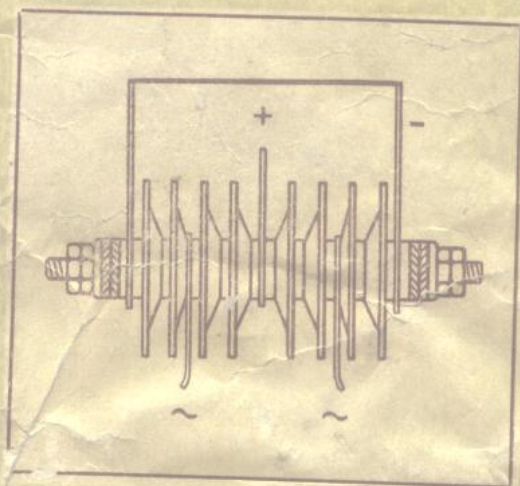


半 导 体 整 流 器

苏 联 A. 3. 列 文 中 著

戴 熾 伺 譯



人 民 邮 电 出 版 社



半 导 体 整 流 器

苏联 A. 3. 列 文 中 著

戴 熾 侗 譯

人 民 郵 電 出 版 社

Dt46/07

А. З. ЛЕВИНЗОН

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ЛЕНИНГРАД

1948

內 容 提 要

本書研究了幾種在技術上應用得最廣泛的半導體整流器——氧化銅整流器，硒整流器和碲化物整流器，詳細地敘述了它們的特性、製造方法和步驟，指出了製造過程中的注意事項以及如何來檢驗和測量整流片的參數。

書中列舉了很多經驗數據和曲線，並以硒整流器為例詳細地說明了硒整流器的計算和設計問題，告訴我們在實際情況下應如何來正確地選用最適宜的整流片，最後還介紹了半導體整流器的應用範圍。

半 導 體 整 流 器

著 者:	苏联 А. З. 列 文 中
譯 者:	戴 熾 侗
出版者:	人 民 郵 電 出 版 社 北京東四區 6 條胡同 13 號
印刷者:	北 京 市 聯 合 總 社 印 刷 廠 和外西琉璃廠 158 號
發行者:	新 華 書 店

書 號: 無 28, 1956 年 8 月 北 京 第 一 版 第 二 次 印 刷 3,501-8,510 冊

850×1168 1/32 59 頁 印 張 3 $\frac{22}{32}$ 字 數 99,000 字 定 價 (8) 0.64 元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

序 言

半導體整流器應用到電工技術中來，差不多已有十五年了。但是，除了少數專門人員以外，大家對它還是了解得很少。到目前為止，還沒有這樣一本俄文書籍，專門來敘述半導體整流器及其生產問題，來評論各種型式整流器的優缺點並說明其應用範圍。本書則可以彌補這個缺陷。

誠然，在這本書中，讀者並不能找到有關將交流電整流為直流電的物理過程的敘述，也找不到全面計算整流設備所需的足夠技術數據。要解決這兩個問題就需要很大的篇幅，這樣就會把這本書變成為一本豐富的專門論著。豐富的專門論著是需要的，並且應當想到，這種需要在最近期間將被滿足。但是，對於那些在工作中經常遇到半導體整流器的工程師和技術人員來說，這本書却是非常有用的。書中說明了如何製造半導體整流器和半導體整流器用在什麼地方（從書中第六章可以看到，半導體整流器的應用範圍非常廣泛，並且還正在不斷地增加着），也說明了半導體整流器的特性和如何進行計算。

半導體整流器生產正在迅速增長，因之本書的出版也就成為及時的和受人歡迎的了。本書作者在氧化銅整流器，特別是在硒整流器的研究工作中，而最近則又在硫化物整流器的研究工作中，積累了豐富的經驗。在他的參與下，做成了蘇聯的第一批硒整流器，以後又掌握了大量生產硒整流器的方法。本書的優點就是相當充分地運用了蘇聯和國際上的參考文獻，列舉了作者本人——半導體整流器製造方面的主要專家——的很多經驗數據。

