半 导 体 电 路 原 理 及 应 用

华中工学院《半导体电路》编写小组编

机 械 工 业 出 版 社

本书内容包括：半导体的基本知识、交流放大器、直流放大器、直流稳压电源、相敏整流一放大器、正弦波振荡器、脉冲电路、逻辑电路与脉冲电路的应用、可控硅及其主电路、可控硅的触发控制电路、可控硅的应用、特殊半导体器件及其应用等十二章，主要阐述工业中常用的半导体电路的工作原理以及工程计算方法，并列举了生产中的很多应用实例。为了便于读者参考使用，在附录中还选编了常用的半导体元件和参数。

该书内容通俗、易懂，讲述基本原理和实际密切结合。可供从事半导体电路设计及工业电气自动化等有关方面的工人和技术人员参考。

半导体电路原理及应用

华中工学院《半导体电路》编写小组编

（凭证发行）

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京第二新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 19 1/2 · 插页 1 · 字数 471 千字

1971年10月北京第一版 · 1971年10月北京第一次印刷

*

统一书号：15033 · （内）436 · 定价 1.60 元

目　录

绪言 …… 1

第一章　半导体的基本知识 …… 4

1-1　半导体的导电性能　n 型和 p 型半导体 …… 4

1-2　pn 结的单向导电性 …… 6

1-3　半导体二极管的结构和伏安特性 …… 8

1-4　半导体二极管的使用定额和简单测试方法 …… 11

1-5　半导体三极管的结构及放大原理 …… 12

1-6　半导体三极管的特性曲线 …… 16

1-7　半导体三极管的参数和使用注意点 …… 17

1-8　半导体三极管的简易测试方法 …… 20

第二章　交流放大器 …… 23

2-1　固定偏流放大电路的分析 …… 23

2-2　半导体三极管的三种基本放大电路 …… 29

2-3　放大器工作点的稳定 …… 32

2-4　阻容耦合多级放大器 …… 33

2-5　在自动控制系统中半导体前置放大器的工作特点 …… 37

2-6　交流功率放大器 …… 38

2-7　放大器中的反馈 …… 45

2-8　放大器中的干扰噪声和自激 …… 50

2-9　交流放大器的应用 …… 54

一、半导体管交流电压表 …… 55

二、半导体扩音机 …… 58

第三章　直流放大器 …… 62

3-1　问题的提出 …… 62

3-2　级间耦合的方法 …… 62

3-3　零点飘移的克服 …… 65

3-4　平衡差动式直流放大电路 …… 69

3-5　半导体直流放大器控制电磁调速异步电动机 …… 71

3-6　自动控制系统中常用的直流放大器 …… 74

第四章　直流稳压电源 …… 79

4-1　概述 …… 79

4-2　单相整流电路 …… 80

4-3　滤波电路 …… 82

4-4　稳压管及简单稳压电路 …… 86

4-5　串联式稳压电源 …… 89

4-6　稳压电源的保护电路 …… 93

4-7　直流稳压电源的实际电路 …… 94

一、简易直流稳压电源 ……94
二、带短路保护的直流稳压电源 ……95
三、全硅管化的直流稳压电源 ……95
四、输出电压可调的直流稳压电源 ……96
第五章 相敏整流—放大器 ……98
5-1 相敏整流器 ……99
5-2 单管相敏放大器 ……100
5-3 半波差动式相敏放大器 ……101
5-4 全波差动式相敏放大器 ……102
5-5 相敏放大器的实际应用 ……103
一、恒温自动控制电路 ……103
二、电子秤中的测量放大器 ……104
三、动态电阻应变仪中的测量电路 ……105
第六章 正弦波振荡器 ……108
6-1 *LC* 振荡器的工作原理 ……108
6-2 *LC* 振荡器的应用 ……111
一、半导体接近开关 ……112
二、电容变换式振荡开关 ……113
三、袖珍信号发生器 ……114
6-3 *RC* 振荡器的工作原理 ……114
6-4 *RC* 振荡器的应用 ……119
一、音频信号发生器 ……119
二、*RC* 移相振荡器 ……120
第七章 脉冲电路 ……121
7-1 脉冲电路的基本概念 ……121
7-2 半导体三极管的开关特性 ……122
7-3 脉冲波形的变换 ……124
7-4 多谐振荡器 (*DZ*) ……128
7-5 锯齿波产生器 ……132
7-6 间歇振荡器 ……135
7-7 双稳态触发器 (*SC*) ……137
7-8 单稳态触发器 (*DC*) ……146
第八章 逻辑电路与脉冲电路的应用 ……153
8-1 门电路 ……153
8-2 逻辑元件 ……156
一、“与”元件 (*Y*) ……156
二、“或”元件 (*H*) ……156
三、或/或—否元件 (*H/H-F*) ……157
四、与/与—否元件 (*Y/Y-F*) ……158
五、记忆元件 (*J*) ……158
六、延时元件 (*D-S*$_H$) ……159
8-3 半导体延时继电器 ……160

