由图可知,二极管的正极接电源的负极,二极管的负极接电源的正极,二极管处于反向偏置状态。调节 R_P 使二极管的反向电压从零开始逐渐增大,通过电压表(V)和电流表(μA)读出一组反向电压 U_R 和反向电流 I_R 的对应数值,得出反向伏安特性数据。

③ 画出伏安特性曲线。以直角坐标系的横坐标表示二极管两端的电压,纵坐标表示流过二极管的电流,把测得电压和电流的对应数据以曲线形式描绘出来,即得被测二极管伏安特性曲线。图 1-8 所示为硅二极管的伏安特性曲线。

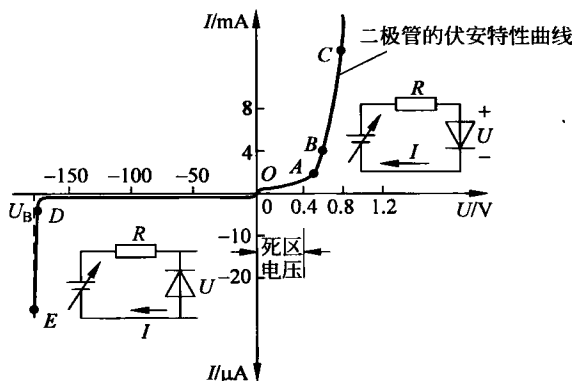


图 1-8 硅二极管的伏安特性曲线

(3) 正向特性

① OA 段: 称为“死区”。当外加正向电压时,随着电压逐渐增加,电流也逐渐增加。但在开始的一段,由于外加电压很低,外电场不能克服 PN 结的内电场,半导体中的多数载流子不能顺利通过阻挡层,所以这时的正向电流极小。该段所对应的电压称为死区电压。硅管的死区电压约为 0.5V,锗管的死区电压约为 0.1V。

② AC 段: 称为正向导通区。当外加电压超过死区电压以后,外电场强于 PN 结的内电场,多数载流子大量通过阻挡层,使正向电流随电压很快增长。硅管的正向导通压降约为 0.7V,锗管约为 0.3V。

(4) 反向特性

① OD 段: 称为反向截止区。当外加反向电压时, 所加电压加强了内电场对多数载流子的阻挡, 二极管中几乎没有电流通过, 但是这时的外电场能促使少数载流子漂移, 所以少数载流子形成很小的反向电流。由于少数载流子数量有限, 只要加不大的反向电压就可以使全部少数载流子越过 PN 结而形成反向饱和电流; 继续升高反向电压时, 反向电流几乎不再增大。这时, 二极管呈现很高的电阻, 呈截止状态。

② DE 段: 称为反向击穿区。当反向电压增加到一定值时, 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, 记做 U_B 。这时, 二极管失去单向导电性, 如果二极管没有因电击穿而引起过热, 则单向导电性不一定会被永久破坏, 在撤除外加电压后, 其性能仍可恢复。但是, 若对反向击穿后的电流不加以限制, PN 结也会因过热而烧坏, 这种情况称为热击穿。

(5) 温度对二极管特性的影响

当温度升高时, 特性曲线将会发生变化。由于温度升高, 会使半导体激发出更多的载流子, 在相同电压下, 通过二极管的电流随温度的升高而增大, 这时正向特性曲线随温度的升高而向左移, 正向电压减小; 反向特性曲线随温度的升高而向下移, 反向电流增大。这是因为温度升高, 本征激发加强, 半导体中少数载流子的数目增多, 在同一反向电压下, 漂移电流增大的缘故, 如图 1-9 所示。

