

电子信息工程系列教材

低频模拟电路

主编 熊年禄



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

TN710/202

2008

电 子 信 息 工 程 系 列 教 材

低频模拟电路

主 编 熊年禄
副主编 孙利华 黄翠翠 陈 荣
蔡红娟 刘江海



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

低频模拟电路/熊年禄主编. —武汉:武汉大学出版社, 2008. 1

电子信息工程系列教材

ISBN 978-7-307-06071-5

I. 低… II. 熊… III. 低频—模拟电路—高等学校—教材
IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008292 号

责任编辑:黄金文 史 敏

责任校对:刘 欣

版式设计:詹锦玲

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:湖北新华印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:11.625 字数:271 千字

版次:2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-06071-5/TN·27 定价:21.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

电子信息工程系列教材

编 委 会

主 任: 王化文

编 委: (以姓氏笔画为序)

王代萍 王加强 李守明 余盛武 殷小贡 唐存琛

章启俊 焦淑卿 熊年禄

执行编委: 黄金文, 武汉大学出版社计算机图书事业部主任, 副编审



内 容 提 要

本书是二级学院 IT 类专业的专业基础课程教材，主要包括半导体二极管、三极管（BJT）组成原理，BJT 和场效应管单管放大电路分析，多级放大电路简析，放大电路的频率响应，集成运算放大与信号处理电路，电路的反馈和振荡，小功率直流稳压电路等。本书概念清晰，叙述深入浅出，图文并茂。既可作为二级学院 IT 类专业，包括电子信息工程、通信工程、应用计算机技术、机电类和自动控制类等电子类专业本、专科教材，也可作为高职、高专和自学考试及各类成人教育相关专业的教材。对有关工程技术人员而言，本书也不失为一本有用的参考书。



前言



当前, 二级学院 IT 类专业在选用低频模拟电子线路教材时, 大多使用一、二类本科教材。这类教材一般强调理论系统化, 内容过广过深, 在二级学院 IT 类专业特别是电子类专业的低频模拟电路教学实践中产生了极大的不便, 一方面学生不易读懂教材, 另一方面老师不易把握教学难度的分寸。因此, 编写适合该层次教学特点与规律的教材是非常必要的。作者在二级学院相关专业从教多年, 根据教育部高教司制定的电子技术教学基本要求, 结合作者多年的教学实践经验和体会而编写了本教材。

本教材讨论的是电子技术的初步知识, 是学生关于电子线路知识方面的入门课程。本书遵循“以实用为主, 理论够用为度”的原则, 希望学生在学习完本课程后, 能掌握常用电子线路基本结构和初步分析方法, 为后继课程和将来从事电子技术及相关方面的工作打下良好的基础。

全书共分 6 章, 内容如下:

第 1 章叙述常用半导体材料的类型和导电特性, PN 结的形成过程及 PN 结正、反偏的概念及对应的导电特性。

第 2 章讨论基本单级放大电路。单管放大器是低频模拟电路中最基本、最常用的电路。本章介绍了各种单级放大电路(包括场效应管放大电路)的工作原理和分析方法。

第 3 章简要叙述放大器的频率响应问题。频率响应是设计、使用放大器必须考虑的问题, 是衡量放大器性能的重要指标之一。学生不仅需要知道放大电路对某一特定频率信号的放大作用, 还要知道它对某个频段中各种不同频率信号的放大特点。本章定量地分析了某个频段信号中高、低频段的放大特点。根据需要本章可以选讲。

第 4 章描述了集成运放电路的组成以及以它为主所构成的线性运算电路和常用的信号处理电路。集成运放电路实质上是一个高增益的多级直接耦合放大电路。本章特别强调了集成运放电路两个重要概念——“虚短”和“虚开”。用集成运放外加反馈网络可构成各种运算电路, 常见的有比例运算、加法、减法和微积分电路。集成运放还可对信号进行处理, 包括信号的滤波、信号幅度的比较与选择、信号的采样与保持等。本章对以上电路分别进行了详细的讨论。

