

电子技术讲座(一)

# 晶体管整流电路

上海市业余工业大学



科学出版社

电子技术讲座（一）

晶体管整流电路

上海市业余工业大学编

科学出版社

1970

## 内 容 简 介

本书是电子技术讲座之一。内容分三个部分：1. 晶体二极管，2. 整流电路，3. 可控硅整流器。整流电路部分结合实用线路讲述了单相半波、单相全波、单相桥式、三相桥式电阻负载整流电路，整流元件的串并联、过电流、过电压保护，倍压整流以及单相小功率整流变压器的绕制。可控硅部分除简介了工作原理外，还举了应用实例。最后还附有电路的基本知识及常用的晶体二极管参数表。

电子技术讲座共四本，分别是：《晶体管整流电路》、《晶体管放大与振荡电路》、《晶体管收音机》、《晶体管开关电路》。

## 电子技术讲座（一） 晶 体 管 整 流 电 路

上海市业余工业大学编

\*

科 学 出 版 社 出 版

北京西直门外三里河路2号

北京市书刊出版业营业许可证出字第061号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1970年8月第 一 版    | 开本：787×1092 1/32 |
| 1970年8月第一次印刷    | 印张：3 1/4         |
| 印数：0001—571,000 | 字数：68,000        |

统一书号：15031·239

本社书号：3511·15—7

定 价：0.22 元

## 毛主席语录

领导我們事业的核心力量是中国共产党。

指导我們思想的理論基础是馬克思列宁主义。

人民,只有人民,才是創造世界历史的动力。

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。

我們不能走世界各国技术发展的老路,跟在別人后面一步一步地爬行。我們必須打破常规,尽量采用先进技术,在一个不太长的历史时期內,把我国建設成为一个社会主义的现代化的强国。

## 前 言

二十世纪六十年代过去了，我国革命人民以豪迈的战斗步伐，跨进了伟大的七十年代。首先让我们共同祝愿伟大的领袖毛主席万寿无疆！

放眼世界，展望未来，毛主席为我们展示了光辉灿烂的前景，“**从现在起，五十年内外到一百年内外，是世界上社会制度彻底变化的伟大时代，是一个翻天覆地的时代，是过去任何一个历史时代都不能比拟的。**”

在这个伟大的时代里，“**中国应当对于人类有较大的贡献。**”

一场轰轰烈烈的群众性斗批改运动，正在深入发展。一个工农业生产的新高潮已经到来。全面地贯彻执行毛主席提出的“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线和“**抓革命，促生产，促工作，促战备**”的伟大指示，充分发挥我国社会主义制度的优越性和充分发挥我国工人阶级、贫下中农、革命知识分子的积极性，我国的工农业生产和科学技术已经和正在赶上并超过世界先进水平。

发展电子工业，应用电子技术，对于赶超世界先进水平有着重要意义，对我国工业、农业、科学技术和国防现代化以及人民政治生活有着密切的联系。是我们进行阶级斗争、生产斗争、科学实验三大革命运动的重要工具。

十三年前，我国电子工业还是一棵刚出土的幼苗，只能制造三十年代简单的电子管。仅仅十三年时间，尤其是经过无产阶级文化大革命，我国的电子工业以雄伟的步伐跃入了世

界先进行列。

我国电子工业短短的发展史，每一页都充满着两个阶级、两条道路、两条路线激烈、尖锐的斗争。

在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，我国电子工业呈现了一派欣欣向荣的气象，开始有了自己的半导体电子工业。

可是叛徒、内奸、工贼刘少奇及其代理人，对毛主席关于“独立自主、自力更生”方针恨得要命，怕得要死，他们利用篡夺的那部分权力，竭力推行“洋奴哲学”、“爬行主义”、“专家治厂”等修正主义路线，把正在蓬勃兴起的电子工业群众运动扼杀下去，迫使已转业搞电子工业的许多工厂下马改行，使电子工业受到了很大摧残。

**“革命就是解放生产力，革命就是促进生产力的发展。”**伟大领袖毛主席亲自发动和领导的、有亿万革命群众参加的无产阶级文化大革命，**以排山倒海之势，雷霆万钧之力，磅礴于全世界**，彻底摧毁了以刘少奇为首的资产阶级司令部及其推行的反革命修正主义路线，工人阶级重新夺回了失去的那一部分权力。电子工业和其他事业一样，得到了飞跃的发展。

