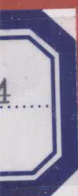


模拟电子技术 项目化教程

詹新生 张江伟 尹慧 夏淑丽 编著



清华大学出版社

模拟电子技术 项目化教程

詹新生 张江伟 尹慧 夏淑丽 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材是结合高等职业教育课程教学改革编写的,包括直流稳压电源、扩音机电路、波形发生电路、调光台灯电路的制作、调试与检测4个项目。每个项目下又包括若干个任务,这些项目(任务)基本涵盖了模拟电子技术基本知识和基本技能,满足了岗位能力需求。

本教材把理论知识与项目制作、调试与检测有机地结合起来,按照让学生在“学中做,做中学”的教改理念编写,具有项目选择实用、可操作性强、语言简练、图文并茂等特点。

本书可作为高职高专电子类、信息类、无线电技术类专业“模拟电子技术”课程的教学用书,也可作为社会人员学习“模拟电子技术”课程的参考用书。

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

模拟电子技术项目化教程/詹新生等编著. —北京:清华大学出版社,2014

ISBN 978-7-302-33307-4

I. ①模… II. ①詹… III. ①模拟电路—电子技术—高等教育—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第173635号

责任编辑:田在儒

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘 静

责任印制:刘海龙

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

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17 字 数:387千字

版 次:2014年1月第1版 印 次:2014年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00元

产品编号:050568-01

高职教育经过前几年的规模发展,现已转向内涵建设发展阶段。大多数学校把提高教学质量作为学校发展的重中之重。但由于高等职业技术教育发展的时间较短,教学体系尚不成熟。受传统教育观念的影响,高职院校仍然沿袭传统的教学模式,在教学内容方面重理论,轻实践;以理论教学为主,把实践教学放在次要位置,体现不出高职特色,甚至将高职教育办成了压缩式的普通高等教育。

“模拟电子技术”课程是高职电子、通信、无线电技术等专业必修的一门专业基础课。目前,大多数高职院校采用的《模拟电子技术》教材属于本科教材的压缩版,按学科体系下的章节进行编写,过分强调学科知识的科学性和系统性,内容多、理论知识抽象、电路原理难懂、公式多、计算多、实践操作方面内容少,忽视了对学生能力和创造性的培养。

近年来,随着我国高等职业教育改革的不断深入,以“能力本位”为出发点,进行项目化教学改革,是目前高职教学改革的发展方向。但由于项目化教材的建设相对滞后,对项目化教学改革产生了一定的影响。鉴于教材在教学中的关键作用,搞好教材建设是保证教学质量的需要,编者组织长期在一线敢于进行项目化教学改革的老师编写了该项目化教材。本教材根据高等职业教育的人才培养目标和基于工作过程的课程体系,针对企业和社会对模拟电子技术知识和技能的需求,以理论必需、够用为原则,以实践应用为主体,以真实项目为载体,融“教、学、做”为一体。

本教材有以下特色:

(1) 与企业工程人员共同制定编写大纲,缩小用人单位所需人才与培养单位培养的人才之间的差距。

(2) 从职业(岗位)需求分析入手,确定知识目标和能力目标,精选教材内容,切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

(3) 通过若干个项目(电子产品),把模拟电子技术相关知识串在一起,用到什么知识,讲什么知识,真正体现到“学为所用、学有所用”的学习目的,并通过合理选择项目来保证知识的系统性。

(4) 改变传统教材按章节编写的方式。教材体现以“做项目(电子产品)为主线,相关知识为支撑”的编写思路,较好地处理学和做之间的关系,便于学生在“学中做,做中学”,有利于学生掌握知识、形成技能、提高能力。

(5) 在保证基本内容不变的前提下,适当降低学习难度,删除一些公式的推导,只给出结论,突出其应用。

(6) 按照教学规律、学生的认识规律及前后项目间的联系,合理编排教材内容。前面的项目为后面的项目服务。例如,电源的制作、调试与检测项目放在教材的前面,后面的项目使用之前制作的电源;功率放大器可以作为信号源的放大器使用等。

