

21

世纪中等职业教育系列教材

电子 技术基础

主编：王利刚



中国传媒大学出版社

21

世纪中等职业教育系列教材

电子 技术基础

主编：王利刚

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国传媒大学出版社

内 容 简 介

全书分两篇,第一篇模拟电路基础,包括半导体器件、整流与滤波电路、交流放大电路、负反馈放大电路、正弦波振荡器、直流放大电路与集成运放、低频功率放大电路、直流稳压电源、晶闸管及其应用。

第二篇数字电路基础,包括脉冲与数字电路基础、逻辑门电路、数制与逻辑代数、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生和整形电路、数模和模数转换、大规模数字集成电路等。

本书是中等职业技术学校的教学用书,也可作为自学者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/王利刚主编. —北京:中国传媒大学出版社,2006.1

(21世纪中等职业教育系列教材)

ISBN 7-81085-671-5

I. 电... II. 王... III. 电子技术—专业学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 157709 号

电子技术基础

主 编 王利刚
策 划 王 进 蔡开松
责任编辑 欣 文
责任印制 曹 辉
出 版 人 蔡 翔

出版发行 中国传媒大学出版社 (原北京广播学院出版社)
北京市朝阳区定福庄东街1号 邮编 100024
电话: 010-65450532 65450528 传真: 010-65779405
<http://www.cucp.com.cn>

经 销 新华书店总店北京发行所

印 刷 北京市后沙峪印刷厂
开 本 787×1092mm 1/16
印 张 18.25
版 次 2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

书 号 ISBN 7-81085-671-5/K·671 定 价: 25.00 元

前言

本教材是为了适应中等职业教育迅猛发展的需要,参照教育部颁布的中等职业学校电类专业通用《电子技术基础教学大纲》的要求而编写的。

本教材的任务是使学生具备电子领域所必需的基本理论,并在此基础上,强化实际操作的技能,全面提高学生的综合能力。学习完本教材后,学生应具有能看懂电路图,能正确选择合适的电路元器件的能力。这将为后续课程的学习和培养学生的创新能力打下坚实的基础。

《电子技术基础》是机械、自动化、电子类专业的一门重要的基础课,本书主要由两部分构成:模拟电路基础和数字电路基础。每章后配有简单的习题,用以巩固本章所学到的内容。

限于编者的水平,书中难免存在一些错误和不足之处,恳请使用本书的读者给予批评指正。

编 者

2006 年 1 月

DIAN YAN

目录

M U L U

第一章 半导体器件

1.1 半导体的特性	(1)
1.1.1 本征激发	(2)
1.1.2 掺杂特性	(3)
1.2 半导体二极管	(4)
1.2.1 PN 结的形成及其单向导电性	(4)
1.2.2 二极管的结构和分类	(5)
1.2.3 二极管的 $U-I$ 特性	(6)
1.2.4 二极管的主要参数	(7)
1.2.5 特殊二极管	(8)
1.2.6 二极管的基本电路及其分析方法	(9)
1.3 半导体三极管	(9)
1.3.1 半导体三极管结构简介	(9)
1.3.2 半导体三极管的放大原理	(10)
1.3.3 晶体三极管的伏安特性	(11)
1.3.4 半导体三极管的主要参数	(13)
1.4 场效应晶体管	(14)
1.4.1 结型场效应管(JFET)	(14)
1.4.2 绝缘栅型场效应管(MOS 管)	(16)
1.4.3 使用场效应管注意事项	(18)
思考与练习	(18)

第二章 基本放大电路

2.1 放大电路基本概念	(20)
2.1.1 放大电路的组成	(21)
2.1.2 放大电路的主要性能指标	(21)
2.1.3 直流通路和交流通路	(22)
2.2 单级放大电路	(23)
2.2.1 晶体管放大电路	(23)
2.3 共集电极电路和共基极电路	(30)
2.3.1 共集电极电路	(31)
2.3.2 共基极电路	(32)
2.3.3 三种基本组态的比较	(33)

目录

MU LU

2.3.4 单管放大电路的频率特性	(33)
2.4 场效应管放大电路	(34)
2.5 多级放大电路	(36)
2.5.1 多级放大电路的耦合方式	(36)
2.5.2 多级放大电路的几个概念	(39)
思考与练习	(39)