现在，一场电子工业革命的人民战争打响了！从仪表系统到手工业；从机电系统到轻工业；从纺织系统到财贸战线；从烟囱入云的万人大厂到设备简陋的弄堂小厂……，瑰丽多彩的电子之花遍地盛开，许多不久前对“电子”还很陌生的同志，现在已成为电子工业中的闯将。红色卫星的上天，也标志着我国电子工业的新发展。这完全证明了毛主席的英明论断**“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。”**

今天，我国电子工业已经以崭新面貌出现在东方的地平线上，它将使我国成为第一流新电子化，第一个新工业化的社

会主义最强国。

在波澜壮阔的电子工业群众运动中，我们上海市业余工业大学，在驻校工人、解放军毛泽东思想宣传队和校革命委员会的领导下，组织了以工人为主体，有革命干部、革命知识分子参加的“三结合”小组，编写电子技术讲座：《晶体管整流电路》、《晶体管放大与振荡电路》、《晶体管收音机》、《晶体管开关电路》等四本书。

本讲座根据电子工业革命群众运动的需要，主要搜集了上海地区电子工业革命群众运动中涌现出的材料，以及我校与有关工业局（公司、厂）举办的工人电子技术训练班在教育革命实践中的部分教材，可供具有初中文化程度的工农兵群众自学。

本讲座得到上海市有关工业局（公司、厂）的工人电子技术训练班及很多工厂的关怀和支持，我们向以上这些单位表示感谢。

由于我们水平有限，缺点错误一定不少，希望工农兵群众和革命读者给予批评指正。

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第一章 晶体二极管 .....             | 1  |
| 第一节 半导体 .....               | 1  |
| 第二节 p-n 结 .....             | 3  |
| 第三节 晶体二极管 .....             | 7  |
| 本章小结 .....                  | 12 |
| 第二章 整流电路 .....              | 14 |
| 第一节 单相半波电阻负载整流电路 .....      | 14 |
| 第二节 单相全波电阻负载整流电路 .....      | 17 |
| 第三节 单相桥式电阻负载整流电路 .....      | 20 |
| 第四节 三相桥式电阻负载整流电路 .....      | 23 |
| 第五节 整流元件的串联和并联 .....        | 25 |
| 第六节 整流元件的过电流、过电压保护 .....    | 27 |
| 第七节 滤波器 .....               | 29 |
| 第八节 倍压整流电路 .....            | 34 |
| 第九节 整流变压器的绕制 .....          | 37 |
| 本章小结 .....                  | 47 |
| 第三章 应用实例 .....              | 51 |
| 第一节 直流能耗制动 .....            | 51 |
| 第二节 交流弧焊机改制成交、直流两用弧焊机 ..... | 55 |
| 第三节 硅整流元件代替直流发电机 .....      | 56 |
| 第四节 GCA 系列硅整流设备 .....       | 57 |
| 第五节 静电喷漆高频高压发生器 .....       | 62 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第四章 可控硅整流简介 .....     | 63 |
| 第一节 可控硅整流元件工作情况 ..... | 64 |
| 第二节 可控硅整流元件应用举例 ..... | 66 |
| 本章小结 .....            | 70 |
| 附录一 电路基本知识 .....      | 71 |
| 第一节 电路 .....          | 71 |
| 第二节 交流电 .....         | 75 |
| 第三节 电容 .....          | 77 |
| 第四节 $R-C$ 电路 .....    | 80 |
| 第五节 电感 .....          | 85 |
| 附录二 常用晶体二极管参数表 .....  | 87 |
| 附录三 电气元件图形符号 .....    | 92 |

# 第一章 晶体二极管

1958年,在三面红旗的光辉照耀下,我国工人阶级和革命的技术人员发扬了**独立自主、自力更生**的革命精神,从无到有建立了半导体工业。经过了短短的十三年,我国的半导体工业和其他工业一样以雄伟的步伐跃入了世界先进行列,这是多么巨大深刻的变化啊!

我国半导体整流元件生产的发展异常迅猛。这是工人阶级高举毛泽东思想伟大红旗,和刘少奇的反革命修正主义路线坚决斗争的结果。如土法上马的硒片生产的关键设备——硒蒸发锅就是广大工人同志自己设计、自己制造的,每年生产出大量高质量的硒片,满足国家的需要。又如在试制硅高压整流柱的过程中,工人同志活学活用毛泽东思想,克服困难,大胆创新,用国产原材料和新工艺,把按照洋框框并联在高压硅柱上的电容、电阻都革掉了,使整流柱的体积大大缩小,质量也超过了国外同类型产品。这大长了中国工人阶级的革命志气,大灭了帝修反的威风。

半导体电子技术在现代工业、现代农业、现代科学技术和现代国防事业中应用越来越普遍了,那么半导体究竟是什么呢?