8-4 钢轨长度自动定尺器 …… 162
8-5 环形计数器 …… 165
8-6 步进电机控制器 …… 167
8-7 半导体转速表 …… 169
第九章 可控硅及其主电路 …… 172
9-1 概述 …… 172
9-2 可控硅的结构及工作原理 …… 173
9-3 可控硅的伏安特性、参数及使用注意点 …… 177
9-4 单相可控整流电路 …… 180
9-5 三相半波可控整流电路 …… 183
9-6 三相桥式可控整流电路 …… 185
9-7 感性负载时的整流电路 …… 188
9-8 各种整流电路的比较 …… 189
9-9 可逆输出的可控整流电路 …… 190
9-10 可控硅逆变器 …… 192
9-11 可控硅元件的选择 …… 199
9-12 可控硅的保护和串并联 …… 200
第十章 可控硅的触发控制电路 …… 206
10-1 对触发控制电路的基本要求 …… 206
10-2 阻容移相桥触发电路 …… 207
10-3 单结晶体管触发电路 …… 212
10-4 同步电压为正弦波的半导体管触发电路 …… 216
10-5 同步电压为锯齿波的半导体管触发电路 …… 220
第十一章 可控硅的应用 …… 224
11-1 可控硅在直流电动机调速系统中的应用 …… 224
一、*T*618*A*卧式镗床可控硅直流可逆调速系统 …… 224
二、东风40车床可控硅直流调速系统 …… 228
11-2 可控硅在交流电磁调速系统中的应用 …… 231
11-3 可控硅无触点开关 …… 233
一、*KJW*-1型交流可控硅开关 …… 234
二、*KZW*-1型直流可控硅开关 …… 235
11-4 *DZ*632-24型可控硅自动稳压稳流电源 …… 237
11-5 8400瓩汽轮发电机可控硅励磁系统 …… 242
第十二章 特殊半导体器件及其应用 …… 249
12-1 光电元件的工作原理 …… 249
12-2 光电元件的应用电路 …… 254
一、光电继电器 …… 254
二、电磁离合器的光电控制电路 …… 255
三、光电灵敏光度计 …… 256
四、光电读出电路 …… 256
12-3 场效应管的工作原理 …… 257
12-4 场效应管的应用电路 …… 263

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

一、场效应管绝缘电阻测定器 …… 263
二、场效应管峰值电压表 …… 263
三、场效应管阻抗变换器 …… 265
四、场效应管斩波器 …… 265
12-5 特殊可控硅及其应用 …… 269
一、双向可控硅及其应用 …… 269
二、控制极可关断可控硅 …… 273
12-6 霍尔元件及其应用 …… 274
一、霍尔元件的工作原理 …… 274
二、霍尔元件高斯计 …… 276
三、霍尔元件其他应用 …… 277
12-7 集成电路简介 …… 279
附录 …… 283
一、常用半导体电路图符号 …… 283
二、本书常用符号说明 …… 284
三、国产半导体器件型号命名法 …… 286
四、常用半导体元件参数表 …… 287

毛 主 席 语 录

在现在世界上，一切文化或文学艺术都是属于一定的阶级，属于一定的政治路线的。

绪　言

万木霜天红烂漫，天兵怒气冲霄汉。

波澜壮阔的无产阶级文化大革命，在我们伟大领袖毛主席的亲自发动和领导下，取得了极其伟大的胜利。**无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。**无产阶级文化大革命的伟大胜利，大大地推动了我国工农业生产的飞跃发展。用战无不胜的毛泽东思想武装起来的英雄的中国工人阶级、贫下中农、解放军战士、革命干部和革命知识分子，在党的"九大"精神鼓舞下，在全国范围内，开展了一个认真学习马列主义、毛泽东思想的群众运动，掀起了一个**抓革命，促生产，促工作，促战备**的新高潮。在毛主席的**"备战、备荒、为人民"**的伟大战略方针指引下，中国广大的工人阶级和广大的劳动人民发扬了**独立自主、自力更生**和**破除迷信，解放思想**的革命精神，开展了一个蓬蓬勃勃的技术革新和技术革命的群众运动，各条战线出现了许多技术革新的丰硕成果。

毛主席教导我们："**任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。**"我国电子工业的发展过程，和其他工业一样，是充满着两个阶级、两条道路、两条路线激烈斗争的。一九五八年，在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，伟大的中国工人阶级发扬了敢于攀登高峰的革命精神，兴办电子工业，向电子技术领域进军，从此，我国开始有了自己的半导体工业。可是，叛徒、内奸、工贼刘少奇及其代理人疯狂反对毛主席的革命路线，对工人阶级的发明创造怕得要死，恨得要命，他们利用篡夺的那一部分权力，竭力推行"洋奴哲学"、"爬行主义"、"专家治厂"、"专家治校"等反革命修正主义路线，把刚刚兴起的电子工业群众运动打了下去，使新生的电子工业受到摧残，是可忍，孰不可忍！

无产阶级文化大革命的风暴，彻底摧毁了以叛徒、内奸、工贼刘少奇为首的资产阶级司令部，在以毛主席为首的无产阶级司令部的关怀与领导下，电子工业和其他工业一样，得到了飞跃的发展。