第三章 放大电路中的反馈

3.1 反馈的基本概念	(43)
3.2 反馈的判断	(44)
3.2.1 有无反馈及反馈性质的判断	(44)
3.2.2 反馈类型的判断	(45)
3.3 振荡的基本概念	(48)
3.3.1 正弦波振荡电路	(48)
3.3.2 石英晶体振荡器	(49)
思考与练习	(50)

第四章 功率放大电路

4.1 功率放大电路的特点	(52)
4.2 低频功率放大电路	(53)
4.2.1 乙类互补对称功率放大电路(OCL 电路)	(54)
4.2.2 单电源互补对称功率放大电路	(57)
4.2.3 甲乙类互补对称功率放大电路	(57)
4.3 实际的功率放大电路	(59)
4.3.1 功率放大器应用中的散热问题	(59)
4.3.2 功率放大器实际电路	(59)
4.3.3 集成功率放大器	(61)
思考与练习	(62)

第五章 放大电路的频率响应

5.1 频率响应的基本概念和波特图的画法	(64)
5.1.1 内容提要	(64)
5.1.2 例题解析	(65)
5.2 单级放大电路的频率响应	(66)
5.3 多级放大电路的频率响应	(69)

目录

MU LU

思考与练习	(71)
-------------	------

第六章 集成运算放大器

6.1 集成运算放大器的基本组成	(73)
6.1.1 偏置电路	(74)
6.1.2 输入级	(76)
6.1.3 中间级	(78)
6.1.4 输出级电路	(80)
6.1.5 集成运放内部电路组成	(80)
6.1.6 集成运放的性能指标	(81)
6.1.7 集成运放应用的一些实际问题	(81)
6.1.8 专用型集成运放	(83)
6.2 理想运算放大器	(84)
思考与练习	(84)

第七章 集成运算放大器的应用

7.1 集成运算放大器构成的运算电路	(86)
7.1.1 比例运算电路	(86)
7.1.2 求和电路	(87)
7.1.3 积分电路和微分电路	(91)
7.2 集成运算放大器构成的信号处理电路	(92)
7.2.1 有源滤波器	(92)
7.2.2 电压比较器	(94)
思考与练习	(97)

第八章 直流电源

8.1 概述	(100)
8.2 整流电路	(101)
8.3 滤波电路	(106)
8.4 稳压电路	(109)
8.4.1 稳压二极管稳压电路	(109)
8.4.2 串联型稳压电路的工作原理	(111)
8.4.3 集成稳压电路	(112)
思考与练习	(113)

目录

M U L U

第九章 数字电路基础

9.1 数字信号的基础知识	(115)
9.1.1 模拟信号与数字信号	(115)
9.1.2 数字电路的特点	(116)
9.1.3 数字电路的分类及应用	(116)
9.2 脉冲基础知识	(117)
9.2.1 脉冲的基本知识	(117)
9.3 数制及其相互间的转换	(118)
9.3.1 数制和编码	(118)
9.3.2 数制及其转换中的基本概念	(118)
9.3.3 二进制数	(118)
9.3.4 十进制数	(119)
9.3.5 二进制数与十进制数之间的转换	(119)
9.3.6 十六进制数	(120)
9.3.7 常用的几种编码	(121)
思考与练习	(121)

第十章 逻辑门电路

10.1 晶体管的开关特性	(123)
10.1.1 二极管的开关特性	(123)
10.1.2 三极管的开关特性	(124)
10.1.3 二极管和三极管的应用实例	(125)
10.2 基本逻辑门电路	(128)
10.2.1 “与”逻辑	(128)
10.2.2 “或”逻辑	(129)
10.2.3 “非”逻辑	(129)
10.3 TTL 逻辑门电路	(130)
10.4 其他逻辑功能的 TTL 门电路	(134)
10.5 CMOS 门电路	(137)
10.5.1 CMOS 非门(反相器)	(137)
10.5.2 CMOS 其他逻辑门电路	(137)
10.5.3 TTL 门电路和 CMOS 门电路的正确使用	(139)
思考与练习	(141)