## 第一节 半 导 体

### 1. 导体、绝缘体和半导体

大家知道,电线都是用铜或铝做成的,因为电能通过铜线

或铝线传导到需要的地方去；而且铜线或铝线外面常常包着一层橡皮或塑料，与外界隔绝，因为电不能通过橡皮或塑料传导出。

容易导电的物体，我们通称为导体，象银、铜、铝等都是良好的导体。反之，不容易导电的物体，我们称它们为绝缘体（又叫非导体），如橡皮、塑料、石英、玻璃等都是绝缘体。

在我们周围的世界中，除了上面说的导体和绝缘体外，还存在着一大类其他的物质，它们既不象导体那样容易导电，也不象绝缘体那样不容易导电，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间。**这种特殊的矛盾，就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。**我们把这类物质叫做半导体。半导体的种类非常多，象锗、硅、硒等与大多数金属的氧化物和硫化物（例如氧化亚铜），以及许多金属间的化合物（例如二锑化三镁、锑化铟等）都是半导体。

从上面讨论可以知道，世界上的物体按导电的本领分，可以分成三类：导体、绝缘体和半导体。

## **2. 半导体的独特“脾气”**

半导体既不能作导体，又不能作绝缘体，为什么会引起人们很大的兴趣呢？原因并不在于它的导电能力介于导体与绝缘体之间，而在于半导体具有一些独特的“脾气”——同一块半导体，它的导电能力在不同情况下会有非常大的差别，一会儿它象地地道道的导体，但一会儿又象典型的绝缘体。人们正是利用半导体的这种独特的“脾气”，做成各式各样的有用器件。

当外界温度升高时，半导体的导电能力就增加许多，温度下降一些，它的导电能力又降低许多，也就是说半导体的导电能力与温度间有着密切的关系。人们利用这种性质做成了自动化控制用的热敏元件（如热敏电阻等）。

当有光线照射在某些半导体上时，它们表现出导体的性质，导电能力很强；但在没有光照时，它们又象绝缘体一样不导电。于是人们就巧妙地利用半导体的这种独特“脾气”，做出各种各样的自动化控制用的光电器件和元件（如光电二极管、光电三极管和光敏电阻等）。

如果在纯净的半导体中适当地掺入极微量的外加杂质，那么半导体的导电能力就会有上百万倍的增加。这是半导体最显著、最突出的性质。正因为半导体具有这样独特的特性，人们利用掺杂质的方法，制造出不同性质、不同用途的半导体材料，才使本来不受人们注意的半导体一跃而成为今天无线电电子技术的主要器件。

## 第二节 p-n 结

### 1. p 型半导体、n 型半导体

前面我们已经知道在纯净的半导体中加入极微量的杂质，能使半导体的导电能力增加许多倍，我们称加有杂质的半导体为杂质半导体。

但是并不是在半导体中随便加些杂质就能使半导体具有我们需要的性质。这也就是说，杂质是有选择的，不是随便加的。而且所加杂质的数量也是有严格规定的。只有加入一定种类和一定数量的杂质，才能使半导体的性质符合我们的要求。

加到半导体中的杂质可以分成两种类型。一种杂质加到半导体中去后，在半导体中会产生许多带负电的电子，这种半导体叫做电子型半导体（也叫 n 型半导体）。另一种杂质加到半导体中会产生许多缺少电子的空位，我们把这些缺少电子的空位叫做空穴，这种半导体叫做空穴型半导体（也叫 p 型

半导体)。

对于锗和硅半导体来说,最常用的一种杂质是镭、磷和砷等元素。这些元素加入后,半导体变成 n 型半导体了。常用的另一种杂质有铈、铝、镓和硼等元素,加入这些杂质后,半导体就变成 P 型的了。因此,加入两种不同类型的杂质能制成两种不同类型的半导体。