第 5 章首先介绍正、负反馈的概念, 电流、电压正负反馈的判断和相关反馈量的计算等有关内容, 然后描述各种类型的振荡电路。反馈在电子电路中应用广泛, 负反馈可以多方面改善放大电路的性能, 正反馈则应用于各种振荡电路。负反馈电路是学生学习的难点, 本章以“相量”为基础, 对负反馈电路原理的分析和分类由浅入深, 便于学生理解掌握反馈的相关知识。

第 6 章讨论半导体小功率直流稳压电源。直流稳压电源作为直流电能的提供者, 它的性能良好与否直接影响整个电子产品的精度、稳定性和可靠性。本章分析了稳压电源的各部分包括整流电路、滤波电路、二极管稳压电路、串联稳压电路的工作原理与设计理念。特别地,

还介绍了集成稳压器及其使用。

根据二级学院教学实际情况而编制的本教材具有不同于其他一些教材的鲜明特色：

(1) 针对二级学院和高职高专教学特点，精选教材内容。根据“以实用为主，理论够用为度”的原则，选择学生能在后继课程和今后工作中常用的知识点为基础进行理论讨论和分析计算。因此，本书缩简篇幅，简化了教材的内容。概念描述清晰简练，学习目的明确，内容鲜明实用。

(2) 本书对每个问题的理论和概念的叙述力求由简到繁，深入浅出。去除了传统教材中的一些复杂的理论推导与计算，着重于结果的应用和物理意义的表述，特别是注重图解与形象化的描述。

(3) 习题的选择“少而精”。根据每章要求学生必须掌握的知识点，精选了相应的习题。这样不仅让学生在练习中加深了知识点的印象，掌握了所要求的知识点，而且也避免了学生学习负担过重而缺乏学习的自信心，从而有更多的精力从事该课程的教学实习。

(4) 全书结构合理，内容精辟，图文并茂。既方便教师课堂讲授，也利于学生自学。

本书第1章由蔡红娟和刘江海共同编写；第2章和第3章由熊年禄编写；第4章由孙利华编写；第5章由陈荣编写；第6章由黄翠翠编写。最后由熊年禄统筹、修订并统稿。

本书概念清晰，叙述深入浅出，图文并茂。既可作为二级学院 IT 类专业，包括电子信息工程、通信工程、应用计算机技术、机电类和自动控制类等电子类专业本、专科教材，也可作为高职、高专和自学考试及各类成人教育相关专业的教材。对有关工程技术人员而言，本书也不失为一本有用的参考书。

本书在编写过程中得到了李守明教授和王化文教授的关心和帮助。在本书出版的过程中，武汉大学出版社的黄金文副编审给予了大力支持和帮助。在此一并表示衷心的感谢。

教材学时要求：64 学时。先修课程：电路技术基础（电路分析基础）。

本教材参考学时分配如下表：

序号	内 容	理论	实践	合计
1	常用半导体元器件	12	4	16
2	放大电路基础	20	4	24
3	※ 放大电路的频率响应	8		8
4	集成运算放大电路	8	4	12
5	反馈与振荡	10	4	14
6	直流稳压电源	6	4	10
合计		64	20	84

作 者

2007 年 12 月



目 录

第 1 章 半导体器件	1
1.1 半导体器件的基础知识	1
1.1.1 导体、半导体和绝缘体	1
1.1.2 本征半导体	1
1.1.3 杂质半导体	2
1.1.4 PN 结	3
1.2 半导体二极管	5
1.2.1 半导体二极管的结构和类型	5
1.2.2 伏安特性	6
1.2.3 主要参数	6
1.2.4 特殊二极管	7
1.3 半导体三极管	8
1.3.1 半导体三极管的基本结构	8
1.3.2 电流传输方程	8
1.3.3 三极管的特性曲线	10
1.3.4 三极管的主要参数	11
1.3.5 三极管的分析模型	12
1.4 场效应管	13
1.4.1 结型场效应管	13
1.4.2 绝缘栅型场效应管	16
1.4.3 场效应管的主要参数和使用注意事项	18
习题 1	18
第 2 章 放大电路基础	20
2.1 概 述	20
2.2 共发射极放大电路	21
2.2.1 共发射极放大电路的基本概念	21
2.2.2 共发射极放大电路的分析计算	23
2.2.3 分压式射极偏置电路 ($C_e + R_e$ 电路)	35
2.3 共集电极放大电路 (射极输出器)	39
2.3.1 共集电极放大电路的组成	39
2.3.2 共集电极放大电路的静态工作点	39
2.3.3 电路的动态分析	40



