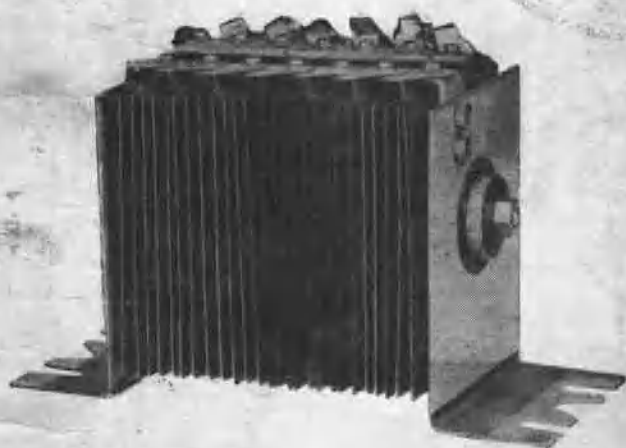


6973

# 金屬整流器

編著者 楊一儂



上海中外書局出版

4384-7

TN35

# 金屬整流器

楊一儂編著

上海中外書局出版

編號：0027 25 開 144 用紙面 126,000字 定價：¥13,000

|       |                        |
|-------|------------------------|
| 書 名   | 金 屬 整 流 器              |
| 編 著 者 | 楊 一 俊                  |
| 出 版 者 | 中 外 書 局<br>上海中山東一路十八號  |
| 印 刷 者 | 協 興 印 刷 廠<br>上海海寧路七八八號 |
| 發 行 者 | 中 外 書 局                |
| 經 售 處 | 全 國 各 地 公 私 營 書 店      |

1953年12月初版(印數)0001—2000冊

## 序

半導體學是近代物理學和電學中最年青、前途又最遠大的一門。金屬整流器就是屬於這門中的一部份。它如和真空管式整流器，或直流發電機相形之下，金屬整流器不僅是使用方便，維護簡單，而且天天朝着成本低、重量輕、體積小、效率高、構造堅固與壽命長久的方向邁進，所以已逐漸成為整流工具中最廣泛應用的一種了。金屬整流器的定額，因其可隨意設計適應任何規範的需要，故容量自數微安至數萬安或自數微伏至百萬伏，均可不受限制，而有實物製造出來。用途範圍，包括所有需要直流電源的地方，幾乎都有它的一份。在我國大規模經濟建設的自動化和機械化的各種控制中，它將成為一系列精密結構的重要環節之一。

鉍整流器，已可代替三極真空管使用，並且已有過完全用這種鉍整流器做成的超外差收音機出現。它除具有上述金屬整流器的一切優點外，將來可使大規模製造設備，不必如製造真空管的繁複和鉅大的資金，這可說是近年以來，在無線電方面的重要改革之一。

金屬整流器在國內製造和使用的歷史，還祇是短短的一頁。依我個人工作中所瞭解的，一般人對這新產物的應用和認識，均有迫切需要的要求，而目前關於這類的書，似乎還沒有，所以特憑自己一點膚淺的工作經驗和參攷資料輯成是書，以期拋磚引玉，交流經驗。內容儘量實際，敘述力求淺顯，比較高深的算式和學理，如雜質半導體力學和介層理論等，儘量避免或不談。冀使對這方面沒有認識的讀者，看了也能瞭解。惟作者學識淺陋，其中錯誤之處，一定不尠，希望先進們指教，俾作將來之修正。

楊一農 識於上海

一九五三年春節

## 圖

## 例

交流波形



交流電源



正 極



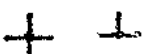
負 極



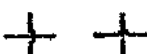
接 地



連 接 頭



非連接頭



雙刀開關



單刀開關



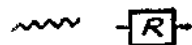
電 池



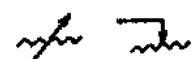
整 流 器



固定電阻



可變電阻



固定電容



可變電容



感應線圈



抗流線圈



變 壓 器



替 續 器



電 表



# 金屬整流器目錄

## 第一章 整流器概說

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1.1 整流的需要.....  | 1  |
| 1.2 整流的原理.....  | 2  |
| 1.3 整流器的種類..... | 3  |
| 1.4 機械整流器.....  | 3  |
| 1.5 電解整流器.....  | 5  |
| 1.6 真空管整流器..... | 6  |
| 1.7 充氣管整流器..... | 6  |
| 1.8 汞弧整流器.....  | 7  |
| 1.9 金屬整流器.....  | 9  |
| 1.10 反整流器.....  | 12 |