## 2. p-n 结

如果设法使一块完整的半导体的一部分是 n 型的,另一部分是 P 型的,象图

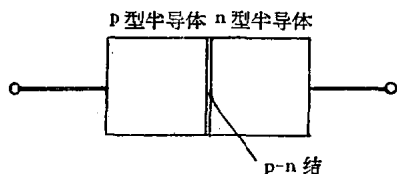


图 1-1 p-n 结

图 1-1 中所画的那样。这时在 P 型同 n 型半导体相结合的地方,会形成一个叫做 p-n 结的特殊薄层。这个薄层有一个很特别的性能,

就是对于电流有单方向导通的能力。如果我们将 P 型半导体部分连接至电池的正电极, n 型半导体部分连接至电池的负电极,这时电流能通过 p-n 结流通,如图 1-2 所示。如果换一个方向连接,也就是说把 P 型部分接到电池的负电极, n 型部分与电池的正电极连接,这时电流不能通过 p-n 结流通,如图 1-3 所示。

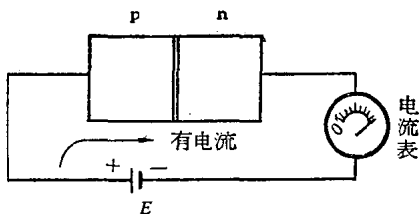


图 1-2 电流能通过 P 型半导体流至 n 型半导体

这说明 p-n 结 有一个单向导电的特性,我们常用这样的符号  $\circ \rightarrow \mid \leftarrow \circ$  来表示电流只能从左向右流而不能从右往左跑,这就是晶体二极

管的符号。P 型半导体的一端叫正极（也叫阳极），n 型半导体一端叫负极（也叫阴极），电流只能从正极向负极流，而不能反过来走。p-n 结的单向导电特性构成了晶体二极管、晶体三极管以及其他许多半导体器件基本作用原理的基础。

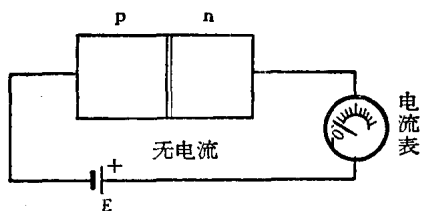


图 1-3 电流无法经过 n 型半导体流到 p 型半导体

### 3. p-n 结的伏安特性

为了进一步弄清 P 型半导体及 n 型半导体合在一起形成的 p-n 结的单方向导电性能，常常把加在 p-n 结两端电压的数值同流过 p-n 结的电流间的关系画成曲线。由于电压用伏

特表示，电流用安培或毫安表示，所以电压与电流的关系又常称伏安特性。

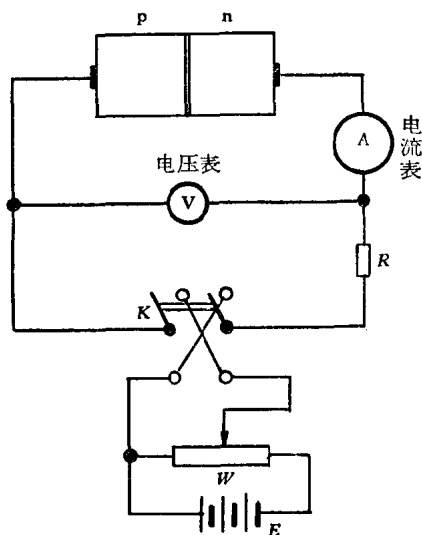


图 1-4

p-n 结伏安特性可用如图 1-4 的方法测量得到，它测得的典型曲线如图 1-5 那种形状，横坐标表示所加电压的大小，纵坐标表示流过 p-n 结的电流的大小。

当 p-n 结两端不加电压时，流经 p-n

结的电流也为零，在图 1-5 上即是横坐标和纵坐标的交点  $O$  点。

当  $p$ - $n$  结正向连接时 ( $p$  型区域接电压正端,  $n$  型区域接电压负端)。起初, 随着  $p$ - $n$  结两端电压的逐渐增加, 流经  $p$ - $n$  结的电流也缓缓增加, 如图 1-5 上的  $OA$  段。当电压从零增加到 0.2 伏时, 电流也从零增加到 1 毫安。当正向电压超过一定值 (如 0.2 伏) 时, 正向电流随着正向电压的增加就非常显著了, 如图 1-5 上的  $AB$  段。