2.3.4 射极输出器的特点及其应用	42
2.4 共基极放大电路	42
2.4.1 共基极放大电路的组成	42
2.4.2 共基极放大电路的静态工作点	42
2.4.3 共基极放大电路的动态分析	42
2.4.4 三种基本放大电路的比较	43
2.5 多级放大电路	44
2.5.1 多级放大电路的组成	44
2.5.2 多级放大电路的耦合方式	45
2.5.3 多级放大电路的动态分析	47
2.6 场效应管放大电路	49
2.6.1 场效应管放大电路的组成	49
2.6.2 静态工作点的计算	51
2.6.3 场效应管放大电路的动态分析	51
2.7 功率放大器	53
2.7.1 功率放大电路的特点及分类	53
2.7.2 乙类互补对称功率放大器	54
2.7.3 甲乙类互补对称功率放大器	57
习题 2	59
第 3 章 放大电路的频率响应	65
3.1 简单线性系统的频率响应	65
3.1.1 传递函数	65
3.1.2 简单线性网络的频率响应	65
3.2 共射放大电路的频率响应	68
3.2.1 三极管的频率参数	68
3.2.2 共射放大电路的频率响应	71
3.2.3 共集、共基放大电路的频率响应	73
3.2.4 多级放大电路的频率响应	75
习题 3	76
第 4 章 集成运算放大电路	78
4.1 简介	78
4.2 差分放大电路	78
4.2.1 差分放大电路的结构	78
4.2.2 差模信号与共模信号	79
4.2.3 差分放大电路的基本性能分析	80
4.3 集成运算放大器	81
4.3.1 集成运算放大器 ($\mu 741$) 的组成	81
4.3.2 集成运放的一般特性及主要参数	81



4.4 线性运算电路	83
4.4.1 比例运算电路	83
4.4.2 加法运算电路	86
4.4.3 减法运算电路	87
4.4.4 微积分运算电路	88
4.5 信号处理电路	90
4.5.1 有源滤波电路	90
4.5.2 电压比较器	94
4.5.3 精密整流电路	98
习题 4	100
 第 5 章 反馈与振荡	103
5.1 反馈的基本概念	103
5.1.1 反馈的方框图	103
5.1.2 反馈的分类和判别方法	104
5.2 负反馈放大器	110
5.2.1 负反馈的表示法	110
5.2.2 四种负反馈电路	112
5.2.3 深度负反馈	116
5.2.4 负反馈对放大电路性能的影响	118
5.2.5 负反馈电路工作的稳定性	123
5.3 正反馈与自激振荡	125
5.3.1 自激振荡	125
5.3.2 LC 正弦波振荡器	127
5.3.3 石英晶体振荡器	132
5.3.4 RC 正弦波振荡器	135
5.3.5 非正弦波振荡器	138
习题 5	141
 第 6 章 小功率直流稳压电源	147
6.1 概述	147
6.2 单相整流电路	148
6.2.1 单相半波整流电路	148
6.2.2 单相全波整流电路	150
6.2.3 单相桥式整流电路	151
6.2.4 倍压整流电路	152
6.3 滤波电路	153
6.3.1 电容滤波电路	153
6.3.2 其他形式的滤波电路	157
6.4 稳压电路	158



6.4.1 稳压电路的主要指标	159
6.4.2 硅稳压二极管稳压电路	159
6.4.3 线性串联型稳压电路	161
6.4.4 三端集成稳压器	163
习题 6	165
习题参考答案	168
参考文献	171



