

苏联
大众科学丛书



陰極射綫示波器

〔苏联〕K. Д. 奥西波夫 著 唐懋官 译



上海科学技术出版社

目 錄

導 言

第一章 陰極射線示波器的元件.....	2
陰極射線管.....	2
掃描波發生器.....	16
掃描頻率的整步.....	28
熒光幕上圖形位置的調節.....	29
焦點與亮度的調節.....	31
垂直與水平偏轉放大器.....	32
接線板.....	36
電源設備.....	37
第二章 陰極射線示波器的完整電路.....	39
第三章 關於裝置陰極射線示波器的一些知識.....	44
第四章 關於使用陰極射線示波器的普通知識.....	50
陰極射線示波器作直流電壓表用.....	53
陰極射線示波器作交流電壓表用.....	54
陰極射線示波器作電流表用.....	55
陰極射線示波器作瓦特計用.....	55
李沙育圖形.....	56

決定相位差.....	56
比較頻率.....	57
測量週幅度.....	59
在示波器熒光幕上同時觀察兩個波形圖.....	61
觀察收音機及高頻放大器的諧振特性.....	64
觀察電子管的特性.....	68
波形圖的攝影.....	71
結論.....	72
附 錄.....	73
附錄(1) 蘇聯陰極射線示波管的基本數據.....	73
附錄(2) 幾種閘流管的基本數據.....	74
附錄(3) 高壓整流管 2X2 及 1H1 的基本數據.....	74
附錄(4) 譯名對照表.....	75

導 言

示波器是一種觀察、記錄及拍攝交流電的瞬時值的儀器。

示波器也叫做陰極射線示波器或者陰極示波器。在示波器裏面，利用很窄狹的高速電子組成的電子注，打在塗有一種特別的熒光質混合物的叫做熒光幕的表面上，就有如一枝筆一樣，在這表面上描出瞬時值的變化曲線。利用要研究的交流電壓或者電流來控制電子注在熒光幕上的位移。

利用陰極射線示波器可以觀察振盪電流的波形、測量交流或直流電流或電壓、測量功率、測量相位差及決定相角、測量振盪頻率、觀察電路的諧振曲線、觀察及記下電子管的特性等等。示波器可以直接觀察或者拍攝電的過程，使它成爲一個通用的無可代替的儀器。

陰極射線示波器主要的是用來觀察及研究週期性的過程，但是有特別用途的陰極射線管及示波器，可以觀察或者研究非週期性的或者不固定的過程，諸如觀察及研究單個的脈動過程、放電過程等等。

在這本小冊子裏，僅只討論一般應用的示波器。

第一章

陰極射線示波器的元件

陰極射線示波器是由陰極射線管、掃描波發生器、兩個放大器、及電源等組成的。圖 1 所示的就是陰極射線示波器的方框圖。

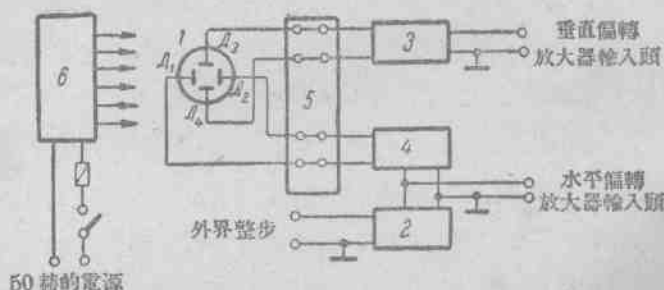


圖1. 陰極射線示波器的方框圖：

- 1—陰極射線管；2—掃描波發生器；3—垂直偏轉放大器；
4—水平偏轉放大器；5—接線板；6—電源。

在着手介紹整個示波器的運用方法之前，我們先分析一下每個元件的用途及其運用原理。

陰極射線管

陰極射線管是陰極射線示波器中最重要的部份。

它是一個高度真空、形狀特別的長頸玻璃管子，在管子裏面有個燒熱了的陰極，從這裏發射出電子。還有一些特殊的裝置，使得電子以高速前進，形成狹的平行的電子注，這些電子落在塗有一種特別的化學塗料的管幕上面。這表面具有這樣一種性能，就是在電子打到的地方能夠發光。