(7) 尽量采用以图代文的编写形式,提高学生的学习兴趣。

(8) 项目(电子产品)的选取考虑了趣味性、实用性、典型性、综合性、覆盖性、可行性等。

(9) 对于每个项目,编者都做了实物,完成其制作、检测和调试。教材中配有相应的实物图,可操作性强。

(10) EDA 技术在电子技术领域应用越来越广泛,本书附录部分简要介绍了目前比较先进的 EDA 软件 Multisim 10,在电路制作之前对电路进行仿真。

本书项目 1、2、4 由詹新生编写,项目 2 由张江伟、尹慧编写,附录由夏淑丽编写,全书由詹新生统稿。

本书在编写过程中得到徐州工业职业技术学院领导和机电学院领导及同事的大力支持和帮助,在此表示由衷的感谢。编写本书时,我们参考了许多文献资料,在此对有关资料的编著者深表谢意。

由于编者水平有限,加上编写时间仓促,书中难免有错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2013 年 6 月

目录

Contents

项目 1 直流稳压电源的制作、调试与检测	1
任务 1.1 电源指示电路的制作、调试与检测	3
1.1.1 半导体基础知识	3
1.1.2 半导体二极管的结构和类型	7
1.1.3 半导体二极管的伏安特性	8
1.1.4 半导体二极管的简易测试	9
1.1.5 单相半波整流电路	11
1.1.6 发光二极管	12
1.1.7 任务实施	14
任务 1.2 整流、滤波电路的制作、调试与检测	21
1.2.1 单相桥式整流电路	22
1.2.2 滤波电路	23
1.2.3 任务实施	26
任务 1.3 稳压电路的制作、调试与检测	32
1.3.1 稳压电源的主要技术指标	33
1.3.2 硅稳压管稳压电路	34
1.3.3 三极管	36
1.3.4 晶体管串联型稳压电路	43
1.3.5 任务实施	45
任务 1.4 集成稳压电源的制作、调试与检测	53
1.4.1 三端固定式集成稳压器	53
1.4.2 三端可调式集成稳压器	55
1.4.3 集成稳压器的使用注意事项	56
1.4.4 实施过程	57
习题 1	65
项目 2 扩音机电路的制作、调试与检测	71
任务 2.1 前置放大电路的制作、调试与检测	72
2.1.1 扩音机电路的基本组成	72

2.1.2	放大电路的基本知识	73
2.1.3	放大电路性能指标的估算	75
2.1.4	分压式偏置电路	78
2.1.5	共集电极放大电路	79
2.1.6	多级放大电路	82
2.1.7	任务实施	83
任务 2.2	音调控制电路的制作、调试与检测	94
2.2.1	放大电路的频率特性	94
2.2.2	音调控制电路	96
2.2.3	任务实施	97
任务 2.3	功率放大电路的制作、调试与检测	104
2.3.1	功率放大电路概述	104
2.3.2	乙类互补对称功率放大电路(OCL 电路)	106
2.3.3	单电源互补对称功率放大电路(OTL 电路)	109
2.3.4	任务实施	109
任务 2.4	集成式扩音机电路的制作、调试与检测	118
2.4.1	集成运算放大器及反馈电路	119
2.4.2	集成功率放大器	129
2.4.3	任务实施	131
习题 2		139
项目 3	波形发生电路的制作、调试与检测	149
任务 3.1	电容三点式正弦波振荡电路的制作、调试与检测	149
3.1.1	正弦波振荡电路的基础知识	149
3.1.2	LC 正弦波振荡电路	151
3.1.3	任务实施	154
任务 3.2	改进型电容三点式正弦波振荡电路的制作、调试与检测	161
3.2.1	改进型电容三点式正弦波振荡电路	161
3.2.2	任务实施	162
任务 3.3	RC 正弦波振荡电路的制作、调试与检测	168
3.3.1	RC 正弦波振荡电路	168
3.3.2	任务实施	171
任务 3.4	石英晶体正弦波振荡电路的制作、调试与检测	178
3.4.1	石英晶体振荡器的特点	179
3.4.2	石英晶体振荡电路	180
3.4.3	任务实施	181
任务 3.5	方波和三角波发生器电路的制作、调试与检测	187

3.5.1 集成运放的非线性应用	187
3.5.2 电压比较器	187
3.5.3 方波发生器	190
3.5.4 三角波发生器	191
3.5.5 任务实施	193
习题 3	199
项目 4 调光台灯电路的制作、调试与检测	202
任务 4.1 直流调光台灯电路的制作、调试与检测	202
4.1.1 单向晶闸管的结构和工作原理	202
4.1.2 晶闸管的伏安特性曲线及其主要参数	204
4.1.3 晶闸管的型号	205
4.1.4 单向晶闸管的测试	207
4.1.5 晶闸管整流电路	207
4.1.6 单结晶体管触发电路	211
4.1.7 任务实施	214
任务 4.2 交流调光台灯电路的制作、调试与检测	221
4.2.1 双向晶闸管	221
4.2.2 触发二极管	222
4.2.3 任务实施	223
习题 4	227
附录 A Multisim 10 使用简介	229
附录 B 场效应管简介	249
习题参考答案	255
参考文献	261