## 第二章 金屬整流器的製造

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.1 金屬整流和晶體整流.....      | 14 |
| 2.2 氧化銅整流層的形成.....      | 14 |
| 2.3 氧化銅整流元件對向電極的應用..... | 15 |
| 2.4 銅料選擇及製造方法.....      | 16 |
| 2.5 氧化銅整流器的結構.....      | 18 |
| 2.6 硒整流元件硒層的應用.....     | 22 |
| 2.7 硒的成份及化學處理.....      | 23 |
| 2.8 硒整流元件的對向電極.....     | 24 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 2.9 硒整流層的形成        | 25 |
| 2.10 硒整流器的結構       | 26 |
| 2.11 硫化銅整流元件的物理結構  | 28 |
| 2.12 硫化銅整流電極的化學成份  | 29 |
| 2.13 硫化銅整流層的形成     | 30 |
| 2.14 硫化銅整流器的結構     | 30 |
| 2.15 鎢整流器的結構       | 31 |
| 2.16 晶體的化學成份及製造    | 32 |
| 2.17 形成方法          | 33 |
| 2.18 晶體的體質與整流作用的關係 | 33 |

### 第三章 金屬整流器的特性

|                 |    |
|-----------------|----|
| 3.1 電壓電流特性      | 34 |
| 3.2 電阻特性        | 36 |
| 3.3 爬動和衰老       | 37 |
| 3.4 溫度的影響       | 41 |
| 3.5 損失          | 43 |
| 3.6 自電容         | 45 |
| 3.7 等值電網        | 46 |
| 3.8 自電容變化與測試的關係 | 49 |
| 3.9 交流特性        | 51 |
| 3.10 電壓電流的定額和破壞 | 53 |
| 3.11 效率         | 56 |
| 3.12 其他特性       | 57 |

### 第四章 金屬整流器的測試

|               |    |
|---------------|----|
| 4.1 概論        | 59 |
| 4.2 電壓電流特性的測試 | 59 |
| 4.3 功率損失的測試   | 62 |
| 4.4 自電容的測試    | 63 |

## 第五章 金屬整流器的電路

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 5.1 整流電路                    | 65 |
| 5.2 單相半波整流電阻負荷              | 67 |
| 5.3 單相半波整流電阻與蓄電池串聯負荷        | 69 |
| 5.4 單相半波整流電容負荷              | 69 |
| 5.5 單相半波整流電感負荷              | 70 |
| 5.6 由半波至全波                  | 71 |
| 5.7 單相全波整流電阻負荷              | 73 |
| 5.8 單相半波倍壓整流                | 74 |
| 5.9 單相全波倍壓整流                | 75 |
| 5.10 多倍壓整流                  | 76 |
| 5.11 三相半波整流電阻負荷             | 77 |
| 5.12 三相全波整流電阻負荷             | 79 |
| 5.13 六相雙Y整流                 | 80 |
| 5.14 基本整流電路有關數值             | 81 |
| 5.15 單相半波整流電容器濾波            | 82 |
| 5.16 單相半波整流抗流線圈濾波           | 84 |
| 5.17 單相半波整流抗流線圈輸入濾波與電容器輸入濾波 | 85 |
| 5.18 其他濾波電路                 | 86 |

## 第六章 半導體理論摘要

|               |    |
|---------------|----|
| 6.1 接觸整流      | 88 |
| 6.2 固體的導電和絕緣體 | 89 |
| 6.3 半導體與內在半導體 | 93 |
| 6.4 雜質半導體     | 94 |