第1章 半导体器件



半导体器件是现代电子技术的重要组成部分,由于它具有体积小、重量轻、使用寿命长、输入功率小和功率转换效率高等优点而得到广泛的应用。本章首先介绍半导体的基本知识;接着讨论半导体器件的核心环节——PN 结,并重点阐述半导体二极管的物理结构、工作原理、特性曲线和主要参数,在此基础上,对肖特基二极管和光电器件的特性与应用给予了简要的介绍;随后重点讨论了半导体三极管的工作原理、特性曲线和主要参数及其基本组态;最后介绍了场效应管的基本结构和主要参数。

1.1 半导体器件的基础知识

1.1.1 导体、半导体和绝缘体

大自然的物质按其导电能力可以分为导体、半导体和绝缘体。自然界中很容易导电的物质称为导体,如常见的铜、铁、铝等都是良好的导体;另外有的物质几乎不导电,称为绝缘体,如橡皮、陶瓷、塑料和石英。而半导体是导电特性处于导体和绝缘体之间的物质,如锗、硅、砷化镓和一些硫化物、氧化物等。

半导体之所以被用来制造电子器件,不仅在于它的导电能力介于导体和绝缘体之间,而主要在于它的导电能力在外界作用下可能发生变化。例如,当受到外界热和光的作用时,它的导电能力明显变化;往纯净的半导体中掺入某些杂质,会使它的导电能力明显改变。为了揭示半导体的导电能力,必须研究半导体的原子结构。

1.1.2 本征半导体

1. 本征半导体的结构特点

现代电子学中,用得最多的半导体材料是硅和锗,所以在这里只讨论硅和锗的原子结构,图 1-1 是硅和锗的原子结构模型,它们的最外层电子(价电子)都是四个,是四价元素。

随着原子间的互相靠近,价电子相互作用并形成晶体。晶体的最终结构是四面体,每个原子(硅或锗)的周围都有 4 个邻近的(硅或锗)原子,分布在两个原子间的价电子构成共价键,图 1-2 为硅和锗的四面体结构。

硅和锗的四面体结构一般用二维平面图来表示,如图 1-3 所示。在晶体结构中,通过电子运动,每一半导体原子最外层的 4 个价电子与相邻的 4 个半导体原子的各一个价电子组成 4 对共价键,并按规律排列。图中的原子间每条线代表一个价电子。

2. 本征半导体的导电机理

本征半导体就是以上所说的一种纯净的半导体晶体。在热力学温度 $T=0\text{K}$ 且无外部激发

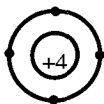


图 1-1 硅和锗原子结构简化模型

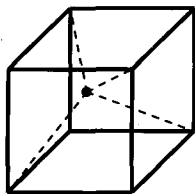


图 1-2 硅和锗四面体结构

能量时,每个价电子都处于最低能态,不能脱离共价键成为自由电子,此时的本征半导体被认为是绝缘体。

在常温下,由于热激发,使一些价电子获得足够的能量而脱离共价键的束缚成为自由电子,这一过程叫做本征激发。自由电子是带负电荷量的粒子,是本征半导体中的一种载流子。在外电场的作用下,自由电子将逆着电场方向移动形成漂移电流。价电子脱离共价键的束缚后,在原来的共价键上留下一个空位,称为空穴。在外部能量的作用下,空穴吸引附近的价电子过来填补,于是在邻近共价键中又出现新的空穴,这个空穴再被别处共价键中的价电子填补,从而形成空穴运动。空穴被看做是带正电荷的带电粒子,成为空穴载流子。图 1-3 所示是半导体中的两种载流子。