科學院院士 A·Φ·約飛

目 錄

序 言

第一章 近代的半導體整流器	(1)
第一節 整流片的基本型式及其接線圖	(1)
第二節 半導體整流片的作用原理	(5)
第三節 氧化銅整流器的製造	(6)
第四節 氧化銅整流片的構造型式	(11)
第五節 硒整流片的製造	(16)
第六節 近代的硒整流器	(28)
第七節 硫化物整流片	(34)
第二章 半導體整流器的計算問題	(42)
第一節 理想的整流器	(42)
第二節 半導體整流片上的電壓降	(43)
第三節 整流片的並聯和串聯	(46)
第四節 在靜態和動態情況下流過整流片的反向電流	(47)
第五節 品質因數	(49)
第三章 半導體整流器的設計問題	(50)
第一節 設計的任務	(50)
第二節 選擇整流片的尺寸	(51)
第三節 決定必需的並聯和串聯的整流片的數目	(57)
第四節 決定整流片組上所加電壓的數值	(60)
第五節 在設計半導體整流器時考慮電路的型式和負載的特性	(62)
第六節 用相對值的方法來選擇整流片的型式	(65)
第七節 效率	(68)
第八節 選擇整流片尺寸的圖解法	(71)
第四章 半導體整流器的試驗	(74)
第一節 測量整流電流和整流電壓	(74)
第二節 測量整流片上的正向電壓降	(75)
第三節 測量反向電流值	(75)
第四節 各串聯整流片間電壓的分配	(79)

第五節	測量整流片的本身電容。電容性電流和它與頻率的關係	(79)
第六節	測量脈動	(81)
第七節	各並聯整流片間電流的分配	(82)
第五章	半導體整流器的運用特點	(82)
第一節	加上電壓和調節所加電壓	(82)
第二節	半導體整流片的陳老	(83)
第三節	半導體整流片在溫度低時的工作情況	(85)
第四節	半導體整流片在溫度高時的工作情況	(86)
第五節	半導體整流片的容許過載	(87)
第六節	周圍空氣的濕度對半導體整流片工作的影響	(87)
第六章	半導體整流器的應用	(89)
第一節	半導體整流器的應用範圍	(89)
第二節	用作電解槽的電源	(89)
第三節	使蓄電池充電和補充充電	(91)
第四節	半導體整流器在其他方面的應用	(95)
結束語		(105)
參考書籍		(108)

第一章

近代的半導體整流器

第一節 整流片的基本型式及其接線圖

半導體整流器是由變壓器和半導體整流片組所組成。

最常用的連接半導體整流片的方式如圖 1 所示。圖中電路 *a*、*b* 和 *c* 使用單相變壓器；電路 *d*、*e* 和 *f* 使用三相變壓器。電路 *a*、*c*、*d* 和 *e* 稱為單流電路，電路 *b* 和 *f* 稱為雙流電路。在單流電路中，變壓器次級線捲內的電流只在一個方向上流通；而在雙流電路中，電流則在兩個方向上流通。雙流電路的特點是變壓器的利用率要高得多。

半導體整流片的種類很多，但在現代電工技術上廣泛應用的只有下列三種：

- (a) 氧化銅整流片；
- (b) 硒整流片；
- (c) 硫化物（硫化銅鎂）整流片。

根據所用半導體整流片的種類，整流器分別稱為“氧化銅整流器”、“硒整流器”和“硫化物整流器”。

在戰時和戰後的年代裏，新的半導體材料引起了人們的注意。大家對矽、鍺和二氧化鈦製成的整流器（見參考書籍 73 及 74）很感興趣。但是這些材料並未全部獲得實際的應用，而只有矽被廣泛的用來進行高頻檢波。

氧化銅整流片 格龍達爾（見參考書籍 5）曾經試驗證明：如果將銅片加熱到攝氏 1030—1040°，然後把它移到另一個溫度約為攝氏 600° 的爐子中，直到銅片也達到這一溫度，之後再將銅片取出，使之

