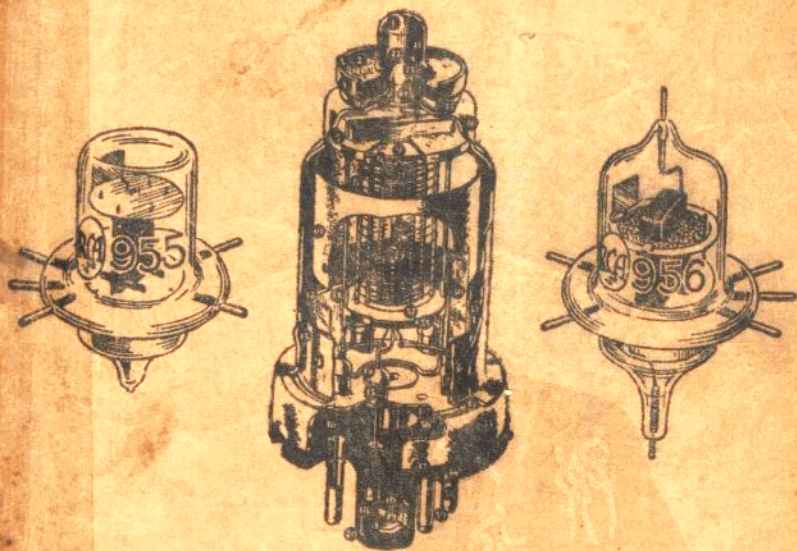


業餘無線電研究社叢書之一

實用真空管

高崇齡編著



1950

PDG

張貢九先生序

自德國赫芝發現火花隙陰極一端，用強光燭照，則火花易過，光電管之原理，即基於是。英國力嘉生從金屬中取出電子，電子管之發明，即肇端於是。赫芝力嘉生二氏，實爲電子管之鼻祖。今日之電子管，種類複雜，名目繁夥。以構造言，有二極三極多極之別；以內容言，有光電管真空管汞氣管；以區別言，同一電子管，可用於檢波，振盪，放大，調幅各電路，而放大電路之電子管，又可分甲乙丙三項；以應用言，不獨無線電及傳影機等須用真空管光電管以發生電波而供傳達，即變更週波，控制電壓，以及飛機之高度計速率計，軍用之遙控制，莫不賴電子管之特性而利用之。電子管之類別既如上述之繁，效用又如是之宏，而電子管專書，尙不多觀。吾友建甌高崇齡君，以歷年研究，編輯實用電子管一書，文字淺顯，材料豐富，英美德各國之出品，均搜集列入。書既成，來徵予序，爰序數言，以爲介紹。

民國二十七年夏梁溪貢九張廷金序於滬濱

自序

無線電科學日益進步，無線電交通日益發達，真空管用途遂日益擴展，真空管之地位自隨之而日益重要。良以真空管非僅爲無線電交通之唯一工具，即其他電機工程借重於真空管之處亦極多。無線電通報，無線電通話，無線電播音，無線電傳影，固然非用真空管不可，就是電機工程界許多應用儀器，許多特種工具，或利用真空管以製造，或利用真空管以控制，即尋常高尚娛樂之有聲電影，亦不能不借重於真空管。可見真空管之重要正日隨其用途擴展而增進。真空管用途日廣，種類自亦隨之逐漸增加，自最初發明之兩極管而至極複雜之多極複單位真空管；自最初僅賴以爲高週率檢波而至用以爲無線電傳影，其間真空管構造之逐漸改良，種類之逐漸增加，固無待言，而各種真空管之構造不同，特性各異，作用各殊，實有編成真空管專書之必要，此爲編者編著本書之動機。

本書以淺顯文字，避免高深理論，而描寫真空管之沿革，基本原理，普通特性，各種類別，各種構造，各種作用，及特殊特性等，其目的在便利無線電工程學校之學生，與乎無線電業餘家之參閱；稍具普通電學知識及無線電常識者均可閱讀；倘能於修讀本書之前，先行閱讀本無線電叢書之一中之應用電學與無線電路尤佳。本書並附有例題習題，倘採作無線電學校“真空管”一課之教材，尤所適宜。