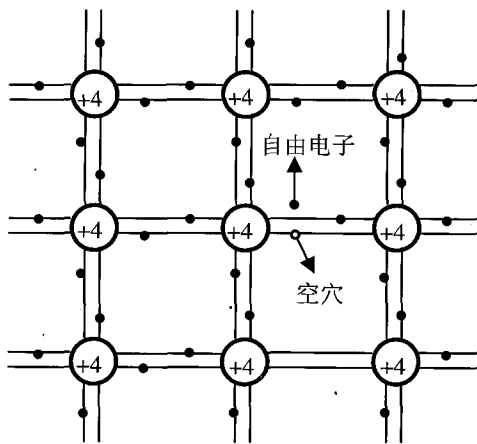


图 1-3 半导体中的两种载流子

综上所述,本征半导体中存在两种载流子:带负电荷的自由电子和带正电荷的空穴。它们是成对出现的,也叫电子空穴对。本征半导体的导电能力取决于载流子的浓度。温度越高,载流子的浓度越高,本征半导体的导电能力越强。因此,本征半导体中载流子的浓度除了与半导体材料本身的性质有关外,还与温度和光照有关。

1.1.3 杂质半导体

在本征半导体中掺入某些微量的杂质,可以使半导体中某种载流子浓度大大增加,从而使半导体的导电性能发生显著变化。利用这一特性,可以制成各种性能不同的半导体器件。

掺入杂质的本征半导体称为杂质半导体。根据掺入杂质性质的不同,可以分为两种:N型半导体和P型半导体。N型半导体是自由电子浓度大大增加的杂质半导体,也称为电子半导体;P型半导体是空穴浓度大大增加的杂质半导体,也称为空穴半导体。

1. N 型半导体

在硅或锗晶体中掺入少量的五价元素磷(或锑),晶体点阵中的某些半导体原子被杂质取代,磷原子的最外层有五个价电子,其中四个与相邻的半导体原子形成共价键,必定多出一个电子,这个电子几乎不受束缚,很容易被激发而成为自由电子,这样磷原子就成了不能移动的带正电的离子。每个磷原子给出一个电子,称为“施主原子”。

这种情况下,杂质半导体以自由电子导电为主,因而成为电子型半导体,或N型半导体。N型半导体中,自由电子是多数,称为多数载流子(多子),而空穴称为少数载流



子（少子）。

2. P 型半导体

在硅或锗晶体中掺入少量的三价元素，如硼（或镓），晶体点阵中的某些半导体原子被杂质取代，硼原子的最外层有三个价电子，与相邻的半导体原子形成共价键时，产生一个空穴。这个空穴可能吸引束缚电子来填补，使得硼原子成为不能移动的带负电的离子。由于硼原子接受电子，所以称为“受主原子”。

这种情况下，杂质半导体以空穴导电为主，因而成为空穴型半导体，或 P 型半导体。P 型半导体中，空穴是多数，称为多数载流子（多子），而自由电子称为少数载流子（少子）。

3. 杂质半导体的示意表示法

N 型半导体和 P 型半导体的二维结构示意图分别如图 1-4 和图 1-5 所示。N 型半导体和 P 型半导体均属于非本征半导体，其中多数载流子的浓度取决于掺入的杂质元素原子的密度，少数载流子的浓度主要取决于温度；而产生的离子，不能在外电场的作用下做漂移运动，不参与导电，不属于载流子。