此外，在陰極射線管中還有一種裝置，使得電子注在要研究的電壓或電流的作用之下，能夠沿着管幕移動。

射線管的陰極及用來產生電子注的裝置常稱之為電子探照燈或電子槍。這些裝置通常是由一個控制電極及兩個特殊構造的陽極所組成的。使電子注離開直線方向產生偏轉的裝置，稱之為偏轉系統。現在讓我們來分析一下在陰極射線管內所發生的一些物理過程。

電場使電子注偏轉 如果由陰極發射出來的電子流，從兩個帶有異名電荷的平行板極間穿過，那麼，在這兩個板極間的靜

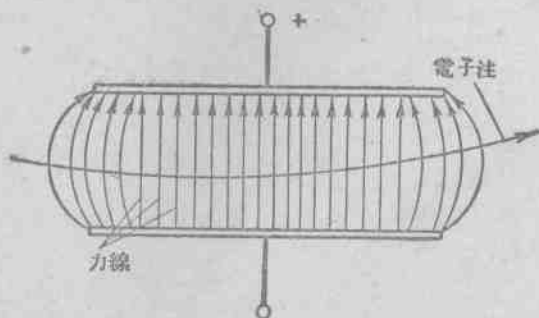


圖2. 靜電場使電子注產生偏轉

電場的作用之下，電子流就會離開原來的直線方向產生偏轉，有如圖 2 所表示的。

帶有電荷的平行板極間的靜電場對於電子流的作用，看一下圖 3，我們就可以明瞭；在這幅圖裏，畫出了兩個平行板極間靜電場的圖形。

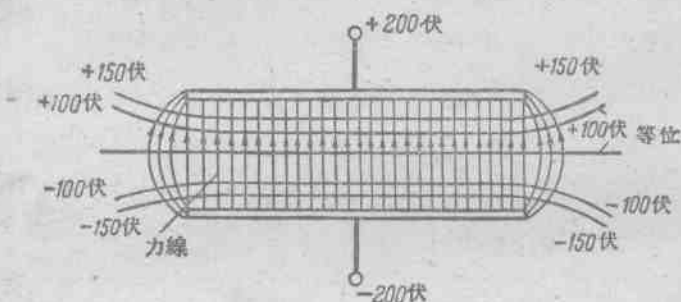


圖3. 兩個平行板極間的靜電場

如果在板極上接一直流電壓，那麼，在兩板極之間，就形成靜電場；電場的方向，用箭頭表示出來。如果落於靜電場中的電子（像大家所熟知的，帶有負電荷）并無初速，在電場中電子受到上面帶正電荷的板極的作用，將沿着箭頭所指的直線方向移動，因為異性電荷互相吸引。電子沿着移動的這條線稱之為力線；與力線垂直的線稱為等位線，也就是說，對任一板極來說，這條線上任何點的電位都是相等的。

如果電子以很大的初速進到靜電場中，那麼，沿着靜電場電力線的方向，也就是與電子運動相交的方向仍然有力開始作用

於電子之上。但是在這種情況，帶正電荷的鋇極對電子的吸引，就沒有足夠時間使電子達到帶正電荷的鋇極上去，僅只能使電子從它的直線方向或多或少地偏向鋇極。我們利用靜電場的這種特性，使得向管幕移動的電子注形成焦點，產生位移。

陰極射線管的熒光幕 電子注是由具有很大的運動能量及很大初速的大量運動電荷所組成的。打在某種障礙物上的電子，在它們所打的表面上，由於碰撞其他的電子及發熱失去了一部份能量；如果在這表面上，塗有一層所謂熒光性的物質，電子的一部份能量將變成光能。電子打上可以發光的物質叫做熒光質。

