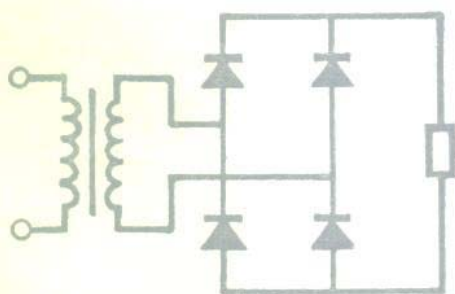


电子设备电源技术普及丛书

半导体整流器

张忠相 编著



人民邮电出版社

电子设备电源技术普及丛书

半 导 体 整 流 器

张忠相 编著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

随着电子技术的发展,半导体整流器在工农业生产、交通运输、国防建设、通信以及人们的日常生活中得到广泛应用。

本书通俗易懂地讲解了整流的基本知识;介绍了二极管及其整流电路和各种调压滤波电路;着重介绍了可控硅整流电路;并举实例说明了半导体整流器在工业生产和日常生活中的应用。

本书语言简练、说理清楚、突出实用、容易入门,适合于业余爱好者和广大青少年自学阅读;可供从事整流器生产的装配工人、调试人员阅读;也可供从事整流器设计的技术人员参考。

电子设备电源技术普及丛书

半 导 体 整 流 器

张忠相 编著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 787×1092 1/32 1983年9月第一版

印张: 3 12/32 页数: 54 1983年9月天津第一次印刷

字数: 74 千字 印数: 1—33,000册

统一书号: 15045·总2767—有5321

定价: 0.34元

丛 书 前 言

任何电子设备都离不开电源，为了普及电源技术知识，我们编辑出版了“电子设备电源技术普及丛书”。对一些常用的电源设备或器件，通俗易懂地简单讲解它的基本原理、规格性能、使用注意事项，并列举一些实用电路，介绍制作或调测方法等等。

主要读者对象为无线电爱好者、电子技术初学者以及从事电子技术和通信工作的工人和非电源专业的技术人员。

这套丛书要求在普及电源技术知识的同时，力求与实际相结合，向初学者介绍起码的实用技术，使之能解决简单的具体问题，从而为登堂入室创造条件，希望为我国电源技术培养人才起一定的促进作用。

本丛书初步计划出版有关于电池、微型电池、锌银蓄电池、常用晶体管稳压电源、整流器、逆变器、可控硅等方面的小册子，欢迎关心科普的作者和读者对本丛书的选题、内容等方面提出意见和建议。

本丛书是1979年11月在第二届全国电源技术年会上倡议组织的，并成立了编委会，负责审定本丛书编写原则和选题，推荐适宜的作者和审核书稿等事宜。编委会由下列人员组成：

章燕翼、李道恺、李厚福

倪本来、李颖达、李宗光

马传添、谭 信、蔡效平

“电子设备电源技术普及丛书”编委会

前 言

半导体整流器是一种应用很广泛的电源设备。在我们日常生活中使用的收音机、电视机和录音机里都有整流电路，甚至照明用的灯具，如台灯、落地灯也开始应用半导体整流的原理来进行变光和调光。当然，在工农业生产、交通运输和国防建设中，更是广泛应用着各种类型、各种规格和不同特性的半导体整流器。因此，了解和掌握半导体整流器方面的知识是十分必要的。

本书从整流的基本知识谈起，介绍了从机械整流器到可控硅整流器的发展概况，进而介绍了二极管及其整流电路和各种调压、滤波电路。在可控硅整流器方面，因为在“电子设备电源技术普及丛书”中的《可控硅电源》一书已对可控硅元件做了详细介绍，这里则不多费笔墨，而是着重介绍可控硅整流电路。最后对半导体整流器在日常生活和工业生产中的应用举了一些实例。

本书的编写力求通俗易懂，说理清楚，给初学者一个完整的概念。并本着语言简练、由浅入深的原则，尽量把问题说透。在滤波和调压等章节中，引入了形象的比喻和实例，引起兴趣，容易入门。对二极管和可控硅两种整流电路的分析采用了比较的方式，有利于加深对电路的理解。在应用举例中，既注重了小型容易制作的生活中常用的实例，也列举了工业生产中的大型用电设备。

本书适合于无线电爱好者和广大青少年自学，并可照本书

实例动手制作小型的整流器和调光器等；也适用于从事整流器生产的装配工人、调试人员阅读。如果全面掌握了本书的内容，将会使您具有独立装配和调试一台比较复杂的整流设备的能力。对从事整流器设计的技术人员也可作参考。

