

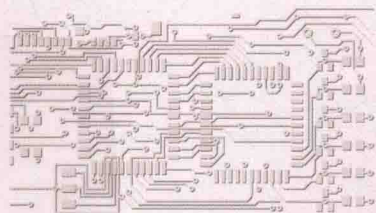


普通高等教育“十二五”规划教材

模拟电子技术

MONI DIANZI JISHU

主 编 刘联会 郭洪涛
副主编 肖蕾蕾 屈宝丽 赵 倩
史二娜 王月太



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十二五”规划教材

模拟电子技术

主 编 刘 联 会 郭 洪 涛
副 主 编 肖 蕾 蕾 屈 宝 丽 赵 倩
史 二 娜 王 月 太



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书内容包括半导体器件、放大电路基础、放大电路中的负反馈、信号产生电路、集成运算放大电路、直流稳压电源等内容。

本书可作为高等院校电气、电子、通信及自动化等专业的“模拟电子技术”课程教材,也可作为“电子技术基础”模拟部分教材,还可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术 / 刘联会, 郭洪涛主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2017. 1
ISBN 978-7-5635-4548-3

I. ①模… II. ①刘… ②郭… III. ①模拟电路—电子技术 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 007182 号

书 名: 模拟电子技术

著作责任者: 刘联会 郭洪涛 主编

责任编辑: 刘 颖

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 保定市市画美凯印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 10.25

字 数: 239 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4548-3

定价: 22.00 元

· 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

模拟电子技术是电子、电气、通信及自动化等专业一门重要的专业基础与技术基础课,同时又是一门实践性和应用性很强的课程。为了更好地实现理论和实践相结合及因材施教的方针,满足培养应用型、技能型人才的要求,我们遵照内容删繁就简、突出主线、突出重点,做到既为后续课程服务,又注重学生工程应用能力的培养的原则而编写了本教材。

本教材内容包括半导体器件、放大电路基础、放大电路中的负反馈、信号产生电路、集成运算放大电路、直流稳压电源等内容。内容按“先器件后电路、先小信号后大信号、先直流后交流、先基础后应用”的原则进行安排;按“提出问题,启发理顺思路,突出主干,引导,总结规律,举一反三”的原则进行,沿主干方向由浅入深、由简到繁、承前启后、相互呼应、应用举例、激发兴趣,以便达到较好的教学效果。在每一节中,力图沿主干方向,重点解决一两个主要问题,使难点分散,利于学生把握重点,突破难点。

本教材在内容选取方面,除了系统讲授电子电路的经典内容外,适当引入电子技术的新器件、新技术、新方法,来扩展知识面、开阔视野,以适应电子技术发展的需要。作为一门实践性和应用性很强的课程,在理论与实践结合方面,除了注重培养学生的工程应用能力外,还注意了对学生设计能力的开发,每章都设有技能题,学生做完这类题后,可到实验室搭试验证。

本教材可作为高等院校电气、电子、通信及自动化等专业的“模拟电子技术”课程教材,也可作为“电子技术基础”模拟部分教材,还可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

本教材由西安交通工程学院模拟电子技术教研组教师共同完成。肖蕾蕾编写第1章,屈宝丽编写第2章,赵倩编写第3章,史二娜编写第4~5章,王月太编写第6~7章。刘联会、郭洪涛任主编并统稿。

对本教材参考文献的著作者,我们致以真诚的感谢。限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编 者

2017年1月

目 录

第 1 章 半导体器件	1
1.1 半导体基础知识	1
1.1.1 本征半导体	1
1.1.2 杂质半导体	2
1.1.3 PN 结及其特性	3
1.2 半导体二极管	5
1.2.1 二极管的结构与符号	5
1.2.2 二极管的特性	6
1.2.3 二极管的主要参数	8
1.2.4 二极管的识别与检测	9
1.2.5 二极管基本应用电路	9
1.2.6 特殊二极管	12
1.3 半导体三极管	15
1.3.1 三极管的结构及分类	15
1.3.2 三极管的电流放大作用	16
1.3.3 三极管特性曲线	18
1.3.4 三极管的主要参数	20
1.3.5 温度对三极管特性和参数的影响	21
1.3.6 三极管的命名及判断	21
1.4 场效应管	22
1.4.1 场效应管分类和基本结构	22
1.4.2 场效应管工作原理	24
1.4.3 场效应管的主要参数及特点	27
本章小结	28
本章习题	29
第 2 章 基本放大电路	32
2.1 共射极交流放大电路	33
2.2 共基极放大电路分析与计算	35
2.3 共射极放大电路分析与计算	37