项目 1

直流稳压电源的制作、调试与检测

几乎所有的电子设备都需要稳定的直流电源。人们日常生活中使用的市电为 220V 交流电,那么,如何才能得到稳定的直流电压呢?

直流稳压电源一般由电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四部分组成,其框图如图 1-1 所示,各部分作用介绍如下。

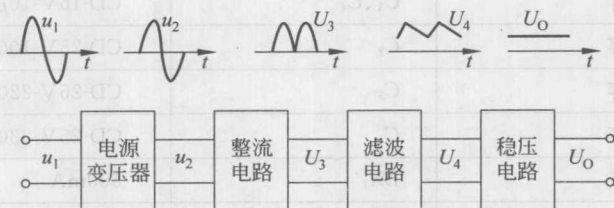


图 1-1 直流稳压电源的组成框图

电源变压器的作用是为用电设备提供所需的交流电压;整流电路和滤波电路的作用是把交流电变换成平滑的直流电;稳压电路的作用是克服电网电压、负载及温度变化所引起的输出电压的变化,提高输出电压的稳定性。

直流稳压电源的类型可分为并联型、串联型和开关型。

任务 1.1~任务 1.3 主要完成串联型直流稳压电源的制作、调试与检测;任务 1.4 主要完成集成稳压电源电路的制作、调试与检测。

图 1-2 所示为一个实用的串联型直流稳压电源电路,图 1-3 所示为制作后的实物图,表 1-1 所示是元器件(材)明细表。

表 1-1 串联型直流稳压电源元件器件(材)明细

序号	名称	元件标号	型号规格	数量
1	金属膜电阻器	R_1	2.2k Ω , 1/4W	1
2	金属膜电阻器	R_2	100 Ω , 1/4W	1
3	金属膜电阻器	R_5 、 R_8	560 Ω , 1/4W	2

续表

序号	名 称	元 件 标 号	型 号 规 格	数 量
4	金属膜电阻器	R_3	$1\text{k}\Omega, 1/4\text{W}$	1
5	金属膜电阻器	R_7	$2\text{k}\Omega, 1/4\text{W}$	1
6	金属膜电阻器	R_9	$10\Omega, 1/4\text{W}$	1
7	金属膜电阻器	R_4, R_6	$56\text{k}\Omega, 1/4\text{W}$	2
8	金属膜电阻器	R_{10}	$6.2\text{k}\Omega, 1/4\text{W}$	1
9	微调电位器	RP_1	$\text{WS}-4.7\text{k}\Omega$	1
10	整流二极管	$\text{VD}_6, \text{VD}_1 \sim \text{VD}_4$	1N4004 或 1N4007	5
11	发光二极管	LED_1	$\phi 5$, 红色	1
12	稳压二极管	VD_5	1N4737(7.5V)	1
13	三极管	VT_3	9013	1
14	三极管	VT_1	1008	1
15	三极管	VT_2	D880	1
16	电容	$C_6 \sim C_9$	CC-63V-0.01 μF	4
17	电解电容	C_3, C_4	CD-16V-10 μF	2
18	电解电容	C_2	CD-25V-100 μF	1
19	电解电容	C_5	CD-25V-220 μF	1
20	电解电容	C_1	CD-25V-3300 μF	1
21	保险丝夹	BX_1	500mA	2
22	熔断器	BX_2	$\phi 5 \times 20\text{-}2\text{A}$	1
23	散热器	—	与 VT_2 配套	1
24	降压变压器	Tr	220V/17V	1
25	假负载	R_L	$120\Omega, 8\text{W}$	2
26	万能板或印制电路板	—	配套	1