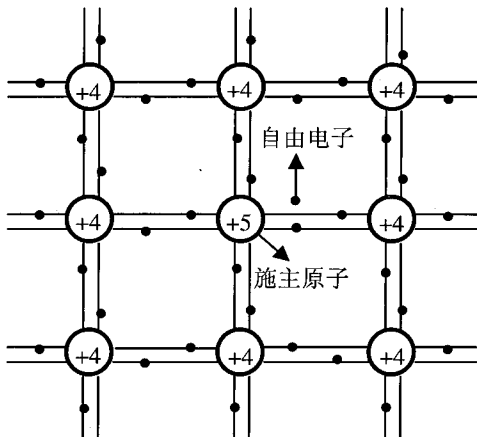


图 1-4 N 型半导体二维结构示意图

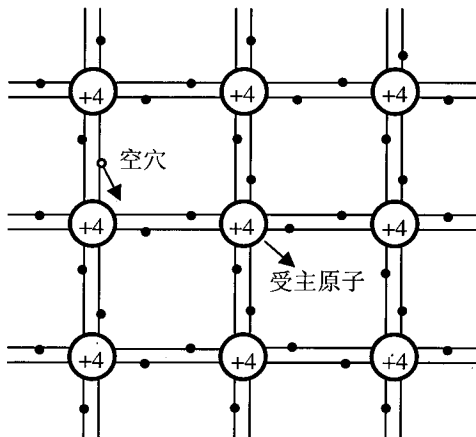


图 1-5 P 型半导体二维结构示意图

1.1.4 PN 结

1. PN 结的形成

对同一块半导体，一端掺入受主杂质，成为 P 型半导体；另一端掺入施主杂质，成为 N 型半导体，这两种杂质半导体紧密地接触在一起，其接触面形成一个 PN 结。

P 型半导体和 N 型半导体结合后，其界面处存在两种载流子浓度的差异，载流子将从浓度较高的区域向浓度较低的区域运动，这种运动叫做“扩散运动”，其形成的电流叫做“扩散电流”。图 1-6 中，P 区的多子空穴向 N 区扩散，而 N 区的多子自由电子向 P 区扩散。

当载流子通过两种半导体的交界面后，在交界面附近的区域里，P 区扩散到 N 区的空穴与 N 区的自由电子复合，N 区扩散到 P 区的自由电子与 P 区的空穴复合。因此，N 区一侧失去自由电子，P 区一侧失去空穴，留下了不能移动的正负离子，形成“空间电荷区”。这些正负离子在空间电荷区形成一个由 N 区指向 P 区的电场，称为“内电场”。扩散作用越强，空间电荷区越宽，内电场也越强。



另一方面,在内电场的作用下,P区和N区的少数载流子将做定向运动,这种运动称为“漂移运动”,其形成的电流叫做“漂移电流”。这样,N区交界面附近因扩散而失去的自由电子得到补充,从而减少了正离子;P区交界面附近因扩散而失去的空穴也得到补充,从而减少了负离子。因此,漂移运动的结果使空间电荷区变窄,其作用正好与扩散运动相反。

由此可见,多子的扩散运动和少子的漂移运动相互制约、相互促进,最后达到动态平衡,从而形成“PN结”(即“空间电荷区”),如图1-7所示。

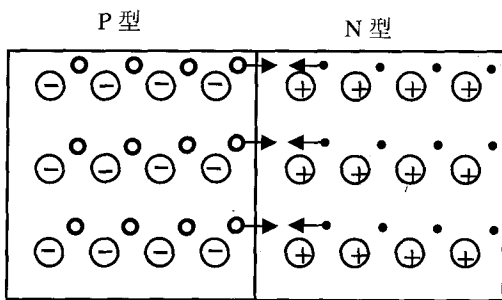


图 1-6 载流子的扩散

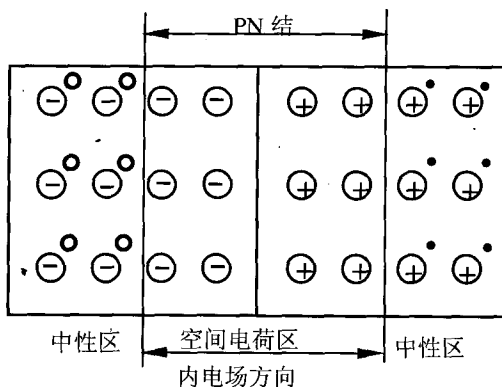


图 1-7 PN结的形成

2. PN结的单向导电性

在PN结两端加不同方向的电压,就可以破坏原来的平衡,从而呈现出单向导电性。

(1) 外加正向电压

如图1-8所示,给PN结外加直流电压(电源的正极接P区,负极接N区),则外电场和内电场极性相反。在外电场的作用下,多子向PN结移动,使空间电荷区变窄,即内电场减弱,此时的扩散运动大于漂移运动,从而形成较大的扩散电流。这种情况也称为PN结正向偏置。外加电压称为正向电压,形成的电流为正向电流。