本书在编写过程中，承北京标准计量管理局倪本来工程师审阅，在此表示衷心感谢！

由于本人水平有限，难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

作者

一九八二年一月

目 录

一、整流器简介

- 1·1 什么是整流? 1
- 1·2 整流器的发展概况 2

二、二极管整流电路

- 2·1 二极管的基本知识 4
- 2·2 基本的整流电路—单相整流 8
- 2·3 适用于大功率的三相整流电路 20
- 2·4 整流元件的串、并联及其保护 25

三、整流器的滤波和调压

- 3·1 整流电压为什么要滤波? 30
- 3·2 滤波器有哪些种类? 32
- 3·3 电容器是怎样滤波的? 33
- 3·4 适用于大电流的 Γ 型滤波器 36
- 3·5 倍压整流电路 38
- 3·6 怎样调节二极管整流器的输出电压? 41

四、可控硅整流器

- 4·1 可控硅简单介绍 46
- 4·2 两种整流电路的比较 49
- 4·3 同步与触发电路 63

五、半导体整流器的应用实例

- 5·1 半导体收音机的简易电源 69
- 5·2 台灯变光器和落地灯调光器 71
- 5·3 两用小型整流器 73
- 5·4 交流整流闪光电源 75
- 5·5 在电镀工业中代替直流发电机 76
- 5·6 充电用硅整流系列 77

5·7	GKA型电源.....	79
5·8	用自饱和电抗器制作的直流电源.....	85
5·9	5安/4-12伏可控硅整流电镀电源.....	85
5·10	通讯用30安/26~38伏可控硅直流稳压电源.....	90
附录一	常用二极管的型号和参数表	94
附录二	可控硅的参数	98
附录三	单结晶体管的型号和特性参数	99

一、整流器简介

1.1 什么是整流?

1. 电的两种形式

在我们工作和生活中，对于电都有所接触和了解。你知道电有几种形式吗？通常用的电有两种形式：一种是交流电，它的大小和方向随时间作有规律的变化，如图 1 所示；另一种是直流电，它的方向和大小不随时间变化，如图 2 所示。

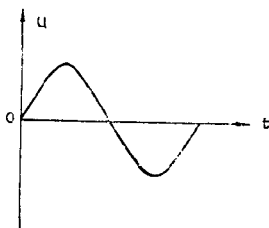


图 1 交流电压波形

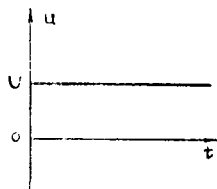


图 2 直流电压波形

发电厂都是发出交流电。为什么发电厂都发交流电呢？这是因为交流电与直流电相比，有许多优点：交流电能够由低的电压变成高的电压，也可以由高的电压转变成低的电压；高电压还适宜于远距离输送，途中的损失比较小。机床、照明、电炉、电风扇等都直接使用交流电。

在工业生产和科学试验中，直流电也是必不可少的。我们常用的半导体收音机、电视机、录音机、城市里的电车、工业生产中的电镀、电解、金属冶炼、蓄电池充电、各种电子仪

器、电信设备、电子计算机等都要用直流电。

2. 怎样获得直流电

既然直流电的用途很广，我们怎样获得它呢？人们最早是用直流发电机发出直流电，以满足工业上需要，但是它笨重，有噪声，维修不方便，消耗大量有色金属，因此近年来，已经很少生产了。

此外，利用化学作用也可以得到直流电，如干电池、锌银电池等，还有光电池、太阳能电池。但这些电池容量小，工作时间短，价格昂贵，通常工业上的直流电都不使用电池。那么，大量的直流电从哪里来呢？还要建立直流发电厂吗？当然，那样做是不合算的。经济而适用的办法是设法把发电厂送来的交流电转变为直流电。

把交流电变成直流电的过程就叫整流。

完成整流过程所使用的设备叫做整流器。

1.2 整流器的发展概况

1. 整流器的种类

整流器可以根据制作材料和工作方式的不同，分成如下几种类型。

机械整流器：如接触整流器、振动型整流器。

化学整流器：如电解整流器。

水银整流器：如汞整流器、闸流管。

真空管整流器：如整流管、多极真空管。

半导体整流器：如氧化亚铜整流器、硒整流器、锗整流器、

硅整流器、可控硅整流器。

2. 整流器的发展简史

由于整流器可以供给工业上需要的大量直流电，因此，人们在十九世纪就开始了对它的研究和应用。当时德国人制成了一种机械整流器，它虽然可以输出相当大的电流，但工作电压较低，而且触头频繁开闭，需要经常清洗和更换，维修很麻烦。