目录

M U L U

第十一章 逻辑代数和组合逻辑电路

11.1 逻辑代数	(142)
11.1.1 复习逻辑代数中的三种基本逻辑关系	(142)
11.1.2 基本逻辑运算	(147)
11.1.3 逻辑代数中的基本规则	(149)
11.2 逻辑函数及其表示方法	(150)
11.3 逻辑函数的两种标准形式	(153)
11.4 逻辑函数的公式化简法	(155)
11.5 逻辑函数的卡诺图化简法	(156)
11.6 组合逻辑电路	(161)
11.6.1 组合逻辑电路的分析	(161)
11.6.2 常用组合逻辑电路	(162)
11.7 数字显示器和显示译码器	(166)
11.8 数值比较器和数据选择器	(168)
11.8.1 数值比较器	(168)
11.8.2 数据选择器	(169)
11.8.3 加法器	(170)
思考与练习	(172)

第十二章 脉冲波形的产生与变换

12.1 RC 波形变换电路	(175)
12.1.1 RC 电路的瞬态过程	(175)
12.1.2 RC 微分电路	(176)
12.1.3 RC 积分电路	(177)
12.2 用集成门电路构成的脉冲单元电路	(178)
12.2.1 施密特触发器	(178)
12.2.2 单稳态触发器	(183)
12.3 多谐振荡器	(185)
12.4 555 定时器及其应用	(186)
12.4.1 555 定时器的电路结构及工作原理	(187)
12.4.2 555 定时器的应用	(189)
思考与练习	(193)

目录

第十三章 触发器

13.1 基本 RS 触发器	(196)
13.1.1 基本 RS 触发器的构成	(196)
13.1.2 基本 RS 触发器的工作原理	(197)
13.2 同步触发器	(199)
13.2.1 同步 RS 触发器	(199)
13.2.2 JK 触发器	(200)
13.2.3 D 触发器	(202)
13.2.4 T 触发器和 T' 触发器	(204)
13.3 边沿可控触发器	(204)
13.3.1 维持阻塞触发器	(205)
13.3.2 CMOS 边沿触发器	(205)
13.4 触发器逻辑功能的转换	(206)
13.4.1 JK 触发器转换为其他触发器	(206)
13.4.2 D 触发器转换为其他触发器	(207)
思考与练习	(207)

第十四章 时序逻辑电路

14.1 时序逻辑电路	(210)
14.2 寄存器	(211)
14.2.1 基本寄存器	(211)
14.2.2 移位寄存器	(211)
14.3 计数器	(215)
14.3.1 二进制计数器	(215)
14.3.2 十进制计数器	(218)
14.4 常用中规模集成计数器	(219)
14.5 移存型计数器	(220)
思考与练习	(221)

第十五章 数/模转换和模/数转换

15.1 数/模转换和模/数转换的基本概念	(223)
15.2 数/模转换器(DAC)	(224)
15.2.1 DAC 的工作原理	(224)
15.2.2 常见的 DAC 电路	(225)

目录

目录

15.2.3 集成 DAC 简介	(226)
15.3 模/数转换器(ADC)	(227)
15.3.1 A/D 转换原理	(227)
15.3.2 ADC 电路	(229)
15.3.3 ADC 的主要技术指标	(231)
15.3.4 集成 ADC 简介	(231)
思考与练习	(232)
 第十六章 大规模数字集成电路简介	
16.1 半导体存储器	(233)
16.1.1 只读存储器(ROM)	(233)
16.1.2 随机存取存储器(RAM)	(236)
16.2 可编程逻辑器件	(238)
16.2.1 简介	(238)
16.2.2 通用阵列逻辑(GAL)	(238)
16.2.3 其他 PLD 器件简介	(240)
思考与练习	(241)
 附 录	
自测题	

第一章

半导体器件



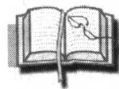
学习提示

了解半导体的基础知识,了解PN结的形成及特点;

掌握二极管、三极管及场效应管的工作原理;

熟练掌握半导体二极管、三极管及场效应管的伏安特性,并理解其含义;

