



高职高专“十一五”规划教材

电子技术基础

主编 张艳凤 滕颖辉

DIANZI JISHU
| JICHU |

 吉林大学出版社

参考文献

· 要 容 内

高职高专“十一五”规划教材

本书是“十一五”规划教材，由吉林出版集团吉林出版有限公司出版。本书共分两大部分：第一部分为绪论，第二部分为电路分析基础。本书可作为高职高专院校电子技术专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

电子技术基础

主 编 张艳凤 滕颖辉
副 主 编 姜洪雁 付立思
参编人员 张兴福 武银龙 应文博
李亮亮 李 彪

吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号
吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号
吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号

吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号
吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号
吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号

吉林大学出版社

吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号
吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号
吉林出版集团
吉林出版有限公司
长春市人民大街461号

内容提要

本书是高职高专机电类规划教材。它是根据高职高专的培养目标的要求和适合目前高职学生的特点而编写的,内容全面,语言通俗易懂,侧重应用。全书共十七章,分“模拟电子技术”和“数字电子技术”两大部分。模拟电子技术部分包括半导体二极管及其应用、半导体三极管及其放大电路、场效应晶体管及其基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器及其应用、功率放大电路、正弦波振荡器和直流稳压电源共八章。数字电子技术部分包括数字电路概述、逻辑函数及其化简、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生与整形、数模和模数转换、存储器和可编程逻辑器件简介共九章。而且,每章都有相应的小结和思考题。

本书可作为各种类型的高职高专院校的机电类、通信类、电子信息类、自动化类和计算机类等专业的教材,也可以作为本科院校中应用技术学院和中等职业技术学院中有关专业的选用教材,还可供从事电子技术的工程人员参考。

电子技术基础

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/张艳凤,滕颖辉主编. —长春:

吉林大学出版社, 2008. 12

(高职高专“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-5601-4011-7

I. 电… II. ①张… ②滕… III. 电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 182385 号

书 名: 高职高专“十一五”规划教材

电子技术基础

作 者: 张艳凤 滕颖辉 主编

责任编辑、责任校对: 邵宇彤

吉林大学出版社出版、发行

开本: 787×1092 毫米 1/16

印张: 17.25 字数: 341 千字

ISBN 978-7-5601-4011-7

封面设计: 超视觉工作室

北京市彩虹印刷有限责任公司 印刷

2009年1月 第1版

2009年1月 第1次印刷

定价: 29.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 421 号 邮编: 130021

发行部电话: 0431-88499826

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

吉林出版集团

出版说明

作为高等教育的重要组成部分，高等职业教育是以培养具有一定理论知识和较强实践能力，面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育，是职业技术教育的高等阶段。目前，高等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据国家教育部关于要求发展高等职业技术教育，培养职业技术人才的大纲要求，我们组织编写了这套《高职高专“十一五”规划教材》。本系列教材坚持以就业为导向，以能力为本位，以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想，以与专业建设、课程建设、人才培养模式同步配套作为编写原则。

从专业建设角度，相对于普通高等教育的“学科性专业”，高等职业教育属于“技术性专业”。技术性专业的知识往往由与高新技术工作相关联的那些学科中的有关知识所构成，这种知识必须具有职业技术岗位的有效性、综合性和发展性。本套教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性，而且突出知识的实用性、综合性，把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融会于教材之中。

从课程建设角度，现有的高等职业教育教材从教育内容上需要改变“重理论轻实践”、“重原理轻案例”，教学方法上则需要改变“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”，考核评价上则需改变“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向。针对这些情况，本套教材力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容，加强实践性教学环节，注重案例教学，注重能力的培养，使职业能力的培养贯穿于教学的全过程。同时，使公共基础类教材突出职业化，强调通用能力、关键能力的培养，以推动学生综合素质的提高。

