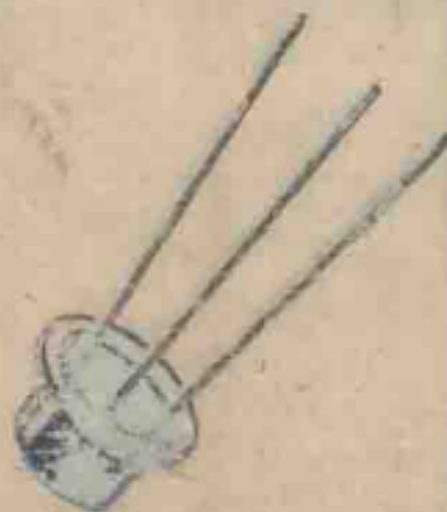
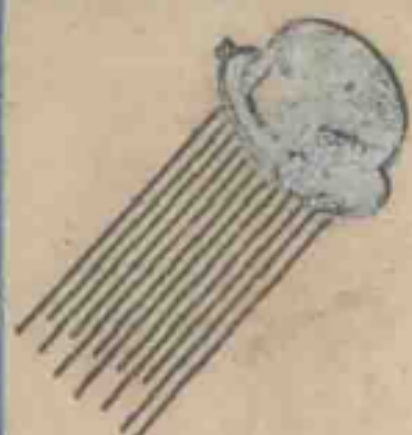


半导体线路

上册

上海复旦大学编



湖南省电信局
湖南省革委会生产指挥组科技情报服务站 翻印

半 导 体 綫 路

上海复旦大学编

上 册

湖 南 省 电 信 局

湖南省革委会生产指挥组科技情报服务站

毛主席語錄

无产階級必須在上层建筑其中包括各个文化領域中对資產階級实行全面的专政。

坚持政治挂帅，加强党的領導，大搞群众运动，实行两参一改三結合，大搞技术革新和技术革命。

我們的文学艺术都是为人民大众的，首先是为工农兵的，为工农兵而創作，为工农兵所利用的。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我們的方針要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。我們并不孤立，全世界一切反对帝国主义的国家 and 人民都是我們的朋友。但是我們強調自力更生，我們能夠依靠自己組織的力量，打敗一切中外反动派。

编 者 的 话

毛主席教导我们：“要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们面前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。”在电子工业大普及、大发展的形势下，为了自力更生地尽快赶上和超过世界先进水平，广大工农兵群众和革命科技人员迫切要求加强学习，以便更好地将经验上升为理论，更自由地应用理论指导实践。然而，旧教材和旧参考书根本不能适应当前革命形势的需要，那些资产阶级权威编的书严重脱离无产阶级政治，严重脱离当前生产实践，颠倒历史，鼓吹资产阶级形而上学和唯心主义，书中大搞形式主义和烦琐哲学；“买办洋奴哲学”，“爬行主义”，资产阶级腐朽没落的世界观渗透在书中的字里行间，如果不经彻底改造，根本不能为无产阶级所用。

在工人阶级领导下，教育战线上的斗、批、改日益深入向前发展。我们教材组的同志批判了封、资、修的旧教材，打破了对“洋人”“专家”“权威”的迷信，抱着为工农兵服务，为三大革命服务的决心，走出校门，深入工厂，和有实践经验的工人、革命科技人员相结合编写了这本教材。在实践中，我们体会到编写无产阶级新教材必须高举毛泽东思想伟大红旗，应用毛主席辩证唯物主义的分析方法，突出无产阶级政治，密切结合当前生产实践，尽可能反映国内外科学技术发展的最新水平；对外国的科学技术成就则要坚持批判继承的原则，执行“古为今用，洋为中用”，“推陈出新”的方针；而且内容要由浅入深，语言要通俗易懂。这样才能更好地为工农兵服务。

本着这样的精神，在上海无线电二十一厂、上海无线电仪器厂、上海东方红电表厂等十几个工厂和科研单位的广大工人和革命技术人员的热情帮助与大力支持下我们编写了这本“半导体线路”。它概述了当前半导体电子技术的主要应用，其中主要介绍了半导体线路的基本原理和应用技术，同时对目前一些

典型的新技术也作了简要介绍。

由于我们活学活用毛主席著作很不够，修正主义教育路线在我们头脑里流毒还未批深批透，对新教材的编写缺乏经验；加上我们实践经验较少，调查研究也不够全面，特别是后面的一些章节，由于时间仓促，写得很粗糙；书中肯定会存在很多缺点、错误和不完善的地方。毛主席教导我们：“**我们的责任，是向人民负责。每句话，每个行动，每项政策，都要适合人民的利益，如果有了错误，定要改正，这就叫向人民负责。**”我们诚恳地希望战斗在电子工业第一线的广大工农兵群众、革命干部和革命技术人员对本书从大纲、内容到结构文句等各个方面无保留地提出宝贵的意见，帮助我们做好“**去粗取精**”的工作，使它逐步完善，真正做到具有革命性、实践性、先进性、针对性，达到更好地为工农兵服务，为我国电子工业革命服务的目的。

“半导体线路”总目录

上 册

- | | |
|-----|-------------|
| 第一章 | 晶体二极管 |
| 第二章 | 晶体三极管和放大器基础 |
| 第三章 | 脉冲基本知识 |
| 第四章 | 放大电路 |
| 第五章 | 脉冲电路 |

下 册

- | | |
|------|-----------|
| 第六章 | 正弦振荡器 |
| 第七章 | 晶体管的非线性应用 |
| 第八章 | 晶体管电源设备 |
| 第九章 | 常用测量仪器 |
| 第十章 | 数字测量技术 |
| 第十一章 | 取样技术 |
| 第十二章 | 固体电路 |

上册目录

第一章 晶体二极管	(1)
第一节 对二极管的感性认识	(1)
第二节 二极管的内部结构	(3)
第三节 二极管随外界电压变化的规律	(8)
第四节 二极管的分类, 命名	(11)
〔附录〕: (1) P—N 结电容	(13)
第二章 晶体三极管和放大器基础	(14)
第一节 晶体三极管及其放大作用	(14)
第二节 三极管在电路中的连接方式	(22)
第三节 晶体三极管电路的分析方法	(29)
第四节 单级三极管放大器 (交流小讯号放大器)	(35)
第五节 阻容耦合放大器	(45)
第六节 音频阻容耦合放大器设计	(50)
第三章 脉冲基本知识	(55)
第一节 什么是脉冲	(55)
第二节 几种最简单的脉冲变换电路	(57)
第三节 晶体管的开关特性	(71)
第四节 三极管开关特性的应用——非门 (倒相器)	(78)
〔附录 1〕: 晶体管脉冲电路的吸流能力和放流能力的概念和计算	(88)
〔附录 2〕: 晶体管脉冲电路中电源电压的选择	(89)

第四章 放大电路 (92)

第一节 负反馈放大器..... (93)

第二节 直流放大器..... (106)

第三节 调制型直流放大器..... (134)

第四节 宽带放大器..... (141)

第五节 调谐放大器..... (162)

第六节 高输入阻抗放大电路..... (174)

第七节 功率放大器..... (183)