## 第七章 金屬整流器的應用

|                  |     |
|------------------|-----|
| 7.1 金屬整流器種類的鑑別   | 98  |
| 7.2 裝置方法的鑑別      | 99  |
| 7.3 電表用的氧化銅整流器   | 102 |
| 7.4 金屬整流調幅器與反調幅器 | 102 |
| 7.5 中壓中電流充電機     | 104 |
| 7.6 蓄電池浮動充電      | 106 |
| 7.7 地下纜管防蝕排流器    | 107 |
| 7.8 電路觸地防護設備     | 108 |
| 7.9 開關斷路器應用的整流器  | 111 |
| 7.10 交流發電機電壓調整器  | 112 |
| 7.11 電弧爐電極棒的調節   | 113 |
| 7.12 高頻感應電爐電壓的控制 | 114 |
| 7.13 靜電沉澱器       | 115 |
| 7.14 其他應用        | 118 |

## 第八章 金屬整流器的發展

|             |     |
|-------------|-----|
| 8.1 一般性的改進  | 121 |
| 8.2 人造介層的應用 | 122 |
| 8.3 二氧化鈦的應用 | 124 |
| 8.4 特種硒整流器  | 126 |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 8.4.1 | 小型高頻硒整流器.....    | 126 |
| 8.4.2 | 高壓低電流管狀硒整流器..... | 127 |
| 8.4.3 | 電視用高壓硒整流器.....   | 130 |
| 8.4.4 | 小型高壓硒整流器.....    | 132 |

# 第一章 整流器概說

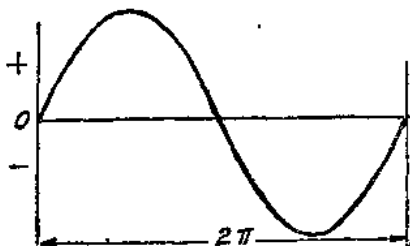
## 1.1 整流的需要

一個發電廠廠址的決定，選擇靠近燃料產地，是比較靠近用戶區域要重要得多，因為燃料要日夜不輟地取給，而用戶區域雖然距離遙遠，也祇需要一次較為昂貴的輸送線路設備費，就可一勞永逸了。這是指火力發電而言，如果是水力發電，則要完全根據天然的水流，再選擇一定的地勢，求得適當水的流速和落差，作為水力發電廠建立的先決條件，所以對於廠址的取擇，更加嚴格地受地理環境支配着。因此發電廠的廠址，尤其是水力發電廠，常常要離開城市或工廠區，不遠千里地建立起來。因為距離遙遠，所以在架設很長的輸電線路時，就必需採用交流發電制，以便把電壓提高節省輸電導線。如果用直流發電，因直流電不能變壓，就辦不到了。交流電除可以變壓外還可以變相，以便比較平均地分配至各用戶。在發電機容量的構造技術方面來看，交流發電機的製造可比直流發電機大得多，而直流發電機並不是可以無限量地放大的，直到現在為止，直流發電機的最高電壓，似乎還沒有超過 12 000 伏。在用戶方面，交流電制的設備，也比直流電制的設備簡單而容易維護。倘使現在都市中的主要電源是直流的，那末，家用的電燈、收音機、電風扇及電氣冰箱等每一項電器用具，都要隨時隨地留意正和負的問題，那是多麼麻煩的事。基於上述各項理由，所以現在世界各國的發電廠，除了一些極小型者外，幾乎完全是採用交流發電制，然後把它輸送至城市或工廠區，再把它變成力、熱和光為廣大的人民服務。可是直流電也並不是就完全不中用，而且它的需要，更是相對的增加着。現代的原子科學，和其他許多科學研究，沒有直流電就無法進行。和我們日常

生活關係最密切的，如家庭收音機中的電子管，沒有一個不是由直流電來供應的，不過有的是由交流電經過整流器變成直流電而已。維持都市交通的電車，沒有直流電，就不能走動一步。再如醫療器械的 X—光電源、收發報機電源、電話電源、廣播電台電源、活動電影弧光燈、汽車蓄電池充電、鐵道訊號電源設備、以及工業上的電解電鍍等，都是和直流電分不開的。所以直流電也和交流電同樣地和國家的建設、工業的發達、科學的進步，有着同等重要的地位。上述各種直流電源的需要，如果各別自起爐灶，設立直流發電機，則不但設置費用鉅大，效率低劣，管理麻煩，成本亦必大不經濟，故唯一便捷的方法，就是利用現成的交流電源，經過整流器，整理為直流，以供需要。