二十世纪初期，美国人发明了水银整流器，它是最早的有代表性的强电整流元件，并开始用于城市电车、电气化铁道以及电解电镀技术等方面。

一般，真空管整流器适用于高电压、小电流的场合，因此在电子管收音机、电视机及其他电子管仪器中应用，在其他工业领域则很少使用。

随着半导体技术的发展，二十世纪二十年代出现了氧化亚铜整流器，它是工业技术上采用的第一批半导体整流器。但是，由于它的效率低，寿命短，而被以后的硒整流器所代替。人们使用硒整流器的时间很长，由于它过载能力强，没有磨损、不易破碎，所以现在仍有人用它作为小功率的整流元件。

四十年代发明了锗整流器，它具有较大的功率，在五十年代曾一度得到应用。

五十年代后期出现了硅整流器，它不但兼有机械整流器和水银整流器的优点，而且在性能上超过了以往的任何半导体整流器。它体积小，耐高压，电流容量大，温度性能好。在五十年代末、六十年代初期可控硅整流器出现后，由于它的逐渐成熟和广泛应用，大大地推动了整流技术的发展。

现在，国内外生产的整流设备，大部分都是采用硅元件制作的。因此，这本小册子所讲的半导体整流器主要是硅整流器。

二、二极管整流电路

整流的过程是由整流电路来完成的。整流电路一般由变压器、整流元件和负载组成。变压器的作用是将发电厂发出的交流电，变成符合整流器要求的交流电压（多数是降压）。整流元件则把变压器输出的交流电变成脉动的电压，经过平滑滤波以后，供给用电设备——负载使用。

如果整流元件使用二极管，我们就把这种整流电路叫二极管整流电路。

二极管整流电路是硅整流器中最基本的，也是主要的整流电路，应用很广，因此，我们将在下面由简到繁地逐步讨论它。

2.1 二极管的基本知识

在讨论整流电路之前，先介绍二极管的一些知识，这对学习二极管整流电路，是很有必要的。

1. 二极管的符号

二极管按材料、用途、结构等，可以分成多种类型，但都用图3所示的符号表示。



图3 二极管的符号

二极管，顾名思义，它有两个电极，一个叫正极（或阳极）；一个叫负极（或阴极）。

2. 二极管的单向导电特性

二极管为什么能用来整流呢？为了回答这个问题，让我们先来做个小实验，其接线如图 4 所示。

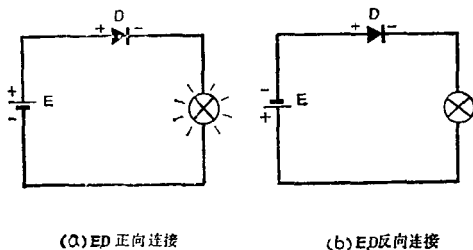


图 4 小实验接线图

从实验中可以发现，电源 E 与二极管 D 正向连接，即电源的正极与二极管的正极连接，负极与负极连接时，灯亮，如图 4 (a)，说明二极管的正向电阻很小，通过灯泡的电流很大；当电源 E 与二极管 D 反向连接，即电源与二极管不是同极相连时，灯不亮，如图 4 (b)，说明二极管反向电阻很大，流过二极管的电流很小。由此我们总结一个规律：当二极管的正极比负极电压高时，二极管导电；当二极管的正极比负极电压低时，二极管不导电。我们把这个规律叫二极管的单向导电特性。这是二极管最重要的一个特性。我们用二极管进行整流，就是利用了它的单向导电性。

3. 二极管的两个主要参数

二极管的参数，是用来说明它在使用时受到的限制，一只二极管，如果使用合理，它的寿命可达十万小时以上，但如果

选用不当，超过它的参数规定，就会很快损坏，造成浪费。因此，我们要根据二极管的参数来选择和使用它，以保证管子安全运行，充分发挥它的作用。

二极管的主要参数有两个：

额定整流电流 I_F

I_F 是指二极管长期运行时，允许通过的最大正向电流。如果使用时正向电流超过此数值，就会使管子过度发热而损坏，所以在使用时，通过管子的正向电流值，不允许超过所规定的最大整流电流值。

最大反向工作电压 U_{RM}

U_{RM} 是指长时间加在二极管两端而不致引起管子损坏的最大反向电压值。若反向电压超过此数值，管子就有反向击穿的危险。

还有一些其他参数，如最大反向电流、最高使用温度、最高工作频率等，在使用时也要注意选择。

常用二极管的参数见附录一。

4. 怎样判别二极管的极性

当我们拿到一只二极管，准备使用时，必须先弄清它的极性，就是哪端是正极，哪端是负极。有些管子在管壳上有二极管符号的标记，有些可根据型号在手册上的外型图辨认极性。如果管壳上无任何标记，手边又无手册可查，怎样辨别极性呢？要解决这个问题，只要一块万用表就可以了。