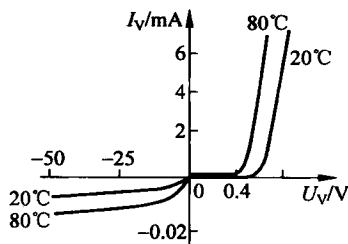


图 1-9 温度对二极管伏安特性的影响

3. 二极管的主要参数

二极管的参数是定量描述二极管性能的质量指标, 只有正确理解这些参数的意义, 才能合理、正确地使用二极管。

(1) 最大整流电流 I_F

最大整流电流是指管子长期运行时, 允许通过的最大正向平均电流。因为电流通过 PN 结时会引起管子发热, 电流太大, 发热量超过限度, PN 结将烧坏。例如, 2AP1 型二极管的最大整流电流为 16mA。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

反向击穿电压是指反向击穿时的电压值。击穿时, 反向电流剧增, 使二极管的单向导电性被破坏, 甚至会因过热而烧坏。一般手册上给出的最高反向工作电压约为击穿电压的一半, 以确保管子安全工作。例如, 2AP1 型二极管的最高反向工作电压规定为 20V, 实际的反向击穿电压可大于 40V。

(3) 反向饱和电流 I_R

在室温下, 二极管未击穿时的反向电流值称为反向饱和电流。反向饱和电流越小, 管子的单向导电性能就越好。由于温度升高, 反向电流会急剧增加, 因而在使用二极管时要注意环境温度的影响。例如, 对于 2AP1 型锗二极管, 在 25°C 时反向电流为 250 μ A, 当温度升高到 35°C 时, 反向电流将上升到 500 μ A; 以此类推, 在 75°C 时, 它的反向电流已达 8mA, 不仅失去了单方向导电特性, 还会使管子过热而损坏。又如, 2CP10 型硅二极管在

25℃时反向电流仅为 $5\mu\text{A}$, 当温度升高到 75℃时, 反向电流也不超过 $160\mu\text{A}$, 故硅二极管比锗二极管在高温下具有更好的稳定性。

(4) 最高工作频率 f_M

最高工作频率 f_M 是指二极管正常工作时的上限频率。

二极管的参数是正确使用二极管的依据, 一般半导体器件手册中都给出了不同型号管子的参数。在使用时, 应特别注意不要超过最大整流电流和最高反向工作电压, 否则管子容易损坏。

4. 其他二极管简介

特殊用途的二极管在电子设备中早已得到广泛的应用, 这里简单介绍几种特殊用途的二极管。

(1) 稳压二极管

稳压二极管简称稳压管, 其结构与普通二极管相同, 也是利用一个 PN 结制成的。稳压二极管在电子设备电路中起稳定电压的作用。稳压二极管有金属外壳、塑料外壳等封装形式。当稳压管工作时, 微小的端电压变化会引起通过其中的电流较大的变化。利用这种特性, 把稳压管与适当的电阻配合, 能在电路中起到稳定电压的作用。

稳压二极管的伏安特性曲线如图 1-10(a) 所示, 稳压二极管的符号如图 1-10(b) 所示。稳压二极管的正向特性与普通二极管相同, 其主要区别是稳压二极管的反向特性曲线比普通二极管的更陡。稳压二极管的反向击穿电压为稳定工作电压, 用 U_Z 表示。曲线越陡, 电压越稳定。

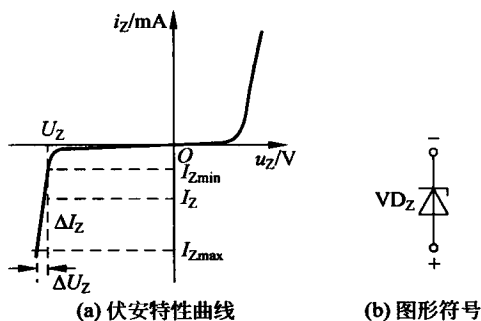


图 1-10 稳压二极管的伏安特性曲线、图形符号

稳压二极管的主要参数有以下几种。

① 最大工作电流 I_{Zmax} 。最大工作电流是指稳压二极管长时间工作时, 允许通过的最大反向电流值。在使用稳压二极管时, 其工作电流不能超过这个数值, 否则, 可能会把稳压管烧坏。为了确保安全, 在电流中必须采取限流措施, 使通过稳压管的电流不超过允许值。