### 1.2 整流的原理

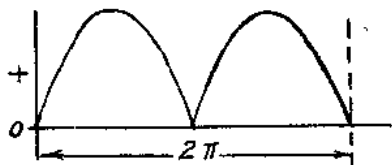
交流電發出交流的波形，是和正弦波形相似，成一個半橢圓弧曲線。它的次序是由零點逐漸昇至正的最高峯，再徐徐經過零點，又逐漸降至負的最高峯，復回至零點；這樣一正一負輪迴的變換着，成為交流波，如第 1.1 圖。這種波形，若把它引接至陰極射線管示波器時，就有一道起伏像水波的顫動波光，在顯像管前顯示出來。現在國內比較通用的五十週交流電源，就是每秒鐘正負變換五十次的意思。再回到直流電，它是需要有一固定流動方向的電流的。比如通訊器材的電子



第 1.1 圖 交流波形

管的飯極，應該接受正極性的電，以便吸收由負極發射出來的電子，如果施以忽正忽負的交流電，那末，它的任務就不能達到了。所以在直流電源中，電流應有固定的流動方向。因此整流的方法，就是利用整流器的一種單向特性，把交流整理為直流，使交流在正極性時，整流器中有電流可以通過，但在負極性時，電流不能通過。或在負極性時，整流器

中有電流可以通過，正極性時，電流不能通過。這樣輸出的直流，就成為脈動的直流如第 1.2 圖。這種脈動直流，可以直接使用於電解、電鍍及充電等，若在報話電源，或其他需要較為平穩的直流時，則可在脈動直流之後，加上一定程度的濾波設備。



第 1.2 圖 脈動直流波形

### 1.3 整流器的種類

整流器的種類很多，但主要的分別，不外是機械式整流器和電子式整流器。機械式整流器又可分為旋轉式整流器，和振動式整流器。電子式整流器則可分為電解式整流器，真空管整流器，充氣管整流器，汞弧整流器和金屬整流器。

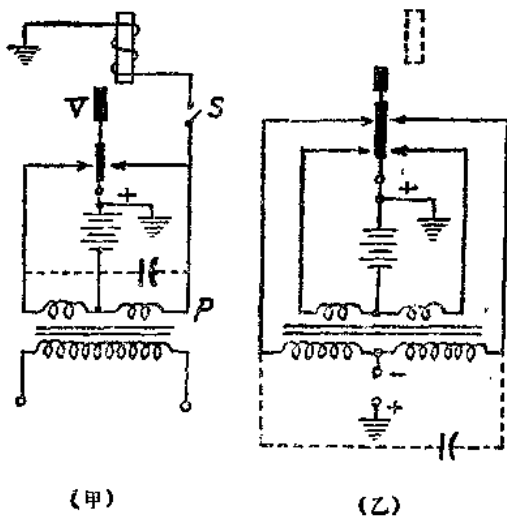
整流器的意義，原指由交流整理為直流的器械而言。但亦有與此恰成相反，而由直流變為交流的，如同步反換流機、開流管等，現把它歸納起來，姑名為『反整流器』，以示與整流器適成相反的意思，是否可較一般譯名的“反換流器”的意義明確些，尚待讀者指正。茲將以上各種類概述於後。

### 1.4 機械整流器

機械整流器有振動式和旋轉式兩種。振動式整流器是由一電磁鐵吸引振動的彈簧來構成。利用活動的接觸點，以反轉交流的方向，並由交流的變換，來控制振動的頻率。第 1.3 圖是一個振動式反整流器和反整流器與整流器混合的電路。在該圖中(甲)，如將開關 S 關閉，則由吸引線圈起，經地線至蓄電池正極，和負極及變壓器原線圈的右半部，回至開關 S 的一圈，成為一個電路，而有一電流通過，其結果即使振動彈簧片被吸向右方的接觸點去。這接觸發生以後，遂產生兩種作用。其一，有一強大的脈動直流電流，通過原線圈 P 的右半部，同時在變壓器的輸出線圈，即因感應而有電壓；其次，一端通至 S 的吸引線圈發生