第八节 直流运算放大器..... (197)

第九节 低噪声放大器..... (207)

第五章 脉冲电路..... (215)

第一节 前 言..... (215)

第二节 双稳态触发电路..... (217)

第三节 甄别电路..... (239)

第四节 基极定时的单稳态触发电路与多谐振荡器电路..... (251)

第五节 射极电容耦合的单稳态触发电路及多谐振荡器..... (267)

第六节 锯齿波发生器..... (286)

第七节 负阻器件脉冲电路..... (306)

第八节 间歇振荡器 (阻塞振荡器) (335)

第九节 同步与分频..... (352)

第十节 延迟线..... (368)

附 录 象函数变换..... (383)

第一章 晶体二极管

二极管是经常用到的一种半导体器件。例如，装晶体管收音机时，我们要拿二极管来作“检波”用。又如，最近我国工人阶级高举毛泽东思想伟大红旗，夺回了技术大权，正开展着轰轰烈烈的群众性工业电子革命，已经有许多单位革掉了笨重的交流电动机——直流发电机的命，用轻便的半导体整流器来代之，这样一来，设备大大简化，而且提高了生产质量，这种整流器中最关键的器材是晶体整流二极管。这里是利用它来实现交流电变直流电的。（目前更进一步推广了一种可控硅整流管）。再如，在搞数字化仪表中我们也要接触到很多二极管。……总之，二极管的用途是很广的。

毛主席教导我们：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”所以，我们在这一章里，首先就要介绍二极管的性质，它的结构，它与外界条件（电压等）的关联及其规律。只有了解了这些情况，才有可能正确地使用二极管。

第一节 对二极管的感性认识

晶体二极管（以下简称二极管）是只有二个电极的晶体管。图 1—1 所示为一普通二极管的形状，在电路中用符号表示。箭头表示二极管的正极（也用“+”表示），挡住箭头的直线表示二极管的负极（也用“-”表示）。

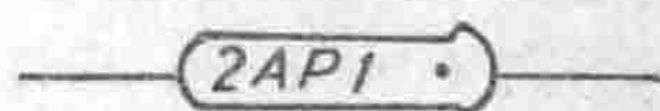


图 1—1

一、二极管的单向导电性：

我们已经知道二极管有两个电极，那么这两电极有什么区别呢？让我们来看一个简单的实验，将二极管 D 按图 1—2（a）接入电路时，灯泡就亮且外加电压越大，灯泡越亮。当二极管 D 按图 1—2（b）接入电路

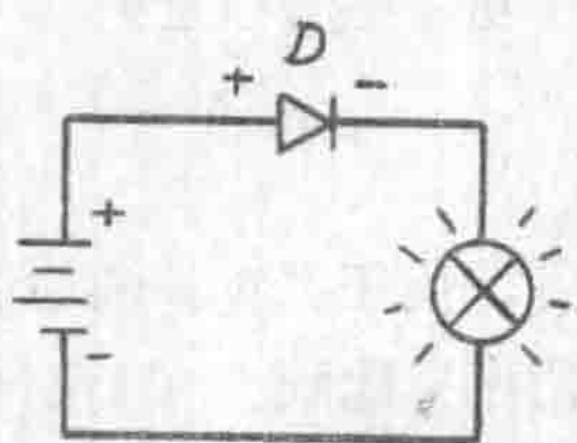


图 1—2（a）

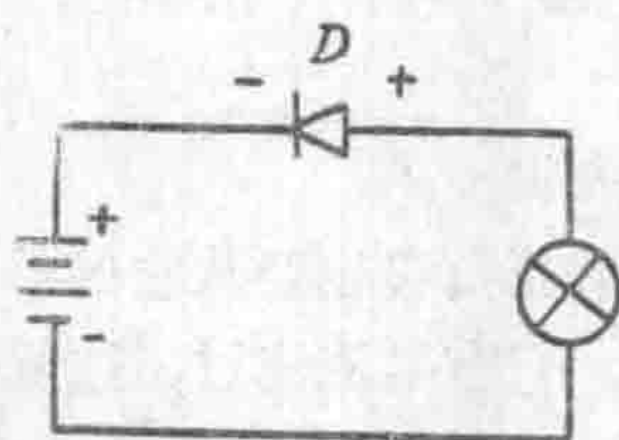


图 1—2（b）

时，灯泡不亮。前者说明，当二极管正极接电压的正端，负极接电压的负端时，二极管有电流通过。这样接法，称二极管上加了正向电压，这时的电流则称正向电流。

后者说明，当二极管正极接电压负端，负极接电压正端时，二极管中没有电流通过（实际上总有极小的漏电流方向与正向电流相反）。这样接法称二极管上加了反向电压，这时通过二极管的漏电流称反向电流，一般是很小很小的。

二极管这种只允许正向电流通过的特性，就称做二极管的单向导电性。

在各种整流线路中，我们就是利用了二极管的单向导电性。例如图 1—3 (1) 所示的电路，输入是 6.3V 频率 50 赫芝的正弦变化交流电，用示波器可以看到它的波形，而通过一个二极管，因为它的单向导电性，只有正半周能通过，负半周通不过了，所以，示波器上只能看到正半周的波形。如图 1—3 (2) 所示。

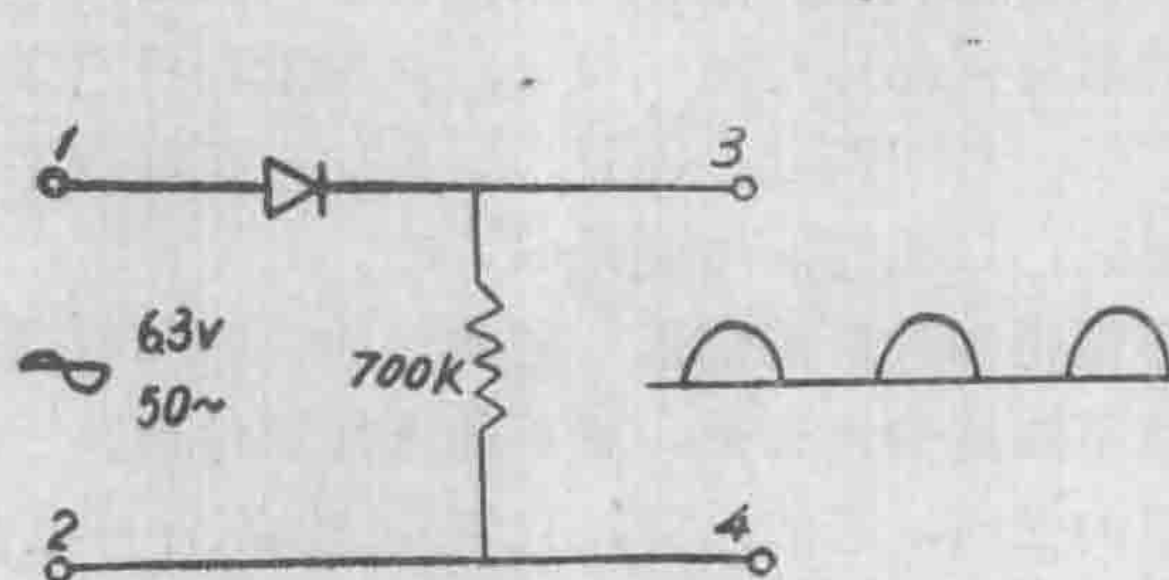


图 1—3 (1)