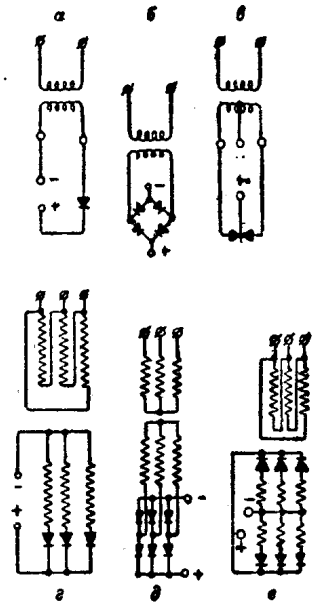


圖 1. 整流片的接線圖

急劇冷卻（浸入冷水中），那末銅片上就會形成一層氧化亞銅，而在氧化亞銅的表面上，則覆有一層導電不良的氧化銅。格龍達爾然後用氫氧化鉀（ KOH ）的水溶液來浸蝕這個銅片，以洗去這層氧化銅，之後，他就得到了蓋有薄薄一層氧化亞銅（ Cu_2O ）的銅片。假如再在氧化亞銅表面上壓蓋一個電極，例如鉛片，那末，銅——氧化亞銅——上面電極這個系統，就具有單方向的導電性。

小功率氧化銅整流片，通常由中間有孔的、上面覆有一層氧化亞銅的圓形銅片所組成。這些銅片穿在絕緣的螺絲上，而用彈簧墊圈和螺帽將其夾緊。爲了容易散熱起見，在氧化亞銅片間裝有散熱片，這種散熱片是由黃銅、紫銅、鋁或馬口鐵做成的薄圓片，其直徑比氧化亞銅片爲大。在氧化亞銅表面上壓着鉛片以作爲上面的電極。爲了使氧化亞銅和鉛片間的接觸更爲良好起見，氧化亞銅的表面通常抹以石墨。

這種“緊壓裝配”的結構有下述缺點。鉛片在壓力作用下被壓扁而“流出”[⊖]，因而使壓力降低，增加了整流片各片間的接觸電阻。因此要另用彈簧墊圈來保持均勻的壓力，以補償鉛片的“流出”。但是對面積大的整流片來說，要用鉛墊片來保持良好的接觸是非常困難的。

在上述的結構中，只利用了銅片的一面。

1930—1932年間，外國開始製造大型的雙面氧化亞銅片。這種氧化亞銅片的上面電極不是壓蓋上去的，而是用蕭普法（見參考書籍6）噴塗上去的。並用特種的接觸端鈕來引導電流。在掌握了這種整

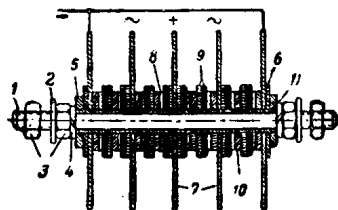


圖 2. 用圓形整流片製成的，帶有鉛墊片和散熱片的氧化銅整流片組
1. 安裝螺絲； 2. 墊圈； 3. 螺帽； 4. 彈簧墊圈； 5. 緊壓墊圈；
6. 絕緣墊圈； 7. 散熱片； 8. 鉛墊片； 9. 氧化銅； 10. 間隔片，
11. 絕緣管

⊖即鉛片受壓面同四面擴展——譯者註

流片以後，就有可能裝配功率較大而尺寸很小的、很緊湊的氧化銅整流片組。因為上面電極不是壓着的，所以整流片的表面是露出來的，便於利用冷却空氣來散熱。這就是“上電極暴露式裝配法”。

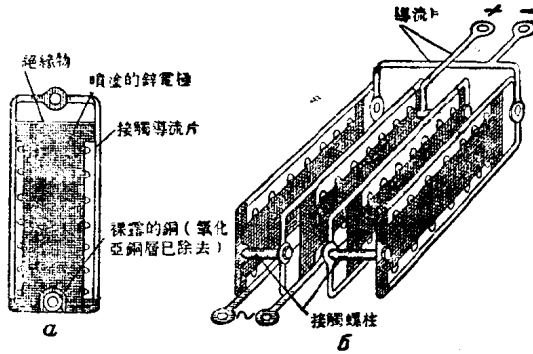


圖 3. 雙面氧化銅整流片組

圖 2 和圖 3 表示兩種氧化銅整流片組：其中一種用圓形氧化銅整流片製成，帶有鉛墊片和散熱片（圖 2）；另一種用雙面氧化亞銅片製成，帶有噴塗的鋅電極或鋁電極（圖 3）。這兩圖都表示將各整流片按照圖 16 電路連接成組的情況。