短路，致令磁鐵失能，彈簧片 V 立即彈向左方，而與左方接觸點相觸；因此變壓器原線圈的左半部，亦同樣有一脈動直流電流通過，但這電流却使變壓器鐵芯的磁力線反向，所以變壓器的輸出線圈亦感應一反向的電壓。一瞬間，彈簧片又因彈簧作用，復彈回右邊，這樣往復不停地振動，就使變壓器輸出線圈產生交流電壓。

如果在上述反整流器副線圈加一中心分線，如第 1.3 圖(乙)。而吸引線圈的作用則如(甲)圖。這裏和前法所不同的，就是變壓器輸出線圈中心分線的左右兩半邊，在左半邊的作用時，正好是把交流的負半週反轉過來，成為與右半邊同一方向的直流輸出，完成整流的作用。



第 1.3 圖 (甲) 脈動式反整流器  
(乙) 反整流器與整流器連合電路

這種整流器在電子式整流器未普遍採用以前，是用來作蓄電池充電和電話中的鈴流機之類的工作。現在汽車中還有用它來把直流變成交流的。在第二次世界大戰時，德國西門子電機廠，曾製造一種“接觸換流器”，它的整流容量可達 10 000 安，400 伏之大。效率 98 至 99%。整流的原理，也就是利用交流波通過零點時，在電路中把它反轉過來。

旋轉式整流器，第一種是電動機發電機組，是由一部交流電動機直接拖動一部直流發電機來組成的。這種機器的好處，是輸出的直流電壓，比較容易控制。但它的能力變換，是由電能變為機械能，再把機械能復變為電能，損失很大，效率低劣。且係由兩部機器組成，故設置費

用鉅大，是其短處。第二種是同步換流機。同步換流機的結構，和直流發電機大體相同；它有固定的磁極，旋轉的電樞，換向器，分激場矧，和串激場矧。其樞矧除接於換向器外，並接於匯流環。故若由匯流環輸入交流，則可由換向器取出直流。這樣，在交流方面，可說完全是一具同步電動機，而在直流方面，則與一分激或複激之直流發電機相同，故又叫做同步順換流機。反之，如將匯流環刷移去，以直流由換向器輸入，則在直流而言，即變成分激或複激直流電動機。同時如以機械方法使該機旋轉，而自匯流環取出交流時，該機即成為交流發電機，因此，如以直流由換向器輸入，即有交流自匯流環輸出，作為同步逆換流機應用。同步換流機因構造材料節省，成本較輕，而效率則較電動機發電機組為高。它的缺點就是用作同步順換流機時，因為速度差不多固定，輸出直流電壓幾無調節餘地。在用作逆換流機時，交流方面，恆因電樞反應，減弱其磁場，磁場既漸減弱，則直流方面之電動機速率，必相對地增高，致使其旋轉有越飛越快的趨勢，因此應裝置速率限制器，以免有飛出之危險。

### 1.5 電解整流器

電解整流器，是由兩種不同的金屬作為電極，置於電解液中，以行整流者。譬如用一塊鉛鋅作陰極，置於容器的當中，兩塊面積相同的鋁鋅，作為陽極，置於容器的兩旁。再以碳酸鈉或硼酸或磷酸氫作為電解液，那末，以交流電通入兩種金屬電極時，在鉛鋅和鋁鋅的附近，都有氣泡發生出來，等待鋁鋅表面形成一層薄膜時，整流作用就發生了。電流由鉛鋅向鋁鋅流動時，它是可以通過的。但如由鋁鋅向鉛鋅流動時，則有較大的阻力，不許它通過，這樣來構成整流的作用。至於產生電流的大小，可由兩種不同極片的距離來調節。這種整流器效率低，產生功率亦小，在無錄電拓荒時期，業餘者曾以其成本低廉，設置簡單，用作蓄電池的充電，但自採用電子管整流後，就被淘汰了。

