

电子管 与 离子管

苏·С. 雅利哥里也夫 著
苏联 С.С. 雅利哥里也夫 著

人民邮电出版社

23.61
3-7

電 子 管 與 離 子 管

蘇聯 B.C. 格利哥里也夫 著
B.C. 格利哥里也夫
史 乃
鄭 志 裕 譯
劉 錦 德

人 民 郵 電 出 版 社

3-6

В. С. ГРИГОРЬЕВ И В. С. ГРИГОРЬЕВ
ЭЛЕКТРОННЫЕ И ИОННЫЕ ПРИБОРЫ
СВЯЗЫЗДАТ 1954
МОСКВА

內 容 提 要

本書是蘇聯中等電信學校的參考書，內容相當豐富，幾乎包括了所有的電子管和離子管。本書最初三章討論了電子的物理性質、電子的發射、電子在電場和磁場中的運動和電子管中電子的來源——陰極。接着研究二極管，三極管，四極管，五極管和多極管中的物理現象，參數、特性曲綫和應用。另外還敘述了陰極射綫管，調速管、行波管及磁控管。最後討論了離子管和光電管。本書的特點是避免用高深的數學，敘述有系統，深入淺出，電場等抽象概念更用起伏模型來幫助讀者想像，因此也適於具有高中程度的讀者自學之用。

电 子 管 与 离 子 管

原著者: 苏联 В. С. 格利哥里也夫
 В. С. 格利哥里也夫
譯 者: 史 乃 鄭志裕 刘錦德
出版者: 人 民 邮 电 出 版 社
 北京东四区 6 条胡同13号
印刷者: 人 民 邮 电 出 版 社 南 京 印 刷 厂
 南京太平路戶部街15号
發行者: 新 华 書 店

1957年6月南京第一版第二次印刷7,301—9,806册
850×1168 1/32 240頁印張15 印刷字數342千字定价(10)2.90元

★北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号★

統一書号: 15045·总415-无104

原 序

電子管與離子管一課是郵電中等專業學校裏排在最前面學習的專業課之一。學習這門課程以前，只學過普通技術課，因此，學生們開始學習這門課程時，還未具備無線電專業方面的知識。

這門課程的任務是研究主要電真空管的作用和裝置的一般原理，以及初步熟悉這些儀器在通訊工程方面的應用。

因此，應該把電子管與離子管這一門課程看作為研究專業課的入門。

隨着專業知識的加深，學生們也應該擴大自己對在無線電工程設備中作為基本元件的，在電報通訊和電話通訊裝置中廣泛應用的電真空管方面知識的領域。

根據提出的任務，在這本書中，主要的注意力集中在處處提到首位的物理現象上。

這本書中包括的參考資料是非常少的，因此管子的各種具體型式及其數據只能說明電子管和離子管的實際構造。

不可能在教科書的範圍內詳盡地來研究各式各樣的電真空管，何況這裏面有很多電真空管的用途是有限的，它們應該在專業課內進行詳細研究。由於這些原因，在這本書裏根本不講電視發送電真空管（光電顯像管，低壓電子束攝像管等），其他的一些電真空管也只是大概地敘述一下。在談到的問題比較簡單的場合下，由於本書的篇幅有限，敘述都很簡略。

對於1950年出版的本書初版本，在定期刊物上曾發表過 Н. П.

席烈勃卓夫和B·M·慕興的評論。除此而外，也曾收到許多通訊工程學院和通訊工業學校（列寧格勒、基輔、梯比里斯、敖德薩、諾沃西比爾斯克等地的）教研室的評論。

在這些評論中提出的、使用這本書的經驗指出了對這本書需要進行許多必要的修改和補充。因此，現在的這本再版本是經過全面修改的。特別是對敘述電子發射和電子在電、磁場中的運動這兩章進行了很大的修改。在這兩章中比較詳細地研究了用算例來說明量的關係。

三極管一章的內容有很大的更改。在這一章中，現在比較詳細地研究了電子管在綫路中的工作和動態特性。同樣，對簾柵管的內容也作了重大的修改和補充。

作者乘機在這裏向詳細研究了這本教學參考書的初版本後提出批評的席烈勃卓夫、慕興以及通訊工程學院和通訊工業學校的教研室表示謝意。

作者謹向校閱本書的H·A·尼基金教授致以衷心的感謝。作者也非常感謝美術家A·B·斯特拉姆沃斯基特為本書畫出了各種型式的電子管實物圖。

關於本書的內容和材料編寫方面的各種意見請寄郵電出版社（莫斯科中心區，契斯托普魯德林蔭道2號）

作者

緒 論

無線電發明者 A·C·波波夫在第一架無線電接收機中曾把粉末檢波器——通過高頻電流時能顯著改變本身電阻的元件——作為繼電器。粉末檢波器使接有電報機電磁鐵的直流輔助電路閉合，之後又使接有電話機的直流輔助電路閉合。因為最初的無線電台是以衰減振盪工作的，因此在每一次接收振盪脈衝之後，可用機械振動的辦法來破壞粉末檢波器的導電性。