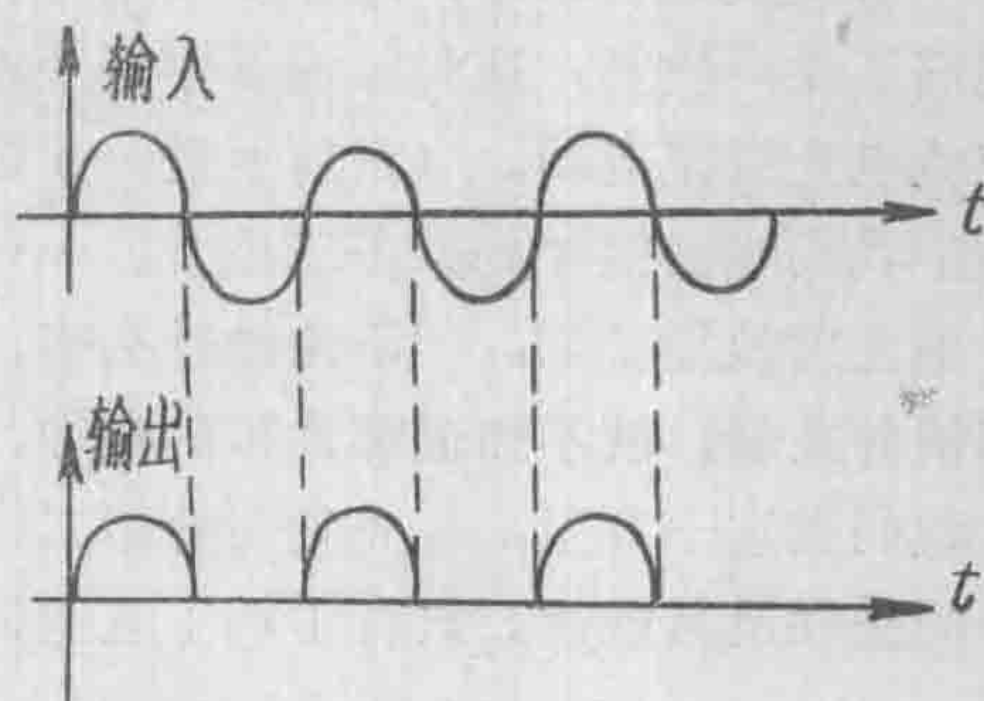


图 1—3 (2)

二、二极管电极的识别:

因为二极管是单向导电的，因此在装配时就不能象电阻那样随便接上，必须按照电路要求的方向来接，否则，应该通时反而不通，不该通时倒反而通了。所以，拿到二极管如何识别它的正负极就相当重要了。

(1) 符号识别:

有些管子正负极是有记号的，如图 1—4 中所示，1—4 (1) 中的二极管中印有二极管的符号，根据这个符号就可以确定正、负极了。1—4 (2) 中的二极管在某一端点有白点（或红点）这点就表示二极管的正极（少数情况下有反过来的）。

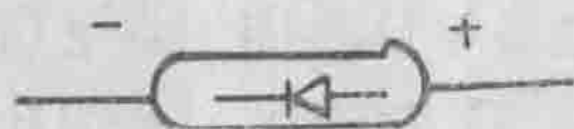


图 1—4 (1)

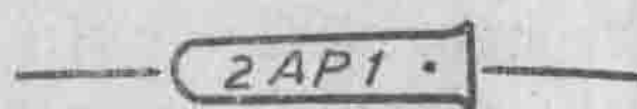


图 1—4 (2)

(2) 万用表识别:

识别二极管的正负极也要从它的单向导电性出发，由于二极管的单向导电特性，在外加正向电压时，它有电流流过，这就是讲它的正向电阻比较小（ $1/1000\Omega \rightarrow$ 几百 Ω 之间），而外加反向电压时，它的反向电流极小，这就是讲它的反向电阻比较大（几十 $K\Omega$ 到几百 $K\Omega$ 以上），所以用万用表识别二极管的正负极性的方法是：

拿一只万用表来，把开关放在电阻 $\times 10$ 或 $\times 1000$ 档，用表棒测二极管二端电阻，若第一次测电阻很小（用 $\times 10$ 档），那么把二极管调个头，测出电阻很大（用 $\times 1000$ 档），就说明二极管是好的。这时若根据电阻大时的情形来判断，那“+”端表棒接触的那个极是正极，“-”端表棒接触的那个极是负极。若根据电阻小的情况来判断，那情况正好反过来（注意：根据万用表内部的结构，“+”端表棒相当于电池负极，“-”端表棒相当于电池正极）。

二极管的好坏，也可以进行判断，若一个二极管正反向电阻都很小，或者都很大，就说明二极管坏了，若一个二极管的正向电阻都在 $1\text{K}\Omega$ 以上反向电阻在几十 $\text{K}\Omega$ 以下，那这二极管的性能就差，一个好的二极管其正向电阻一般在 300Ω 以下，而反向电阻在 $500\text{K}\Omega$ 以上，正反向电阻相差越大越好。见图1—4（3）示。

在测量时要注意：

1. 测二极管正向电阻时要用 $\times 10$ 档才能准确测量，用 $\times 1000$ 或别的档测，数值不准确，此外，不可以用 $\times 1$ 档来测，因为这时流过二极管的电流过大，可能使管子损坏。
2. 测二极管反向电阻时要用 $\times 1000$ 档才能准确测量，但不能用 $\times 10\text{K}$ 一档，因为这时电压过高，也可能使管子损坏。

