



真空管原理

胡益譯

生活·讀書·新知三聯書店出版

Vacuum-tube Principle

真 空 管 原 理

胡 益 譯

生活·讀書·新知

三 聯 書 店

554 • Q 248 • 32 K • P. 74 • ¥ 2,400

版權所有 不准翻印



一九五一年三月初版

京華印書局承印

北京達00001——10000冊

• 發 行 者 •

三聯 • 中華 • 商務 • 開明 • 聯營

聯合組織

中國圖書發行公司

• 各 地 分 店 •

三聯書店 中華書局 商務印書館

開明書店 聯營書店

本書原名 Vacuum-tube Principles, 根據
The American Radio Relay League 版的
“The Radio Amateur's Handbook” 1949 年
第 26 版譯出。

現在無線電通訊的方法主要的依靠真空管，在發射機中，真空管用來產生射電週率電力並加以放大；在接收機中，真空管可以將遠處電台微弱的訊號收來，加以放大和檢波(Detect)，然後擴大成聲音；真空管可以將交流電變成直流電。很多的工作，離了它就沒有辦法做，所以無線電工作者必須了解它。

本書中僅討論真空管的基本工作情况，真空管的工作情况可以用數學來表明，但業餘的無線電研究者很少去計算它，因為這種計算不像歐姆定律那麼簡單。真空管製造廠為他們製造的真空管供給了一套最合式的工作情况的數字(Data)，所以我們也不必去計算。我們所要知道的是真空管怎樣才能好好工作。

目 次

- 一 二極管和整流 1
- 二 真空管放大 8
- 三 振盪器 47

一 二極管和整流

真空內的電流

真空管和其它電的機械有一顯著的不同點，即真空管的電流不是由導體上流過，而是由真空中流過。僅在自由電子 (Free-electrons) —— 即不被原子所吸着的電子 —— 用一種方法引入到真空以後，電流才有流動的可能。電子是帶負電的微粒，在同一真空內，自由電子可以被帶正電荷的物體所吸引，也可以被帶負電荷的物體所排斥；被吸引或被排斥的電子的運動即在真空中造成電流。

利用熱電子放射 (Thermionic emission) 可以將足夠的大量電子引入到真空中。

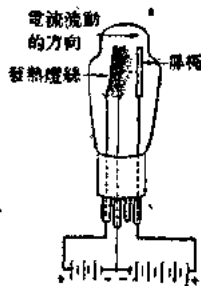
熱電子放射 若將一熾熱的細導體或燈絲 (Filament) 放在真空中，在燈絲表面的電子就有足夠的能力放射到鄰近的空間中去。溫度愈高，能放射的電子愈多。燈絲有時就是陰極 (Cathode)。

如真空中僅有一陰極，放射出來的大部份電子將形成雲狀，停留在陰極的附近。因為在空間的電子帶有負電荷，在陰極的空間區域中形成一負電荷區；此負電荷區排斥靠近陰極的負電子，使其重新回到陰極上去。

設另一導體放在真空中，但不與管內的任何物相接觸。若將此第二導體給予正電荷 (對陰極而言)，空間的電荷將彼此正導體所吸引。若將電源接在此導體和陰極之間，使各得到需要的電荷如圖 1 所示。陰極放射的電子將被帶正電荷的導體所吸引，形成電流再經電源而完成整個的電路。

帶正電荷的導體通常都是一塊金屬板，或一個金屬圓筒 (圍繞

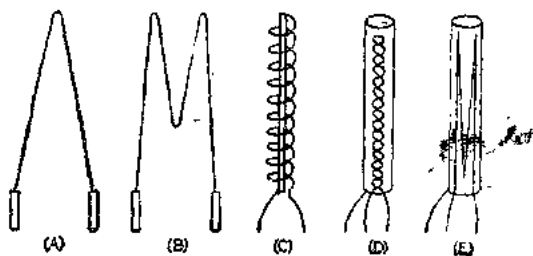
1. 在真空中因熱電子放射而起的導電作用。左邊電池供燈絲發熱使其到達發射電子的溫度，右邊電池使屏極對陰極有一正電荷，因此屏極就可以吸引陰極所放出的電子，電子到達屏極以後，由電池回到燈絲。



着陰極)，叫它做陽極或屏極，圖1中表示的是一個二極管 (Diode)，一極是陰極或爲燈絲，另一極是陽極或稱屏極。

因爲電子帶的是負電，所以只當屏極對陰極是正電位時才能吸引電子。若給屏極一負電荷，電子將被排斥而回到陰極，在真空中就沒有電流通過，所以真空管僅有一個導電方向。

陰極 必須將陰極熱到相當高的溫度，陰極才能發射電子，然而用來發熱的電流卻不一定要流過發射電子的金屬；就是說發熱的燈絲可以和發射電子的陰極分開，這種真空管叫旁熱式 (Indirectly heated)。另外的一種，燈絲發射電子叫直熱式 (Directly heated)。圖2即常用的