从人才培养模式角度，高等职业教育人才的培养模式的主要形式是产学结合、工学交替。因此，本教材为了满足有学就有练、学完就能练、边学边练的实际要求，纳入新技术引用、生产案例介绍等来满足师生教学需要。同时，为了适应学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的情况，教材的编写注重采用新知识、新工艺、新方法、新标准，同时注重对学生创造能力和自我学习能力的培养，力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了更好地落实指导思想和编写原则，本套教材的编写者既有一定的教学经验、懂得教学规律，又有较强的实践技能。同时，我们还聘请生产一线的技术专家来审稿，保证教材的实用性、先进性、技术性。总之，该套教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果，希望本套教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

这就是我们编写这套教材的初衷。

前 言

“电子技术基础”是机电类、通信类、电子信息类、自动化类和计算机类专业必修的一门重要专业基础课。目前电子技术应用极其广泛，以惊人的速度飞快发展，并且渗透到了各个学科领域。是一切现代化生产不可缺少的理论基础。

本教材根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，由多年从事高职电子技术理论和实践教学的一线教师，结合多年的教学实践经验，针对目前高职学生的特点，并在高职教育改革要求的基础上编写的。编写内容上充分体现了高职教育的培养目标是培养应用型技术人才的特点。本教材主要特点如下：

(1) 内容全面，理论浅显，语言通俗易懂，便于学生理解。若学时较少时，教师可适当取舍。

(2) 理论以必需、够用为度，强化实用性。模拟电子技术部分，在分析必要基本理论的基础上，给出大量实用电路；数字电子技术部分，以器件及应用为主，较多地介绍具体集成电路芯片，包括逻辑符号、外引脚排列图及功能表等，尽量少分析集成电路内部的原理，主要突出器件的外特性和使用方法。

(3) 在介绍逻辑门电路和集成运放符号的同时，给出了国标符号和国外符号，考虑到国内书籍用国标符号较多，而实用的电子应用软件（如 Protel 等）又大多数采用国外符号表示，数字电路中集成芯片除给出外引脚排列图外，还给出了新图形符号和旧图形符号。新图形符号的优点是无须查阅手册就能从图形符号中直接读得器件具有的逻辑功能和外部引脚排列情况。

(4) 注重理论和实践结合。理论讲授贯穿其实用性，实践中有理论，以基本技能和应用为主。

(5) 注重吸收新技术、新产品、新知识和增加新内容。

本书由沈阳农业大学高等职业技术学院张艳凤和滕颖辉任主编，由张艳凤负责全书内容的统编和定稿，由辽宁信息职业技术学院姜洪雁和沈阳农业大学的付立思任副主编。具体编写分工如下：张艳凤编写了前言、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章；滕颖辉编写了第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章；沈阳农业大学高等职业技术学院张兴福编写了第一章；武银龙编写了第八章；应文博编写了第十七章；姜洪雁和付立思在各章中均参与了编写，提出大量宝贵意见。另外，沈阳航空工业学院北方科技学院李亮亮也参与了编写工作，沈阳农业大学高职院校的李彪在本教材的编写过程中做了大量的绘图和录入工作。

由于编者能力有限，编审时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，恳请使用本书的读者批评指正。

张艳凤

2008年4月

目 录

上篇 模拟电子技术

第一章 半导体二极管及其应用	2
第一节 半导体器件及其特性	3
第二节 半导体二极管	6
第三节 特殊二极管	8
第四节 单相整流滤波电路	10
思考题	14
第二章 半导体三极管及其放大电路	16
第一节 半导体三极管	16
第二节 三极管基本放大电路	21
第三节 分压式偏置电压放大电路	28
第四节 共集电极和共基极放大电路	32
第五节 多级放大电路	35
第六节 放大电路的频率响应	37
思考题	39
第三章 场效应管及其基本放大电路	43
第一节 结型场效应管	43
第二节 绝缘栅场效应管	45
第三节 场效应管放大电路	49
思考题	51
第四章 负反馈放大电路	52
第一节 反馈的基本概念	52
第二节 反馈的类型及判别方法	53
第三节 负反馈对放大电路性能的影响	56
第四节 深度负反馈放大电路	59
第五节 负反馈放大电路的稳定性	61
思考题	63
第五章 集成运算放大器及应用	65
第一节 集成运算放大器简介	65
第二节 集成运放的输入级——差分放大电路	67
第三节 集成运算放大器的基本特性	71