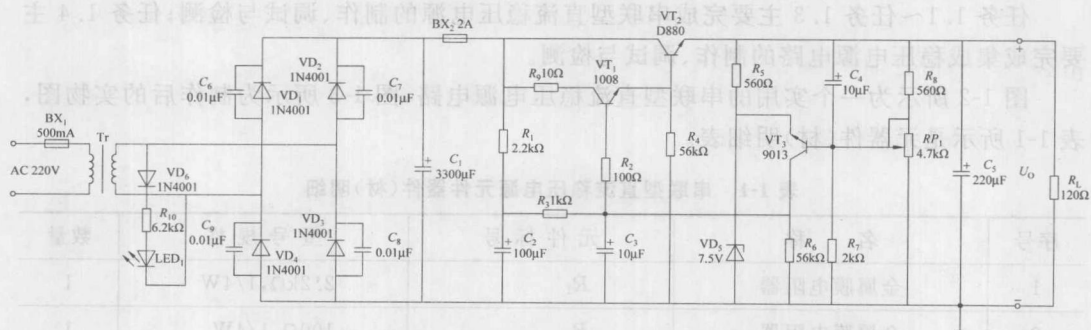


图 1-2 实用串联型直流稳压电源的电路原理图

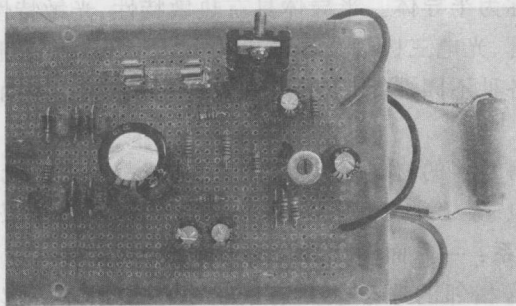


图 1-3 串联型直流稳压电源的实物图

任务 1.1 电源指示电路的制作、调试与检测

任务目标

知识目标

1. 了解半导体的基础知识。
2. 掌握二极管的单向导电性、伏安特性及主要参数。
3. 理解单相半波整流电路的工作原理。
4. 掌握单相半波整流电路电压、电流的计算。
5. 了解发光二极管的基本结构,掌握其工作电压情况。

能力目标

1. 能分析单相半波整流电路的工作原理。
2. 能正确选用整流二极管,并对二极管质量进行检测。
3. 能对电源指示电路进行装配、调试和检测。
4. 通过实用电路安装,提高学生的实践操作技能。

相关知识

在实际应用中,经常用一个指示电路来指示 220V 市电的有无,图 1-4 所示为一个实用市电指示电路。此电路具有简单易做、用电安全、耗电甚微等特点。图 1-4 中的电源指示灯为单向导通的发光二极管; R 是降压限流电阻; VD_1 是整流二极管,主要作用是单向整流。

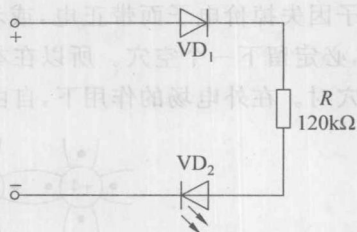


图 1-4 市电指示电路

1.1.1 半导体基础知识

在日常生活中,我们经常看到或用到各种各样的物体,它们的性质各不相同。有些物体,如钢、银、铝、铁等,具有良好的导电性能,称为导体;相反,有些物体,如玻璃、橡皮和塑料等不易导电,称为绝缘体(或非导体);还有一些物体,如锗、硅、砷化镓及大多数金属氧化物和金属硫化物,它们既不像导体那样容易导电,也不像绝缘体那样不易导电,而是介

于导体和绝缘体之间,称为半导体。半导体具有热敏特性、光敏特性和掺杂特性。利用光敏性,可制成光电二极管、光电三极管及光敏电阻等;利用热敏特性,可制各种热敏电阻;利用掺杂特性,可制成各种不同性能、不同用途的半导体器件,例如二极管、三极管、场效应管等。

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,其最外层原子轨道上有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:一方面围绕自身的原子核运动;另一方面,时常出现在相邻原子所属的轨道上。这样,相邻的原子被共有的价电子联系在一起,称为共价键结构,如图1-5所示。