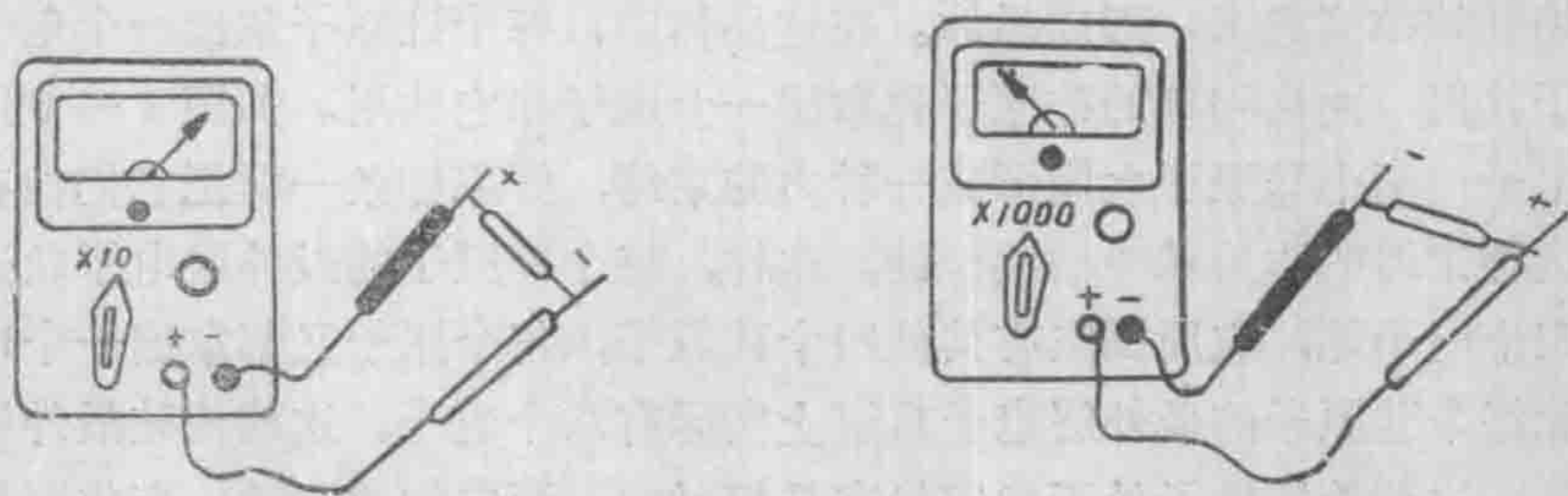


图 1—4（3）

上面的讨论使我们对二极管有了一个感性认识，知道二极管具有单向导电性，但为什么会有这些性质？还是不知道。正如毛主席所教导的：“**感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。**”为此，我们必须深入讨论二极管的结构。使我们的感性认识上升为理性认识，对二极管的本质有更深刻的理解。

第二节 二极管的内部结构

上面我们已经看到二极管在外加电压作用之下，有单向导电性，这里外加电压只是一个外部条件。“**外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。**”因此，下面我们就来分析二极管内部的运动情况。

二极管只有两个电极，我们顺着电极往里解剖，原来这两个电极接在两种不同类型的半导体上，一种是n型半导体，一种是p型半导体。这两种半导体紧紧地连在一起。

如图 1—5 所示。

因此在这一节里，我们首先要搞清楚：什么叫半导体，什么叫 p 型半导体和 n 型半导体？这两种半导体贴在一起后有些什么特性？在这基础上再进一步讨论二极管是如何工作的？

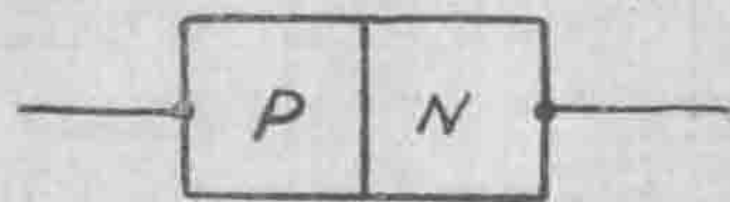


图 1—5

一、半导体：

在我们日常生活和生产中，对导体和绝缘体是很熟悉的。例如银、铜、铝、锡等是很好的导电材料，就称做导体。而塑料、橡皮、陶瓷、胶木板等东西很难通过电流，称为绝缘体。导体的电阻率很小，约 $10^{-6} \sim 10^{-3} \Omega/\text{厘米}$ ，绝缘体的电阻率很大，约 $10^{14} \sim 10^{16} \Omega/\text{厘米}$ 。除了导体和绝缘体之外，还有介于它们之间的，电阻率为 $10^{-3} \sim 10^3 \Omega/\text{厘米}$ 的材料，称为半导体。半导体的电阻率随温度的变化很显著，当温度上升时，电阻率下降，即导电性增加。

目前做晶体管用的半导体材料最重要的是锗和硅的晶体，所以我们就以硅晶体为典型来分析它们的导电机构（锗晶体的情况也一样）。

硅的原子结构中，最外层电子轨道有四个电子。硅晶体是由大量硅原子组成的。这些硅原子规则地排列起来，形成晶体。在这晶体中，每个硅原子拿出一个电子和相邻的一个硅原子共用，而这相邻的硅原子也拿出一个电子和它共用。如图 1—6 所示，这两个共用的电子使两个硅原子之间形成一种力的束缚，好象链条一样把它们拉在一起，不易分开，这种束缚的作用就叫做共价键。这样，每个硅原子的最外层电子轨道上除了有它本身的四个电子外，它周围应有其他四个硅原子，每个原子又都拿出一个电子来和它共用，因此每个硅原子的最外层电子轨道上实际有八个电子，这就使硅最外层电子比较稳定。但是，这种外层电子处于稳定状态是相对的，而它们的运动，变化则是绝对的。当温度升高时，由于热运动

加激，外层电子的能量增加，就使它们有可能挣脱共价键的束缚，成为自由电子。

它跑掉之后，又使原来的共价键里缺少了一个电子，留下一个空位子，我们叫它做“空穴”。这样一来，不仅这些自由电子在硅晶体中可以参与导电，而且这些“空穴”亦有导电的作用，因为当一个共价键上出现了一个空位子时，附近的价键上的电子便有可能跑过来填补它，而使附近价键上留下了空位子，……这样就好象