2.4 共集电极放大电路分析与计算	44
2.5 分压偏置电路及静态工作点分析	47
2.6 多级放大电路	50
2.7 放大电路的三种基本组态	53
2.8 调谐放大电路	56
2.9 放大电路中的负反馈	61
2.10 功率放大电路	62
本章小结	67
本章习题	67
第3章 集成运算放大器	73
3.1 零点漂移	73
3.1.1 直接耦合放大电路的零点漂移	73
3.1.2 产生零点漂移的原因和抑制零点漂移的方法	74
3.2 差动放大电路	74
3.2.1 差动放大电路的基本形式及抑制零漂的原理	75
3.2.2 输入信号类型及差动放大电路的放大倍数	75
3.2.3 长尾式差动放大电路	77
3.2.4 差动放大电路的四种形式	79
3.3 集成运算放大器简介	82
3.3.1 集成运放的产生和特点	83
3.3.2 集成运放的分类	84
3.3.3 集成运放电路的组成及各部分的作用	85
3.3.4 集成运算放大器的符号	87
3.3.5 集成运算放大器的主要性能指标	88
本章小结	89
本章习题	89
第4章 放大电路中的负反馈	91
4.1 反馈的基本概念及分类	91
4.1.1 反馈的基本概念	91
4.1.2 反馈的分类	92
4.1.3 反馈类型的判别方法	92
4.2 负反馈放大电路的基本类型	93
4.3 负反馈对放大电路性能的改善	95
4.3.1 减小非线性失真	95
4.3.2 提高增益稳定性	96
4.3.3 扩展频带	96

4.3.4 对输入电阻和输出电阻的影响.....	96
4.4 深度负反馈放大电路的分析.....	98
4.4.1 深度负反馈的特点.....	98
4.4.2 深度负反馈电路的参数估计.....	98
4.5 负反馈放大电路的自激振荡.....	101
4.5.1 产生自激振荡的原因和条件.....	101
4.5.2 消除自激振荡的方法.....	101
本章小结.....	102
本章习题.....	103
第5章 集成运算放大器的应用	105
5.1 概述.....	105
5.1.1 理想运放的性能指标.....	105
5.1.2 集成运放的电压传输特性.....	105
5.2 基本运算电路.....	106
5.2.1 比例运算.....	106
5.2.2 加法运算电路.....	108
5.2.3 减法运算电路.....	109
5.2.4 微积分运算.....	111
5.3 滤波电路.....	112
5.3.1 无源滤波器.....	113
5.3.2 有源滤波器.....	113
5.4 电压比较器.....	115
5.4.1 单门限电压比较器.....	115
5.4.2 迟滞电压比较器.....	116
本章小结.....	118
本章习题.....	118
第6章 振荡电路	120
6.1 正弦波振荡电路.....	120
6.1.1 概述.....	120
6.1.2 RC 正弦波振荡电路.....	121
6.1.3 LC 正弦波振荡电路.....	123
6.1.4 石英晶体正弦波振荡电路.....	128
6.2 非正弦波振荡电路.....	130
6.2.1 矩形波振荡电路.....	130
6.2.2 三角波振荡电路.....	131
6.2.3 锯齿波发生电路.....	132

本章小结.....	133
本章习题.....	134
第7章 直流电源	137
7.1 直流电源的组成	137
7.2 整流电路	137
7.2.1 单相半波整流电路	138
7.2.2 单相全波整流电路	139
7.2.3 单相桥式整流电路	141
7.3 滤波电路	143
7.3.1 电容滤波电路	143
7.3.2 其他形式的滤波电路	144
7.4 稳压电路	145
7.4.1 稳压管稳压电路	145
7.4.2 串联型稳压电路	147
7.4.3 开关稳压电路	151
本章小结.....	154
本章习题.....	154