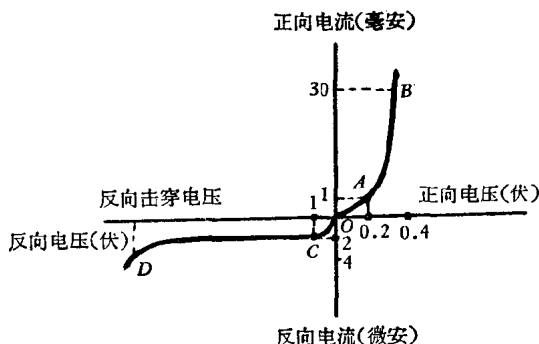


图 1-5  $p$ - $n$  结的伏安特性曲线

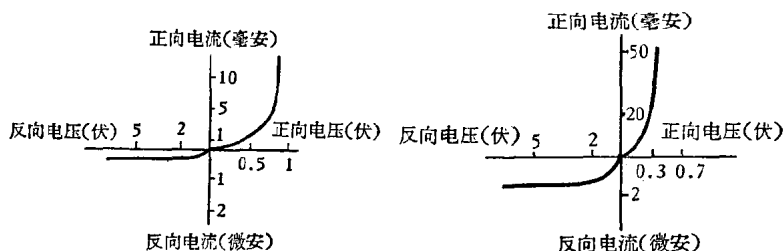
当  $p$ - $n$  结反向连接时 ( $P$  型区域接电压负端,  $n$  型区域接电压正端)。起初, 随着加在  $p$ - $n$  结上的反向电压的增加, 反向电流也略有增加, 如图 1-5 上的  $OC$  段, 电压从零增加到 1 伏, 电流从零增加到 2 微安。但当反向电压继续增加时, 反向电流几乎保持原来的值不变, 这个电流称为反向饱和电流, 如图 1-5 上的  $CD$  段。

当反向电压增加到一定的数值时,  $p$ - $n$  结从原来的不容易导电就向着和自己相反的方面转化了去, 反向电流就会很

快增加,这就表示 p-n 结已经不能忍受而被击穿了,这个电压通常叫反向击穿电压。

从上面的讨论可知, p-n 结的单方向导电并不是绝对的,只是说明一个方向容易导电,相反方向则不容易导电。

对于用不同的半导体材料和不同结构、不同工艺制作的晶体二极管,伏安特性也有差异。正向电流随正向电压上升的快慢程度有时差别较大,反向电流的大小差别更大。但伏安特性曲线基本形状是相似的。



(1) 硅晶体二极管的伏安特性曲线

(2) 锗晶体二极管的伏安特性曲线

图 1-6 晶体二极管的伏安特性曲线

图 1-6 是某小功率硅和锗晶体二极管的伏安特性曲线。从曲线可以看出,锗晶体二极管正向电流上升很快,对应于曲线转折点(拐弯点)的正向电压要比硅晶体二极管来得小。但是锗晶体二极管的反向电流比硅晶体二极管要大得多(几十倍以至几百倍)。

### 第三节 晶体二极管

晶体二极管实际上就是由一个 p-n 结所构成,有时也叫做半导体二极管。它具有单方向导电的性能。

## 1. 晶体二极管的分类

晶体二极管根据不同的情况,如按外形、结构、材料、功率及应用等等,可分成各种类型。

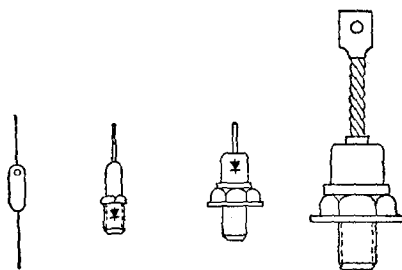


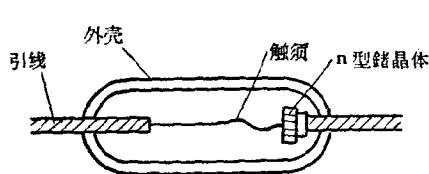
图 1-7 晶体二极管外形



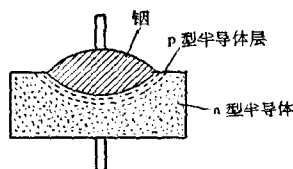
图 1-8 晶体二极管符号

常见的晶体二极管的外形有如图 1-7 的几种,它们都有二个极:一个正极(即 P 型半导体引出线)、一个负极(即 n 型半导体引出线)。它的符号如图 1-8 所示。

根据结构不同可以分成点接触型和面接触型两种,如图 1-9 所示。



(1) 点接触型



(2) 面接触型

图 1-9

点接触型由于接触点小,不能通过大的电流,但正因为触点小,所以电容小,可用于高频信号的检波,脉冲技术或微小电流的整流中。面接触型则与点接触型相反,由于接触面大,可以通过较大的电流,但它的电容大,因此不能用于高频线路中。