② 稳定电压 U_Z 。稳压二极管在起稳定作用的范围内, 其两端的反向电压值称为稳定电压。不同型号的稳压二极管, 其稳定电压是不同的。

③ 动态电阻 r_Z 。对于稳压二极管, 在直流电压的基础上再加一个增量电压, 稳压二极管就会有一个增量电流。增量电压与增量电流的比值, 就是稳压管的动态电阻。动态

电阻反映了稳压二极管的稳压特性,其值越小,稳压管性能越好。

【例 1-1】 电路如图 1-11 所示,已知稳压管的稳定电压 $U_Z=6\text{V}$, $U_1=21\text{V}$,最小稳定电流 $I_{Z\min}=5\text{mA}$,最大稳定电流 $I_{Z\max}=20\text{mA}$,负载电阻 $R_L=600\Omega$ 。计算限流电阻 R 的取值范围。

解: 为保证稳压管正常工作,无论如何都要满足

$$I_{Z\min} < I_Z < I_{Z\max}$$

即

$$I_{Z\min} < \frac{U_1 - U_Z}{R} - \frac{U_Z}{R_L} < I_{Z\max}$$

整理可得

$$R < \frac{U_1 - U_Z}{I_{Z\min} + \frac{U_Z}{R_L}}; \quad R > \frac{U_1 - U_Z}{I_{Z\max} + \frac{U_Z}{R_L}}$$

则

$$R_{\max} = \frac{U_1 - U_Z}{I_{Z\min} + \frac{U_Z}{R_L}}; \quad R_{\min} = \frac{U_1 - U_Z}{I_{Z\max} + \frac{U_Z}{R_L}}$$

将已知数据代入,可得 $R_{\min}=500\Omega$, $R_{\max}=1000\Omega$ 。

(2) 发光二极管

发光二极管的内部结构为一个 PN 结,而且具有晶体管的特性,即单向导电性。当给发光二极管的 PN 结加上正向电压时,由于外加电压产生电场的方向与 PN 结内电场方向相反,使 PN 结势垒(内总电场)减弱,则载流子的扩散作用占了优势。于是 P 区的空穴很容易扩散到 N 区, N 区的电子也很容易扩散到 P 区,相互注入的电子和空穴相遇后产生复合。复合时产生的能量大部分以光的形式出现,使二极管发光。发光二极管采用砷化镓、磷化镓、镓铝砷等材料制成。不同材料制成的发光二极管,能发出不同颜色的光。有发绿色光的磷化镓发光二极管;有发红色光的磷砷化镓发光二极管;有双向变色发光二极管(加正向电压时发红色光,加反向电压时发绿色光);还有三种颜色变色发光二极管等。由于发光二极管的特点,它在一些光电控制设备中用做光源,在许多电子设备中用做信号显示器。把它的管芯做成条状,用 7 条条状的发光管组成 7 段式半导体数码管,每个数码管可显示 0~9 十个数字。

发光二极管的外形有圆形、方形、三角形、组合型等,封装形式有透明和散射的;有无色和着色的等。着色散射型用 D 表示;白色散射型用 W 表示;无色透明型用 C 表示;着色透明型用 T 表示。

(3) 光电二极管

光电二极管是将光信号变成电信号的半导体器件。它利用一个 PN 结制成,但外形结构与普通二极管不同。普通二极管的 PN 结被封装在不透明的管壳内,以避免外部光照的影响;而光电二极管的管壳上开有一个透明的窗口,使外部光线能透过该窗口照射到 PN 结上。为了便于接收入射光照,PN 结面积尽量做得大些,电极面积尽量小些。光电二极管的电路符号、结构及伏安特性曲线如图 1-12 所示。

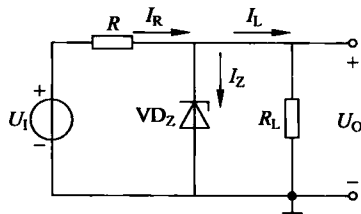


图 1-11 稳压二极管稳压电路