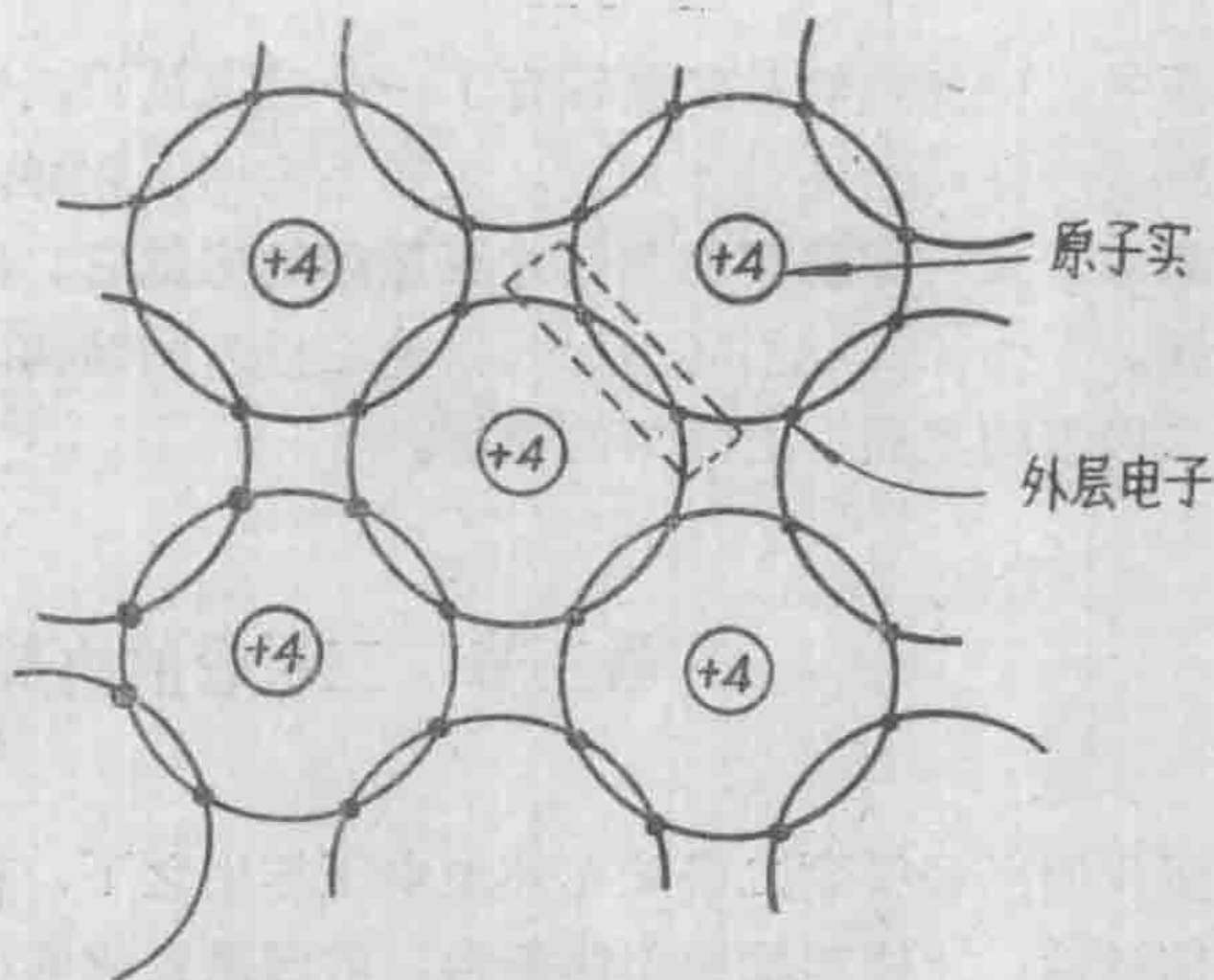


图 1—6

“空穴”从一个位置转移到另一个位置去了，在电场作用之下，这些空穴的转移是沿着电场方向进行的，这就等效于带有正电的粒子沿着电场方向的运动。所以在半导体中，既有电子参与导电，又有空穴参与导电，这种参与导电的电子和空穴总称为载流子。

上面所讲的都是指纯净的半导体，在这样的半导体中，自由电子和空穴总是成对出现的，温度越高，电子、空穴对的浓度就越大，这就是半导体导电性随温度变化的原因。

二、n 型半导体和 p 型半导体：

实际上作成晶体管的半导体中，都要加入一些杂质，这些杂质的加入将大大改变半导体的导电性能。下面我们就来讨论常用的n型和p型杂质半导体。

n 型杂质半导体：

如果在半导体中掺入极少量五价的原子(如砷、锑)，这种五价原子最外层有五个电子，这时它的四个电子仍和周围四个原子的外层电子组成共价键，而第五个电子却成了“自由”状态。如图1—7所示，这种杂质半导体中，自由电子数比空穴多，所以导电的载流子主要的就是自由电子了。也就是讲在这种杂质半导体中，电子是多数载流子，空穴是少数载流子。这种杂质半导体就称为n型半导体。

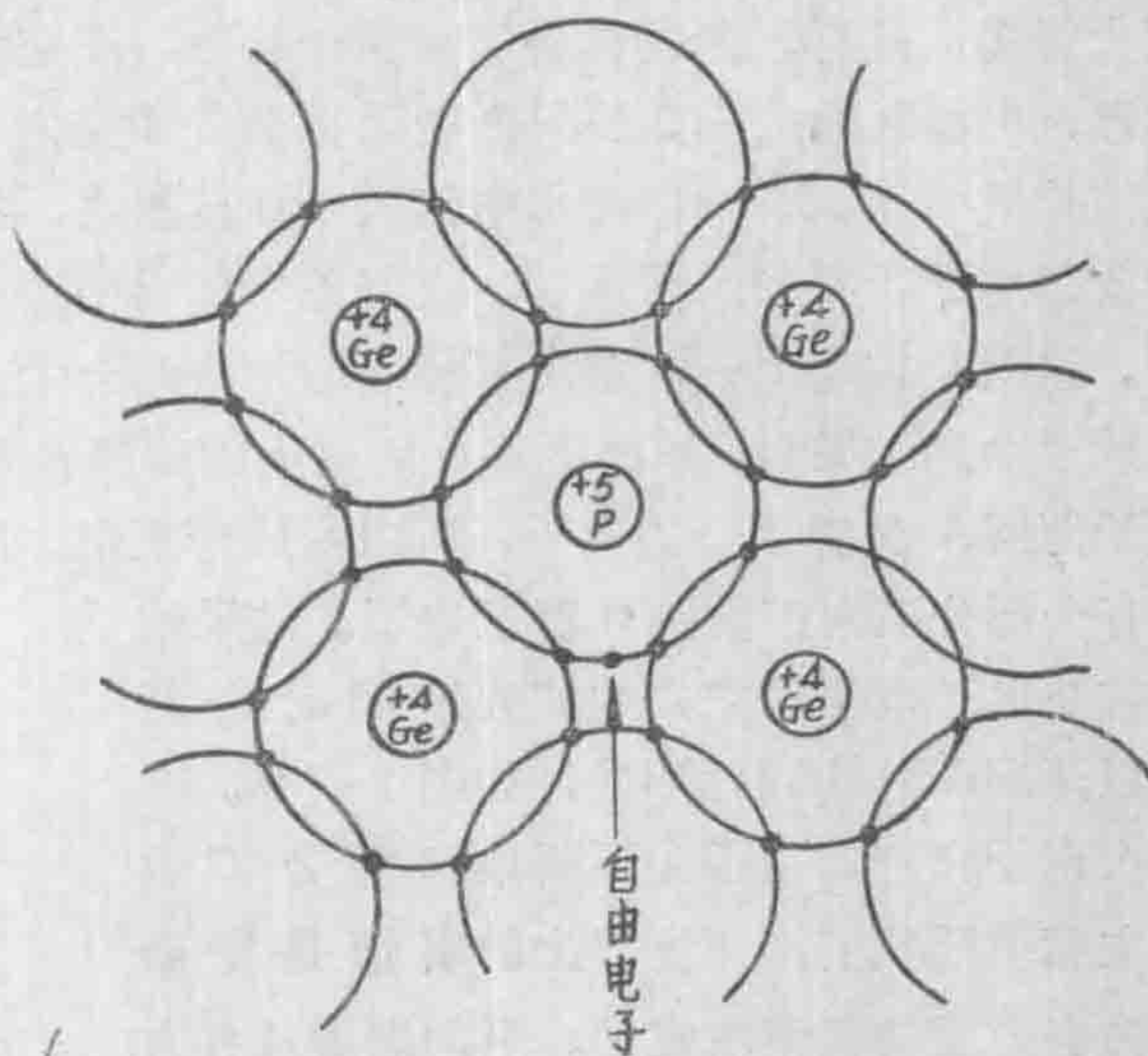


图 1—7 n 型半导体示意图

p 型半导体：

若半导体中，掺入极少量的三价原子(如铝、镓)，这种三价原子的最外层只有三个电子，这时晶体共价键的结构是不完整的，必定有一个缺位，因此造成一个空穴的出现(如图1—8)，这种杂质半导体中，空穴数多于自由电子数，所以这种杂质半导体中参加导电的载流子主要的就是空穴了。也就是讲，这种半导体