电子技术在其发展过程中，大致分为三个阶段：早期是电子管；四十年代后期，随着半导体三极管的出现和迅速发展，越来越显出了半导体管的独特优点：体积小，重量轻，寿命长（可达十万小时），电源电压低，不需要灯丝加热，功率损耗小，机械性能好，可靠性高，并且具有比较理想的开关特性；近几年来，集成电路的出现和应用，标志着电子技术发展到了一个新的阶段（被称为电子技术发展的第三代）。由于采用半导体集成电路，不但体积大大减小，而且性能稳定，使用寿命更长。在工业方面，可控硅的大量应用，使得半导体技术进入了强电领域。现在可控硅已经在电动机的调速、发电机的励磁、直流电源、自动控制系统等方面得到了广泛的应

用。计算技术在生产过程自动化方面也日益广泛应用。可以看出，超高频、高压大电流、稳定可靠和微小型化是今后半导体管发展的主要方向。

但是，**事物都是一分为二的**。半导体器件目前尚存在不足之处，如在高频大功率方面，仍不如电子管，噪声比较大，温度的变化对半导体管的特性影响较大等等。

毛主席教导我们："**人民，只有人民，才是创造世界历史的动力**。"历史本来就是劳动人民创造的，可是，在旧教育的讲台上，某些资产阶级"权威"老爷们垄断了电子技术大权，他们摆起了臭架子，装腔作势，故弄玄虚，抬高身价，千方百计阻挠广大的工人群众掌握电子技术。这完全是历史的颠倒，必须把它重新颠倒过来。

旧华中工学院与西安交大合编的《工业电子学》，它所标榜的"严密"的学科体系，只不过是资本主义社会中电子技术发展过程的缩影。我们必须打破旧教材的所谓"严密"的学科体系，建立一个完全崭新的学科体系。旧《工业电子学》教材的要害是买办洋奴、爬行主义。我们必须坚持理论联系实际，立足我国实际，反映我国广大劳动人民的最新技术革新成果，反映世界先进技术水平。对现有的旧教材和外国的科学技术成就，坚持批判地继承的原则，执行**古为今用、洋为中用和推陈出新**的方针。

我院一九六八年编写的《半导体电路基础》自去年出版以来，受到广大工农兵群众的热情关怀，我们收到了许多战斗在三大革命运动第一线的同志们的来信，给我们提出了不少宝贵的意见，同时也给予我们很大的鼓舞和鞭策。当前，我国社会主义革命和社会主义建设正在掀起新的高潮；革命的新事物、新创造、新成就犹如雨后春笋，不断涌现。在这一派大好形势下，为了适应当前电子技术飞跃发展的需要，为了教育革命的需要，为了进一步加强和巩固无产阶级专政的需要，遵循毛主席关于"**教育必须为无产阶级政治服务**"和"**教材要彻底改革**"的教导，在驻院工人、解放军毛泽东思想宣传队的领导下，我们编写了这本《半导体电路原理及应用》。

本书是想为从事半导体电路设计和工业电气自动化等有关方面生产及科学研究的工人、技术人员提供一些参考资料而编写的。主要是论述工业中常用的半导体电路工作原理和应用。为了突出光焰无际的毛泽东思想，在工人、贫下中农的再教育下，在全国工农兵认真学习毛主席哲学思想的高潮推动下，我们在编写中，从主观上来讲，是力图用毛主席的哲学观点统帅全书。为了建立无产阶级新的学科体系，我们在打破旧《工业电子学》洋奴爬行的学科体系上作了一些努力。为了加强针对性，做到理论联系实际，我们加强了工业上常用的各种电子电路，书中所举的应用实例，绝大部分都是我国工人阶级的技术革新成果。为了更好地为工农兵服务，我们删去了繁琐的数学推导和不必要的计算公式，突出了物理概念和工程计算。根据当前可控硅在工业生产中广泛应用的需要，我们增加了有关可控硅的原理及应用方面的内容。此外，为了适应电子技术日新月异的发展，对工业上日益广泛应用的特殊半导体器件及其应用作了介绍。

教材改革是一场严重的政治斗争和深刻的思想革命。因此，战无不胜的毛泽东思想是我们编写新教材最根本的思想武器，工农兵的需要是我们编写新教材的出发点，工人阶级的创造精神和三大革命运动的实践，是我们编写新教材的源泉。在编写本书过程中，得到了北京、上海、天津、武汉等全国许多单位和工人师傅的大力支持和指导，在此表示衷心的感谢。由于我们马列主义、毛泽东思想学得不好，世界观的改造离形势发展对我们的要求还有很大的差距，三大革命运动的实践还很缺乏，书中肯定存在许多缺点和错误，恳切希望广大工农兵群众和革命读者给予批评指正。

原お鉢頁

原本餘頁

种类型的半导体。

如果我们在纯净的本征半导体锗中掺入少量杂质锑(或磷、砷之类),那么在这块半导体中就产生了许多新的电子,这些新产生的电子数量远远超过原来未掺入杂质前电子或空穴的数量,因此在全部载流子中现在占压倒多数的是电子,而空穴数目很少。**事物的性质,主要地是由取得支配地位的矛盾的主要方面所规定的。**在这种半导体中起支配地位的载流子是电子,导电作用主要由电子来决定,所以称电子为"多数载流子",而空穴是"少数载流子"。这种类型的半导体叫电子型半导体,简称 n 型半导体,如图 1-2 所示。