硒整流片 早在 1878 和 1885 年，就已經發現硒具有單方向導電的特性，但直到 1927 年（見參考書籍 7 和 8）才獲得硒整流片專利權。根據這個專利權，在一片經過噴砂機清洗並鍍有鎳的鐵片上，塗上一

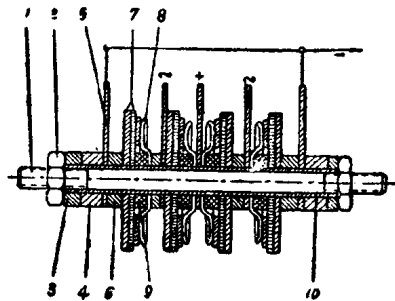


圖 4. 硒整流片組 1. 安裝螺柱； 2. 螺帽； 3. 金屬墊圈； 4. 絕緣墊圈； 5. 導流片； 6. 金屬間隔片； 7. 硒片； 8. 彈性接觸片； 9. 絕緣間隔片 10. 安裝螺柱的絕緣管

層薄而堅固的硒層，然後再將這種鐵片在接近於硒的熔點的溫度下加以熱處理。初期是用鉛—錫箔作為上面電極，並用橡膠墊片把它緊壓在硒表面上（見參考書籍8）。後來則改用蕭普法噴塗的電極。這種噴塗的電極現在仍在採用着。

第一批這種整流片具有較大的內阻，而且也不穩定。後來則消除了這些缺點。從1933—1934年起，硒整流片開始像氧化銅整流片那樣地在工程中獲得了廣泛的應用。圖4就是硒整流片組的全貌。

硫化物整流片 雖然硫化銅的單方向導電性（見參考書籍9）直到1906年才發現，但就在這一年，巴甫洛夫斯基便已經完成了他的發明（見參考書籍10）。他的發明的實質如下。他把厚度約1公厘的銅片切成圓形，然後把它放在石墨坩堝中，密封加熱到赤熱，之後使它受到硫蒸汽的作用，結果就形成了硫化銅。硫化物整流片是用鋁片作為另一電極的。

在巴甫洛夫斯基的專利權中，規定了可以將整流元件串聯起來，以及應用散熱片來改善散熱的情況。

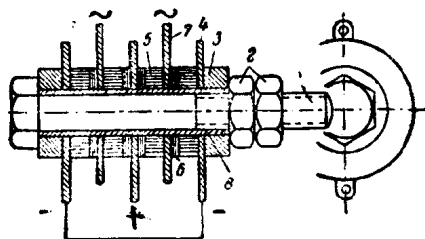


圖 5. 硫化物整流片組 1. 安裝螺絲； 2. 螺帽； 3. 絕緣墊圈； 4. 黃銅散熱片，同時也是硫化物整流片的一個電極和導流片； 5. 用硫化銅壓成的硫化銅片； 6. 鋅片，它是硫化銅整流片的另一個電極； 7. 交流電導流片； 8. 安裝螺絲的絕緣管

其後則用另外一種方法來製造硫化物整流器，它和上述的方法有些不同。這種方法就是將硫化銅的粉末用高壓壓成薄片。這些薄片或者是立刻就壓在鋁鎂電極上，或者是在單獨做好以後，再壓在鋁鎂電極上。另一電極是用鍍鎂的鐵片或鍍鎂的黃銅片（見參考書籍12）。

圖5就表示這種型式的硫化物整流片組。

第二節 半導體整流片的作用原理

封閉層及其電氣特性 我們已經確定：在所有的半導體整流片中，它的一個電極和半導體之間，有一層導電不好的所謂“封閉層”。如果我們把整流片看成為一個電容器，那末就可以測量出它的電容量，從而計算出這個封閉層的厚度。假如這層物質的介電常數大約為6—7，那末封閉層的厚度就約略等於 10^{-5} 公分。氧化銅整流片和硒整流片中封閉層的厚度都是這個數字。至於說到硫化物整流片，則它的封閉層要厚得多（見參考書籍4）。