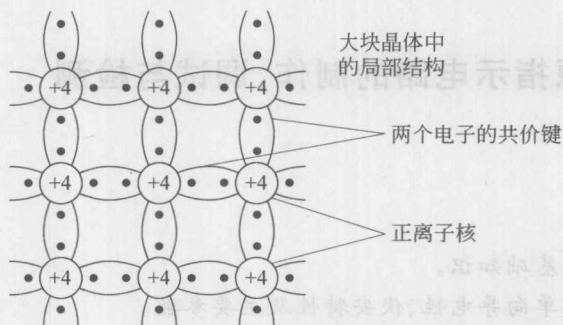


图 1-5 硅和锗的共价键结构

1. 本征半导体

纯净的半导体称为本征半导体。在温度为零开尔文(相当于 -273.15°C)时,每一个原子的外围电子被共价键所束缚,不能自由移动。这样,本征半导体中虽有大量的价电子,但没有自由电子,此时半导体是不导电的。当温度升高或受光照时,由于半导体共价键中的价电子不像绝缘体中束缚得那样紧,价电子从外界获得一定的能量,少数价电子挣脱共价键的束缚成为自由电子,在共价键中将留下一个空位,称为空穴,如图1-6所示。原子因失掉价电子而带正电,或者说,空穴带正电。如果有一个电子从共价键中释放出来,必定留下一个空穴。所以在本征半导体中,电子和空穴总是成对地出现,称为电子—空穴对。在外电场的作用下,自由电子的定向移动形成了电流,称为漂移电流。

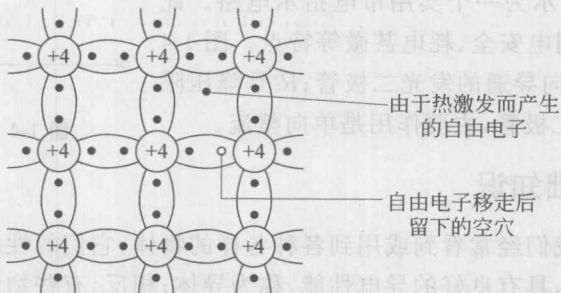


图 1-6 本征激发产生电子—空穴对示意图

一旦出现空穴,附近共价键中的电子就比较容易地填补进来,而在该价电子原来的位置上出现一个新空位,其他价电子可转移到这个新的空位上。就这样不断地填补,相当于空穴在运动。为了和自由电子的运动区别开来,把这种价电子的填补运动称为空穴运动。空穴也可看成一种带正电的载流子,它所带的电荷和电子相等,符号相反。由此可见,本征半导体中存在两种载流子:电子和空穴。本征半导体在外电场作用下,两种载流子的运动方向相反,形成的电流方向相同。

在本征半导体中,自由电子与空穴是同时产生、数目相等的。自由电子在运动过程中若与空穴相遇,就会填补空穴,两种载流子将同时消失,这个过程叫做复合。在一定温度下,电子—空穴对在不断产生的同时,复合也在不停地进行,最终会处于一种平衡状态,使载流子的浓度一定。即在一定温度下,载流子的数目是一定的。温度升高时,浓度将增大,其导电性将增强;而当温度下降到热平衡零度时,本征半导体成为绝缘体。

2. 杂质半导体

(1) P 型半导体

若在本征半导体(锗或硅)中掺入三价元素硼,由于硼的价电子只有3个,它的3个价电子分别和相邻的3个锗或硅原子的价电子组成共价键,因缺少一个价电子,很容易吸引相邻锗或硅原子上的价电子而产生空穴,如图1-7所示。这就使得半导体中的空穴载流子增多,导电能力增强。这种半导体主要是依靠空穴来导电,故称为空穴型半导体或P型半导体。在P型半导体中,空穴是多数载流子,电子是少数载流子。

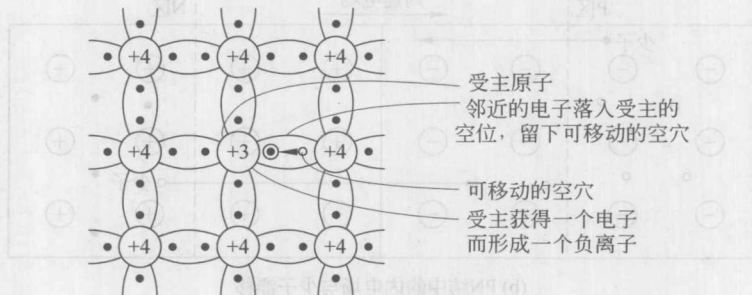


图 1-7 P 型半导体

(3) N 型半导体

若在本征半导体(锗或硅)中掺入元素磷,由于磷原子中有5个价电子,它和4个锗或硅原子的价电子组成共价键后,留下一个剩余电子,如图1-8所示。这个电子不受共价键的束缚,只受自身原子核的吸引。这种束缚比较弱,在室温下就可以被激发为自由电子,同时杂质原子变成带正电荷的离子。因此在这种半导体中,自由电子数远大于空穴数。这种半导体主要靠电子导电,故称为电子型半导体或N型半导体。在N型半导体中,电子是多数载流子,空穴是少数载流子。