本書最後一章並包括光電管汞氣管等特種電子管之描寫，理應命名為“實用電子管”，惟為普遍起見，乃用“實用真空管”為本書之名稱。

本書因倉卒編成，錯誤之處，在所難免，倘蒙海內專家予以指正，不勝感幸！

本書之一切圖解，全由陳瑾之先生幫助繪成，謹致謝意。

崇齡寫于上海交通大學校外宿舍

二十七年一月二十一日

再版自序

本書初版以來，經中華無線電學校，中國無線電工程學校，華美無線電學校，亞洲實用無線電學校，第一中華職業補習學校等校採作教本，業餘無線電者購為參考書，在兩年內初版各冊早已售完；祇以作者公私兩忙，無暇執筆補充再版，致本書市面絕跡已將及一年，作者對於欲閱讀本書而無從購買者深致歉意。作者因此乃於最近半年內抽暇執筆，補充新的材料，並將附表，大為刪改增添，幸已成功，爰即增訂再版付印，以應無線電界之需用。

本書再版補充內容計有下列各節：冷陰極管，電子注功率管，柵偏壓的供給，簾柵壓的供給，橡實形真空管，五柵第一檢波管，三極六極變換週率管，兩極三極五極管，電子射線管，真空管標號之規定，R.C.A.接收真空管用途分類表，柵偏壓電阻表，及電阻耦合放大電路表等。原有馬可尼真空管及德律風根真空管特性表則予以刪去，改列入亞司令真空管特性表。

再版專門名詞譯名，凡國立編輯館業已公佈者，則儘量予以採用更改，尚未公佈者，則遵照該館電工名詞電訊部審查委員會討論草案予以選用。

本書之成，蒙美國勝利唱機公司供給R.C.A.一切真空管的特性，英國通用電器公司供給亞司令真空管的特性，附此誌謝。

崇齡寫於上海南洋大學
三十年十一月一日

目 錄

張貢九先生序

自序

再版自序

第 一 章

真空管通論

1. 引言
2. 真空管的沿革
3. 真空管的類別及應用
4. 電子的發射
5. 熱電子的發射
6. 熱電子發射的物質——發射體的壽命及復活法

第 二 章

兩 極 管

7. 兩極真空管
8. 兩極管的屏流屏壓特性曲線

9. 兩極管的屏流絲流特性曲線
10. 兩極管用做整流器
11. 整流器的濾波電路
12. 單管全波整流電路及濾波電路的應用
13. 傍熱式陰極
14. 冷陰極管

表一 表二

第 三 章

三 極 管

15. 三極真空管
16. 三極管的 I_p-V_g 特性曲線
17. 三極管的 I_p-V_p 特性曲線
18. 屏路電阻
19. 放大因數
20. 跨導
21. 屏阻，放大因數，與跨導三者的關係
22. 三極管的 I_p-V_g 特性曲線與 V_p 的關係
23. 三極管屏流的公式
24. 三極管的等效電路
25. 三極管動態特性曲線
26. 三極管的電壓放大倍數及輸出電功率的圖解法
27. 屏阻的測量方法
28. 放大因數的測量法

- 29. 跨導的測量法
- 30. 水冷真空管
表三至表五

第 四 章

四極管與五極管

- 31. 四極管與五極管
- 32. 簾柵管
- 33. 簾柵管的總空間電流
- 34. 簾柵管的特性曲線
- 35. 簾柵管放大器
- 36. 簾柵管高週率調諧放大電路
- 37. 空間電荷柵四極管
- 38. 雙柵四極管
- 39. 可變放大因數簾柵管（超控制射電週率放大管）
- 40. 功率五極管
- 41. 三柵五極管
- 42. 超控制三柵五極管
- 43. 電子注功率管
- 44. 柵偏壓的供給
- 45. 簾柵壓的供給
- 46. 橡實形真空管
表六至表十一

