

眞空管的精义

〔美〕John F. 雷特 著

陸 鶴 壽 譯

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書是用通俗的筆調，豐富而簡明的插圖，來解釋比較抽象的电子理論和真空管里电子的工作情況，對每種真空管的構造和特性都有生動而詳細的討論，對於各種基本的真空管電路也有很扼要的分析。

本書對於初學無線電的同志作為學習真空管理論的資料是很適宜的。

真 空 管 的 精 義

INSIDE THE VACUUM TUBE

原 著 者 [美] John F. Rider

原出版者 Rider Publishing Co.

譯 者 陸 鶴 森

科學技術出版社出版

(上海延慶西路330弄1號)

上海市書刊出版業營業許可證出〇七九號

華文印刷局印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·213

(原交流版印6,000冊)

開本787×1092 耗1/23·印張15 7/23·插頁3·字數330,000

1956年5月新1版

1958年1月第4次印刷·印數7,021—9,020

定價：(10) 2.20元

目 錄

譯者的說明

第一章 電子介紹	1
電子	2
原子論	4
物質可能變換狀態	5
原子	6
分子	7
原子亦是一個組織體	8
原子核的內部組織	9
導體和絕緣體	11
游子和游離	11
原子間的距離	14
第二章 電子發射	16
電能變換產生電子發射	18
熱游子發射	20
勞熱式陰極	22
電子發射體的形式	23
第三章 電荷的運動	25
陽游子	26
陰游子	28
吸引定律和排斥定律	28

靜電場	29
輻式和平行靜電場	30
力線的方向	31
輻式靜電場中的力	32
平行片間的靜電場	33
電荷的分配	34
二平行荷電片間的力	36
力、電壓和片間距離的關係	37
應用第三個荷電體控制力量	39

第四章 空間電荷和屏極電流 42

離開陰極的電子	43
在空間的電子	43
空間電荷	45
空間電荷的密度	46
電流是被空間電荷限制的	47
屏極電流	48
屏極和陰極間的電場	50
空間電荷中的電子往來情形	51
屏極上加負電壓	53

第五章 真空管特性簡述 55

真空管關係	55
特性曲線	56
特性曲線關係的解釋	59
特性曲線的二個變量	59
線性特性和非線性特性	61
靜特性和動特性	62
每一真空管特性曲線的數目	63
特性曲線組	63
真空管內的電阻	64

第六章 二極管	65
二極管	66
陰極和絲極的結構	66
直熱式和旁熱式	66
二極管的功用	70
電子的流動和電流的流動	70
二極管中的屏極電流	72
接觸電勢	73
求二極管的工作狀態	73
發射體溫度屏極電流特性曲線	74
屏極電壓屏極電流特性曲線	77
二極管的電阻	80
二極管的直流屏極電阻	80
二極管的交流屏極電阻	82
二極管的靜和動特性	85
交流電加到二極管的屏極	87
第七章 三極管	89
柵極的構造	90
三極管的功用	91
三極管的輸入和輸出電路	91
三極管的工作電壓	92
三極管內的靜電場	94
柵極上加負電壓	95
柵極上加正電壓	98
柵極上的電壓是零	100
自由柵極	101
柵極上加施電壓的總結	103
為什麼要加柵極偏電壓？	103

第八章 三極管的靜特性 108

三極管電路的符號	109
柵極電壓屏極電流特性曲線	110
特性曲線是怎樣產生的？	111
怎樣運用特性曲線？	113
工作點	115
鎢絲極真空管的 $E_g - I_p$ 曲線	117
柵極特性曲線組	120
柵極特性曲線組表現的是什麼？	123
屏極電壓屏極電流特性曲線(靜屏極特性曲線組)	125
真空管常數	127
放大因數	128
放大因數的求法	129
從屏極特性曲線組求放大因數	131
三極管的放大因數	133
屏極電阻	133
推算交流屏極電阻的方法	135
應用屏極特性曲線組求交流屏極電阻	136
互導	137
從柵極特性曲線組求互導	138
從屏極特性曲線組求互導	141
g_m 、 r_p 及 μ 的關係	142
g_m 、 r_p 及 μ 是互相依賴的	145