第四节	集成运放基本运算放大电路	73
第五节	集成运算放大器的应用电路	77
第六节	集成运放的应用知识	83
思考题	.....	85
第六章	功率放大电路	88
第一节	功率放大电路的特点及技术指标	88
第二节	低频功率放大电路	89
思考题	.....	95
第七章	正弦波振荡器	97
第一节	正弦波振荡电路的基本原理	97
第二节	LC 振荡电路	99
第三节	RC 振荡电路	101
第四节	石英晶体振荡器	103
思考题	.....	106
第八章	直流稳压电源	107
第一节	概述	107
第二节	直流稳压电路	109
第三节	集成稳压电路	112
第四节	开关稳压电源	114
思考题	.....	116

下篇 数字电子技术

第九章	数字电路概述	119
第一节	数字信号与数字电路	119
第二节	数制和编码	120
思考题	.....	125
第十章	逻辑函数及其化简	127
第一节	逻辑函数及其表示法	127
第二节	逻辑代数的基本定律和规则	132
第三节	逻辑函数的化简	134
思考题	.....	142
第十一章	逻辑门电路	144
第一节	概 述	144
第二节	基本逻辑门电路	144
第三节	集成 TTL 门电路	146
第四节	集成 CMOS 门电路	151
第五节	TTL 门电路和 CMOS 门电路的使用知识及相互连接	154
思考题	.....	158

第十二章 组合逻辑电路	160
第一节 概述	160
第二节 编码器	165
第三节 译码器	168
第四节 数据选择器	175
第五节 数据分配器	180
第六节 加法器	181
第七节 数据比较器	183
思考题	186
第十三章 触发器	188
第一节 概述	188
第二节 基本 RS 触发器	188
第三节 同步触发器	190
第四节 触发器的逻辑功能及其描述方法	196
思考题	200
第十四章 时序逻辑电路	202
第一节 概述	202
第二节 寄存器和移位寄存器	206
第三节 计数器	209
第四节 中规模集成计数器及应用	213
思考题	221
第十五章 脉冲波形的产生与变换	223
第一节 多谐振荡器	223
第二节 施密特触发器	226
第三节 单稳态触发器	229
第四节 555 定时器及其应用	233
思考题	237
第十六章 数模与模数转换	240
第一节 数/模转换器	240
第二节 模/数转换器	243
思考题	249
第十七章 存储器和可编程逻辑器件简介	250
第一节 半导体存储器	250
第二节 可编程逻辑器件	256
思考题	264
参考文献	265

上篇

模拟电子技术

第一章 半导体二极管及其应用

半导体是制造各种半导体器件和电子电路的原料，PN 结是构成各种半导体器件的基本结构。本章主要介绍关于半导体的基本知识、PN 结的形成和二极管的结构、特性、参数及应用。

第一节 半导体器件及其特性

所谓半导体，是指其导电能力介于导体和绝缘体之间的物质，常见的半导体有硅（Si）和锗（Ge）。半导体是制造各种半导体器件和电子电路的原料，二极管就是由它构成的。

一、半导体的特点

半导体之所以成为制造半导体器件的原料，主要是它具有如下的特性：

- (1) 热敏性。随着温度的上升，其导电能力显著增加。利用这一特性，可以把它作为热敏材料，制成热敏元件。
- (2) 光敏性。随着光照强度的增加，其导电能力增加。利用这一特性，可以把它作为光敏材料，制成光敏元件。
- (3) 杂敏性。半导体材料中掺入不同的杂质，掺入杂质浓度不同，导电能力不同。利用这一特性，可以把它制成具有各种性能和用途的半导体器件。

二、半导体的类型

半导体一般分为本征半导体和杂质半导体。

1. 本征半导体

完全纯净的半导体称本征半导体（一般纯度在 99.999% 以上）。

纯净的硅和锗是本征半导体。它们是晶体结构，最外层都有 4 个电子，称 4 价元素。在构成晶体时，每个原子的最外层的 4 个电子分别与周围相邻原子的最外层电子构成共价键结构，如图 1-1 所示。