2. 各種陰極的構造。A、B 和 C 表示三種直熱式陰極或燈絲。倒 V 形燈絲用在小接收管內，M 形用在接收管和發射管內，螺旋形用在發射管內。D 和 E 表示兩旁熱式發熱體的構造，一種燈絲扭成圓形，另一種爲 M 形。都用來抵消因電流流過發熱體時所產生的磁場。

兩種普通形式。

當然，我們需要發熱電力最小而發射電子最多，若用一種普通金屬做陰極是不能達到這個目的的。特殊金屬如塗鈾的鎢 (Thoriated tungsten) 即可在相當低的溫度發射大量的電子；氧化面 (Oxide-coated) 陰極的發射效能更高，這種陰極在金屬表面上塗了一層稀土族氧化物。

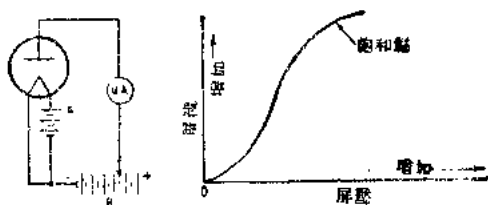
氧化面陰極的發射效率雖高，但只能用在較低屏壓的真空管內，所以只限於用在接收機真空管和很少部份發射管內，塗鈾燈絲可用在較高電壓的真空管中。

屏流 屏極所能吸引的電子，依屏極正電荷的強度——即屏極與陰極間的電壓——而定。此電子流稱為屏流，隨屏壓增加而增加（但並不是像歐姆定律中那種簡單的比例關係）。以上所說只在某一定範圍內為正確，若屏壓太高，陰極所放射的電子完全為屏極所吸收，所以再增加屏壓也不能增加屏流了。

圖3表示一個典型二極管的屏壓增加時屏流的情況。這曲線可用圖中的線路求得，屏壓逐步慢慢增加，用一電流表接在線路內，讀出每一電壓的電流，在屏壓為零時屏流等於零。此曲線幾乎沿直線上升直到飽和點時為止，此一點即屏極正電荷將空間負電荷完全吸收的一點，所有的電子都到達了屏極。屏壓無論再加多高，屏流也不

會增加了。

圖3的曲綫沒有寫出真正屏壓和屏流的值，它隨各



3. 二極管的屏流和所加屏壓的典型曲綫。

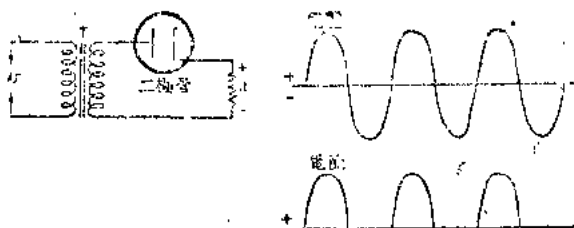
真空管而變化，但此曲綫的形狀卻是所有二極管的標準。

屏壓乘屏流等於輸入真空管的電力，在圖3的線路中所用的電功率都供屏極發熱之用。如輸入電力甚大，屏極的溫度將升到很高。（屏極可能變成紅色甚至於熾熱發白）。此熱量輻射到真空管殼上，再散到圍繞着真空管的空氣中。

整 流

因為電流只能由真空管的一個方向流過，所以二極管可以將交流電流變成直流電流。當屏極對陰極為正時電流可以流過，當屏極為負時電流不能通過。

圖4為一代表線路，變壓器次級的電壓經一串聯的負荷電阻 R 加在二極管上，其電壓照常隨交流電而變化，



4 二極管的整流作用，當屏極對陰極為正時電流才能通過，所以祇有半週的電流流過電阻 R 。

但只有屏極對陰極的電壓為正時真空管內才有電流通過——即當變壓器上端為正時的半週內才有電流流過真空管。在為負的半週中電流是不能通過真空管的。交流電流經整流(Rectification)以後變為間歇性的直流電流(輸出電流中的‘駝峯’[hump]可用一濾波器使其平滑。濾波器為感應線圈和容電器所組成，當電流流過二極管時它們將電能儲藏起來，當二極管中變成非導體時〔即沒有電流流過時〕將儲藏的電能釋放於線路中。

負荷電阻 R ，在整流後的線路中工作；每一真空管都接有一負荷(不一定是淨電阻)。真空管的這一作用有些像發電機和變壓器。在真空管線路中若不接一負荷即等於將變壓器短路，將使變壓器發熱；所以真空管必須將它的電力輸入到有用的負荷中去，而且必須使它的電力多半能輸入到負荷中而不是用來作屏極發熱之用。就是說：