熟悉管子的主要参数,了解器件手册的查阅方法,为合理选择和使用器件打下基础。



学习内容

1.1 半导体的特性

自然界中的物质,依其导电能力的强弱,通常可分为三大类:导体、绝缘体和半导体。电阻率低于 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质为导体,如铜、铝等。导体原子的最外层电子数目少,很容易摆脱原子核束缚而形成自由电子。在外电场作用下,这些自由电子将逆着电场方向作定向运动形成较大的电流,因此导体的导电能力强。

在电场作用下,能运载电荷形成电流的带电粒子称为载流子。显然,自由电子是一种载流子。电阻率高于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质为绝缘体,如云母、橡胶等,最外层电子数大多为8个的稳定结构。其原子核对最外层电子的束缚力很大,常温下能形成自由电子的数目很少,因此导电能力差。

半导体的导电能力介于导体与绝缘体之间,如硅、锗等。制造半导体器件的材料都要制成单晶体,如单晶硅或单晶锗,它们是由原子按一定规则整齐排列而成的。由于这种半导体非常纯净,几乎不含杂质,结构又完整,所以称为本征半导体。

半导体的导电性能同样与其原子结构有关。硅和锗的原子结构有一个共同点,即都是四价元素,其原子的最外层电子数都是4个,原子的最外层电子通常称为价电子。价电子受核的束缚力最小,半导体的导电性能与价电子有关。内层电子与原子核构成稳定的惯性核,若用+4代表惯性核所具有的电荷量,则可以用图1-1表示硅或锗的简化原子结构模型。

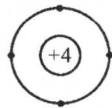


图1-1 简化原子结构模型

硅或锗制成单晶体后,由于晶体中原子之间距离很近,价电子不仅受到其所属原子核的作用,还受到相邻原子的原子核的吸引,即一个价电子为相邻的两个原子核所共有。如图1-2所示,相邻原子之间通过共有价电子的形式紧密结合起来,即形成“共价键”结构。

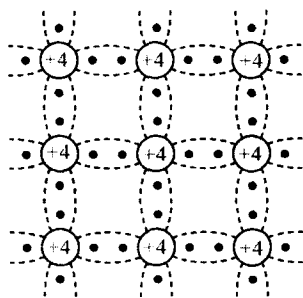


图 1-2 共价键结构

1.1.1 本征激发

本征半导体晶体原子间的共价键具有很强的结合力。在绝对零度(-237°C)时,价电子无法挣脱共价键的束缚,不能自由移动,所以共价键内的价电子又叫束缚电子。这样,虽然它有大量的价电子,但没有自由电子,故半导体不导电。

当温度上升或受光照时,价电子以热运动的形式不断从外界获得一定的能量,少数价电子因获得的能量较大,从而挣脱共价键的束缚,成为自由电子,同时在原来的共价键的相应位置上留下一个空位,叫“空穴”。如图 1-3 所示 A 处为空穴, B 处为自由电子。显然,自由电子和空穴是成对出现的,所以称它们为电子—空穴对。在光或热的作用下,本征半导体中产生电子—空穴对,这种现象叫本征激发。

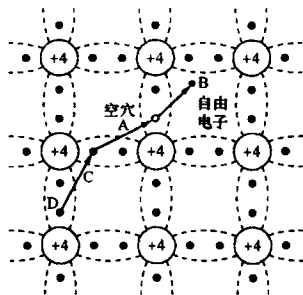


图 1-3 本征激发现象

本征激发产生的自由电子在电场的作用下定向运动形成电流,因此它构成本征半导体中的一种载流子——电子载流子。

那么当共价键中由于失去一个价电子而出现一个空穴时(如图 1-3 中 A 处),与其相邻的价电子很容易离开它所在的共价键填补到这个空穴中来,使该价电子原来所处的共价键中出现一个空穴(如图 1-3 中 C 处),这样空穴便从 A 处移至 C 处。

同样,又可从 C 处移至 D 处。因此,空穴似乎可以在半导体中自由移动,这实质上是价电子填补空穴的运动。在电场作用下,大量的价电子依次填补空穴的定向运动形成电流,为区别于自由电子的运动,把这种价电子填补空穴的运动叫“空穴运动”。通常认为空穴是一种带正电荷的载流子,它所带电量与电子相等,符号相反。那么为什么不说是价电子的运动,而说是空穴的运动呢?这是因为本征半导体的导电能力只取决于电子—空穴对的多少,而与其价电子的数目无关,只有少量的价电子在共价键中依次做填补运动时才起导电作用。