相反,如果我们在纯净的本征半导体锗中掺入少量杂质铟(或铝、硼之类),那么在这块半导体中就会产生许多新的空穴,这些空穴的数量大大超过未掺杂质前原有电子和空穴的数量,因此在全部载流子中,占压倒多数的是空穴,而电子的数量很少。所以这种半导体中对导电起支配作用的载流子是空穴。空穴是多数载流子,而电子是少数载流子。这种类型的半导体叫做空穴型半导体,简称 p 型半导体,如图 1-3 所示。

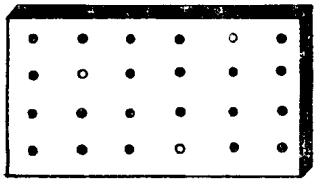


图 1-2 n 型半导体示意图。

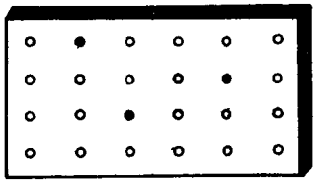


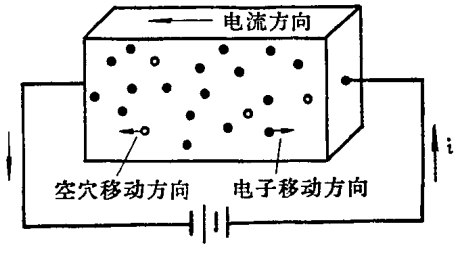
图 1-3 p 型半导体示意图。

由此可见,**矛盾的主要和非主要的方面互相转化着,事物的性质也就随着起变化。**由于在本征半导体中掺入的杂质不同,两种类型的半导体中多数载流子和少数载流子也就有所不同。在 p 型半导体中空穴是多数载流子,电子是少数载流子;而在 n 型半导体中则恰好相反。此外,掺入杂质的数量愈多,多数载流子的数目也就愈多,半导体的导电能力也愈强。因此掺入的杂质对半导体的性质有着特别重要的影响。

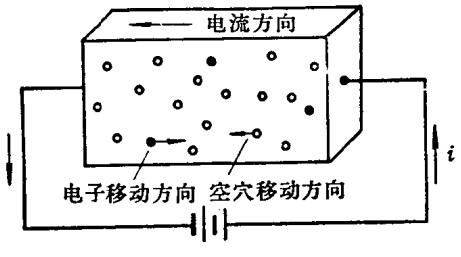
必须指出,不论是 n 型半导体还是 p 型半导体,它们虽然都有一种载流子是占多数,但是它们本身仍是不带电的,正如导体中有大量的自由电子,但导体本身并不带电一样。

由于 n 型和 p 型半导体中都有带电的载流子(带正电的空穴和带负电的电子),这些载流子在电场作用下就要作定向运动,可以想象,如果接上外加电压,外电路上就会有电流流通。

在一块 n 型半导体二端加上一个电压,则在半导体内就会产生一个电场,如图 1-4 (a)所示。n 型半导体中的多数载流子——电子在电场作用下向外加电压的"正端"移动,而 n 型半导体中的少数载流子——空穴在电场作用下向外加电压的"负端"移动,在半导体内就构成电流。由于在 n 型半导体中电子是多数载流子,电流主要是由电子的移动构成的。电流的方向与



(a) n 型半导体



(b) p 型半导体

图 1-4 半导体中电流的流通

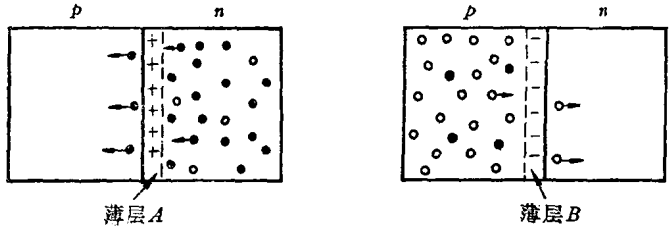
此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

带负电的电子运动方向相反，如图中箭头所示。

如果是 p 型半导体，情况是相似的(图 1-4 (b))，所不同的是现在多数载流子是空穴，而少数载流子是电子。当然这时半导体中的电流主要由空穴的移动构成的，电流的方向与带正电的空穴运动方向相同。

1-2 pn 结的单向导电性

如果把一块 n 型半导体和一块 p 型半导体合在一起，由于在 n 型半导体中，电子数远远超过空穴数；而在 p 型半导体中，空穴数却远远超过电子数，因此两边的电子和空穴的分布是不均匀的。由于这种不均匀的分布，n 型区域内的电子就向 p 型区逐渐扩散，结果是 n 型区域中邻近 p 型区一边的薄层 A 中就有一部分电子扩散到 p 区去了。由于薄层 A 失去了一些电子，因此便带有正电，如图 1-5 (a)。同样，p 型区中邻近 n 型区一边的薄层 B 中就有一部分空穴扩散到 n 型区，由于薄层 B 失去了一些空穴，因此便带有负电，如图 1-5 (b)。