3. PN 结

在一块完整的晶片上,通过掺杂工艺,使晶片的一边为P型半导体,另一边为N型半导体,由于两侧的电子和空穴的浓度相差很大,它们会产生扩散运动,如图1-9所示:电

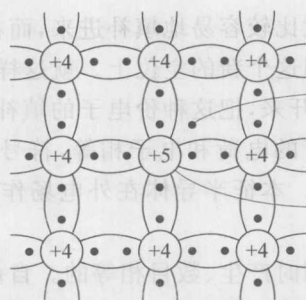
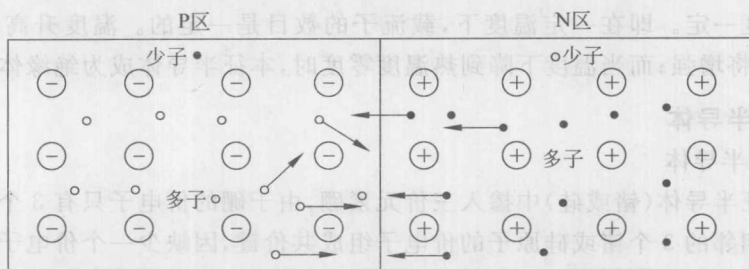
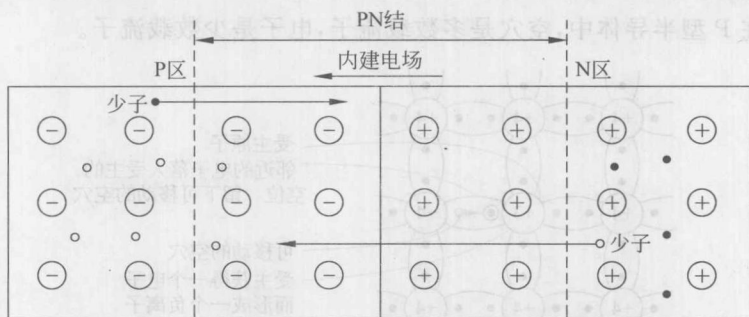


图 1-8 N 型半导体



(a) 多子的扩散运动



(b) PN结中的内电场与少子漂移

图 1-9 PN 结的形成

子从 N 区向 P 区扩散;空穴从 P 区向 N 区扩散。扩散到 P 区的电子会与空穴复合而消失,扩散到 N 区的空穴也会与电子复合而消失。复合的结果是在交界处两侧出现了不能移动的正、负两种杂质离子组成的空间电荷区,称为 PN 结。在空间电荷区,多数载流子已经扩散到对方并复合掉了,或者说消耗尽了,因此又称空间电荷区为耗尽层。在交界处左侧出现了负离子区,右侧出现了正离子区,形成了一个由 N 区指向 P 区的内电场。内电场的产生对 P 区和 N 区中的多数载流子的相互扩散运动起阻碍作用。同时,在内电场的作用下,P 区中的少数载流子电子,N 区中的少数载流子空穴会越过交界面向对方区域运动。这种在内电场的作用下,少数载流子的运动称为漂移运动。漂移运动使空间电荷区重新变窄,削弱了内电场强度。多数载流子的扩散运动和少数载流子的漂移运动最终达到平衡,PN 结的宽度一定。

PN 结具有单向导电性,即加正向电压(P 区接正,N 区接负)导通,加反向电压(P 区接正,N 区接负)截止,如图 1-10 所示。加上正向电压时,由于外加电压产生的外电场与 PN 结产生的内电场方向相反,削弱了内电场,使 PN 结变窄,有利于两区的多数载流子向对方扩散,形成正向电流 I_F ,此时 PN 结处于正向导通状态。加上反向电压时,外加电场与内电场方向一致,因而加强了内电场,使 PN 结变宽,阻碍了多子扩散运动,两区的少数载流子在回路中形成极小的反向电流 I_R ,则称 PN 结反向截止,这时 PN 结呈高阻状态。