由此可见,在本征半导体中存在两种载流子:带负电的自由电子和带正电的空穴。而金属

导体中只有一种载流子——自由电子,这是二者的一个重要区别。在本征激发中,半导体中的电子—空穴对不断地产生,同时当它们相遇时又重新被共价键束缚,电子—空穴对消失,这种现象叫“复合”。在一定的温度下,激发和复合虽然不断地进行,但最终将处于动态平衡状态,半导体中的载流子浓度保持在某一定值。由于本征激发产生的电子—空穴对的数目很少,所以本征半导体的导电能力很弱。

1.1.2 掺杂特性

在本征半导体中掺入少量的特殊元素,就构成杂质半导体。杂质半导体的导电能力大大增强,且掺入的杂质越多,其导电能力越强,这就是半导体的掺杂特性。当然,掺入的杂质是有严格控制的,根据掺入杂质化合价的不同,杂质半导体分为 N 型半导体和 P 型半导体两大类。

1. N 型半导体

在四价元素晶体中掺入微量的五价元素,如磷、砷、锑等,组成共价键时,多余的一个价电子处于共价键之外,所受束缚力较弱而成为自由电子,同时杂质原子变成带正电荷的离子。显然掺入的杂质越多,杂质半导体的导电性能越好,这种掺杂所产生的自由电子浓度远大于本征激发所产生的电子—空穴对的浓度,所以杂质半导体的导电性能远超过本征半导体。N 型半导体中自由电子占大多数,称为多数载流子,而空穴称为少数载流子。

在硅元素中掺入五价元素,得到的杂质半导体称为 N 型硅;在锗元素中掺入五价元素,得到的杂质半导体称为 N 型锗。

2. P 型半导体

在四价晶体中掺入微量的三价元素,如铝、硼、镓等,三价原子在与四价原子组成共价键时,因缺少一个电子而产生一个空穴,很容易吸引邻近的价电子来填补。于是,杂质原子变为带负电荷的离子,而在邻近的四价原子处出现一个空穴,由于这种杂质原子能吸收电子,因此称为“受主杂质”。

在这种杂质半导体中,空穴浓度远大于自由电子浓度,空穴为多子,自由电子为少子。因为这种半导体的导电主要依靠空穴,而空穴带正电荷,所以称其为 P 型半导体或空穴型半导体。

如果在硅元素中掺入三价元素,得到的杂质半导体称为 P 型硅;如果在锗元素中掺入三价元素,得到的杂质半导体称为 P 型锗。

N 型、P 型半导体总体上均是电中性的,其内部均有两种载流子存在,其中多子的浓度取决于所掺杂质的浓度,少子的浓度与温度或光照的影响密切相关。半导体的导电能力随着光照强度的增强而增强。利用半导体的这种效应可制成光敏电阻和光电池。尤其是光电池,在空间技术领域内应用广泛,为人类利用太阳能展现出广阔的前景。

为突出杂质半导体的主要特征,在画 P 型或 N 型半导体时,常常只画多子和离子成对出现,如图 1-4 所示。

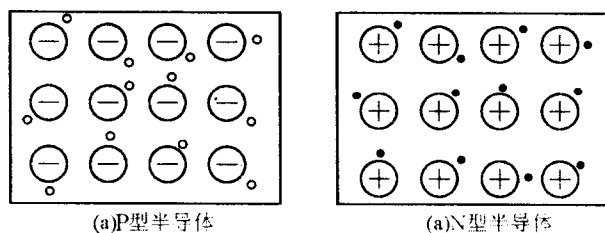


图 1-4 杂质半导体

当然,对半导体掺杂是提高半导体导电能力的最有效的办法。但是,仅仅提高导电能力不是最终目的,导体的导电能力不是更强吗? 杂质半导体的微妙之处在于:将不同性质,不同浓度的杂质掺入,再将 P 型半导体和 N 型半导体以不同的形式结合起来,就可以构造出各种类型的半导体器件。