(a) 电子由 n 区扩散到 p 区　　(b) 空穴由 p 区扩散到 n 区

图 1-5　载流子在半导体中的扩散

由于电子和空穴的扩散是同时进行的，所以上面所说的带电的薄层 A 和 B 同时产生于 n 型和 p 型交界面的两侧。

问题是 n 区中的电子和 p 区中的空穴会不会不断地向对方扩散呢？我们**必须提倡思索，学会分析事物的方法，养成分析的习惯**。由上面可知，电子和空穴是带电载流子，由于空穴和电子的扩散，使薄层 A 带正电，而薄层 B 带负电，因此在薄层 A、B 间产生一个电场，如图 1-6。这个电场的方向是由 n 区指向 p 区，这个电场企图把进入薄层 B 向 p 区扩散的电子拉回 n 区，又把进入薄层 A 向 n 区扩散的空穴拉回 p 区，就是说这个电场阻止电子继续往 p 区扩散也阻止空穴继续往 n 区扩散。

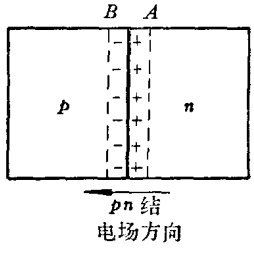


图 1-6 电子和空穴扩散在 pn 交界处产生的电场

刚开始时，电子和空穴的扩散占优势，但是随着电子和空穴的不断扩散，n 区和 p 区失去的电子和空穴越来越多，薄层 A 和 B 越来越厚，形成的电场的作用越来越强。最后，电场的作用完全抵消了扩散，这时便达到了动态平衡状态。

上面所说的薄层 A 和 B，称为“pn 结”，又称“阻挡层”(意思是这个薄层阻挡电子和空穴的继续扩散)。这个薄层的厚度大约为 $10^{-4}\sim10^{-5}$ 厘米左右。pn 结是半导体二极管最基的结构，是各种半导体管的基本组成环节，也是学习半导体管入门的向导和基础。下面进一步分析 pn 结的特性。

一切真知都是从直接经验发源的。如果我们在 pn 结两端接上电池，而且电池正极接 p 型半导体，电池负极接 n 型半导体，如图 1-7 (a)，这时我们发现电路上有很大的电流流通，电

流表有读数。如果换一个方向，即电池正极接 n 型半导体，电池负极接 p 型半导体，如图 1-7(b)，这时电路上电流很小，电流表的读数接近零。

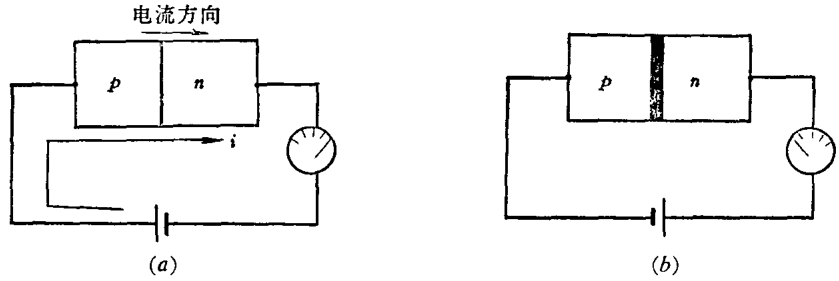
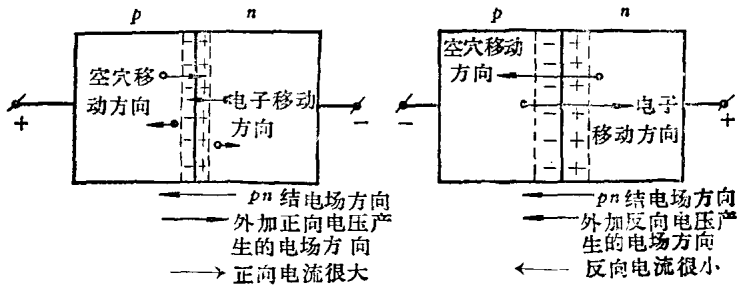


图 1-7 *pn*结加压的实验

研究问题需要从实际的现象出发，透过现象，来研究隐藏在现象后面的本质问题。电路有无电流流通是人们看得见的现象，但问题的实质还在于 *pn* 结具有只让电流从一个方向通过的单向导电特性，也即是 *pn* 结正反两个方向的导电能力是不一样的。

当 *pn* 结正向连接时，即 p 区接电池正极，n 区接电池负极，这时，外加电压在 *pn* 结中产生的电场方向是由 p 区指向 n 区的，恰好与 *pn* 结原来形成的电场方向相反，如图 1-8(a)。因此，



(*a*) 外加正向电压时阻挡层变薄　　(*b*) 外加反向电压时阻挡层变厚

图 1-8 外加电场方向对 *pn* 结的影响

pn 结中原来的电场被削弱了，阻挡层的厚度减小了。p 区的空穴和 n 区的电子在这个外加电场作用下不断走向交界处。空穴由左方流向右方和电子由右方流向左方都相当于电流由左方流向右方。由于 p 区空穴很多，n 区电子很多，这股电流很大，这就是正向连接时出现大电流的原因。外加正向电压越大，在 *pn* 结中外加电场的作用就越强，更进一步削弱原来 *pn* 结的电场，所以电流更要增加。