在無線電工程發展的初期，粉末檢波器非常令人滿意地完成了它的功用，不過，以後開始需要比較可靠和慣性較小的儀器。起先用晶體檢波器來代替粉末檢波器，後來又用電子管換流器來代替，而換流器乃是出現在無線電工程中的第一種電真空儀器。無線電技術的進一步發展是和電子技術的發展有着不可分離的關係。電子管的日趨完善引起了無線電技術的向前發展，而無線電技術的進展反過來又促使電子管更加完善，並使它們具有了新的品質。

在目前，電子管已成為各式各樣的設備中最為常見和完成各種功用的工程儀器之一。成千成萬的無線電廣播電台和數千萬台無線電接收機都是用電子管來工作的。除掉無線電通訊和無線電廣播用的無線電台發射機以外，還有許多便移式無線電台。電子管完成了遠距離的電話通訊。電視和雷達中也不可缺少電子管。因為利用了電子管，所以才有了有聲電影和電機錄音。電子技術已經深入到並且繼續深入國民經濟的所有各部門中。乾燥木材、治病、計算和挑選零件時要用到電子管；用高頻電流淬火及其他許多場合下也要應

用電子管。

超高頻技術的廣泛發展促使我們創造了一套完整的特殊電真空管（磁控管、速調管等）。這是由於普通的電子管不適用於發生和放大超高頻振盪。

主要過程決定於離子，而不是決定於電子的離子真空管也已自成一個系統地發展起來了。這種管子最初只用來變換工業交流電為直流電，可是現在在自動控制技術和變換直流電為工業交流電的技術中開始起着愈來愈大的作用。看來，應該得到更遠大發展的，用直流電來傳輸電能的高壓輸電綫是非用高壓整流器和開流管換流器不可的，而這些管子都是離子真空管。

在普通場合下，任何電真空管都會完成換流器的功用，並具有輸入電路和輸出電路。作用在管子輸入端的可能是電壓（直流電壓或交流電壓），也可能是光，或熱能，有時候甚至是機械振盪。在管子的輸出端，根據它的用途，可以獲得電振盪或光振盪。

變換光能為電能或者變換電能為光能的可能性（這裏不包括照明技術，因為這一部分不在本書範圍內研討）使我們有可能造出一系列的電視真空管，以及用來變換光為另一種光（光電變換器）的新型電真空管。

由於電真空管有着各式各樣的功用，因而它的外形、尺寸和功率也是多種多樣的。除了用在無線電接收工程中的小型電真空管而外，同時還有着功率大到數千千瓦的管子，這種管子是現代技術的產物。稱為金屬水銀整流器的電真空管即為這種儀器之一。

然而，儘管各種電真空管的結構有着顯著的不同，但它們總是可以按照某些基本的特徵而加以分類的。根據基本特徵，所有的真空管可區分為利用電子放電的電子管和利用離子或氣體放電的離子

管（這類管子中，不僅需要電子存在，而且還需要離子存在）。至於其餘的特徵則都是補助性的。根據陰極的種類，電真空管可分為冷陰極管和熱陰極管；根據冷卻的方式，電真空管又可區分為人工冷卻管和自然冷卻管等。

在擬製電真空管和創立電真空管的理論方面，俄國學者們的工作曾起了決定性的作用。我們有自己的電真空工業應該歸功於俄國學者 *A·M·拉德庚*，他是世界上創製第一只照明白熾燈的人。在俄國，第一個電子管是由 *H·A·帕帕列克西* 在1914年爲了軍用無線電報的需要而特地造出來的。那個電子管是個離子管，並具有若干缺點，可是它在俄國電真空工程的發展上標誌了一個新的階段。在我國，已解決了許多電子技術方面的重要問題。例如，旁熱式陰極是由俄國學者 *A·A·契爾內紹夫* 提出的，水冷管和其他許多最重要的發明是由 *M·A·鮑奇—伯魯耶維奇* 完成的。*B·H·沃羅格金* 製出了高壓水銀整流器。由於 *A·P·斯托列托夫* 對外光電效應的全面研究，我們才有可能製造出光電管——電子工程的主要儀器之一。*C·H·卡達耶夫* 早在1931年就已闡述過用在電視設備中的、具有鑲嵌光電陰極的特殊電子射綫管，構成這種儀器的原理即被利用在現代的品質優良的電視系統中。蘇維埃的專家們在製造用在超高頻工程方面的電子管時，曾解決了許多重要的問題。