1.2 半导体二极管

1.2.1 PN 结的形成及其单向导电性

1. PN 结的形成

在一块完整的硅片上,用不同的掺杂工艺使其一边形成 N 型半导体,另一边形成 P 型半导体,那么在两种半导体的交界面附近就形成了如图 1-5 所示 PN 结。PN 结是构成各种半导体器件的基础。

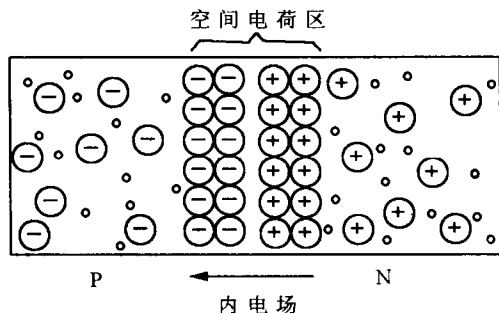


图 1-5 PN 结的形成

在 P 型半导体和 N 型半导体结合后,由于 N 型区内电子很多而空穴很少,而 P 型区内空穴很多电子很少,在它们的交界处就出现了电子和空穴的浓度差别。这样,电子和空穴都要从浓度高的地方向浓度低的地方扩散。于是,有一些电子要从 N 型区向 P 型区扩散,也有一些空穴要从 P 型区向 N 型区扩散。它们扩散的结果就使 P 区一边失去空穴,留下了带负电的杂质离子, N 区一边失去电子,留下了带正电的杂质离子。半导体中的离子不能任意移动,因此不参与导电。这些不能移动的带电粒子在 P 和 N 区交界面附近,形成了一个很薄的空间电荷区,就是所谓的 PN 结。

2. PN 结的单向导电性

若在 PN 结两端接上外加电源,也就是 PN 结被偏置了。由于偏置电压的作用,动态平衡遭到破坏。通常,外加电源有两种接法:如果电源正极接 PN 结的 P 区,电源负极接 PN 结的 N 区,则称为正向偏置,如图 1-6(a)所示;如果电源正极接 PN 结的 N 区,电源负极接 PN 结的 P 区,则称为反向偏置,如图 1-6(b)所示。

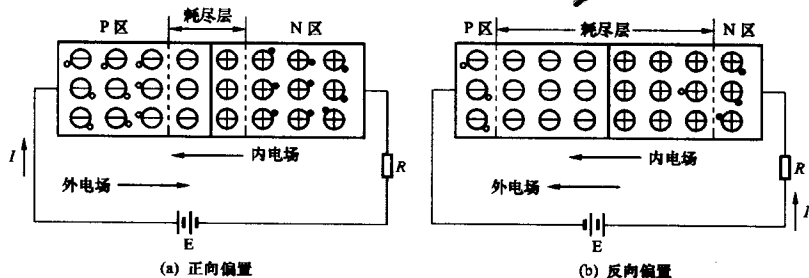


图 1-6 PN 结的单向导电性

正向偏置情况下,外电场与内电场方向相反,削弱了内电场,有利于多子的扩散而不利少子的漂移,使耗尽层变窄。其中多子源源不断地从电源得到补充形成较大的电流,而少子在内电场作用下形成的漂移电流则很小,把正向偏置时 PN 结流过的电流称为正向电流,反之称为反向电流。因为正向电流较大,PN 结对外电路呈现出较小的电阻,称其为正向电阻,并把这种状态称为 PN 结导通。

反向偏置情况下,外电场与内电场方向一致,加强了内电场,在它们的共同作用下,多子皆背离耗尽层向两边运动,使耗尽层变宽,PN 结对外呈现出很大的电阻,称其为反向电阻。此时 PN 结中的电流主要是少子的漂移电流,由于少子浓度低,所以 PN 结中的反向电流很小,这种状态称为 PN 结截止。

1.2.2 二极管的结构和分类

1. 二极管的结构

用外壳把一个 PN 结封装起来,从 P 区和 N 区各引出一个电极,就组成一个晶体二极管,简称二极管,用 V_D 表示,如图 1-7(a)所示。和 P 区相连的电极称为二极管的阳极(或正极),用 a 或 + 表示。和 N 区相连的电极称为二极管的阴极(或负极),用 k 或 - 表示。图 1-7(b)是晶体二极管的电路符号。其中三角箭头的方向表示正向电流的方向。