当 *pn* 结反向连接时，即 p 区接电池负极，n 区接电池正极，这时外加电压在 *pn* 结中产生的电场方向是由 n 区指向 p 区，与 *pn* 结原来形成的电场方向一致，使阻挡层的厚度增加了，n 区中的多数载流子——电子和 p 区中的多数载流子——空穴很难通过 *pn* 结向对方移动，这就是反向连接时电流极小的原因。但是，这时 p 区中的少数载流子——电子和 n 区中的少数载流子——空穴在反向电场帮助下向交界处移动，电子由左方流向右方和空穴由右方流向左方形成反向电流，但由于少数载流子数目很少，反向电流是很小的。

因此，我们可以把 *pn* 结看成是电流通道上的一道开关，接上正向电压时(即 p 型半导体接电池正极，n 型半导体接电池负极)，开关打开让电流通过，我们称此时 *pn* 结“导通”；接上反向

电压时开关关上，阻止电流通过，我们称此时 *pn* 结“截止”。*pn* 结这种只让电流单方向通过的性能称 *pn* 结的单向导电性。

pn 结的“导通”和“截止”是互相矛盾的两个方面，双方斗争而又互相依存着，共处于一个统一体中，这两个对立的双方在一定外加电压的条件下互相转化，**在这里，条件是重要的。没有一定的条件，斗争着的双方都不会转化。**当外加电压极性改变时矛盾双方各转化到相反的方面。

1-3 半导体二极管的结构和伏安特性

一、结构

在 *pn* 结两端接上电极就构成半导体二极管，常见的几种半导体二极管外形如图 1-9 所示。它的两个电极分别称为阳极（又称正极，即 *p* 型半导体引出线）和阴极（又称负极，即 *n* 型半导体引出线）。由于它具有只让电流单方向通过的性能，故常用图 1-10 所示的符号表示，箭头表示电流的方向。

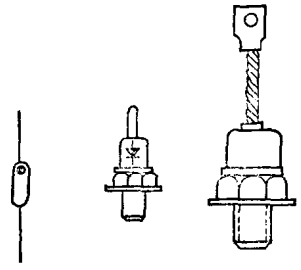


图 1-9 半导体二极管的外形图。

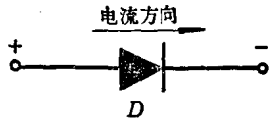
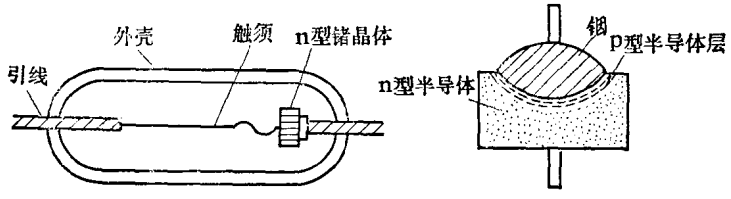


图 1-10 半导体二极管的符号。

按半导体二极管结构的不同（*p* 型和 *n* 型半导体的接触方式），可分为点接触式和面接触式二种，如图 1-11。点接触式的接触点小，不能通过很大电流，但由于接触点小，极间电容小，故多用于高频检波或小电流的整流。面接触式的接触面大，可通过较大的电流，但极间电容大，故多用于低频大电流的整流，（二极管型号命名法请参阅附录）。



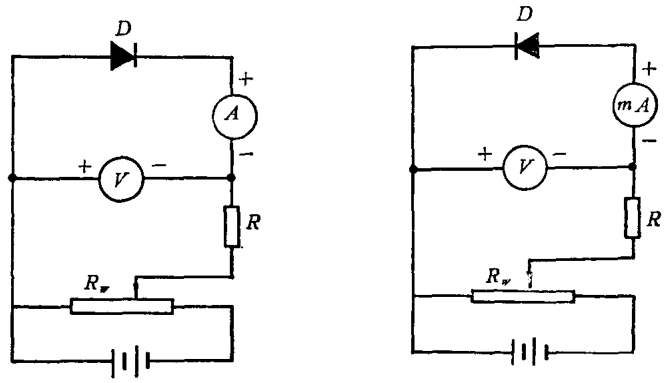
(*a*) 点接触型　　(*b*) 面接触型

图 1-11 二极管的构造

二、伏安特性曲线

二极管的单向导电性是它区别于其他运动形式的特殊本质。辩证唯物主义告诉我们，事物不仅具有质的规定性，而且还有量的规定性，要**注意决定事物质量的数量界限**。因此我们在认识二极管内部的矛盾性的时候，还要弄清和掌握决定二极管质量的数量界限，才能真正做到**胸中有“数”**。在生产实践中，人们常用伏安特性曲线和参数来表示决定二极管性能的数量关系。

二极管的伏安特性曲线表示加在二极管两端的电压同流过二极管的电流间的关系，可按图 1-12 的电路测量得到。如我们用一只硅二极管 2*CZ*11*B* 来测试，按图 1-12(a)所示电路可