### 1.6 真空管整流器

真空管整流器的構造，是包括一個發射電子的鎢絲來做成陰極，和一块鎢或鉍來做成陽極，然後密封於高度真空的玻璃管內。當陰極加熱時，就發射電子，這些電子是負性的，但同時因陽極施以正性的電壓，所以就把電子吸引過來。陰極繼續發射電子，並隨時被陽極吸引以去，這樣就構成一道電子流。倘陽極電壓是負性的，那末，陰極的電子發射出來，立刻就被陽極的負性排斥回去，當然就沒有電子流發生。很顯明的，假使把交變的電壓，加在陽極上，那末，一定要在陽極電壓是正性半週時，電流才能通過真空管，而在負性半週時，電流就不能通過。這樣就構成了單向性的脈動直流，也叫做半波整流。若另外加上一只真空管，聯接在同一電路內，以整理其餘交變電壓的半週，即可得一全波的整流。或採用在同一管內加上一個陽極，成為雙陽極的變生管，亦可達全波整流的的目的。至如需要比較平穩的直流輸出時，則應另外加上濾波器。

上述整流管輸出功率，都是比較小的，所以普遍地應用於收音機、擴音機等。較大型的，也祇是限於高電壓小電流的範圍。其中功率最大達 30 瓩，電壓最高達 150 000 伏，係供無線電發送機和研究試驗之用。

### 1.7 充氣管整流器

整流用的真空管中，如充入汞汽、氬或其他惰性氣體的，就成為充氣管整流器或充氣整流管，氣體充入管中，則陽極所需電壓就大為降低，而電流則大為增加。這類整流管，大約有下列數種：

1) 鎢氬管，是一種充入氬與其他少許惰性氣體，至約六公分汞柱的壓力，並以鎢絲為陰極的一種整流管。管中因氣體作用，空間電荷已減至最少，故弧降亦僅數伏而已。這種整流管的製品，大約 100 伏者，電流為 12 安，200 伏者，電流為 6 安，功率較此為大者尚不多見，其效率自小型管的 35% 至大型管的 75%。其最高反電壓係設計至 375

伏。主要用途為蓄電池充電。

2) 兩極充汞整流管,是一種於低壓時充入汞汽的兩極管。弧降甚低,約 13 伏。電流輸出自 0.25 至 10 安。平均反電壓,則自 1 000 至 22 000 伏。這種管應用於直流電源供給,而不用變壓器調節電壓部分者,最普遍的是無線電發射機及工業上的直流電力,它的構造堅固,易於管理,但工作時溫度應保持在 25 至 70°C 間,使汞汽可以產生一定壓力。應用於小功率時,無論全波整流或半波整流均可。倘電力增加,則整流電路的相數亦應增加。應用在無線電發射機時,應加濾波設備。這種管因充入汞汽,故在鈹極與燈絲發生作用時,必有一時滯,如負荷變更,弧降仍保持不變,因此在電路中,常有巨大電流通過,有若短路然,故應隨時預防燈絲的燒毀。這一類型小功率的整流管,在無線電收發訊機的整流系統中,用得很普遍。

3) 閘流管,是在充氣兩極管中增加一個柵極,復利用加於柵極的電壓,以控制管內的電流。正如普通三極真空管中的以柵壓控制板流一樣,不過前者控制的程度較差,沒有後者的靈活而已。柵極的主要作用,還是在於使用時啓發管中的電弧。電弧開始後,柵極的控制即失去效力。此時如欲使電弧熄滅,惟有將鈹極電流中斷,鈹極電流中斷後,柵極又恢復其控制能力。這樣,柵極的作用,有點像一個閘門,故叫做閘流管。閘流管中所充的氣體為汞汽,其壓力約自 1 至 50 微米的汞柱。閘流管在工業上用途頗多,可作控制交流發電機激磁之用及電影院中使燈光逐漸變暗的裝置等。其中高壓閘流管,亦可作為高壓輸電之用。

### 1.8 汞弧整流器

汞弧整流器,也是電子式整流器的一種。它可以構造成很大的輸出功率,而且效率很高。現在電解工業中如煉鋁、煉鋅、煉銅等,這種整流器已完全取代了旋轉換流機的地位。它的構造是由一只抽空至約 0.1 公厘汞柱的汞汽壓力的大玻璃管或鋼桶,內盛置汞液於底部,叫做