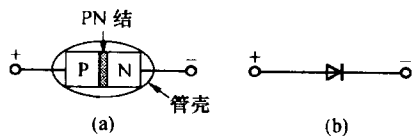


图 1-7 晶体二极管

2. 二极管的分类

二极管按所使用的材料不同可分为锗管和硅管。

按照用途分有稳压二极管、整流二极管、检波二极管、肖基特二极管、发光二极管等。我们比较常见的是整流二极管和发光二极管。

按其制作工艺的不同可分为点接触型、面接触型和平面型。

点接触型二极管由于其 PN 结的结面积很小,结电容也相应较小。虽然它允许通过的电流较小,但能工作在较高的频率下。像国产的 2AP 型、2AK 型就是点接触型二极管。

面接触型二极管 PN 结面积大,能允许通过较大的电流,但由于其结电容也大,所以一般用于较低频率的整流电路中。像国产的 2CZ 型、2CP 型就是面接触型二极管。

3. 二极管的命名方法

对二极管 2AP1 来说,“2”表示二极管;

第一个字母表示材料和极性：“A”——N型锗材料、“B”——P型锗材料、“C”——N型硅材料、“D”——P型硅材料；

第二个字母表示器件类型：“P”——普通管、“V”——微波管、“W”——稳压管、“Z”——整流管、“L”——整流堆、“U”——光电管、“K”——开关管等。

如两个管子的型号中只是最后的数字部分不同，这表明这两个管子性能上有某些差别。

1.2.3 二极管的 $U-I$ 特性

半导体器件的性能可用其伏安特性来描述。所谓的伏安特性就是，流过它的电流 I 与它两端的电压 U 的关系曲线 $I=f(U)$ 。由于二极管的核心是 PN 结，因此从理论上讲，其 $U-I$ 特性与 PN 结的 $U-I$ 特性几乎相同，一个典型的二极管的 $U-I$ 特性如图 1-8 所示。

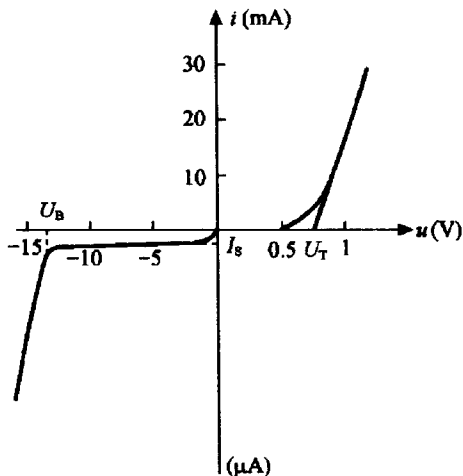


图 1-8 晶体二极管伏安特性曲线

伏安特性曲线可以通过实验的方法得到，测试电路如下图 1-9 所示。

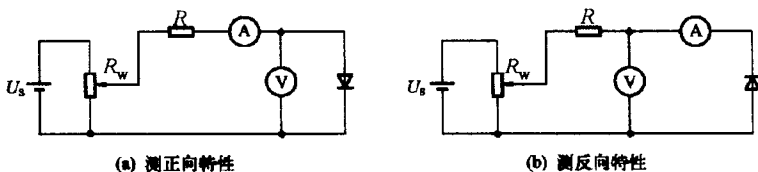


图 1-9 晶体二极管伏安特性测试

电阻 R 为限流电阻，它是为防止因电路中的电流过大损坏二极管而设计。改变可调电阻 R_w 的大小，可以得到不同的输入电压，每给定一个电压值读出相应的电流值，把若干个这样的测试结果用描点连线的方法作在同一个 $u-i$ 平面上，就可以得到如图 1-8 所示的晶体二极管的伏安特性曲线。

由图可知，二极管伏安特性是非线性的，大致可分为四个区域：死区、正向导通区、反向截止区和反向击穿区。

1. 死区

在二极管正向特性的起始部分。因为外加电压较小（硅管小于 0.5V，锗管小于 0.1V），外电场不足以克服 PN 结内电场对多数载流子所造成的阻挡作用。正向电流很小，几乎等于零。此时，二极管虽然加正向电压，但仍呈现高阻不导通状态，此范围称为“死区”，用 U_T 表示。一