当半导体处于绝对温度零度（ $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）时，半导体中没有自由电子，成为绝缘体。温度升高（大于绝对温度零度）或受到光的照射

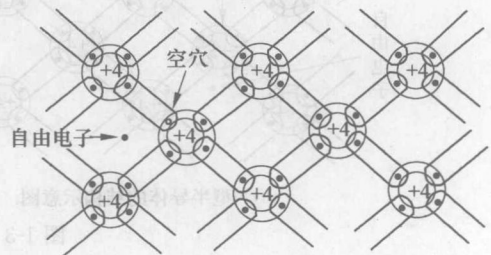


图 1-1 硅（锗）原子在晶体中的共价键排列

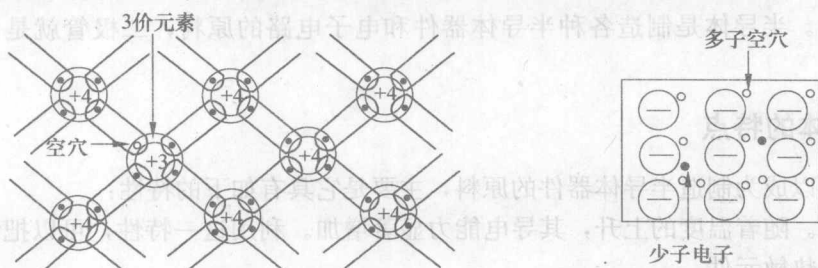
时，最外层电子能量增高，有些电子可以挣脱原子核的束缚，成为自由电子，这种现象称为本征激发。自由电子产生的同时，在其原来的共价键中出现了空位，显正电性，其正电量与电子的电量相等，通常称它为空穴。

因激发而出现的自由电子和空穴是成对出现的，称为电子—空穴对。本征激发产生的电子、空穴数量很少，在外电场的作用下会发生定向移动，形成电子电流和空穴电流。我们将运载电荷形成电流的粒子，称为载流子。综上所述，本征半导体的载流子为电子和空穴，温度越高，电子和空穴的数量越多。

2. 杂质半导体

本征半导体中掺入其他的微量元素，称杂质半导体。

在硅（或锗）中掺入少量三价的硼（B）、镓（Ga）等元素，硼原子和周围的硅原子组成共价键，三价杂质原子在与硅原子形成共价键时，因缺少一个价电子而在共价键中留下一个空位，这个空位很容易俘获周围共价键中的电子，产生负离子，而使失去电子的共价键形成空穴。掺入一个三价原子，相当于在半导体中提供一个空穴，掺入的三价元素越多，空穴越多，电子和空穴的数量不再相等，空穴成为多数载流子，简称多子，自由电子为少数载流子，简称少子。这样的半导体为空穴型半导体，简称P型半导体，见图1-2。

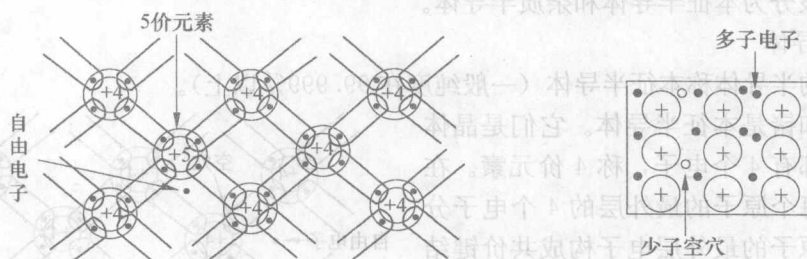


(a) P型半导体的结构示意图

(b) P型半导体中的多子和少子

图 1-2 P型半导体

在硅（或锗）中掺入少量的磷（P）或砷（As）等五价元素，磷和硅形成共价键时多出一个价电子，它很容易成为自由电子，并产生正离子。掺入一个五价原子，相当于在半导体中提供一个自由电子，掺入的五价元素越多，自由电子越多。自由电子成为多子，空穴成为少子，这样的半导体为电子型半导体，简称N型半导体，见图1-3。