用來塗在陰極射線管的管幕上的一些熒光性物質有各種顏色：例如硫酸鋅與硫酸鎘或者矽酸鋅鈹的混合物的顏色是白的，鋅的氧化物——白色，鈹鋅化合物——黃色，矽鋅酸鹽——綠色。

所有的熒光性物質都具有一種特性，能在電子的動作停止以後的一小段時間之內保持發光，這種特性叫做磷光。但是保持發光時間的長短是由所用的物質及引起發光的電子注的能量的大小來決定的。如果利用陰極射線管來觀察一種非週期性或低頻率的過程，就採用一種發光時間較長的物質塗於管幕。對於頻率很高的週期性過程，就採用發光時間較短的物質，否則，在熒光幕上描繪出來的形象就會畸變。

在陰極射線管的熒光幕上，發光點的強度或亮度是由在某

一段時間內打在熒光幕上某一點的電子速度及數量來決定的。

在熒光幕上產生的亮度是有限的，當發光點的亮度達到最大之後，再繼續增強電子注，也不能使光點的亮度再增強。

變更電子注內電子的數量或者變更電子的速度，可以調節熒光幕上光點的亮度。

陰極射線管的陰極 在陰極射線管中採用塗有氧化物的熱陰極，以增加發射能力。陰極的形式，有如一個小的金屬圓筒，僅在其盡頭塗有氧化物，使得電子僅向一個方向發射。這個金屬的圓筒是套在一個小的瓷管上，在管內有一個用兩根金屬絲扭成的螺旋形的發熱的燈絲，由於一半燈絲所產生的磁場與另一半燈絲所產生的磁場相抵消，所以並不影響電子流。

陰極射線管的控制電極 爲了控制陰極射線管內電子注的電子的數量，裝了一個金屬的圓筒形的控制電極，安置在陰極的周圍；在這個圓筒的盡頭有一個小孔，電子可以從這孔中通過。

控制電極，也就是常說的法涅哩達圓筒，它不過是一電位低於陰極的簡單柵極。在圖 4 中畫出了陰極及控制電極的形狀，並且表示出存在於它們之間的靜電場的電力線。

控制電極對於電子的作用可以說明如下：如果從陰極發射出來的電子是向着 A 點，它就會受到靜電場的影響；沿着與電子相交的電力線的方向，就有力作用於電子之上。這個力使得電子改變它原來的方向而偏向控制電極的盡頭。在這種情況，電子的路線就是 EB 線所表示的方向。這樣一來，從陰極發射出來朝

着 B 點的電子也將偏向靜電場的中心。兩條電子路線將交於 B 點。在一定大小的靜電場之下，任何其他電子都會經過 B 點，聚集於 B 點的全部電子將形成一個狹的電子注。

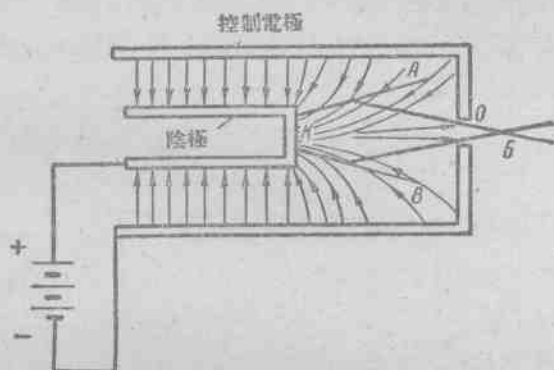


圖4. 控制電極的作用

如果我們使控制電極的電位負得更多一些，那麼在較強的靜電場影響之下，一部份電子將更偏轉，以致不能穿過小孔，而僅有一部份穿過孔 O 。

控制電極的這種性能，可以用來調節電子注內電子的數量，因而也就能夠調節熒光幕上光點的亮度。

陰極射線管的陽極 控制電極使得離它很近的 B 點的電子注保持窄狹。當電子注離開 B 點的時候，由於電子互相排擠，電子又散開。在 B 點以後，爲了要使電子注仍然保持很窄狹，就需要再聚成焦點。使電子注再聚成焦點的這個任務，是由兩個圓筒