現在我們比較詳細地研究一下目前應用得最廣泛的整流片——硒整流片。在硒整流片中，封閉層位於硒層和上面電極之間，此上面電極是用特種合金以蕭普法噴塗上去的。在整流片中，上下兩個電極本身的電阻和兩電極間硒層的電阻，都是符合於歐姆定律的。當經過熱

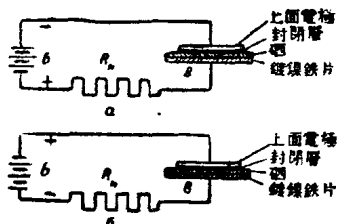


圖 6. 正向電流和反向電流流過整流片

處理（參看第一章第五節）以後，在硒層表面或接近於表面的地方，就形成了一層極薄的封閉層（這薄層的本性，到目前為止還沒有完全弄清楚）。這樣一來，下面電極——硒——上面電極這一整流系統，就不再符合歐姆定律，而隨外加電壓的大小和極性而變化。硒整流片的電流和電壓間的關係曲線，對電流的兩個方向來說，都具有指數形狀。但這根曲線的斜率在正方向上比在反方向上大得多。由於半導體層（在上述情況下就是硒層）的本身具有電阻，這根曲線會略為平坦一些。這個電阻愈大，這個系統的整流特性就愈差。

假若在硒整流片上加以直流電壓，如圖6a所示，即電源的負端接在上面電極（鈹錫鎳合金）上，而正極接在下面電極的鍍錫鐵片

上，那末這個系統就只具有很小的電阻，在這種情況下流過的電流稱為整流片的“正向”電流。當變更外加電壓的極性時（圖 66），這個系統就呈現很大的電阻，這時產生的電流稱為整流片的“反向”電流。

當加於整流片上的正向電壓和反向電壓大小相同，例如均為 1 伏特時，在正向電流時流經封閉層的電子數，約 5000 倍於反向電流時流經封閉層的電子。

整流片的內阻，與流過電流的大小有關。電流密度愈小，整流片的電阻 $\frac{dU}{dI}$ 就愈大；反之亦然。這個規律對所有半導體整流片的正向電流及反向電流都正確，因此，當整流片的工作面積為一定時，不當過於降低工作電流。

當電流很小的時候，必須採用工作面積十分小的整流片，採用工作面積為幾個平方公厘（2—6 平方公厘）的整流片。這種小型的整流片，主要是用在測量方面。

在流過高頻電流的情況下，減小整流片的工作面積也很重要，因為在面積小的時候，整流片的自身電容量就減小，從而也就可以降低電容損耗。

各種半導體整流片的正向電流和反向電流的方向如表 1 所示。

表 1 各種半導體整流片的正向電流和反向電流的方向

整 流 片	正 向 電 流 的 方 向	反 向 電 流 的 方 向
氧 化 銅 整 流 片	鉛電極或鉍電極→氧化亞銅→銅	銅→氧化亞銅→鉛電極
硒 整 流 片	鐵(鎳)→硒→鈹錫鎢合金	鈹錫鎢合金→硒→鐵(鎳)
碲化物整流片	鐵(鎳)→碲化銅→“電子”型合金(鎂)	“電子”型合金→碲化銅→鐵(鎳)

第三節 氧化銅整流器的製造

1938 年以前，蘇聯只製造功率較小的氧化銅整流器，而主要供運輸上的信號設備、集中設備和閉塞裝置使用。這類整流器中的一種

——*ΠΤΒ-1*型整流器的構造形式如圖7和圖8所示。這種型式的整流器用來接在電壓為110伏特的交流電路中，而產生電壓為2伏特、電流為2.4安培的直流電。整流器的變壓器有一個磁分路，用以調節電壓。在圖8中單獨的表示出了整流片組，它是由32片整流片所組成（整流片直徑為41公厘，并有黃銅散熱片）。*ΠΤΒ-1*型整流器和其他類似於這種型式的電壓電流較大的整流器，大量的生產着供給鐵路上信號設備、集中設備和閉塞裝置應用。