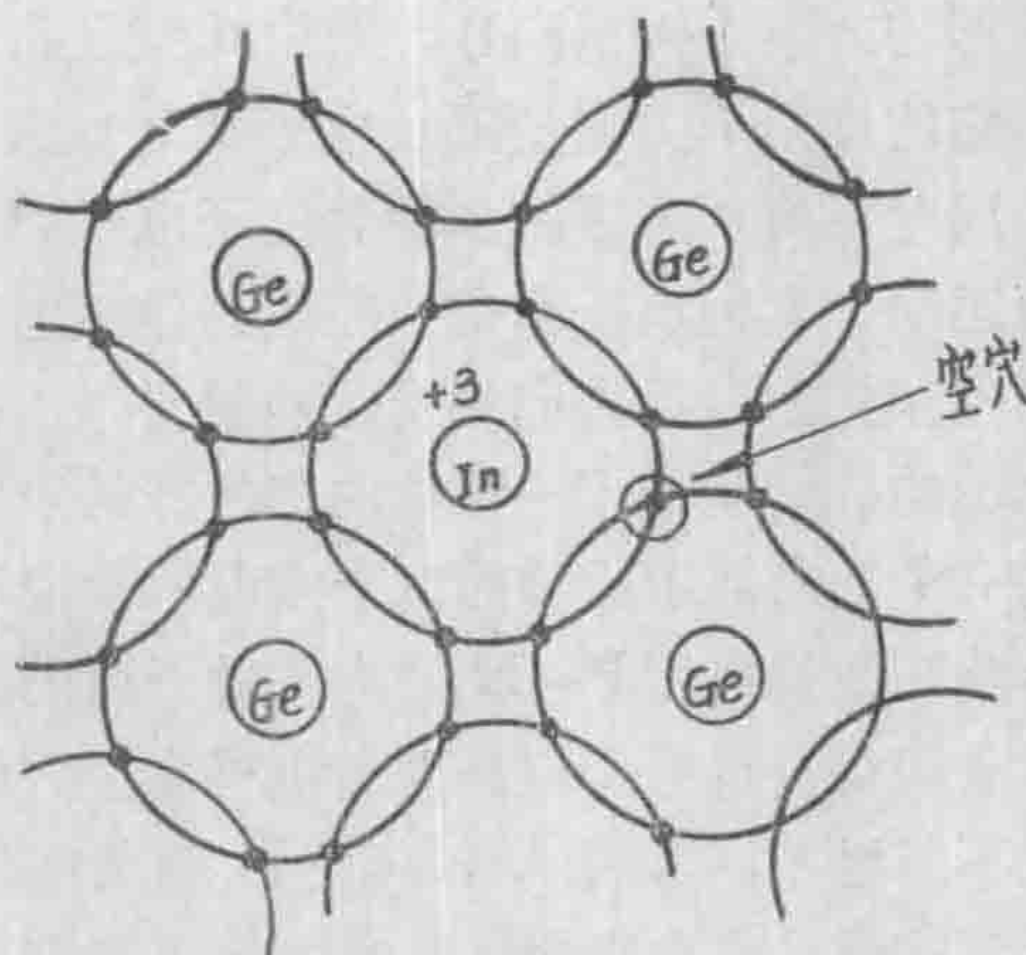


图 1—8 P 型半导体示意图

中，空穴是多数载流子，电子是少数载流子，这种杂质半导体就称为P型半导体。（以后半导体中多数载流子就叫多子，少数载流子就叫少子）。

三、P—N 结

上面我们已经讲过，在二极管中，一边是P型半导体，一边是n型半导体，这是两种具有不同导电性能的材料，它们结合在一块，就在交界处附近形成一个特殊的区域，称P—N结。

“任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。”那么构成P—N结内部的特殊的矛盾是什么呢？

由于P型半导体里面，多数载流子是空穴，n型半导体里面多数载流子是电子，因此P型区的空穴浓度要比n型区的空穴浓度大很多，n型区的电子浓度要比P型区的电子浓度大很多。这样，两种材料结合在一起时，在交界处，P型区的空穴就要向n型区一边扩散，n型区的电子亦要向P型区扩散，即空穴和电子都要从浓度大的地方向浓度小的地方扩散（正如在一杯清水中滴入一滴蓝墨水，则开始时只在一点附近有蓝墨水，以后，蓝墨水分子要向四周运动，直到整个杯子中颜色一样为止，这种现象就称做扩散运动）。这就是构成P—N结内部特殊的矛盾的一个方面。

扩散运动的结果是，n型区邻近面附近的薄层A中有一部分电子扩散到P型区中去了。由于薄层A失去了一些电子，所以变成带正电。同样，P型区邻近界面附近的薄层B中有一部分空穴扩散到n型区去了。结果使薄层B带负电。电子和空穴的扩散是同时进行的，所以薄层A和B同时形成，如图1—9。

那么电子和空穴是否会不断地向对方扩散呢？毛主席教导我们：**“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”**因为电子和空穴是带电的，它们扩散的结果使薄层A带正电，薄层B带负电。因此在A、B之间便产生一个电场，这个电场的方向由A指向B，即由n型区指向P型区。它的作用一方面是阻止电子从n型区向P型区扩散，阻止空穴从P型区向n型区扩散。同时还使P型区的少数载流子电子向n型区运动，使n型区的少数载流子空穴向P型区运动，这种电子和空穴在电场作用之下的有规则的运动，称做漂移运动。显然，漂移运动和扩散运动方向相反，也就是说，薄层A、B内部的电场的作用是阻挡载流子扩散运动的。这就是P—N结内部特殊的矛盾的另一方。

由于P—N结内部矛盾着的两个方面：载流子的扩散运动和漂移运动**“互相依存”**又**“互相斗争”**就构成了P—N结内部的矛盾的运动。开始时，矛盾的一方——电子和空穴的扩散运动占优势，但是随着电子和空穴的不断扩散，使n型区和P型区失去的电子和空穴不断增多，薄层A和薄层B愈来愈厚，电场的作用愈来愈强，于是矛盾的另一方——漂移运动也愈来愈强，直到电子和空穴的漂移运动和扩散运动的作用完全抵消，这样矛盾双方斗争的结果使n型区的电子和P型区的空穴不再减少了。薄层厚度