形的陽極來完成的。第一個陽極，通常稱為聚焦陽極；第二個稱為加速陽極。在圖 5 裏是陰極射線管及其陽極的圖形以及電子注運動的圖形。兩個陽極對於陰極來說都是正電位。第二個陽極比第一個陽極的電位高一些，因而在兩個陽極之間有靜電場存在，其圖形在圖 5 中表示出來。兩個陽極間靜電場電力線的方向也由箭頭表出。

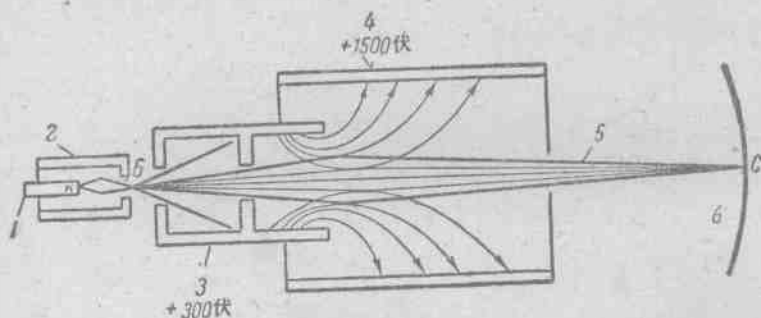


圖5. 在陰極射線管中電子注聚成焦點：

- 1—陰極；2—控制電極；3—聚焦(第1)陽極；4—加速(第2)陽極；
5—電子注；6—熒光幕。

當電子注離開B點，到達兩個陽極間的靜電場的時候，就受到第一部份靜電場電力線的影響，於是一方面沿着軸心的方向移動，而同時又向軸心移動。在電力線與軸心平行的地方，電子沿着軸心的方向移動，以後，當電子繼續沿着軸心前進的時候，同時又偏開它原來的方向；但是在這一部份電場之內，電力線的曲度比前一部份要小些，所以電子的偏轉不會很大，並且因為電

子羣以高速前進，所以當電子一開始向着軸心偏轉之後，它們就很快地相交於軸心（聚成焦點）上之某點 O （焦點）。加於第二個陽極上的電壓比第一個陽極高得愈多，那麼這個焦點也就愈遠。調節這個電壓，就可以使電子在熒光幕上聚成焦點。

因為聚成電子注的所有電子，各帶有同樣數量同樣性質的電荷，因此，由於電荷的彼此排擠，使得電子注稍稍散開；但因為電子具有很高的速度，所以電子的互相排擠對聚成焦點的影響是非常小的。

調節第一陽極上的電壓，藉以變更兩個陽極間的靜電場的強度，使得電子注聚成焦點。第二陽極是担任加速電子注的速度的任務。

當電子注射到熒光幕上的時候，它的一部份能量消耗在從熒光幕上打出電子的這個工作上。從熒光幕上打出來的電子，叫做次級發射，可以把它看成像是從熒光幕上發射出來的電子。如果這些電子是聚集在熒光幕之上，那麼在熒光幕上將很快地帶有大量的負電荷，這就會妨礙射線管的正常工作。為了消去這個現象，在陰極射線管的玻璃的裏層，塗有一層石墨的塗料，用來吸收從熒光幕上發射出來的次級發射電子。爲了要使陰極射線管能夠正常工作，次級發射的電子數量必須與第一次發射出來的電子數量相同，也就是說，只有這樣熒光幕上的電荷才沒有增減。