(*a*) 测量正向伏安特性　　(*b*) 测量反向伏安特性

图 1-12　测试伏安特性的电路

测量正向伏安特性，此时加在二极管两端的电压为正向电压，移动 R_W 逐渐升高电压，可看到电流表有较大读数，如 0.5 或 1 安等。

按图 1-12(b)可测量反向伏安特性，此时二极管加上了反向电压，电流很小，只有不到 1 毫安的小电流，当反向电压升到 350 伏左右电流突增。

通过逐点测量可得 2*CZ*11*B* 硅二极管伏安特性，如图 1-13 所示。从伏安特性曲线可知：

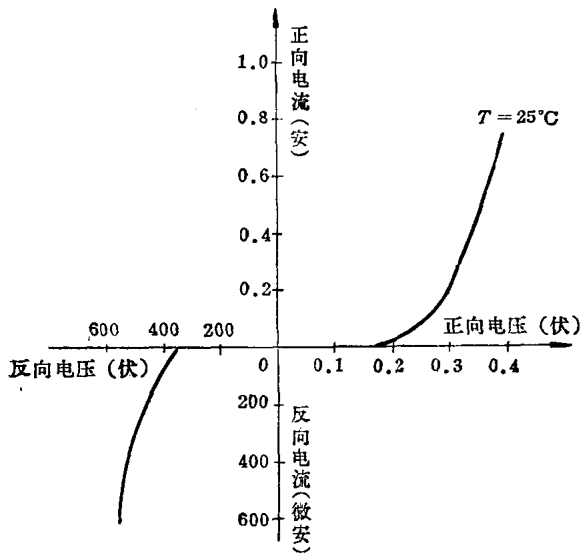


图 1-13　2*CZ*11*B* 的伏安特性

1. 二极管接正向电压时(即阳极接电源正极，阴极接电源负极)，电流很容易通过，这时二极管“导通”，在导通时，二极管两端电压很低，当电流增加时，电压稍增，一般二极管正向压降小于 1.5 伏，对于 2*CZ*11*B* 是 0.5 伏左右。在实用中希望正向压降小一些好。

2. 二极管接反向电压时，电流基本上不能通过，即二极管“截止”，这时只有很小的电流，称为“反向电流”，当电压增大时反向电流值几乎不变。各种规格的二极管反向电流不同，对 2*CZ*11*B* 是小于 0.5 毫安。当然在实用中希望反向电流小一点好，因这就表示二极管反向截止性能好，单向导电性能越能保证。

3. 当二极管反向电压上升到一定数值，二极管的反向电流就会突然剧增，这叫做二极管的“反向击穿”。二极管就从原来反向不易导电的状态**向着和自己相反的方面转化了去**，这个电压称为“反向击穿电压”，这时二极管的正常工作被破坏，因为它不再是单向导电了。

这个现象说明，二极管和其他事物一样，都有一个**决定事物质量的数量界限**，不超过这个界限，能保证一定的质量，超越了这个界限，就会起质变，走向了反面。

对于不同的二极管，其反向击穿电压是不同的，2*CZ*11 *B* 是 350 伏左右，当然在实用中希

望二极管的反向击穿电压越高越好。

对于用不同半导体材料、不同结构和不同工艺制成的半导体二极管，它们的伏安特性都有差异，正向电流随正向电压上升的速度有时差别较大，反向电流的大小差别更大，但伏安特性的形状是相似的。

对目前常用的锗二极管和硅二极管而言，锗二极管正向电流上升很快，正向压降要比硅二极管来得小，但是锗二极管的反向电流比硅二极管要大得多(几十倍甚至几百倍)。

半导体二极管的特性还要受到温度的影响，当温度升高时，二极管正向电流和反向电流都增加了，而且随温度升高二极管反向击穿电压也要下降，这就限制了二极管的使用定额，图 1-14 画出了在不同温度下二极管的特性曲线。硅二极管所允许的工作温度比锗高，可达到 150～200℃(锗管只能在 100℃以下范围内使用)。因此在同样的 pn 结面积的条件下，允许通过硅二极管的最大电流就比锗二极管大。硅二极管允许通过的最大电流密度要比锗二极管大一倍左右，这是硅管的优点之一。因此大功率二极管几乎都是用硅制造的。

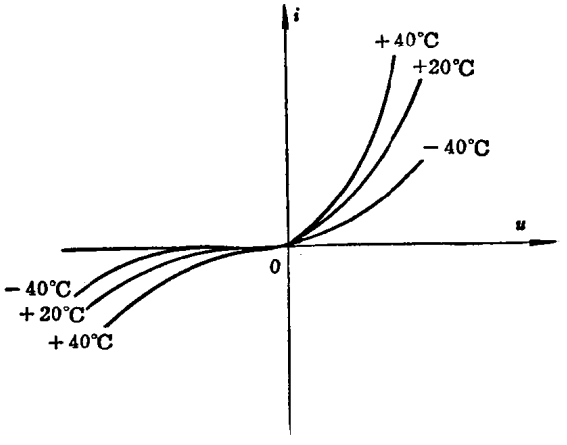
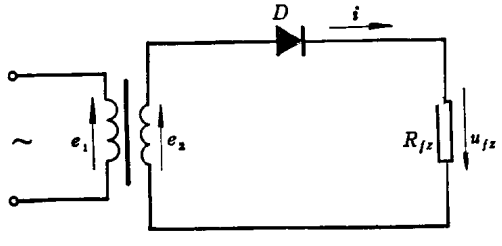