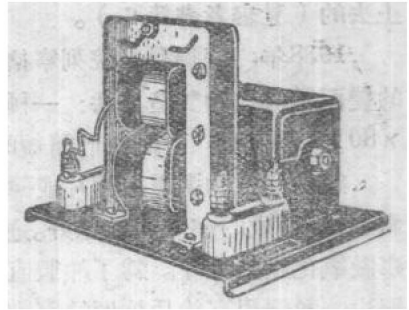


圖 7. *ΠΤΒ-1*型氧化銅整流器

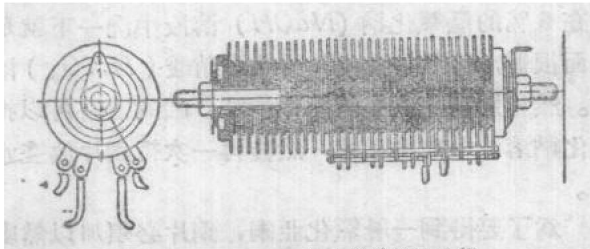


圖 8. *ΠΤΒ-1*型整流器的整流片組

還在1934年，我們工業就已經掌握了應用於*ΠΤΒ-1*型整流器上的氧化銅整流片的製造技術，這種整流片的厚度為1.3公厘，直徑為41公厘，它的中心有孔，孔的直徑為13公厘（見參考書籍13）。

利用串聯和並聯大量這種型式的整流片來做大功率整流器的企圖沒有成功，因為各個整流片的電氣參數很不一致，在很大的範圍內變化，要選擇大量相同的整流片是很困難的。並且由於必須應用在高壓力（約50—60公斤/平方公分）下的鉛接觸片，這使得裝配工作大為複雜。此外，這種具有緊壓鉛電極的結構使散熱困難。

應用了大型的氧化亞銅片（長300公厘，寬80公厘，厚1公厘）後，解決了大功率氧化銅整流器的製造問題。這種氧化亞銅片如圖3所示，它的兩面都有氧化亞銅層。上面電極是用鋅或鋁以蕭普法噴塗

上去的（見參考書籍6）。

1938年，蘇聯科學院列寧格勒理工研究院研究出了下列兩種尺寸的雙面整流片的製造方法：一種是 $130 \times 45 \times 1.3$ 公厘；另一種是 $200 \times 80 \times 1.3$ 公厘。下面我們簡短的敘述一下這種製造方法。

銅的品種的選擇，圓片或薄片的半製品及其預加工 我們確定：銅愈純，做成的整流片就愈好。通常我們用電解精煉銅（含銅99.98%）來做氧化銅整流片。爲了沖製直徑爲41公厘、中間孔徑爲13公厘的圓銅片，我們用寬約45公厘的銅帶。沖製圓片時，同時在圓片中心沖一個直徑爲13公厘的安裝圓孔。

在製造前述的大型銅片時，選取其寬度與待製銅片的寬度相當的銅帶，把它切成預定長度的銅片。

銅片要敲平，並且要仔細的清洗乾淨。如果銅的表面是清潔的，那末把它放在5%的氫氧化鈉（ $NaOH$ ）溶液中洗一下就足以洗去油脂。如果表面很髒，就把它放在30%的濃硝酸（ HNO_3 ）溶液中腐蝕1分鐘左右。然後將銅片放在流水中清洗。酸的痕跡可以把銅片浸在5%的氫氧化鈉溶液中來中和掉，然後再一次把銅片放在水中清洗，再把它烘乾。

熱處理 爲了要得到一層氧化亞銅，銅片必須加以熱處理。在熱處理時，直徑爲41公厘、中間孔徑爲13公厘的銅片被穿在一根耐熱鋼棒上。而面積大的銅片則固定在一個用耐熱鋼製的特種架子（如圖9）上。這個架子可以使銅片在熱處理時不致變形。裝有銅片的架子和裝在棒上的一串圓形銅片，被放在溫度爲攝氏1030°的爐中。爐中的溫度利用熱電偶和光學高溫計來控制。

在爐中停留的時間對於 $130 \times 45 \times 1.3$ 公厘的銅片來說約爲12分鐘；對於 $200 \times 80 \times 1.3$ 公厘的銅片來說約爲20分鐘。過份的增加停留時間，會使氧化亞銅層變厚，會增加它的電阻，從而相應地降低正向電流。縮短銅片在爐中的停留時間，就會使形成的氧化亞銅層過於薄，結果，使其電氣強度降低到容許限度以下。