第 1 章 半导体器件

1.1 半导体基础知识

自然界中的各种物质,按导电能力强弱,可分为导体、绝缘体和半导体三大类。其中导体具有良好的导电特性,常温下其内部存在大量的自由电子,它们在外电场作用下做定向运动形成较大的电流,金属一般为导体,如银、铜、铝、铁等。绝缘体由于其内部几乎没有带电粒子,即使外加很高电压也无电流通过,导电性能极差,如橡胶、塑料等均为绝缘体。半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质,常用的半导体材料有(Ge)、硅(Si)等。

半导体导电能力在外界其他因素的作用下会发生显著变化。例如,当半导体温度升高时,其导电能力会随温度的升高而增强,这种特性称为热敏性。利用半导体的热敏性可制成热敏元件,如热敏电阻。当半导体受到光照射时,导电性能也会随光照增强而增强,这种特性称为光敏性。利用半导体的光敏性可制成光敏元件,如光敏电阻、光敏二极管等。往纯净的半导体中掺入极其微量的杂质元素时,其导电能力将大大增强。例如,在纯硅中掺入百万分之一的硼后,硅的电阻率就从大约 $2\,000\,\Omega\cdot\text{m}$ 减小到 $0.000\,4\,\Omega\cdot\text{m}$ 左右。这种特性称为掺杂性。利用掺杂半导体可以制成晶体二极管、晶体三极管、场效应管等半导体器件。

1.1.1 本征半导体

完全纯净的、不含杂质的半导体称为本征半导体。在电子器件中,用得最多的半导体材料是硅和锗,它们都是四价元素,在原子结构中最外层轨道上都有四个价电子。为便于讨论,采用原子结构简化模型。对于单晶体硅或锗,每个原子都和周围相邻的四个原子以共价键的形式互相紧密地结合起来形成稳定的共价键结构,如图 1-1 所示。

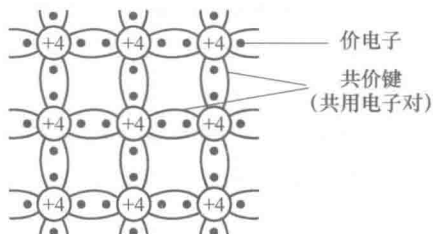


图 1-1 硅和锗的共价键结构

由于共价键的存在,共价键中的价电子将受共价键的束缚,使本征半导体中不像导体那样有大量自由移动的电荷,但当温度升高或受到光照时,共价键中的少数价电子由于热运动而获得足够的能量,从而摆脱共价键的束缚而成为自由电子,同时必然在共价键中相应位置上留下一个空位,称为空穴,如图 1-2 所示。在本征半导体中,自由电子和空穴总是成对出现,称它们为电子-空穴对。由于热和光照的作用,本征半导体中产生电子-空穴对的现象称为本征激发,也称热激发。在本征半导体中,电子和空穴的数量总是相等的。

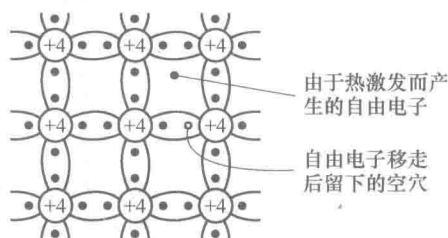


图 1-2 本征激发产生的电子-空穴对

因此,本征半导体中存在两种导电的粒子,一种是带负电荷的自由电子,另一种是可以视为带正电荷的粒子-空穴。自由电子和空穴在外电场的作用下都会定向移动形成电流,所以人们把它们统称为载流子,只不过两种载流子移动的方向相反,如图 1-3 所示。由于常温下本征激发产生的自由电子和空穴的数目很少,所以本征半导体的导电性能很差。但由于半导体具有热敏特性和光敏特性,当温度升高或光照增强时,本征半导体内的自由电子运动加剧,载流子数目增多,导电性能提高。并且半导体具有掺杂特性,如果在本征半导体中通过一定的工艺掺入少量的特定杂质,其导电性能也会极大提高。

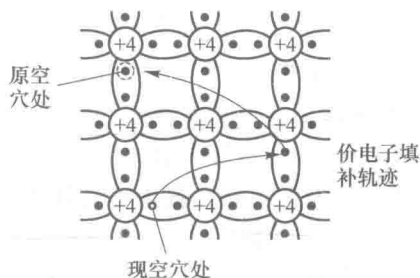


图 1-3 电子和空穴两种载流子的移动

由于热运动,一方面本征半导体不断产生电子-空穴对,另一方面自由电子与空穴又会不断重新结合,这是一种完全相反的过程,称为复合。在一定的温度下,自由电子和空穴最终达到动态平衡,载流子维持一定数目。从宏观上看,两种载流子的浓度保持定值并且相等。但是这个定值与温度有关,当温度发生变化时,即在新的动态平衡状态下,它将保持新的定值。载流子浓度影响本征半导体的导电能力,温度越高,载流子数量越多,导电能力越强。所以,温度对半导体器件性能的影响很大。