(2) 外加反向电压

如图1-9所示,给PN结外加反向直流电压(电源的负极接P区,正极接N区),则外电场和内电场极性相同。在外电场的作用下,多子背离PN结移动,使空间电荷区变宽,即内电场增强,此时的漂移运动大于扩散运动,从而使扩散电流迅速减少。这种情况也称为PN结反向偏置。外加电压称为反向电压。反向电压作用下形成较小的漂移电流,称为反向电流,由于它不随反向电压而改变,故称为反向饱和电流。

综上所述,半导体中的载流子有两种运动方式:扩散运动和漂移运动。PN结两端不加外电压时,扩散运动与漂移运动相对平衡;PN结外加正向电压(正向偏置)时,多子的扩散形成较大的正向电流,PN结处于导通状态;外加反向电压(反向偏置)时,扩散运动被抑制,少子的漂移电流很小,PN结处于截止状态。因此PN结具有“正向导通,反向截止”的单向导电特性。

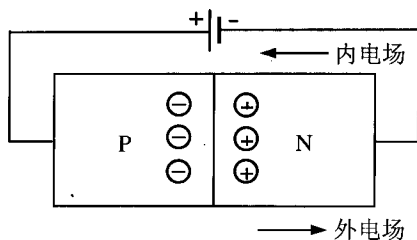


图 1-8 外加正向电压

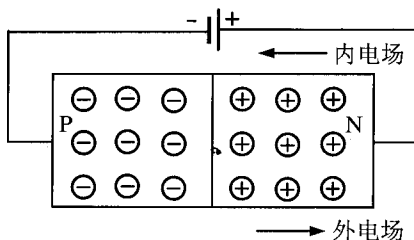


图 1-9 外加反向电压

1.2 半导体二极管

1.2.1 半导体二极管的结构和类型

PN 结两端各引出一个电极并加上管壳, 就形成了半导体二极管。PN 结的 P 型半导体一端引出的电极称为阳极, PN 结的 N 型半导体一端引出的电极称为阴极。半导体二极管按结构不同可分为点接触型、面接触型和平面型。

图 1-10 (a) 所示的是点接触型半导体二极管的结构。它由一根金属丝与半导体表面相接触, 经过特殊工艺, 在接触点上形成 PN 结, 作出引线, 加上管壳封装而成。点接触型二极管的 PN 结面积小, 高频性能好, 适用于高频检波电路、开关电路。

图 1-10 (b) 所示的是面接触型半导体二极管的结构。它的 PN 结是用合金法工艺制作而成的。面接触型二极管的 PN 结面积大, 可通过较大的电流, 一般用于低频整流电路中。

图 1-10 (c) 所示的是平面型半导体二极管。它的 PN 结是用扩散法工艺制作的。平面型二极管常用硅平面开关管, 其 PN 结面积较大时, 适用于大功率整流; 其 PN 结面积较小时, 适用于脉冲数字电路中做开关管使用。