(a) N型半导体的结构示意图

(b) N型半导体中的多子和少子

图 1-3 N型半导体

杂质半导体中的少数载流子由本征激发形成，所以其浓度与温度有关，这也导致半导

体器件的一些参数会随温度的变化而变化。

需要注意的是，在本征半导体中，无论掺杂三价元素形成 P 型半导体，还是掺杂五价元素形成 N 型半导体，都不改变它原来的电中性。

单纯的 P 型和 N 型半导体，只用来制造电阻，由它们形成的 PN 结是制造各种半导体器件的基础。

三、PN 结及其特性

1. PN 结的形成

将半导体基片通过制作工艺一边制造为 P 型半导体，一边制造为 N 型半导体，由于各区域多数载流子类型与浓度的不同，首先出现多数载流子的扩散运动，自由电子由 N 区向 P 区扩散，进入 P 区后与 P 区的空穴复合，这样打破了原来各区域的电中性，在两区域的交界面处出现异性电荷区。在交界面 N 区的一侧，随着电子向 P 区的扩散，出现正离子；在交界面 P 区的一侧，随着电子与空穴的复合出现负离子，如图 1-4 (a) 所示。空间电荷区中的正负离子形成电场，方向由 N 区指向 P 区，如图 1-4 (b) 所示，称为内电场。内电场的出现，一方面对多数载流子的扩散运动产生阻碍作用，使之逐渐减弱；另一方面内电场力会对少数载流子产生作用，形成少数载流子的漂移运动。漂移运动的方向正好与扩散运动的方向相反，并随扩散运动的进行而增强。最终，两种运动达到动态平衡，空间电荷区宽度不再发生变化，这个空间电荷区称为 PN 结。

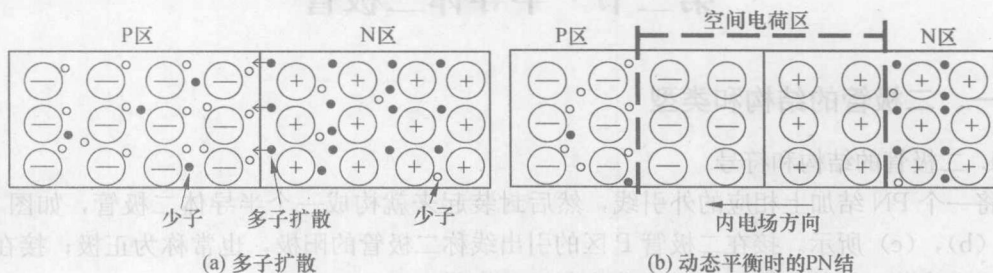


图 1-4 PN 结的形成

2. PN 结的特性

(1) PN 结施加正向电压的特性

PN 结施加正向电压是指 PN 结的 P 区加电源的正极，N 区加电源的负极，如图 1-5 (a) 所示。外加的正向电压有一部分降落在 PN 结上，方向与 PN 结内电场方向相反，削弱了内电场，使 PN 结变薄，内电场对多子扩散运动的阻碍减弱，使扩散运动增强，形成较大的多子的扩散电流，PN 结呈低电阻，称 PN 结处于正向导通。

(2) PN 结施加反向电压的特性

PN 结施加反向电压是指 PN 结的 P 区加电源的负极，N 区加电源的正极，如图 1-5 (b) 所示。外加的反向电压有一部分降落在 PN 结上，方向与 PN 结内电场方向相同，使空间电荷区变宽，加强了内电场。内电场对多子扩散运动的阻碍增强，电路中只有少子漂移运动形成的漂移电流。在室温条件下，本征激发产生的少子数量十分有限，故漂移电流很小，PN 结呈高阻，可视为 PN 结反向截止。由于少子的数量只与温度有关，在温度一定的条件下，少子的漂移电流具有饱和性，我们常称之为反向饱和电流。