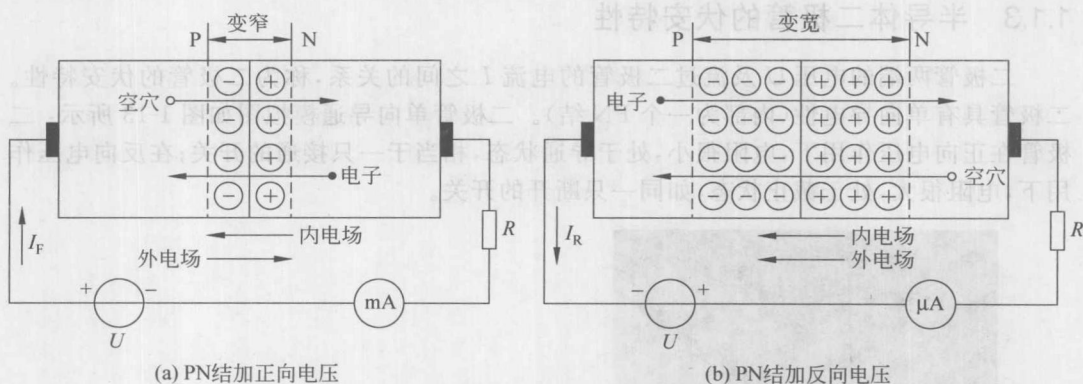


图 1-10 PN 结的单向导电性

1.1.2 半导体二极管的结构和类型

1. 结构、符号及外形

在 PN 结上加上引线 and 封装,就构成一个二极管。它有两个电极,由 P 型半导体引出的是正极(又称阳极),由 N 型半导体引出的是负极(又称阴极)。二极管按结构分点接触型、面接触型和平面型三大类,它们的结构示意图和电路符号如图 1-11 所示。点接触型 PN 结面积小,结电容小,用于检波和变频等高频电路;面接触型 PN 结面积大,用于工频大电流整流电路;平面型 PN 结面积可大可小,用在高频整流和开关电路中。常见二极管外形如图 1-12 所示。

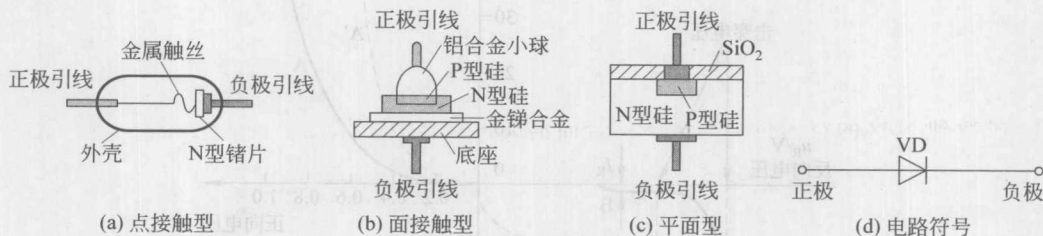


图 1-11 二极管的结构、电路符号

2. 二极管的类型

(1) 按材料分

按材料分为硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等。硅二极管的热稳定性比锗二极管好得多。

(2) 按用途分

按用途分为整流、稳压、开关、发光、光电、变容、阻尼等二极管。

(3) 按封装形式分

按封装形式分为塑封、金属封等二极管。

(4) 按功率分

按功率分为大功率、中功率及小功率等二极管。

1.1.3 半导体二极管的伏安特性

二极管两端的电压 U 及流过二极管的电流 I 之间的关系,称为二极管的伏安特性。二极管具有单向导电性(内部为一个PN结)。二极管单向导通模拟图如图 1-13 所示:二极管在正向电压作用下,电阻很小,处于导通状态,相当于一只接通的开关;在反向电压作用下,电阻很大,处于截止状态,如同一只断开的开关。

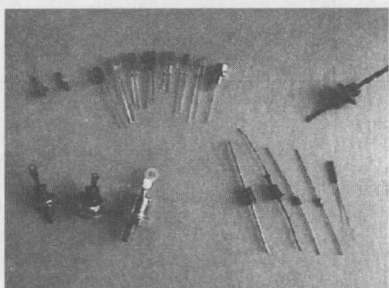


图 1-12 常见半导体二极管的外形

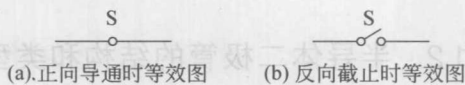


图 1-13 二极管单向导通模拟图

若以电压为横坐标,电流为纵坐标,用作图法把电压、电流的对应值用平滑的曲线连接起来,就构成二极管的伏安特性曲线,如图 1-14 所示(图中,虚线为锗管的伏安特性,实线为硅管的伏安特性)。下面对二极管伏安特性曲线加以说明。