銅片的冷卻過程，對整流片的電氣參數有巨大的影響。冷卻的過程如下。利用特製的叉子（如圖9），將裝有銅片的架子，迅速的從

第一個爐子轉移到第二個爐子中。第二個爐子的溫度約為攝氏600°。在這個爐子中停留的時間，對小型銅片來說約為9分鐘，對大型銅片來說約為17分鐘。上述的停留時間是有條件的，在這裏只是作為一個例子。它們是對於列寧格勒理工研究院所用的爐子①來說的，我們可以根據爐子的構造和型式、根據架子的構造和熱容量以及根據爐子的大小和同時進行熱處理的銅片數目來作某些變更。裝有銅片的架子，從第二個爐子中拿出來後，就迅速地浸到流動的冷水中。

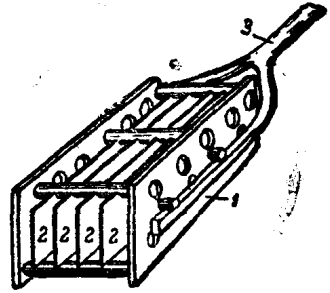


圖 9. 放着四塊銅片的架子的全貌
1. 架子； 2. 銅片； 3. 叉子

清除氧化銅層 在氧化亞銅表面上所形成的一層氧化銅 (CuO)，必須加以清除。為此，可以把銅片放在30%的硝酸 (HNO_3) 溶液中腐蝕。銅片在浸過4—6分鐘後，其上的氧化銅就脫落了。其後把銅片放在水中，用毛筆或刷子來清除氧化銅層。然後再把它放在5%的氫氧化鈉溶液中來中和酸的痕跡，並重新放在水中洗乾淨。此後就把銅片仔細的烘乾。

噴塗上面電極 銅片從第二個爐子中拿出來，受到急劇的冷卻。在這種情況下，銅片邊緣稜角上的氧化亞銅層會脫落掉②，使銅在這些地方裸露出來。在噴塗上面電極時，上面電極就會在這些地方和裏面的銅短路。因此，為了避免短路起見，必須把銅片邊緣加以絕緣。最簡單的方法就是在銅片邊緣上覆一層漆膜（如圖10）。這層漆膜應該是緊密的和有彈性的，並且應當良好地黏附在金屬上，這是很重要的。但是，即使有了這一層保護漆膜，在用蕭普法噴塗電極時，仍應特別小心，否則漆膜容易被衝破，而銅片仍將“短路”。

比較可靠的保護銅片邊緣的方法，就是在銅片邊緣上黏貼一層足

① 列寧格勒“電業”工廠的兩千瓦特的銀鉻馬弗爐。因為這種爐子設計用在攝氏800—820°的溫度，所以在第一次熱處理時（溫度為攝氏1030°）產生過熱。以後在實驗室中採用白金爐子，而在工廠中就採用矽碳爐子（ $\text{Cu, Al}_2\text{O}_3$ 8612 18-14）。