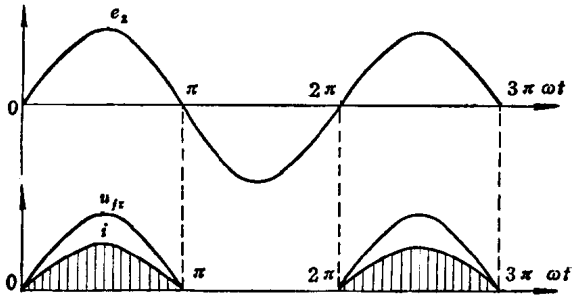
图 1-14　温度对二极管特性的影响

半导体二极管由于具有单向导电的性能，在生产实际中应用是十分广泛的。例如我们常常遇到要把交流电变为直流的问题，就可以用二极管整流电路来解决。

如图1-15(a)所示，把半导体二极管和负载 R_{fz} 串联起来接到交流电源上，在 e_2 的正半周(0～π)，二极管 D 受正向电压作用而导通，电路上有电流流过，输出电压的波形和 e_2 相同；在 e_2 的负半周(π～2π)，D 受反向电压作用而截止，电路上没有电流通过，输出电压为零。于是在输出端便可得到一个单向脉动的直流(其数值虽随时间改变，但方向不变)，其波形如图 1-15(b)所示。



(a) 电路图



(b) 波形图

图 1-15　二极管整流电路

在实际中，半导体二极管不单用于整流，还可以作其他多种用途，如用作保护元件、检波、波形变换……等，但它们的工作都是基于 pn 结的“单向导电性”，在分析二极管在电路中的作用的时候，必须抓住这个主要矛盾方面，**捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了**。二极管的其他应用将在后面各章介绍。

1-4 半导体二极管的使用定额和简单测试方法

围绕着二极管的单向导电性，半导体二极管的参数和伏安特性都是用来表示性能的工具，作为选用二极管的根据。**人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性，如果不合，就会在实践中失败。**在使用二极管的时候，一定不能超过二极管本身的定额，否则就会损坏二极管。

二极管常用的定额参数有二个：

1．额定工作电流 I_F：

是指长期运行时允许通过的最大正向平均电流，因为电流通过要发热，发热量超过限度就会把 *pn* 结烧坏。为了降低温度，大功率二极管还要装散热片。在实用上要选取额定工作电流大于实际工作电流的管子，如 2*CZ*11*B* 容许的额定工作电流是 1 安，在实际工作时就不能大于于此值。

2．反向击穿电压 U_B：

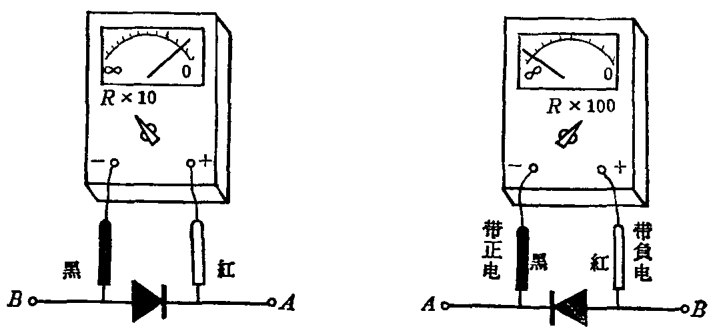
由图 1-13 的伏安特性可知，当反向电压高到一定值，二极管就会反向击穿，二极管的单向导电性就被破坏，因此必须保证使用时二极管承受的最大反向电压不超过反向击穿电压，例如 2*CZ*11*B* 在工作时的反向电压（峰值）不能超过 350 伏。

除了这二个定额外，还有使用工作温度，最高工作频率等二参数，在半导体管手册上都可查到。

根据二极管的单向导电性，利用普通的万用电表可以粗略测量半导体二极管，确定那一端是阳极或阴极，并大致可看出二极管正反向电阻的大小（二极管正向容易导电，所以电阻小；反向不容易导电，所以电阻大），我们希望这二个电阻值相差越大越好，若两者相差不远，则表明这个二极管性能不好或完全损坏。

测量时只要把万用表拨到“欧姆档”，用两个测试棒分别正反向测量二极管的两端，即可读出两个阻值，一个大，一个小，大的是反向电阻，小的是正向电阻（一般小功率半导体二极管的正向电阻约几百欧，反向电阻约几百千欧，大功率管的电阻相应小得多）。

图 1-16 表示测量过程：



(*a*) 测出正向电阻　　(*b*) 测出反向电阻

图 1-16 二极管的测试

我们知道普通万用电表在电阻档时负的测试棒带正电，正的测验棒带负电，所以由图 1-16 可判断出二极管 *A* 端为阴极，*B* 端为阳极。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com