第 五 章

複單位真空管

- 47. 雙兩極管
 - 48. 雙三極管
 - 49. 雙兩極三極管
 - 50. 雙兩極五極管
 - 51. 三極五極管
 - 52. 雙五極管
 - 53. 五柵變換週率管
 - 54. 五柵第一檢波管
 - 55. 三極六極變換週率管
 - 56. 兩極三極五極管
 - 57. 電子射線管（幻眼）
 - 58. 金屬殼真空管
 - 59. 真空管標號之規定
- 表十二至表十五

第 六 章

特種電子管

- 60. 負特性管 (Dynatron)
- 61. 倒用真空管
- 62. 磁控電子管 (Magnetron)
- 63. 開閉管 (Thyratron)
- 64. 陰極射線示波管

65. 光電管**習題****附 錄**

- 一. R. C. A. 接收真空管用途分類表
- 二. 柵偏壓電阻表
- 三. 電阻耦合放大電路表
- 四. 真空管應用電路
- 五. 無線電專門名詞英漢對照表

實用真空管

第一章

真空管通論

1. 引言 現時無線電發報機所發生之高週率電功率，廣播機所發生之調幅電流，以及收音機之高週率電信放大，檢波，低週率放大等，無不利用真空管 (Vacuum Tubes) 以司其工作。因真空管之放大特性及光電管之應用，遂使有線長途電話，有聲電影，無線電傳影，無線電遙遠控制，及其他許多電機工程界中之工具，得以逐步實現。因此，真空管可稱為二十世紀以來電機工程界中最重要之一種工具。

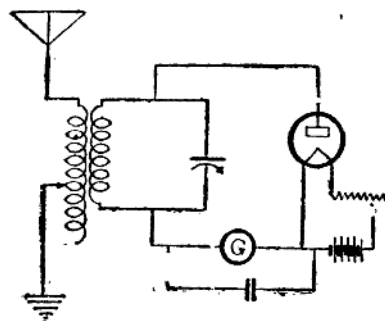
尋常真空管包括一陰極 (Cathode) 以發射熱電子，一陽極 (Anode，亦稱為屏極 Plate) 以吸收陰極所發射的電子，及一柵極 (Grid) 以控制由陰極流向屏極的電子流。此數極裝置於一幾全為真空的玻璃管或金屬管內，以使電子的發射可不受氣體分子衝擊的影響。

2. 真空管的沿革 F. Guthrie 氏於 1873 年曾首先做一關於真空管基本知識的試驗，他試驗的結果是這樣：當他將一熱至淡紅的金屬球接近一帶陰電的驗電器 (Electroscope)

時，結果可使之放電，但接近一帶陽電的驗電器時便不能使之放電，除非將金屬球再熱至較高溫度；當他將一熱至白熱的金屬球靠近帶陽電或帶陰電的驗電器時均可使之放電。這個試驗說明了一極熱的金屬球可發射陽電子與電子；但在較低的溫度時，則僅發射陽電子。這發射的陽電子到了現時始說是由於金屬所吸收的氣體的陽離子所發射。

自 1882 至 1889 年七年間，Elster 氏與 Geitel 氏曾經研究氣體在熱體附近的導電性，最後他們製造了一個有兩極的兩極管，在管內裝就一炭絲或金屬絲直接受熱的絲極，放置於管頂冷屏之下，那時他們雖已注意到兩極管的單向導電性 (Unilateral Conductivity)，但他們不能說明兩極管可以用做交流整流器的可能。

愛迪生 (Thomas A. Edison) 在 1883 年時得到一個重要的發明，雖然他在那時尚未曉得 Guthrie 或 Elster 氏的試驗結果。當他試驗他那時所發明的燈泡時，每當炭絲用後，即被燒斷，且常使玻璃管內部因炭質散射堆積而致發黑。為欲測驗這種現象，他於是便製了一燈泡，於燈泡內加裝一金屬屏於燈絲兩股間。他發覺了當將這金屬屏與燈絲正極相聯時，測電表指針指示有電流通過；但當與燈絲負極接聯時，則指針不動，表示無電流通過。這種電流在屏正極與燈絲間的真空通過的現象，當時便稱為愛迪生現象 (Edison Effect)。這現象直至 1899 年始由湯姆生氏 (J. J. Thomson) 解釋為電流在真空內流動是因為電子由絲極吸向屏極的原故。至 1904 年時 J. A. Fleming 氏始利用兩極真空管——稱為“Fleming 管” (Fleming Valve)——的整流作用而為高週率電流的檢波器，