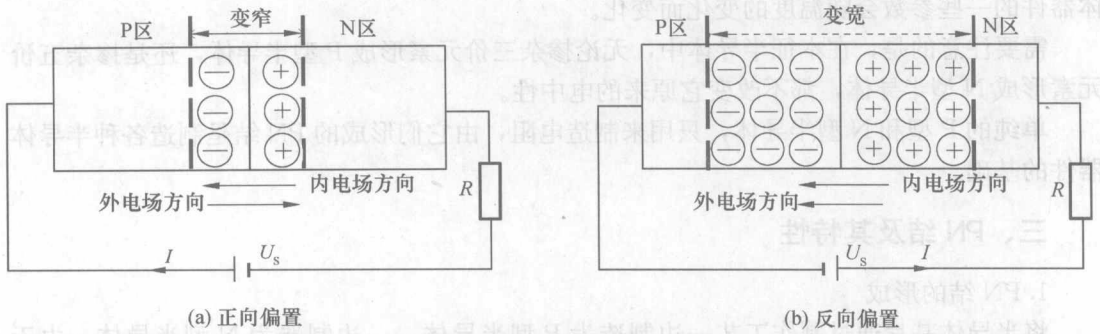


图 1-5 PN 结的单向导电特性

综上所述，PN 结具有单向导电特性，即施加正向电压时导通，施加反向电压时截止。

3. PN 结的电容效应

PN 结形成后，由于它的一侧是正电荷，一侧是负电荷，宛如一对带有不同电荷的平行板电容器，在二极管工作时出现电容效应。这种电容效应产生的电容，称为 PN 结的结电容。它的数值一般不大，只有几个皮法，但当半导体器件工作频率很高时，必须考虑它的影响。

第二节 半导体二极管

一、二极管的结构和类型

1. 二极管的结构和符号

将一个 PN 结加上相应的外引线，然后封装起来就构成一个半导体二极管，如图 1-6 (a)，(b)，(c) 所示。接在二极管 P 区的引出线称二极管的阳极，也常称为正极；接在 N 区的引出线称二极管的阴极，也常称为负极。如图 1-6 (d) 所示。

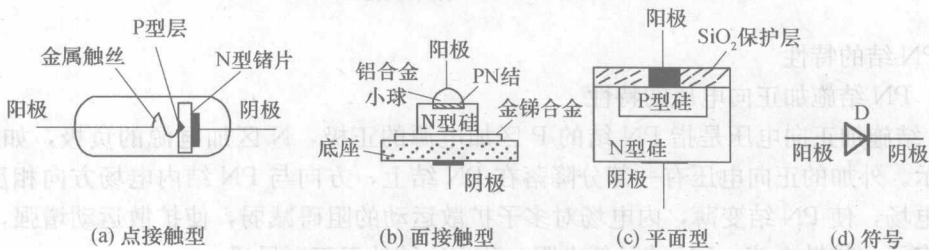


图 1-6 二极管的结构与符号

2. 二极管的类型

二极管有多种类型。按材料分为硅二极管和锗二极管；按用途分为普通二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管等；按结构分为点接触型、面接触型和平面型。

点接触型二极管——PN 结面积小，用于检波和变频等高频电路。

面接触型二极管——PN 结面积大，用于低频大电流整流电路。

平面型二极管——往往用于集成电路制造工艺中。

二、二极管的特性和参数

1. 二极管的特性

二极管的特性用伏安特性来反映。

二极管的伏安特性是指流过二极管的电流与二极管两端电压之间的关系，可用下式表示：

$$i_D = I_S (e^{\frac{u_D}{U_T}} - 1) \quad (1-1)$$

式中： I_S ——反向饱和电流；

u_D ——二极管两端的电压降；

U_T ——温度电压当量，对于室温， $U_T = 26 \text{ mV}$ 。

图 1-7 为硅和锗二极管的伏安特性曲线。它与电阻元件的伏安特性曲线不同，呈现明显的非线性。所以二极管是非线性元件。从图 1-7 可以看出，特性曲线分为两部分，反映正向特性的第一象限曲线和反映反向特性的第三象限曲线。

(1) 正向特性

在外加电压较小时，外电压不足以克服内电场对扩散运动造成的阻力，不能形成多子的扩散运动，电路中电流接近零，这个范围称为死区，相应的电压称为死区电压（曲线中的 OA 段）。硅（Si）管的死区电压约为 0.5 V，锗（Ge）管的死区电压约为 0.2 V。