1.1.2 杂质半导体

在本征半导体中掺入微量的杂质就会得到导电性能不同的半导体材料。根据半导体掺杂的不同,可制成 N 型半导体和 P 型半导体。

1. N 型半导体

如果在本征半导体硅(或锗)晶体中掺入微量的五价元素,如磷,由于五价的磷原子同

相邻四个硅或锗原子组成共价键时,有一个多余的价电子不能构成共价键,这个价电子只受杂质原子核的束缚,因此,在常温下,这个价电子很容易脱离原子核的束缚而成为自由电子,从而大幅提高其导电能力,这类杂质半导体称为N型半导体,也称电子型半导体,如图1-4所示。在N型半导体中,自由电子成为半导体导电的多数载流子(简称多子),空穴成为少数载流子(简称少子)。就整块半导体来说,它既没有失去电子也没有得到电子,所以呈电中性。

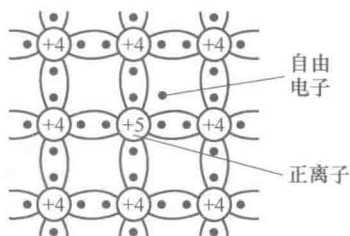


图1-4 N型半导体

2. P型半导体

如果在本征半导体硅(或锗)的晶体中掺入微量的三价元素(如硼),三价的硼原子与周围硅原子组成共价键时,因缺少一个电子,很容易吸引相邻硅原子上的价电子而产生一个空穴,从而也将大幅提高其导电能力。这类杂质半导体称为P型半导体,也称空穴型半导体,如图1-5所示。在P型半导体中,空穴成为半导体导电的多数载流子,自由电子成为少数载流子。就整块半导体来说,它既没有失去电子也没有得到电子,所以也呈电中性。

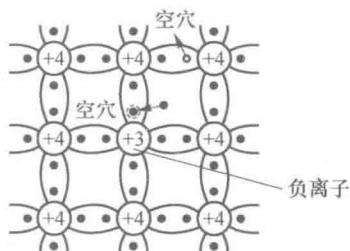


图1-5 P型半导体

综上所述,杂质半导体的导电能力主要取决于多数载流子的浓度,而多数载流子主要由掺杂产生,所以多数载流子浓度取决于掺杂浓度,它基本上不受温度影响。而少数载流子由本征激发产生,其浓度与温度有关,温度越高,其值越大,反之越小。

1.1.3 PN结及其特性

1. PN结的形成

通过一定掺杂工艺,在一片完整晶片上的两边分别形成P型半导体和N型半导体,在P型和N型半导体交界面的两侧,由于P型半导体中空穴浓度高、电子浓度低,而N型半导体中电子浓度高、空穴浓度低,因此在交界面附近电子和空穴都要从浓度高的地方向浓度低的地方扩散。P区的空穴要向N区扩散,并与N区的电子复合,在P区一侧因失去空穴就留下了不能移动的负离子空间电荷区。同样,N区的电子要向P区扩散,并与P区的空穴复合,在N区一侧因失去电子就留下了不能移动的正离子空间电荷区,如图1-6所示。这样在两种半导体的交界面就形成了一个不能移动的正负离子空间电荷区。

如图1-6所示,可以看出空间电荷区会产生一个内电场,方向由N区指向P区,内电场对多数载流子的扩散运动起阻碍作用,但对少数载流子却起到推动作用,使它们向扩散运动相反的方向运动,越过空间电荷区,进入对方。少数载流子在内电场作用下有规则的定向运动称为漂移运动。扩散运动和漂移运动是相互联系又相互矛盾的,在一定条件下(例如,温度一定),最终两者达到动态平衡,空间电荷区的宽度基本稳定下来,形成了稳定