M·A·鮑奇—伯魯耶維奇 在製造電子管方面起了無與倫比的作用。在尚未擁有必需的工具和技術基礎之前，鮑奇—伯魯耶維奇便在1915年製出了俄國的第一只無線電接收設備用電子管。這個無比重要的工作當時並沒有得到沙皇政府官吏們的重視。只有在偉大的十月社會主義革命以後，鮑奇—伯魯耶維奇的工作和無線電工程方面的其他工作一樣，才得到了國家的支持。

根據 B·H·列寧的指示，在下諾夫哥羅得（現在的高爾基城）組織起我們國家的第一個無線電實驗室，鮑奇—伯魯耶維奇也曾在那裏工作過。在國內戰爭和資本主義國家封鎖我國的艱苦環境中，就在這個實驗室裏，創立了關於電子管的理論，並在這種理論基礎之上，製出了各種功率的電子管。

後來，當我們的敵人想要窒息年青的蘇維埃共和國的企圖遭到破滅，我們國家已和外國建立了外交關係的時候，才知道由鮑奇—伯魯耶維奇在1919年發表的電子管理論比起巴爾克甘烏辛在稍後幾年提出的理論來更加充分和全面。

水冷陽極功率管的製造成功乃是蘇維埃科學家的無上成就。那時候，國外的無線電工程界還不知道這種電子管，因而甚至於當時在技術方面頗為先進的德國也不得不向下諾夫哥羅得無線電實驗室訂購功率達25千瓦的電子管。在功率管的製作方面達到的巨大成就使我們有可能建立起無線電廣播電台的網絡，並實現了列寧關於建設無線電報和電話的指示。

共產黨對培養無線電專家和建設無線電工業的工作給予了極大的關懷。這就保證了電真空工程方面的工作得到廣泛的發展。遠在1923年，我們就已開始大量生產本國製造的電子管。以後沒有多久，在我國的第一個《斯維特蘭》電真空工廠裏便掌握了各種名樣的電子管和離子管的產品。

戰前幾個五年計劃的勝利完成大大地鞏固和擴大了我國的電真空工業。它光榮地經受了在反抗德國法西斯侵略者的偉大衛國戰爭艱苦年代中的考驗。列寧格勒《斯維特蘭》工廠在城市被敵人封鎖的時期仍繼續供給國家大量的產品。分佈在我國內地的各電真空工廠也給我們的軍隊供給了大量的電子管和離子管。

現在，我們的國家擁有頭等的電真空工業和大量技術熟練的專家，這些條件保證了電子技術的更進一步的發展。在這方面的主要功績應歸功於英明領導我們國家的共產黨。

目 錄

原 序 緒 論

第一章 電子發射

1.1 概說.....	(1)
1.2 原子結構.....	(3)
1.3 電子在金屬導體中的運動.....	(5)
1.4 電子在真空中的運動.....	(8)
1.5 電子在金屬和真空交界處的性能.....	(16)
1.6 熱電子發射.....	(24)
1.7 光電發射.....	(27)
1.8 二次電子發射.....	(31)
1.9 陰極表面附近的電場對電子發射的影響.....	(33)
1.10 減少逸出功的方法。激活陰極.....	(36)
1.11 接觸電位差.....	(40)

第二章 熱電子陰極

2.1 熱電子陰極的結構.....	(42)
2.2 熱電子陰極的參數.....	(44)
2.3 鎢絲熱陰極.....	(46)
2.4 鋇鈾陰極.....	(47)
2.5 碳化陰極.....	(48)
2.6 氧化物陰極.....	(49)
2.7 敷氧化鋇陰極.....	(53)

2.8	陰極的運用條件對陰極耐久性的影響·····	(54)
2.9	陰極的啟動電流·····	(56)
2.10	用交流電作為陰極電源·····	(57)
2.11	鎮流管·····	(59)

第 三 章 自由電子在電場和磁場中的運動

3.1	概說·····	(62)
3.2	電子在均勻電場中的運動·····	(62)
3.3	電子在非均勻電場中的運動·····	(70)
3.4	電子在均勻磁場中的運動·····	(78)
3.5	同時存在電場和磁場時的電子運動·····	(83)
3.6	電真空中利用控制電場和控制磁場的例子·····	(84)