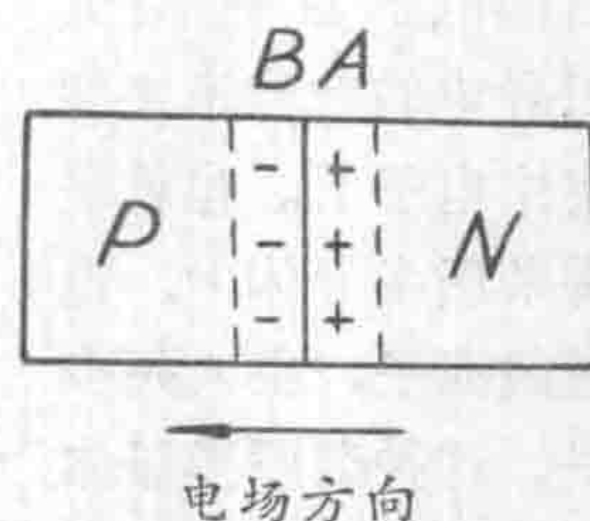


图 1—9

也不再增加了，这时虽然载流子的扩散运动和漂移运动仍在进行但由于两者大小相同。方向相反故二极管总电流等于 0 达到了暂时平衡的状态，这就是在没有外加电压时的情况。

上述A、B内部电场区，即P—N结，又叫做阻挡层。

四、二极管的工作原理：

上面讲过，在没有外加电压的情况下，P—N 结内部矛盾的两方面将达到稳定状态，但是“无论什么事物的运动都采取两种状态，相对地静止的状态和显著地变动的状态。两种状态的运动都是由事物内部包含的两个矛盾着的因素互相斗争所引起的。”没有外加电压时，二极管中二个矛盾着的因素互相斗争而达到相对平衡的状态。但是在外加电压的情况下，矛盾着的两方面的运动将起显著地变动。

1. 如在二极管两端加一电压，使P端为“+”，N端为“-”，那么这外加电压将削弱阻挡层内的电场，如图 1—10（1），由于阻挡层内电场的削弱，就使载流子的扩散运动大大加强，而漂移运动大为削弱。“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。”所以这时，二极管中的电流就由起支配地位的扩散电流所决定。因为扩散电流是由P型中的空穴和N型中的电子所形成，而由P、N中的多子组成的，所以这时电流就比较大，而且当外加电压越大时，扩散运动越强，扩散电流也就越大，这就是我们在前面讲的二极管上加正向电压的情况（注意电子和空穴扩散方向相反，但形成电流方向是一致的，它们的带电极性是相反的）。

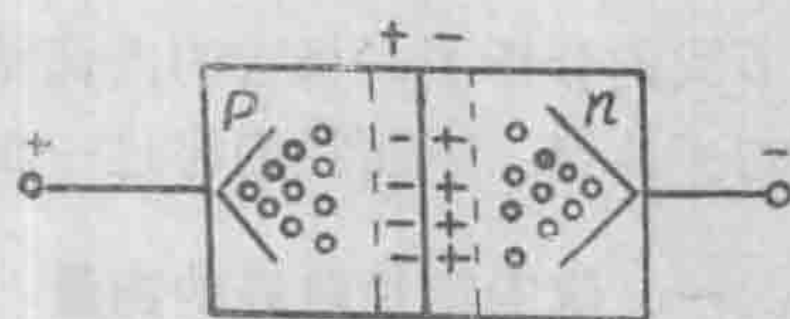


图 1—10（1）

2. 若在二极管中加一个电压，使P端加（-），N端加（+），这个电压的作用是加强二极管阻挡层内部电场作用的，如图 1—10（2），所以使载流子的漂移运动大大加强，“取得支配地位的矛盾的主要方面起了变化，事物的性质也就随着起变化。”这时二极管电流中起支配地位的已是漂移电流了。漂移电流是P型中电子向N型运动，N型中空穴向P型运动而形成的，所以这时电流方向与正向电流相反，又因为漂移电流是由P、N型中的少子组成，所以电流就很小。当电压逐渐增加时，电流会有些变化，但当P、N型中的少子全部参加导电后，电压再增加，电流也不会再增加了。这就是我们前面讲到的二极管上加反向电压的情况。

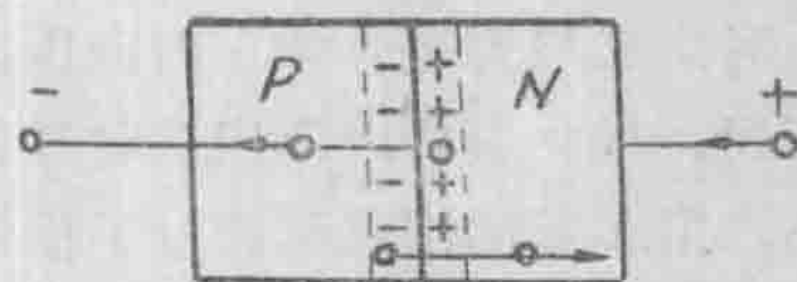


图 1—10（2）

由以上对于二极管内部结构的分析，我们可以得出下述结论：

1. 二极管在外加电压极性不同时，具有单向导电性。

2. 二极管反向电压极大时会发生击穿。

因为当管子反向电压极大时，反向电流显然很小，但因为空穴，电子通过阻挡层时

由于阻挡层内电场的加速，能量大增加了，以至在碰撞其他原子时有可能激发出新的电子和空穴对，这些电子和空穴对又在电场中被加速，又要激发新的……，如此恶性循环，就会使这时阻挡层内电子，空穴浓度骤增，产生了很大的反向电流（这种现象也叫雪崩），这时的反向电压叫管子的反向击穿电压，超过此值，管子也因为大电流，高电压而损坏。

3. 晶体管在使用时总有个温度限制，这就是因为半导体对温度特别敏感，当温度升高时，半导体内电子，空穴对要增加，这就影响 P、N 型的空穴，电子的浓度，这些电子，空穴对的增加，对半导体中少数浓度的影响比较大，因为少数本来数量就不多，所以就要影响管子的反向电流随电压变化的情况。所以在电路中使用时一定要注意温度效应的补偿、散热。

4. 二极管上的电流运用有个限制，管子在正向导电时，电阻虽然很小，但电流太大时，管子上损耗功率仍很大，会使管内温度上升，而影响管子特性，以至损坏管子，所以使用时不能超过额定值。

第三节 二极管随外界电压变化的规律

上节我们分析了二极管的内部结构，了解了二极管单向导电的实质，但这只是对二极管的初步认识。下面我们将进一步讨论二极管的电流随外加电压变化的规律。

一、伏安特性曲线的测量

“真理的标准只能是社会的实践。”我们先从实验中看一下当二极管外界电压变化时二极管中的电流是按怎样的规律变化的。实验如图 1—11 所示。

其中 V 是电压表（伏特表） A 是电流表（毫安表）。 R_1 是保护电阻以免电流太大烧坏管子， R_W 是电位器，改变 R_W 上面的接触点，就可以改变加在二极管上电压大小，双刀双向开关打到“1”时，二极管是外加反向电压，打到“2”时，二极管是外加正向电压。当 R_W 在一个位置时，用 V 表可以测出这时二极管上所加电压大小，用 A 就测出这时流过二极管的电流，测量数据如表 1—1 所示，从表上看到在二极管上加不同方向的电压时，流过的电流大小相差很多，而且方向相反，即在正向电压时，流过二极管的电流很大，而且外加电压越大，流过电流也越大。外加反向电压时流过二极管的电流极小。当外加电压增加到一定值时，反向电流突然上升。二极管电流电压关系，我们可用图 1—12 表示出来，这个图有二个直线直交，这就是二个座