当施加的正向电压大于死区电压时，随电压的增加电流迅速上升，二极管处于导通状态（曲线中的 BC 段）。工程中，处于导通状态的二极管，二极管压降可视为常量，且与材料有关，硅（Si）管约为 0.7 V，锗（Ge）管约为 0.3 V，此时二极管被看做线性元件。

(2) 反向特性

外加反向电压较小时，反向电流很小，几乎不随电压的增加而增大，此时二极管处于反向截止状态（曲线中的 OD 段）。当反向电压增大到某一数值时，反向电流急剧增大，二极管失去单向导电特性（曲线中 D 以后的区域）。这样的特性称反向击穿特性，对应的电压称反向击穿电压。一般的二极管不允许工作在反向击穿区。

2. 二极管的主要参数

二极管的特性，除了可用特性曲线来表示以外，还可以用它的参数来表征。二极管的主要参数有以下几个。

(1) 最大整流电流 I_F

最大整流电流 I_F 指二极管在长期运行时，允许通过的最大正向平均电流。它与二极管的材料、面积及散热条件有关。一般点接触型二极管的最大整流电流约为几十毫安，面接触型二极管的最大整流电流可达几十安以上。在实际使用时，流过二极管的最大平均电流不能超过 I_F ，否则二极管会因过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压 U_{RM} 指二极管运行时允许承受的最高反向电压。为避免二极管的反向击穿，规定其最高反向电压为其反向击穿电压的 1/2 或 2/3。一般点接触型二极管的最

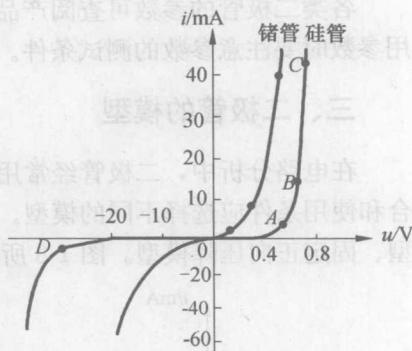


图 1-7 二极管的伏安特性

高反向工作电压为几十伏，面接触型二极管的最高反向电压可达数百伏。

(3) 最大反向电流 I_{RM}

最大反向电流 I_{RM} 指二极管在加上最高反向工作电压时的反向电流值。该值越大，说明管子的单向导电性越差，而且受温度的影响越大。硅管的反向电流较小，一般在零点几个微安，甚至更小；锗管反向电流较大，为硅管的几十到几百倍。

(4) 最高工作频率 f_M

最高工作频率 f_M 是指保持二极管单向导电特性时外加电压的最高频率。此参数主要由 PN 结的结电容决定。使用时，如果信号频率超过该频率，二极管的单向导电性将变差，甚至失去单向导电性。

各类二极管的参数可查阅产品手册。手册给出的参数是在一定条件下测得的，故在使用参数时要注意参数的测试条件。

三、二极管的模型

在电路分析中，二极管经常用电路模型来等效。二极管的模型有多种，根据不同的场合和使用条件应选择不同的模型。这里只介绍工作频率较低时的两种模型：二极管开关模型、固定正向压降模型。图 1-8 所示是二极管低频模型。

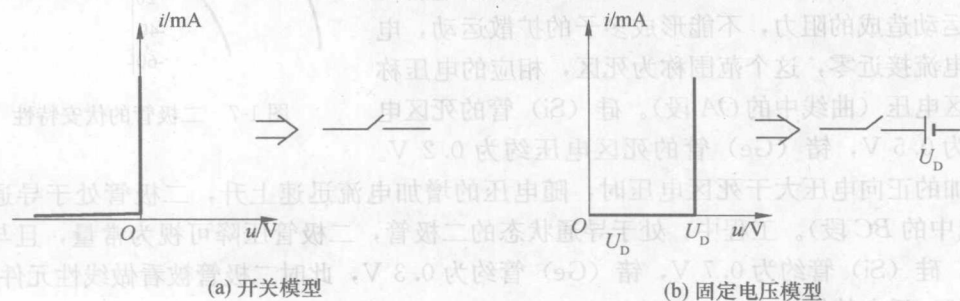


图 1-8 二极管低频电路模型

1. 开关模型

认为二极管正向导通时，二极管的正向压降为 0；反向截止时，反向电阻为无穷大，反向电流为 0。该模型主要用于低频大信号电路中，即正向压降与信号相比可以忽略的情况，例如整流电路。此时的二极管称为理想二极管，相当于理想开关。