第 四 章 靜電控制的兩極管

4.1	空間電荷的影響·····	(89)
4.2	二分之三次方定律·····	(94)
4.3	當有空間電荷存在時，板狀電極間的電子速度、場強和 電位的分佈·····	(104)
4.4	電子的初速度對電極間電位分佈的影響·····	(108)
4.5	二極管的特性曲綫·····	(110)
4.6	二極管的參數·····	(118)
4.7	二極管內所消耗的功率·····	(126)
4.8	二極管的擊穿·····	(129)
4.9	二極管的應用·····	(130)
4.10	二極管構造的實例·····	(135)

第 五 章 三 極 管

5.1	三極管的結構和作用·····	(143)
5.2	板狀三極管中的電位分佈和電子運動·····	(144)

5.3	控制電壓.....	(153)
5.4	三極管的理論特性曲綫.....	(157)
5.5	三極管的理論陽-柵特性曲綫族	(160)
5.6	三極管特性曲綫的測定.....	(167)
5.7	三極管的真實特性曲綫和理論特性曲綫的比較.....	(169)
5.8	三極管真實特性曲綫的其他特徵。柵極電流的影響.....	(172)
5.9	柵絲的二次電子發射 (負阻效應)	(174)
5.10	三極管的陽極特性曲綫.....	(176)
5.11	作為變直流電為交流電的換流器的電子管。三極管的參數.....	(182)
5.12	從特性曲綫族來決定三極管的參數.....	(190)
5.13	三極管的內部方程式.....	(195)
5.14	三極管的參數和工作點選擇的關係.....	(197)
5.15	三極管的理想特性曲綫.....	(201)
5.16	在陽極特性曲綫族中的三極管動態特性曲綫.....	(204)
5.17	與電子管等效的發電機.....	(220)
5.18	陽柵特性曲綫族中的三極管動態特性曲綫.....	(223)
5.19	關於右電子管和左電子管的概念.....	(228)
5.20	利用三極管來作為電壓放大器.....	(230)
5.21	電子管輸出的有效功率.....	(235)
5.22	利用三極管作為A類功率放大器.....	(238)
5.23	處於陽極電流脈衝狀態中的功率管的工作.....	(247)
5.24	推挽綫路.....	(249)
5.25	三極管在無線電發射設備中的應用.....	(256)
5.26	典型的三極管.....	(257)

第六章 簾 柵 管

6.1	電子管的動態電容.....	(270)
-----	---------------	---------

6.2	作為靜電屏蔽的簾柵極.....	(275)
6.3	多柵極管的控制電壓.....	(277)
6.4	簾柵管的真實特性曲綫.....	(279)
6.5	束射管.....	(286)
6.6	五極管.....	(293)
6.7	變互導管.....	(300)
6.8	陰柵管.....	(303)
6.9	簾柵管的實例.....	(305)
6.10	五極管的實例.....	(309)

第 七 章 多極管和複合管

7.1	陽極電流的雙重控制.....	(319)
7.2	混頻管.....	(321)
7.3	複合管.....	(326)

第 八 章 電子射綫管

8.1	電子管的用途.....	(330)
8.2	電子槍.....	(332)
8.3	電子束的靜電偏轉.....	(337)
8.4	電子束的磁聚焦和磁偏轉.....	(340)
8.5	電子示波器的屏.....	(342)
8.6	陰極電子激發光體的慣性.....	(348)
8.7	電子射綫管的例子.....	(350)
8.8	電子調諧指示管.....	(354)
8.9	電子換路管.....	(356)

第 九 章 超 高 頻 管

9.1	概說.....	(360)
9.2	電子管的內電容和內電感影響的減少.....	(360)

9.3 減少電子管所引入的損失的方法.....	(367)
9.4 柵極接地的電子管.....	(368)
9.5 同軸綫.....	(370)
9.6 塔形管.....	(372)
9.7 電子的飛越時間對普通電子管工作的影響.....	(375)
9.8 三極管在超高頻下運用時柵極電路中損失的起因.....	(379)
9.9 電子流在特殊的超高頻管中的工作情況.....	(381)
9.10 電子流的密度調制法.....	(387)
9.11 電子的速度調制法.....	(389)
9.12 速調管.....	(391)
9.13 電子束的橫向調制法。磁控管.....	(394)
9.14 分瓣陽極磁控管.....	(403)