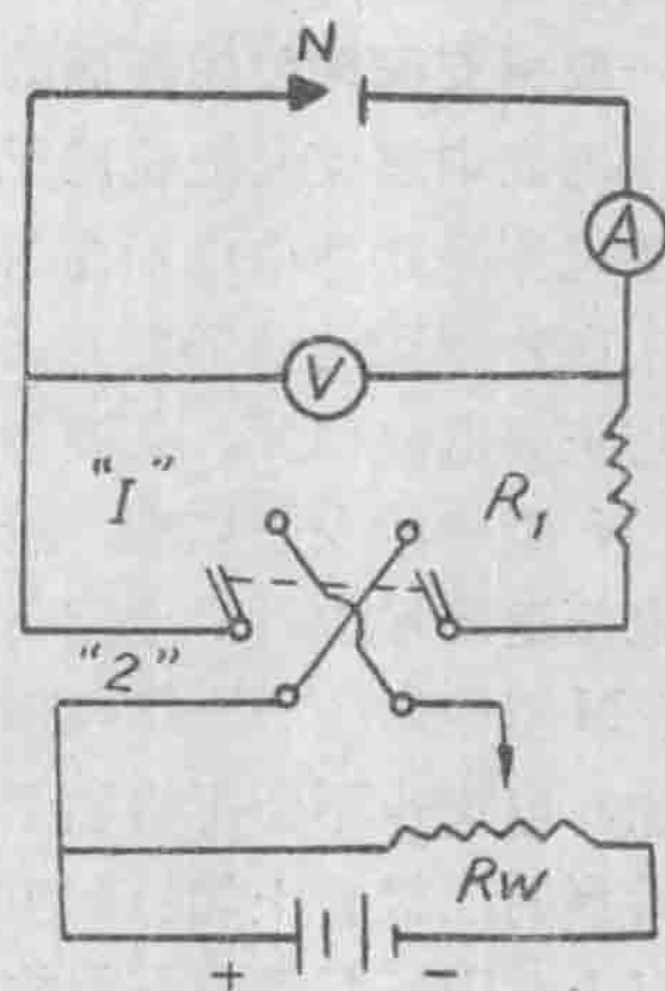


图 1—11

标轴，水平方向的，表示二极管上所加电压，从0点向右去的是正电压方向，向左去的是负电压方向，电压以伏特为单位，垂直方向的表示二极管中流过的电流，从0点向上去的表示正电流方向，向下去的表示负电流方向，电流可以毫安为单位。

表 1—1

正向电压	0	0.2V	0.4V	0.6V	0.8V	1.0V
正向电流	0	7mA	15mA	25mA	60mA	100mA
反向电压	0	-10V	-20V	-30V	-40V	-50V
反向电流	0	-0.1mA	-0.1mA	-0.1mA	-0.1mA	-20mA

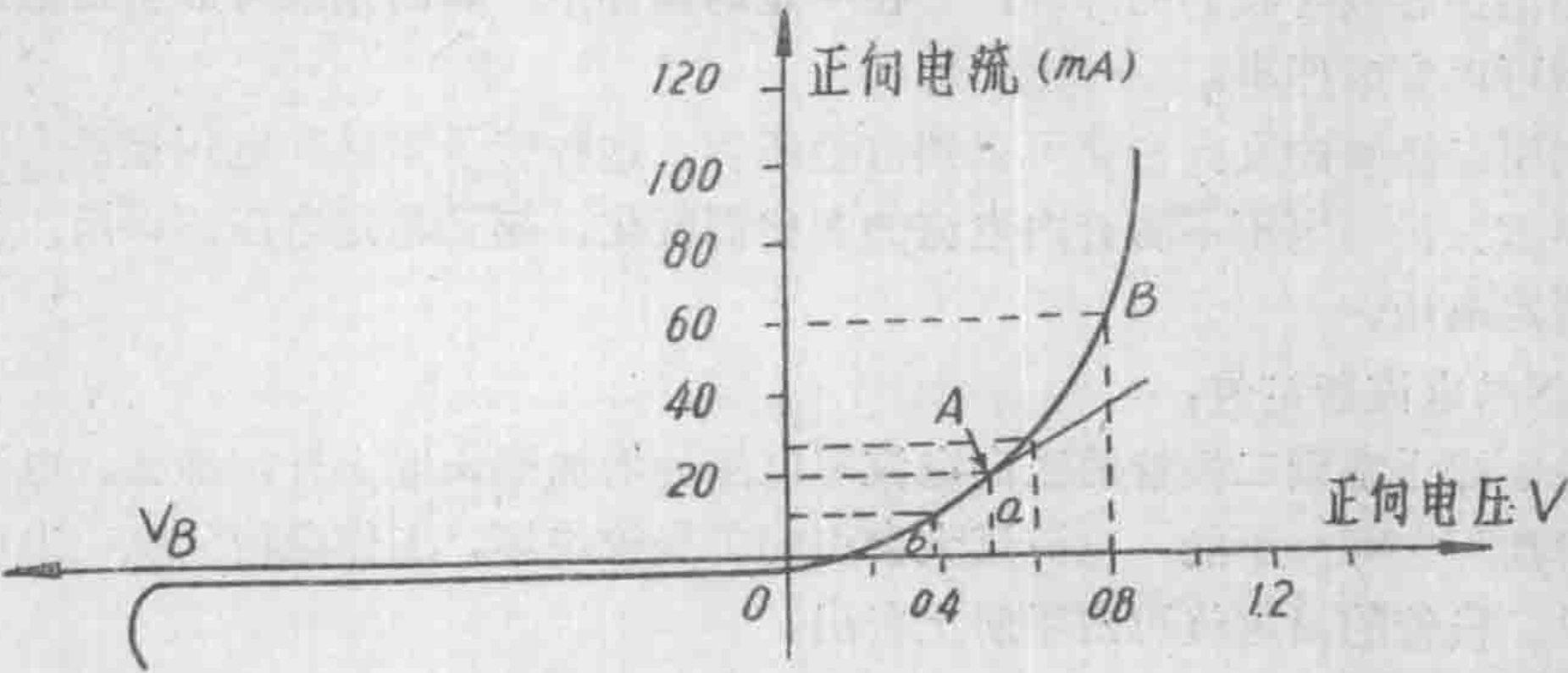


图 1—12

在表 1—1 所对应于每一对电压，电流值，就可以在上面讲的电压，电流座标上找到一点，把这些点连接后就得到二极管的一根曲线。这曲线称二极管伏安特性曲线。

二、二极管特性曲线的分析

毛主席教导说：“我们讨论问题，应当从实际出发，不是从定义出发。”我们从实验及生产实际出发，总结，抽象出概念，便于判断，推理和分析，以达到“完全地反映整个的事物，反映事物的本质，反映事物的内部规律性，……”

那么从实际测量得到的特性曲线上我们得到了什么概念呢？

1.直流电阻：（正、反二向）

第一节我们已经知道用万用表测二极管时，正向电阻的数值和反向电阻的数值不同，正向电阻大多在 1 K 以下，反向电阻在 500K 以上，从特性曲线上进一步看到二极管在正向电压变化时，各点的直流电阻是不一样的，比如，我们来算出二极管上 A 点和 B 点的直流电阻 R。

二极管的直流电阻 $R = \frac{\text{二极管上所加电压}}{\text{二极管的电流}}$