2. 固定正向压降模型

如果二极管电路中信号的幅度比较小，就需要考虑二极管的正向电压降。工程计算和设计中，常认为正向压降是一个固定值。硅管的正向压降为 0.7 V，锗管的正向压降为 0.3 V。

第三节 特殊二极管

一般来说，整流、检波、开关等二极管具有前述的伏安特性，为普通二极管，还有一些具有专门用途的特殊二极管。本节将介绍几种特殊用途的二极管。

一、稳压二极管

1. 稳压二极管的伏安特性及其符号

硅稳压二极管（简称稳压管）是一种用特殊工艺制造的面接触型硅半导体二极管。它的正向伏安特性与普通二极管相同，反向特性比普通二极管陡直。稳压管的伏安特性和符号如图 1-9 所示。

由稳压管的伏安特性可见，当反向电压增加到击穿电压 U_Z 后，反向电流急剧增加。在击穿区域内，反向电流在很大范围内变化时，反向电压变化不大。稳压管正是利用这一点来稳压的，即稳压管的工作区在反向击穿区。

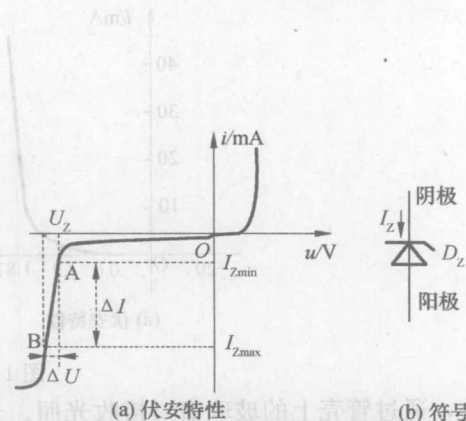


图 1-9 稳压二极管

2. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压 U_Z

当稳压管中的电流为规定值时，稳压管两端的电压值。由于制造工艺的原因，以及管子的稳定电压受电流与温度变化的影响，即使同一型号的管子，其稳压值也具有一定的分散性。例如，ZCW1 型稳压管的稳压范围就在 32~45 V 之间。

(2) 稳定电流 I_Z

稳压管工作在稳压状态时的工作电流。为保持稳压管在反向击穿区具有稳压作用并保持 PN 结的完好，稳定电流 I_Z 有最大稳定电流 I_{Zmax} 和最小稳定电流 I_{Zmin} 。稳压管工作时， I_Z 要介于 I_{Zmin} 和 I_{Zmax} 之间。

(3) 动态电阻 r_z

在稳压管的稳压范围内，稳压管两端的电压变化量与电流变化量之比，即：

$$r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} \quad (1-2)$$

r_z 越小，稳压的效果也就越好。该阻值一般很小，大约在十几欧至几十欧之间。

二、发光二极管

发光二极管是由镓 (Ga)、砷 (As)、磷 (P) 等元素的化合物制成，是一种发光器件，能把电能直接转化成光能。当 PN 结施加正向电压时发光，光的颜色主要取决于制造所用的材料，如砷化镓发出红色光、磷化镓发出绿色光等。目前市场上发光二极管的颜色有红、橙、黄、绿、蓝五种，其外形有圆形、长方形等数种。图 1-10 是发光二极管的伏安特性和符号。

发光二极管用途广泛，常用做微型计算机、电视机、音响设备、仪器仪表中的电源和信号的指示灯；可做成数字形状，用于显示数字；也可以组成字母、汉字和其他符号，用于广告显示。

三、光电二极管

光电二极管又称光敏二极管，它的结构与普通二极管结构相同，只是在它的 PN 结