的 PN 结。空间电荷区中几乎没有可移动的载流子,所以又叫耗尽层。

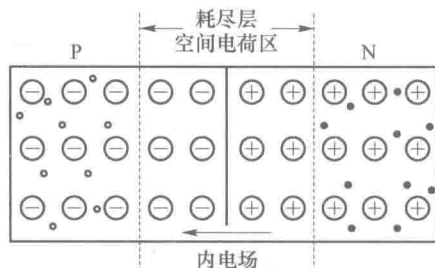


图 1-6 PN 结的形成

2. PN 结的单向导电性

将 P 区接电源的正极, N 区接电源的负极, 如图 1-7 所示, PN 结处于正向偏置状态, 简称正偏。此时外加电压在空间电荷区形成的电场与内电场方向相反, 削弱了内电场, 使空间电荷区变窄。显然, 多数载流子的扩散作用大于少数载流子的漂移作用, 在电源的作用下, 多数载流子向对方区域扩散形成正向电流 I_F , 其方向在 PN 结中是从 P 区流向 N 区。在一定的范围内, 外加正向电压越大, 正向电流就越大, 此时 PN 结呈现低阻态, 这种状态称为 PN 结的正向导通状态。

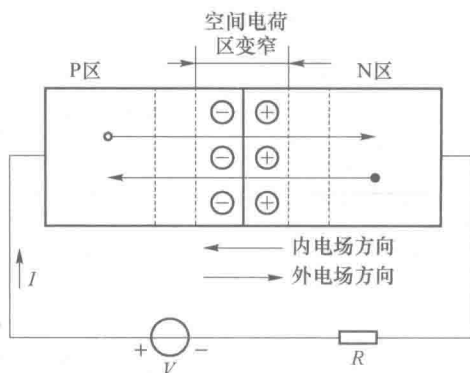


图 1-7 PN 结外加正向电压

将 P 区接电源的负极, N 区接电源的正极, 如图 1-8 所示, PN 结处于反向偏置状态, 简称反偏。此时外加电压在空间电荷区内形成的电场与内电场方向一致, 因而内电场增强了, 使空间电荷区变宽, 阻碍了多数载流子的扩散运动。少数载流子在电场力的作用下做漂移运动, 其电流方向由 N 区流向 P 区, 称为反向电流。由于反向电流是由少数载流子形成的, 故反向电流很小, PN 结的反向电阻很高, 即 PN 结处于截止状态。

综上所述, 当 PN 结正偏时, 呈现较小的电阻, 正向电流较大, PN 结是导通的; 当 PN 结反偏时, 呈现较大的电阻, 反向电流较小, 几乎没有电流通过, 可认为 PN 结是截止的。因此, PN 结具有单向导电性, 它就像一道阀门, 广泛应用于半导体器件中。

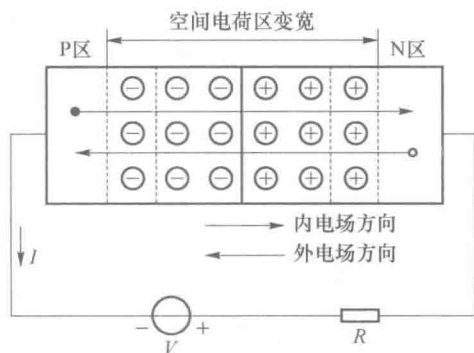


图 1-8 PN 结外加反向电压

1.2 半导体二极管

1.2.1 二极管的结构与符号

半导体二极管的核心就是一个 PN 结。在形成 PN 结的 P 区和 N 区两侧分别引出两根金属引线,并用管壳封装,就可制成一个半导体二极管。半导体二极管组成示意图如图 1-9(a)所示。从 P 区引出的线称为二极管的阳极(或正极),从 N 区引出的线称为二极管的阴极(或负极)。二极管的电路符号如图 1-9(b)所示。图形符号中的三角形实际上是一个箭头,箭头背向相连的电极为正极,记为“+”,箭头指向相连的电极为负极,记为“-”。文字符号在本书中用“VD”表示(国家标准规定符号)。