第 1 圖

Fleming 管為高週率信號的檢波器

如第 1 圖所示。愛迪生現象實可稱為現時熱電子發射真空管的起點。

1907 年 Lee de Forest 氏於真空管曾作一重大改進，彼引用一第三極，稱為柵極(grid)，於屏極與絲極之間，以控制電子流。這樣成功的三極真空管彼稱之為“Audion”三極管。三極管除改進兩極

管的檢波外，並可用為放大器，振盪器，調幅器等。

1919 年 W. Schottky 氏倡議增用第二柵極做為屏極與柵極間的簾柵。此種簾柵管更由 Hull 與 Williams 氏發展之，以使高週率放大器不需平衡電路的設備而趨穩定，已於 1928 年起開始應用於各種收音機中，今則更已普遍應用。

簾柵管發明不久之後，他種多極管亦隨之逐漸增加，其次，複單位真空管亦隨之日益發達。複單位真空管為兩個或兩個以上的真空管各極裝置於一真空管內而成——例如雙兩極管，雙三極管，兩極三極管等——以使一管而可做兩管或數管的應用。

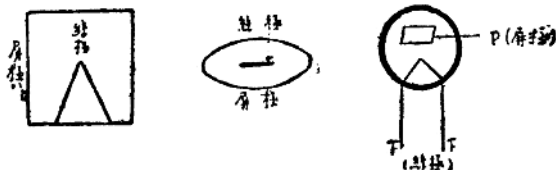
1935 年時新式金屬殼真空管已見諸市場，而替代玻璃真空管的應用。因金屬殼真空管較玻璃管為優，預料將來必與日俱進而無疑。

1915 年橫渡大西洋無線電通話的試驗，證明多數真空管

接成並聯時，可產生較大功率的振盪電流，但因真空管數目一多，自不便利，且不經濟，故各廠家乃有逐漸致力於較大功率真空管的製造。尋常真空管管內屏極所產生的熱量，僅藉輻射而散熱，熱散不易，因此 2K. W. 的真空管就為最大功率的真空管。W. G. House Keeper 氏發明水冷真空管，屏極用銅管製成而藉冷水或冷油流經銅屏以傳熱，強大功率的真空管就得問世，現時功率增至 500K. W. 的真空管業已可於市場中購得。

3. 真空管的類別及應用 真空管依其管內所裝置的極數而分類為兩極管 (Diode)，三極管 (Triode)，四極管 (Tetrode)，五極管 (Pentode)，六極管 (Hexode)，七極管 (Heptode)，八極管 (Octode) 等，更依其管內的作用而分為複單位真空管 (Multi-unit Tube)，多極複單位真空管 (Multi-electrode Multi-unit Tube) 及其他特種電子管等。

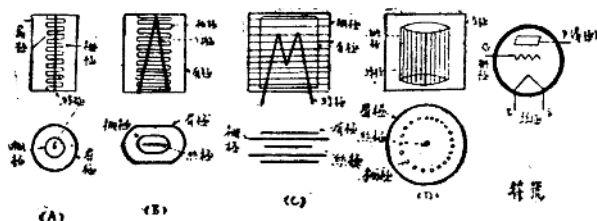
(a) 兩極真空管 (Two-electrode Vacuum Tube)，簡稱兩極管 (Diode)，有屏極 (Plate) 與絲極 (Filament) 二極，屏極亦稱為『陽極』 (Anode)，絲極亦稱為『陰極』 (Cathode)。