用万用表测量二极管时，一般用 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 档。我们知道，使用欧姆档，表内接有电池，接万用表正端的表笔（一般为红色），是表内电池的负极，接万用表负端的表笔（黑色），是表内电池的正极。

测量方法是，将万用表的两只表笔分别接二极管的两极，如果万用表指示的电阻值很小（一般为 $100 \sim 1000 \Omega$ 左右），如图 5 (a) 所示。则黑表笔所接的一端是二极管的正极，红表笔所接的一端是负极。然后将两个表笔对换继续进行检验，如果此时测得的电阻值在几百千欧以上，如图 5 (b) 所示，说明第一次判断的极性是正确的，而且管子的单向导电性能较好。

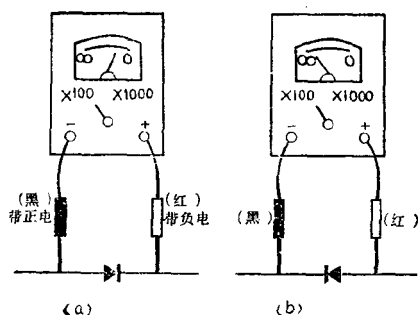


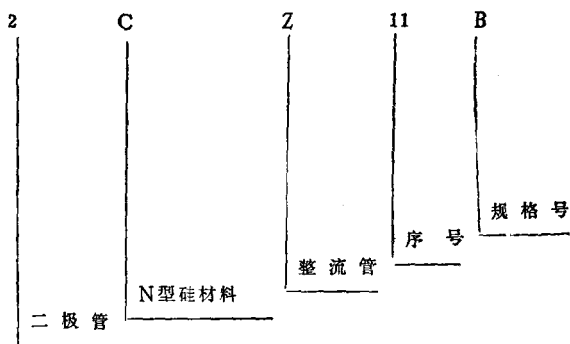
图 5 二极管测量示意图

如果两次测得的电阻值都很小，就说明管子已经击穿，失去了单向导电性；如果两次测得的电阻都是无穷大，表明管子已经断路，不能用了。

5. 二极管的命名

为了区别各种不同类型的二极管，人们把每一种二极管都取个名字，这个名字可以大致表示出这只管子的特性。它的名字不是随便取的，是由国家统一规定的。我国74年颁布的半导体器件型号命名法中，就包括了二极管的命名法。它由五部分组成，具体如表 1 所示。

示例：N型硅材料整流二极管



2.2 基本的整流电路—单相整流

1. 单相交流电及单相整流

要知道什么是单相整流，首先要弄清楚什么是单相交流电。一般常用的交流电源有三根火线 A 、 B 、 C ，一根地线 0 。火线对火线的电压叫线电压，火线对地线的电压叫相电压。三个相电压 u_{A0} 、 u_{B0} 、 u_{C0} 都是交变的正弦波。如果只取其中一相，就得到了单相交流电，如图 6 所示。

单相交流电也是随时间交替变化的正弦波，每正、负变化一次，就是一个周期。变化过程中出现的正、负最大值，就是交流电的峰值。

交流电电压的大小，一般由交流电的有效值来衡量，我们用交流电压表测得的读数，就是指交流电的有效值。有效值与峰值有一定的比例关系，峰值是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍，即 1.414 倍。通常所说的 220 伏，就是指单相交流电的有效值电压，此时，对

表 1

等一部分	第 二 部 分	第 三 部 分	第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示器件的电极数目	用汉语拼音字母表示器件的材料和极性	用汉语拼音字母表示器件的类型	用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
2 — 二极管 3 — 三极管	二极 管 三极 管 A — N 型, 锗材料 B — P 型, 锗材料 C — N 型, 硅材料 D — P 型, 硅材料 A — PNP 型, 锗材料 B — NPN 型, 锗材料 C — PNP 型, 硅材料 D — NPN 型, 硅材料	P — 普通管 V — 微波管 W — 稳压管 C — 参量管 Z — 整流管 L — 整流堆 S — 隧道管 N — 阻尼管 U — 光电管 K — 开关管 X — 低频小功率管 (截止频率 $f_a < 3$ 兆赫, 耗散功率 $P_c < 1$ 瓦) G — 高频小功率管 ($f_a \geq 3$ 兆赫, $P_c < 1$ 瓦) D — 低频大功率管 ($f_a < 3$ 兆赫, $P_c \geq 1$ 瓦) A — 高频大功率管 ($f_a \geq 3$ 兆赫, $P_c \geq 1$ 瓦) T — 可控整流管	第一、二、三、部分相同, 仅第四部分不同, 则是在某些性能参数上有差别。	第一、二、三、四部分相同, 仅第五部分不同, 则表示某些规格有差别。