石墨塗料也有屏蔽的作用，使得電子注不受外來電場的影

響。

陰極射線管的偏轉鈹極 有如已經明確了的，當電子注穿過兩個平行鈹極間的靜電場的時候，受到兩個鈹極間電場的影響，電子注就會從它原來的路徑上偏轉。電子注偏轉的程度，是由電子注運動的速度以及加於鈹極上的電壓來決定的。如果電子運動的速度很低，那麼經過電場所費的時間也就長些，偏轉度也就大些。如果電子注在電場中的速度不變，那麼加於兩個偏轉鈹極上的電壓愈大，產生的偏轉度也就愈大。利用電子注在靜電場中的這種特性，使得電子注在外加研究電壓的作用之下產生偏轉。

陰極射線管中有兩對偏轉鈹極，安排的位置是互相垂直的，有如在圖 6 中所畫的。第一對鈹極是用來在垂直的方向產生偏

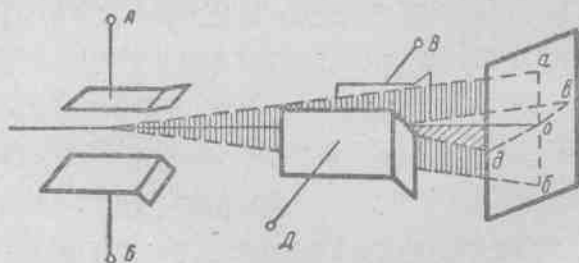


圖6. 陰極射線管的偏轉鈹極

轉，叫做垂直偏轉鈹極。第二對鈹極，是用來在水平方向產生偏轉，叫做水平偏轉鈹極。

水平偏轉鈹極是安置在靠近射線管的熒光幕的一端。

當電子注經過垂直偏轉板極間的電場的時候，如果是上面的板極電位較高，電子注就會向上偏轉，落於熒光幕上的 a 點。如果下面板極的電位高一些，那麼電子注就會向下偏轉，落於熒光幕上的 b 點。當兩個板極間的電位相等時，電子注就不會偏轉，而停留於熒光幕上的 O 點，也就是示波管的軸心上的點。

如果兩片垂直偏轉板極上的電位是相同的，而在水平偏轉板極部份中，前面的偏轉板極對於後面的板極來說是正電位，那麼電子注就會向前面的板極這邊偏轉，落於熒光幕上的 O 點。如果前面板極的電位對於背後的板極來說是負的，那麼電子注將向着相反的方向偏轉，落於熒光幕上的 c 點。

當所有板極上的電位都是相同的時候，電子注就不會偏轉，落於熒光幕上的 O 點。

至於第一對偏轉板極使得電子注在垂直方向所產生的偏轉度，以及第二對板極在水平方向所產生的偏轉度的大小，是要由加於板極上的電壓的大小來決定。因為在增加板極上的電壓時，靜電場也增加。另外電子注偏轉的大小，還同偏轉板極與熒光幕間的距離有關係。

在每個固定的射線管裏，電子注的速度，以及板極與熒光幕間的距離都是固定的，因此光點在管幕上的偏轉度，僅由加於偏轉板極上的電壓來決定。

當偏轉板極上的直流電壓為 1 伏時，落於熒光幕上的光點離軸心的毫米數，稱為射線管的靈敏度；它是射線管常數之一。

沿着垂直方向，偏轉的靈敏度比水平方向的要高一些，這是由於垂直偏轉板極離熒光幕遠一些的緣故。

要增加光點的偏轉度，除了增加板極與熒光幕間的距離外，還可以將板極加長，使得電子注經過板極間的靜電場所費的時間長一些。在這種情況，並不是整個板極都是平行的，而却是如圖 6 所畫的那樣，板極的一部份是分開的，為的是在電子注偏轉度較大時，不致於打在板極的邊上。

我們已經分析了電子注在兩對互相垂直的板極間靜電場中產生偏轉的問題。不過在前面所講的，都是僅就任何一對單獨的板極間的靜電場對於電子注的作用來分析的。

現在，假若電子注同時受到垂直偏轉板極與水平偏轉板極的靜電場的作用，因而電子注將受到兩個彼此直交的力的作用。在這種情況下，電子注將在與射線管的水平直徑成 α 角的方向產生位移。