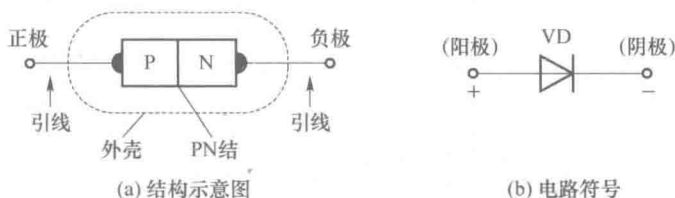


图 1-9 二极管结构示意图和电路符号

半导体二极管的类型很多,按所用材料划分,可分为硅管和锗管;按制造工艺划分,可分为点接触型、面接触型和硅平面型三类,其结构示意图如图 1-10 所示。

1. 点接触型二极管

其结构如图 1-10(a)所示,由于点接触型二极管金属丝很细,形成的结面积很小,故极间电容很小,适合于高频下工作,主要应用于小电流的整流、高频检波电路中,还可用作数字电路里的开关元件。

2. 面接触型二极管

其结构如图 1-10(b)所示,它的结面积大,能承受较大的电流,但其结电容较大,故只能在较低的频率中工作,可用于较大电流、较低频率的整流电路中。

3. 硅平面型二极管

其结构如图 1-10(c)所示,结面积大的可通过较大的电流,适用于大功率整流;结面积小的结电容小,适用于在数字电路中作开关使用。

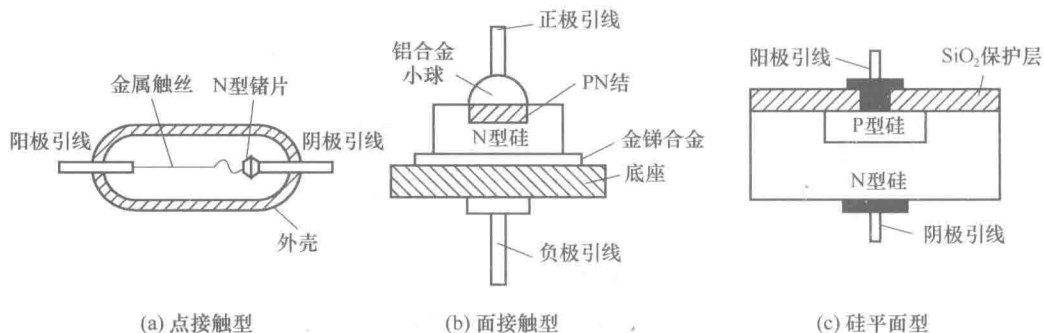


图 1-10 二极管的结构

1.2.2 二极管的特性

1. 二极管的单向导电性

如图 1-11 所示,在电路中将二极管阳极接电源正极,阴极接电源负极,这种接法称为二极管正向偏置,此时电流表中显示有较大电流流过。这时二极管为导通状态,流过二极管的电流 I_F 称为正向导通电流。

如图 1-11 所示,在电路中将二极管反接,二极管阳极接电源负极,阴极接电源正极,这种接法称为二极管反向偏置。此时电流表中显示流过电流很小,几乎为零,这时二极管为截止状态。在二极管未反向击穿的情况下,流过该二极管的微小电流基本上不随外加反向电压的变化而变化,故称为反向饱和电流(亦称反向漏电流),用 I_S 表示。反向饱和电流很小,但它会随温度上升而显著增加。故半导体二极管的热稳定性较差,一般硅管的热稳定性比锗管要好,因此在使用半导体二极管时,一定要考虑环境温度对器件及其所在电路的影响。

二极管这种正向导通、反向截止的特性称为二极管的单向导电性。

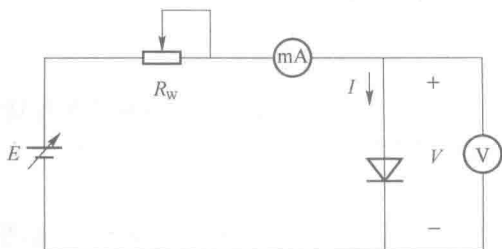


图 1-11 半导体二极管单向导电性实验与伏安特性的测试

2. 二极管的伏安特性

在图 1-11 所示的电路中,使用电压表测定二极管两端的电压,使用电流表测定流过二极管电流。通过改变电位器 R_w 的电阻值,来改变加在二极管两端的电压。通过实验测得结果,得出如图 1-12 所示的二极管的伏安特性曲线。