第十章 離子管

10.1 離子管的概論.....	(410)
10.2 放電時氣體一次電離的起源.....	(411)
10.3 碰撞電離的現象。自由行程長短的影響.....	(412)
10.4 充氣管的熱平衡.....	(413)
10.5 具有單向導電性的充氣管.....	(414)
10.6 管泡的作用.....	(417)
10.7 水銀整流管陰陽極間的電位分佈.....	(417)
10.8 氣體放電的等離子區.....	(419)
10.9 水銀整流管中的倒燃.....	(420)
10.10 水銀整流器.....	(421)
10.11 引燃管.....	(423)
10.12 充氣整流管.....	(425)
10.13 充氣整流管的特性曲綫和結構.....	(427)
10.14 閘流管.....	(430)

-
- 10.15 閘流管的特性及其結構..... (435)
- 10.16 輝光放電..... (437)

第十一章 光 電 管

- 11.1 光電管的結構..... (443)
- 11.2 光電陰極..... (446)
- 11.3 光電管的特性..... (448)
- 11.4 光電倍增管..... (453)
- 11.5 具有內光電效應的光電管..... (459)
- 11.6 具有壁壘層的光電管..... (462)

附錄 電子管與離子管的符號系統

第一章

電子發射

1.1 概 說

真空管的簡圖及其符號如圖 1.1 所示。在管子的玻璃泡內固定着兩塊金屬電極，這兩塊電極在圖上為兩片彼此平行的矩形平板。在真實的管子內，電極可以做成不平的或者更複雜的形狀，但對初步研究來說，電極的形狀倒並不一定很重要。金屬導體——引出綫——使電極與真空管的外部相連。真空管燈泡的內部抽成真空，也就是說，儘可能地把空氣排淨。燈泡內要想做到完全真空，即絕對真空，是不可能的，所以管子的內部實際上充滿着極其稀薄的氣體。不過我們還是可以相當準確地認為，管子的內部是完全真空的。

從電的觀點着眼，圖 1.1 所示的管子是個真空電容器。如果把電極的外引出綫用高靈敏度的電氣儀表——電流表接通，則在管子的外電路內不會顯示出有電流的任何特徵。甚至於把電動勢電源，例如把蓄電池組串聯到管子的電路內，最靈敏的測量儀表也只在真空電容器充電瞬間內顯示有電流的驟增，這是

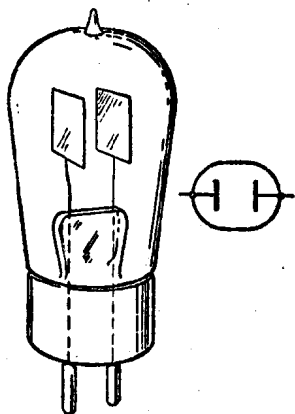


圖 1.1 最簡單的真空管及其符號

因為電容器的電容很小的緣故。當電容器充好電時，外電路內的電流就中斷。

真空電容器只有在這種情況下，即用任何方法把自由電荷引入真空內時，才可以變成電真空管。這些自由電荷在一定的條件下，可以從一個電極移向另一個電極，從而在管子的外電路內產生相應的感應電荷的移動，也就是說，在管子的外電路內有電流通過。在真空中有自由電荷運動時，即便是很簡單地把電路閉合（例如用電流表），也可能在真空管的外電路內出現電流；不過，爲了得到足夠大的電流，我們總是在外部電路內接入電動勢電源。爲了簡單起見，我們暫且不妨認爲：在管子的外電路內僅僅接入一個能看出電流是否存在並能測量其大小的電流計。

爲了使真空管能夠連續不斷地作用，也就是說，爲了使外電路中維持連續的直流電流，必須向真空內不斷地送進自由電荷。同時還必須使這些自由電荷不充滿管子，否則，在真空內會形成稠密的“空間電荷”，這些電荷到後來會妨礙電荷的自由移動。因此，必須使電荷及時而不停地離開管子。在利用金屬表面作電子發射的管子中，所有這些要求都可以做得到。

任何金屬體的內部都存在非常多的自由負電荷（電子），它們的存在決定了金屬的導電性。在一定的條件下，金屬表面能夠向真空發送這些自由負電荷。例如，如果把金屬加熱到很高的溫度，它就會向真空發射自由電子。用金屬分離出自由電子到真空中的過程也稱爲電子發射（發射（*Эмиссия*）來自拉丁字放射（*emittere*））。

由於存在自由電子的緣故，因此自由電荷就有可能被連續地引入真空，再從真空移向第二個電極的金屬，並在管子的外電路中流動。兩個電極中用來放出電荷的那一個電極稱爲發射電極或名爲發射體，另一個從真空中接受電荷的電極稱爲收集體（收集體（*Коллектор*）來自拉丁字收集者（*collector*））。