第 2 圖 兩極管的構造及其符號

(b) 三極真空管 (Three-electrode Vacuum Tube)，簡

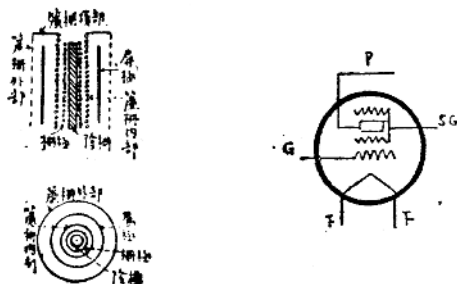
稱三極管 (Triode)，於屏極絲極外，另加一『柵極』 (Grid) 於屏絲極之間。



第3圖 三極管的構造及其符號

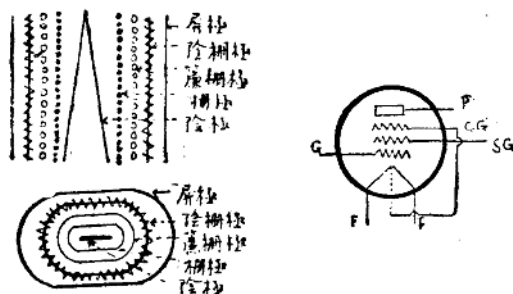
(c) 四極真空管 (Four-electrode Vacuum Tube)，簡稱“四極管” (Tetrode)，有四極：屏極，柵極，絲極及第二柵極是。例如簾柵四極管，簡稱“簾柵管” (Screen-grid Tube)，其第二柵極為簾柵極，位於屏極與柵極之間，如第四圖所示。

(d) 五極真空管 (Five-electrode Tube)，簡稱“五極管” (Pentode) 有五極：屏極，柵極，絲極，簾柵極，及“陰柵極”



第4圖 簾柵管的構造及其符號

(Cathode-grid) 或“遏止柵極”(Suppressor)，陰柵極或遏止柵極位於屏極與簾柵極之間。



第5圖 五極管的構造及其符號

(e) 複單位真空管 (Multi-Unit Tube)——將兩個以上的真空管各極裝於一真空管內，而仍能包含各真空管的功用，稱為複單位真空管。例如 55，75 或 85 兩極三極管，2B7 或 6B7 兩極五極管，53 或 79 雙三極管，1D8-GT 兩極三極五極管等是。此類真空管均包含兩個或兩個以上的真空管單位及其作用。

(f) 多極複單位真空管 (Multielectrode Multi-unit Tube)——此類真空管為多極真空管而仍包含兩個或多個真空管的複作用。例如 2A7 或 6A7 五柵變換週率管，即屬於此類。2A7 或 6A7 多極複單位真空管含有多個，除發熱體外，尚有七極，而同時仍能包含超外差式線路中的本地振盪器與第一檢波器的兩作用。

應用：(a) 兩極管可作整流器 (Rectifier) 及檢波器 (Detector)；

(b) 三極管可作檢波器，振盪器 (Oscillator)，成聲週率放大器 (A. F. Amplifier)，及調幅器 (Modulator) 等；

(c) 四極管可作射電週率放大器 (R. F. Amplifier)；

(d) 五極管可作成聲週率功率放大器 (Power Amplifier)，射電週率放大器，檢波器等；

(e) 複單位真空管可作檢波成聲週率放大器，檢波功率放大器，推挽式放大器 (Push-Pull Amplifier)，全波整流器等；

(f) 多極複單位真空管可作週率變換器等；

(g) 其他特種電子管依其特性而作特別之用，如光電管 (Photo-tube) 作為傳影之用，陰極射線示波管作為示波之用等。

4. 電子的發射 產生“自由電子”的方法有四種：

(a) 熱電子的發射 (Thermionic emission)——一種物質熱至高溫度時其原子內一部分電子因速度極高之故，乃脫離原核的束縛而逃入周圍的空間，成為自由電子 (Free electron)，稱為熱電子的發射。各種真空管的絲極即利用這種原理而發射電子於周圍的空間。

(b) 光電現象 (Photo electric effect)——光線照耀於某種物質 (如鉀，鈣，鈉，等) 時，使發射電子於四周空間，是為光電現象。光電真空管 (Photo-tube) 即利用這種現象以產生自由電子。

(c) 碰撞電離 (Ionization by Collision)——電子在空氣或其他氣體中發射，當電子與空氣或其他氣體的分子和碰時，