二极管的符号如图 1-10 (d) 所示。

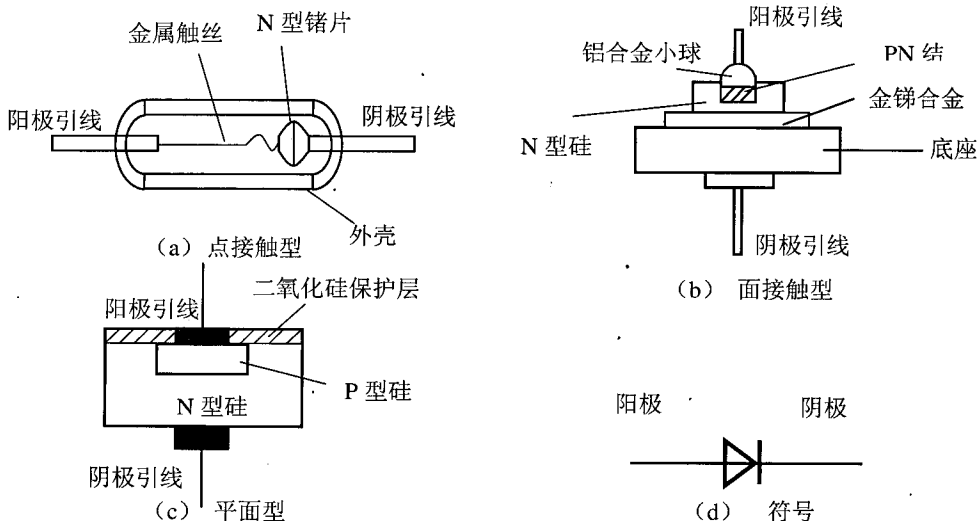


图 1-10 半导体二极管的结构和符号



1.2.2 伏安特性

二极管的核心是PN结,它的特性就是PN结的特性——单向导电性。常用伏安特性曲线来描述二极管的单向导电性。如图1-11所示,横坐标代表电压,纵坐标代表电流。

(1) 正向特性 (外加正向电压)

正向特性即二极管正向偏置时的电压与电流的关系。二极管两端加正向电压较小时,正向电压产生的外电场不足以使多子形成扩散运动,这时的二极管实际上还没有很好地导通,通常称为“死区”,二极管相当于一个极大的电阻,正向电流很小。

当正向电压超过一定值后,内电场被大大削弱,多子在外电场的作用下形成扩散运动,这时,正向电流随正向电压的增大迅速增大,二极管导通。该电压称为门槛电压(也称阈值电压),用 V_{th} 表示。在室温下,硅管的 V_{th} 约为0.5V,锗管的 V_{th} 约为0.1V。

二极管一旦导通后,随着正向电压的微小增加,正向电流会有极大的增加,此时二极管呈现的电阻很小,可认为二极管具有恒压特性。二极管的正向压降硅管约为0.6~0.8V(通常取0.7V),锗管约为0.2~0.3V(通常取0.2V)。

(2) 反向特性 (外加反向电压)

反向特性即二极管反向偏置时的电压与电流的关系。反向电压加强了内电场对多子扩散的阻碍,多子几乎不能形成电流,但是少子在电场的作用下漂移,形成很小的漂移电流,且与反向电压的大小基本无关。此时的反向电流称为反向饱和电流 I_S ,二极管呈现很高的反向电阻,处于截止状态。

(3) 反向击穿特性

反向电压增加到一定数值时,反向电流急剧增大,这种现象称为二极管的反向击穿。此时对应的电压称为反向击穿电压,用 U_{BR} 表示。实际应用中,应该对反向击穿后的电流加以限制,以免损坏二极管。

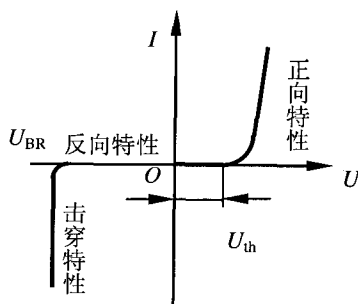


图1-11 硅二极管的伏安特性曲线

1.2.3 主要参数

(1) 最大整流电流 I_{OM}

最大整流电路是指二极管长期使用时,允许流过的最大正向平均电流。

(2) 反向击穿电压 U_{BR}

反向击穿电压是指二极管反向击穿时的电压值。击穿时,反向电流剧增,二极管的单向导电性被破坏,甚至过热而烧坏。手册上给出的最高反向工作电压是击穿电压的一半,以确保二极管安全工作。

(3) 反向饱和电流 I_S

反向饱和电流是指二极管加反向工作电压时的反向电流。反向电流大,说明管子的单向导电性差,因此反向电流越小越好。反向电流受温度的影响,温度越高反向电流越大。硅管的反向电流较小,锗管的反向电流要比硅管大几十倍到几百倍。