在圖 7 裏，表示出在這種情況下，電子注離開射線管的中心產生位移的方向。為了分析這個問題，我們假設有任何一個負載，位於圖 7a 的 O 點，在垂直方向的力作用之下，將產生位移，由 O 點移至 A 點。如果這時有水平方向的力開始作用於這個負載之上，那麼這個負載將由 A 點移至 C 點。當負載同時受到這兩個力的作用的時候，負載也落於 C 點，不過是沿着 OC 線移動，也就是沿着兩個力的合量的方向移動。

對於電子注也是一樣，如果兩對板極上沒有電壓，那麼電子

注將落於 O 點；如果僅在垂直偏轉板極上加上電壓，那麼電子注將沿垂直方向移至 A 點。如果在這之後，在水平偏轉板極上加上

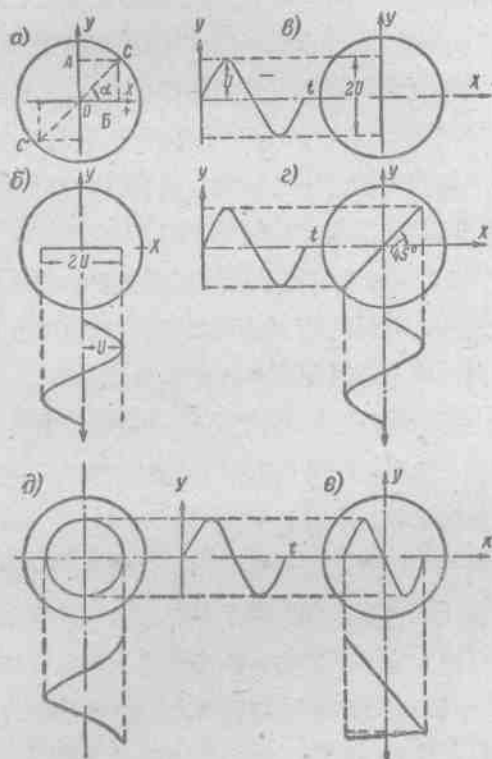


圖7。在兩對偏轉板極的作用之下，電子注沿着熒光幕產生位移。

電壓，那麼電子注將沿着水平方向移至 B 點。如果在兩個板極上同時加上電壓，那麼電子注將離開熒光幕的中心，沿着與水平軸

成一定角度的線上產生位移。至於這個角度的大小，是由加於兩對鈹極上的電壓來決定的。若是兩個電壓相等， α 角是 45° 。如果變動兩對鈹極上的電壓的極性，電子注移動的方向也將改變，有如圖 7a 所表示的。因此在任何時間，光點在熒光幕上的位置，將由加於偏轉鈹極上的兩個電壓的靜電場的合力的大小和方向來決定。

從管幕上觀察電場的變動過程，就是根據電子注在兩個變動電壓之下在熒光幕上產生位移的道理。

像大家所知道的，人們的眼睛接受所看到的印象，這個印象必須停留大約 $\frac{1}{16}$ 秒長的時間。活動電影也就是根據這個道理，動的印象是由一連串不動的照相底片以快速運動所形成的。在陰極射線管中，如果電子注沿着管幕成週期性的變動，而且在這條路徑上的每一光點，在一秒鐘之內出現的次數不少於十六次，移動的速度快到這樣，就使得一排連續的光點，能夠被我們的眼睛感覺到像是一條線一樣。如果在水平偏轉鈹極之上，加一個成正弦形狀變化的電壓，那麼電子注就以很大的速度移動，沿着水平軸忽而偏左、忽而偏右，在熒光幕上形成一條水平的線（圖 7b）。如果我們在垂直偏轉鈹極上加一個電壓，同樣的，在垂直的方向，我們將看到一條由於電子注運動所形成的直線（圖 7c）。現在我們將兩個振幅、頻率和相位都相同的正弦形電壓，分別加於兩對鈹極之上。

那時在兩個電壓的作用下，電子注沿着熒光幕移動畫成一