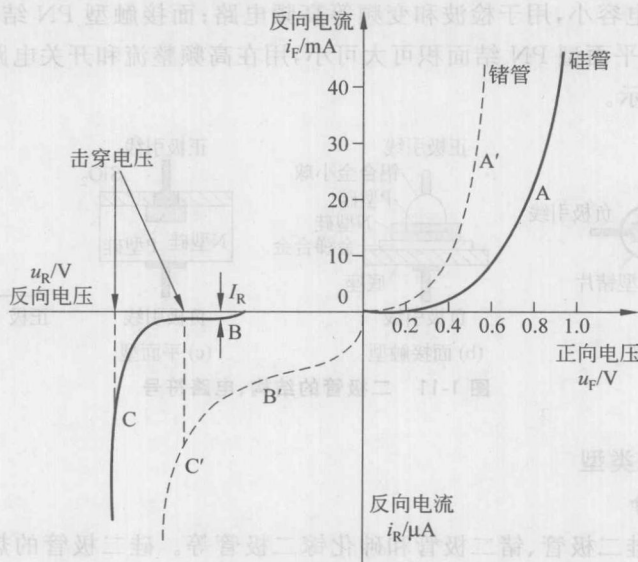


图 1-14 二极管伏安特性曲线

1. 正向特性

如图 1-14 所示,对某一给定的二极管,当外加的正向电压低于一定值时,不足以克服 PN 结内电场对多数载流子运动的阻挡作用,其正向电流很小,几乎为零,称为死区。当正向电压超过此值时,正向电流增长很快,这个正向电压的定值通常称为“死区电压”或“门槛电压”,其大小与材料及环境温度有关。一般来说,硅管的死区电压约为 0.5V,锗管的死区电压约为 0.1V。当正向电压超过死区电压值时,外电场抵消了内电场,正向电流随外加电压的增加而明显增大,二极管正向电阻变得很小。当二极管完全导通后,正向压降基本维持不变,称为二极管正向导通压降。硅管的导通电压为 0.6~0.7V,锗管的导通电压为 0.2~0.3V。以后我们在讨论、计算时,一般取硅管的导通电压为 0.7V,锗管的导通电压为 0.3V。

2. 反向特性

当二极管承受反向电压时,外电场与内电场方向一致,只有少数载流子的漂移运动形成反向漏电流。反向电流很小,且在某一范围内基本保持不变,称为反向饱和电流 I_R 。由于半导体的热敏特性,反向饱和电流将随温度的升高而增大。一般硅管的 I_R 为几微安以下;锗管 I_R 较大,为几十到几百微安。此时,二极管反向截止。

当反向电压增大到某一数值时,反向电流将随反向电压的增加而急剧增大,这种现象称二极管反向击穿。击穿时对应的电压称为反向击穿电压。普通二极管发生反向击穿后,造成二极管的永久性损坏,失去单向导电性。可利用二极管的反向击穿特性,做成稳压二极管。

3. 半导体二极管的主要参数

二极管参数是反映二极管性能质量的指标,必须根据二极管的参数来合理选用二极管。

(1) 最大整流电流 I_{FM}

I_{FM} 是指二极管长期工作时允许通过的最大正向平均电流值,由 PN 结的面积和散热条件所决定。工作时,管子通过的电流不应超过这个数值,否则将导致管子过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

U_{RM} 是指二极管不击穿所允许加的最高反向电压。超过此值,二极管就有被反向击穿的危险。 U_{RM} 通常为反向击穿电压的 $1/2 \sim 2/3$,以确保二极管安全工作。

(3) 反向饱和电流 I_R

I_R 是指二极管在规定的反向电压和室温下所测得的反向电流值。其值越小,说明管子的单向导电性越好。

(4) 最高工作频率 f_M

f_M 指二极管正常工作时的上限频率值。超过此值,二极管的单向导电特性变差,它的大小与 PN 结的结电容有关。

1.1.4 半导体二极管的简易测试

1. 二极管极性的判定

(1) 观察外壳上的符号标记

通常在二极管的外壳上标有二极管的符号。带有三角形箭头的一端为正极,另一端