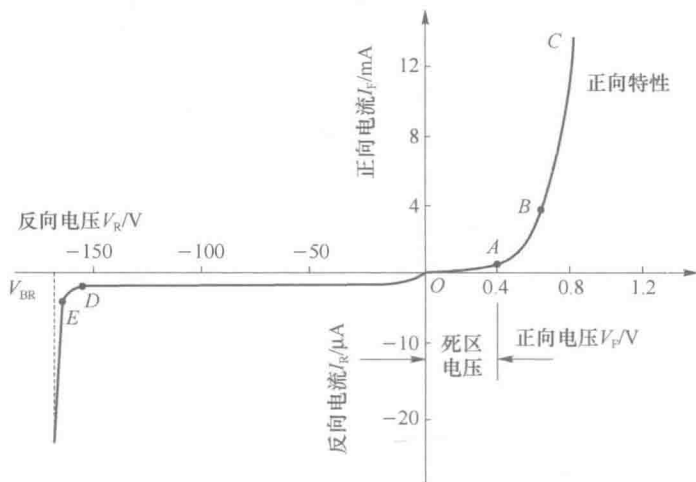


图 1-12 半导体二极管伏安特性曲线

(1) 正向特性

对于图 1-12 的 OC 段为正向特性。在正向特性的起始部分,如图 1-12 中 OA 段所示,即二极管正向电压低于某一数值时,正向电流很小,几乎为零,这是由于外电场远不足以克服 PN 结内电场对多数载流子扩散运动所造成的阻力,即正向电压较小时有一段“死区”,对应的 A 点电压称为死区电压(或门限电压),锗管约为 0.1 V,硅管约为 0.5 V。当二极管两端所加电压超过门限电压时,正向电流随着外加电压增加而急剧增大,其伏安特性曲线为图 1-12 中 AB 段,正向电压稍有变化,正向电流急剧增加,此时二极管为导通状态。BC 段曲线近似于直线,称为线性区,在此区域当正向电流在一定范周内变化时,二极管两端正向导通电压近似为恒压,锗管为 0.2~0.3 V,硅管为 0.6~0.8 V。在工程上,二极管的导通电压一般锗管取 0.3 V,硅管取 0.7 V。

(2) 反向特性

如图 1-12 中 OD 段所示,当二极管反向偏置时,二极管中有微小电流通过,称为反向饱和电流 I_S ,反向饱和电流 I_S 基本上不随反向电压的变化而变化,此时二极管呈现非常大的反向电阻,工作于截止状态,在电路中相当于开关的断开状态。

二极管的反向饱和电流 I_S 越小,表明二极管的反向性能越好。小功率锗管反向饱和电流可达几微安至几十微安,小功率硅管的反向饱和电流在 $1 \mu\text{A}$ 以下。

如图 1-12 所示,当由 D 点继续增加反偏电压时,反向电流将急剧增大,这种现象称为反向击穿,对应的临界电压称为反向击穿电压,用 V_{BR} 表示。普通二极管、整流二极管等不允许工作在该状态,因为二极管反向击穿后,如果没有采取适当的限流措施,将使二极管 PN 结过热而损坏。

(3) 温度对二极管特性的影响

由于二极管具有热敏性,其导电特性与温度有关,因此其伏安特性随温度变化而变化,温度升高,正向特性曲线将左移,反向特性曲线将下移。其规律是:从正向特性看,在接近室温,同一电流的作用下,温度每升高 1°C ,正向电压将减少 $2\sim 2.5 \text{ mV}$ 。从反向特

性看,温度每升高 10°C ,反向电流增大约一倍。此外,当温度升高时,二极管的反向击穿电压 V_{BR} 会有所减小。

(4) 二极管伏安特性的数学表达式

由半导体物理的理论分析可知,二极管的伏安特性可用下面的数学表达式表示:

$$i = I_{\text{S}}(\text{e}^{\frac{V}{V_{\text{T}}}} - 1) \quad (1-1)$$

其中, i 为通过二极管的电流, I_{S} 为二极管的反向饱和电流, V 为二极管两端的电压, $V_{\text{T}} = kT/q$ 称为 T 的电压当量。其中 k 为玻耳兹曼常数, T 为热力学温度, q 为电子的电量,常温下,即 $T = 300\text{K}$ 时, $V_{\text{T}} \approx 26\text{mV}$ 。

1.2.3 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_{F}

I_{F} 是二极管长期运行时,允许通过的最大正向平均电流。此值取决于 PN 结的面积、材料和外部散热条件。实际应用时,通过二极管的正向平均工作电流不能超过 I_{F} ,否则二极管将因温升过高而烧毁。