② 銅的膨脹係數與氧化亞銅的膨脹係數大不相同。

夠結實的材料，這種材料足以在噴塗電極時，防止氧化亞銅薄層被金屬微粒所衝壞。

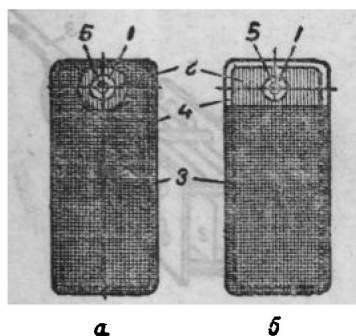


圖 10. 銅片邊緣的保護 1.銅；2.氧化亞銅層；3.噴塗在石墨上的鋅或鋁的上面電極；4.漆膜或麻布；5.安裝孔

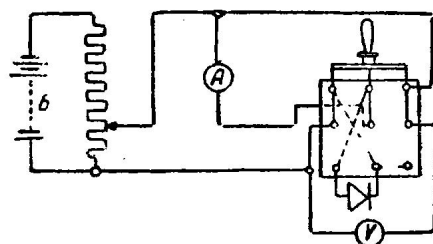


圖 11. 用來測量正向及反向電流和求取靜態伏安特性的電路

必須注意：噴射的金屬微粒，以高速度飛行着，具有巨大的動能，可能很容易地衝壞薄而多孔的氧化亞銅層。

在生產情況下的初次試驗中之所以產生 90—95 % 的“短路”銅片（即實際上沒有用處的銅片），就是由於這個原因。因此，在噴塗電極以前，必須在氧化亞銅表面上加一層覆蓋物，來減輕在噴塗時金屬微粒的衝擊。這種覆蓋物要能滿足下列要求：(a) 覆蓋物必須牢固地黏附在氧化亞銅的表面上；(b) 噴塗的金屬（通常為鋅或鋁）必須牢固地黏附在覆蓋物上；(c) 覆蓋物必須十分結實，足以在噴塗電極時使氧化亞銅層不致遭受破壞；(d) 最後，覆蓋物應有足夠良好的導電率，它不把顯著的附加電阻引入氧化亞銅——上面電極這個系統中。按照列寧格勒理工研究院製定的配方而配製的特種石墨漆，完全滿足了上述四個條件。這種石墨漆的配製方法如下：以 7.5 份重量的蟲膠，溶解在 100 份重量的酒精中，然後在 70 份重量的這種溶液中，加入 30 份重量的細石墨粉末（所有這些粉末都是磨得很細的）。當銅片邊緣保護好以後，或者將這種漆用噴霧器噴在銅片上，或者將銅片浸在盛有這種漆的槽中，以便使其上塗以漆。然後將銅片掛在空氣中約 1—2

小時以使其乾燥，之後再將銅片置於溫度約為攝氏 50° 的恆溫箱中。這樣，就使石墨漆完全乾燥，同時使銅片受到人工老化^①。銅片在恆溫箱中經過24小時以後，就可以開始在它上面噴塗電極。

噴塗電極時，可以利用蕭普氣噴鎗，也可利用林尼克一卡茨系統的電氣金屬噴霧器，或利用坩堝設備（見參考書籍6）。在應用任何一種上述設備時，雖然有了石墨——蟲膠溶液的保護，但仍必須特別小心和熟練，以便使氧化亞銅層不被打穿。在噴塗時，金屬噴塗設備的噴嘴必須與氧化亞銅片表面相距350—400公厘。由於金屬向四面濺射，這樣一個較大的距離，就將增加金屬的消耗。但是這樣却能顯著地降低由於機械破損而造成的廢品百分率。

整流片的電氣參數 整流片製好以後，要加以檢查，測量它的正向電流和反向電流。在進行測量時，可以採用如圖11所示的電路。現在我們把對列寧格勒理工研究院實驗室製造的氧化銅整流片進行測量的結果寫在下面，以作為例子。整流片的尺寸為 $130 \times 45 \times 1.3$ 公厘^②。當整流片上電壓降為0.6伏特時，正向電流為6安培；當電壓降為0.8伏特時，正向電流為10.3安培；當正向電流為15安培時，整流片上電壓降為1伏特。對於這個整流片來說，有效交流電壓約為8伏特，這是在一個完整週期中用熱線式電壓表測量出來的。

在檢驗的時候，通常都用直流電。當反向電壓為8伏特時，上述整流片的反向電流不應超過20—25毫安。

整流片的工作電流受到容許發熱溫度的限制。在自然冷卻的情況下，上述整流片的工作電流為5安培，而正向電壓降為0.5伏特。在應用人工冷卻的情況下，同一整流片的工作電流可以提高到15安培。

第四節 氧化銅整流片的構造型式

圖2和圖3表示了兩種型式的氧化銅整流片：（1）氧化亞銅層只在整流片的一個面上，上面電極是一片緊壓的鉛；（2）氧化亞銅層在

①關於銅片老化的問題，以後將詳細說明（見第90頁及以後幾頁）[參考書籍3,12,24]。

②銅片面積為 130×45 平方公厘=58.5平方公分。但從圖10中可以看到，有一部分面積是無效的。由於純粹有效面積為 50 平方公分 $\times 2$ （因為應用了銅片的兩面），而實載率為50毫安/平方公分，所以我們可得出額定負載電流為5安培。