在二極真空管的負荷上所呈現的電壓應比屏極與陰極間的電壓降大。也就是真空管的內電阻要比負荷電阻小。

注意：圖 4 中負荷電阻 R 上的電壓，接陰極的一端為正。如將二極管的兩極反過來接，則經過負荷的整流後的電流也要反向。

二 真空管放大

三 極 管

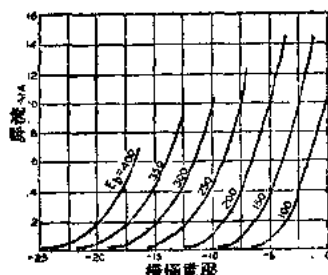
控制柵極 圖 3 中,在真空管正常的工作範圍內,屏壓增加時屏流也隨着增加。因為空中電荷對屏極上的正電荷有一種抗拒的效應,所以當屏極正電壓不高時不能將所有的電子都吸引過來。屏壓愈高,克復這種抗拒效應的力量也愈大。

如圖 5 若在真空管的屏極與陰極之間插入第三部份——叫它控制柵極(Control grid)或簡稱柵極(Grid)時,就可以有效地控制空間電荷,如柵極給一正電壓(對陰極而言),此正電荷將使空間負電荷中和,結果使在一定屏

壓時到達屏極的電子較多。若柵極的電壓對陰極而言為負時，柵極上的負電荷將使空中電荷增加，使在一定屏壓時到達屏極的電子減少。

插入真空管的柵極只控制空間電荷而不吸收電子，所以它的形狀被做成網狀或螺旋狀，電子可以由它的空隙中穿過而到達屏極。

特性曲線 任何真空管，相壓對屏流的效應都可用一組特性曲線 (Characteristic curves)

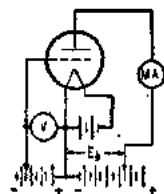


6. 一小型標準三極管，在各種固定屏壓時，屏流隨柵壓而變的變動圖。此組特性曲線可由變動右圖中電池的電壓而得到。



5. 三極真空管的構造：

管中有一燈絲，柵極（和一柵極聯線）和屏極。圖中虛線表示相間空中電荷的密度。



表示。圖 6 即表示一組典型的曲線，旁邊的線路用來求出此組曲線者。給屏壓幾個固定值（在此曲線中屏壓由 100 伏特起，每次升高 50 伏特）。柵壓每次變動較小，而在每一柵壓時即有一屏流數值。在圖 6 中，柵壓由零變到 -25 伏特（對陰極而言）。在圖中可以看見每一屏壓都有一柵負壓使屏流為零，此時柵負壓使屏流到達割斷點。

當柵壓為正時的曲線也可以同樣畫出，只須將此組曲線向上延長。但在多數的工作情況下，常保持柵極為負。當柵極為負時它排斥電子，所以沒有電子到柵極上，在柵極線路內沒有電流。當柵極為正時，它吸收電子，所以有柵流。在有柵流時，柵極線路內就有電力損失，在沒有柵流時就沒有電力損失。

顯然地，柵極像一個氣門管制着屏流。實際上柵壓對屏流的作用較屏壓對屏流的作用為大。一定屏流的變化，必須使屏壓變動很大才能得到，而稍稍變動柵壓即可得到。

一小電壓作用在柵極上等於一較大的電壓作用在屏極上，這就表示三極管 (Triodes) 有放大的作用；即用一較小的電壓可以產生較大的電壓，或用一較小的電力可以產生一較大的電力。真空管的應用幾乎都利用它放大的特點。真空管輸出的放大後的電力或電壓並不是由真

空管得來，而是由電源中得來（即由屏極與陰極中所連接的電源得來），真空管祇不過控制着電源的電力，將它變成所需要的形式。

爲了利用被操縱後的電力，屏極線路（輸出線路）中必須接一負荷電阻，其負荷可以是電阻或阻抗，負荷是淨電阻時，我們通常也稱它爲阻抗。

真空管的特性 三極管中，柵極控制屏流的效應決定於真空管的構造。如一較小的柵壓變化所引起的屏流變化，必須要相對大的屏壓變化才能得到同樣的屏流變化時，我們說此真空管的放大係數（Amplification factor）高。放大係數常用希臘字 μ 表示。例如一真空管的放大係數爲 20 時，意指：柵壓變動 1 伏特時，所引起屏流的變化，而屏壓必須變動 20 伏特才能得到同樣屏流的變化。三極管的放大係數，可由 3 到 100，一高 μ 值真空管的放大係數約爲 30 或更高。一中 μ 值放大係數約爲 8 到 30。一低 μ 值放大係數在 3 以下。

通常都以爲真空管的放大係數高時放大就好，但這却不是必要條件。在 μ 高時屏極不容易大量吸收電子。在屏流的變化一定時要屏壓的變化大只有使屏極與陰極間的電阻（即屏電阻）加大，而此屏電阻與負荷電阻串聯，所以經過負荷電阻的電流變小。相反，低 μ 值的真空管屏