(2) 最高反向工作电压 V_{RM}

V_{RM} 是二极管正常工作时,允许外加的最大反向工作电压。当反向电压超过此值时,二极管可能被击穿而损坏。为了确保二极管工作安全,通常取击穿电压的一半作为 V_{RM} 。

(3) 反向电流 I_{R}

I_{R} 是指二极管未击穿时的反向电流。此值越小,表示二极管的单向导电性越好。由于反向电流是由少数载流子形成,故 I_{R} 对温度非常敏感。

(4) 最高工作频率 f_{M}

f_{M} 是保证二极管具有良好单向导电性能的最高工作频率。它的大小与 PN 结的结电容有关,结电容越小,则二极管允许的最高工作频率越高。当工作频率过高时,二极管将失去单向导电性能。

二极管各主要参数可以从半导体器件手册中查找,表 1-1 列出了几种二极管的典型参数,可供选择时参考。

表 1-1 几种二极管的典型参数

型号	参数				备注
	I_{F}/mA	V_{RM}/V	$I_{\text{R}}/\mu\text{A}$	f_{M}	
2AP1	16	20	≤ 250	150 MHz	点接触型锗管
2AP7	12	100	≤ 250	150 MHz	
2CZ52A	100	25	≤ 100	3 kHz	面接触型硅管
2CZ52D	100	200	≤ 100	3 kHz	
2CZ56E	1 000	100	≤ 500	3 kHz	加铝散热板
2CZ55C	3 000	300	$\leq 1\,000$	3 kHz	

1.2.4 二极管的识别与检测

1. 从型号命名识别二极管的材料、类型和规格

国家标准(GB249—74)规定,国产半导体器件的型号由五部分组成,其符号及意义如表 1-2 所示。如 2CP9:“2”代表极数为 2,“C”表示 N 型硅材料,“P”表示普通管,“9”表示序号。

表 1-2 半导体二极管器件型号组成部分的符号及意义

第 1 部分		第 2 部分		第 3 部分		第 4 部分	第 5 部分
用数字表示器件的电极数目		用字母表示器件的材料和极性		用字母表示器件的类型		用数字表示器件的序号	用字母表示器件的规格号(可缺)
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N 型,锗材料	P	普通管		
		B	P 型,锗材料	Z	整流管		
		C	N 型,硅材料	K	开关管		
		D	N 型,硅材料	W	稳压管		

2. 二极管的简易测试

对于极性不明的二极管,可用指针式万用表电阻挡通过测量二极管的正、反向电阻值来判别其阳极、阴极,具体测试方法如图 1-13 所示。

将万用表置于 $R \times 1\text{ k}$ 或 $R \times 100$ 挡,将万用表两根表笔与二极管两端相接,将黑、红表笔分别接二极管两端,若测得电阻阻值小,再将黑、红表笔对调测试,若测得阻值大,则表明二极管是好的;在测得阻值小的那次中,黑表笔所接一端是阳极,红表笔所接一端是阴极;若使用数字万用表则相反,红表笔是阳极,黑表笔是阴极,但数字表的电阻挡不能用来测量二极管,必须用二极管挡。

若两次测得的阻值均为零或均为无穷大,表明二极管内部短路或断路,该二极管已损坏。

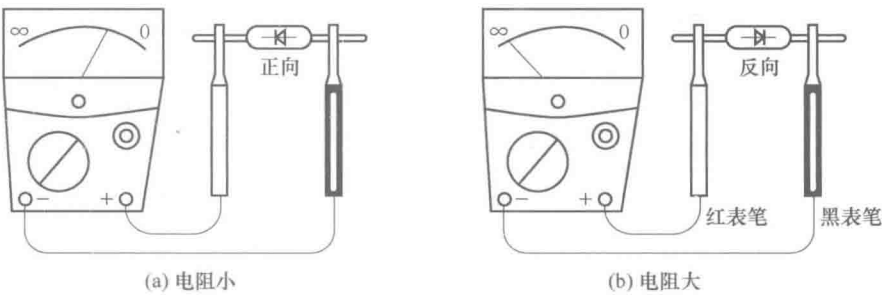


图 1-13 二极管性能简易测试

1.2.5 二极管基本应用电路

二极管的应用范围很广,如整流电路、限幅电路、检波电路以及数字电路(在数字电路