第九章 三極管的動特性及負荷線 148

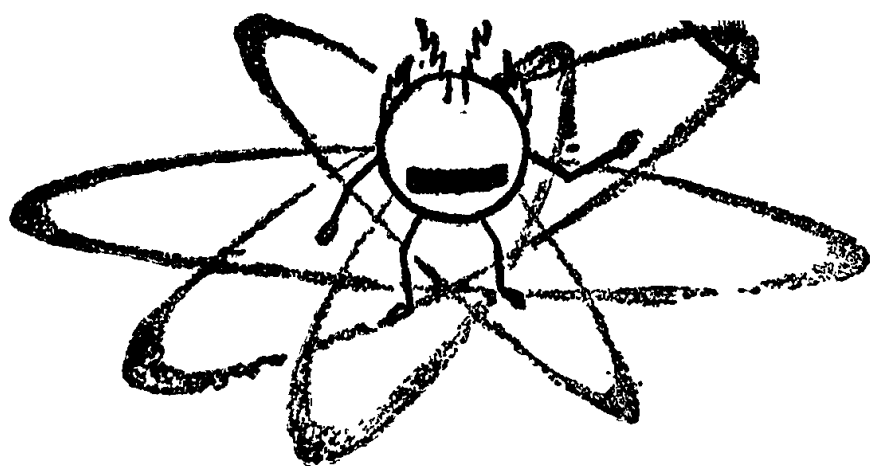
負荷的作用	149
三極管基本電路	150
屏極電阻和負荷電阻串聯	151
屏極電壓 e_b	152
負荷的作用	153

改變柵極電壓	154
介紹負荷線	155
圖表代表的電阻	155
線性電阻和非線性電阻	159
負荷線的畫法	160
負荷線的意義	162
動轉移特性	164
動轉移特性的畫法	164
負荷電阻器的數值	168
不同負荷的影響	169
負荷電阻對於動轉移特性的影響	173
第十章 動轉移特性	175
電極上的電壓決定電場的情形	176
柵極電壓對屏極電流的影響	177
原始工作點和屏極電流的靜止點	179
工作點的定位	180
電訊電壓的數值	183
輸出的屏極電流和輸入的電訊電壓	185
輸入電壓和輸出電流的圖解法	186
輸入波和輸出波的比較	190
輸出電流波和交流電波的相同點	191
交流電波幅隨時間的變化	192
特性曲線的非線性部份產生輸出波的失真	194
在特性曲線的直線部份工作	195
第十一章 電壓放大	198
計算瞬時屏極電壓	199
瞬時屏極電壓的圖解法	200
電壓放大 A_v	202

電壓放大的圖解法	203
交流成分	203
屏極電路定理	206
求電壓的放大倍數	207
輸入及輸出的相位關係	211
負荷電阻器的最佳值	217
再談談相位關係	219
當柵極變正的時候	219
柵極電阻器的影響	223
方形波的產生方法	226
第十二章 四極管及五極管	228
四極管	229
四極管的特性曲線	233
五極管	239
抑制極	239
五極管的屏極特性曲線組	240
放大因數	241
屏極電阻	243
互導	243
負荷電阻器	244
電壓放大	244
簾極電壓	245
屏極負荷電阻器	249
五極管的特性曲線	254
五極管接成三極管	256
第十三章 陰極電路	259
自給偏電壓	260
沒有旁路的陰極電阻器的影響	261
陰極電阻器的旁路電容器	263

推算陰極電阻器的方法	264
真空管應用無旁路陰極電阻器時的屏極特性曲線組	267
陰極輸出器	274
第十四章 電力放大	278
電力的定義	279
屏極消耗	280
其他的界限	282
電力輸出	282
失真	284
電力輸出和屏極消耗的關係	284
五極管電力放大器	289
集射電力管	292
第十五章 各種真空管	296
真空管和管座的構造	297
真空管的編號制度	303
多種用途的真空管	306
可變互導的超控制管	309
橡實形管	313
陰極射線管	316
電子鎗	317
螢光面	319
電子射線的偏向	320
偏向屏極上的交流電壓	322
指示管	326
充氣管	328
光電管	332
附錄(一)	336

附錄(二) 真空管電路的基本符號	337
------------------	-----



第一章 電子介紹

這是一篇關於世界上非常微小東西的故事。

幾世紀以來，人們已經想到這個東西，但是他們不知道猜想的究竟是什麼。大約在二千多年以前，古代的理想家就已開始作種種的猜測，奇怪得很，一部份的理想竟很準確。他們覺得，他們對於東西的觀念一定建築在『某種東西』上面，但是這個『某種東西』是什麼呢？他們不知道。

後來，人們發覺，隨理想並駕齊驅的實驗和研究是解謎的鑰匙，這樣才對這著名的未知物生了一線新的希望。如此大約經過一世紀的時期，猜測方始逐漸接近事實。最後決定，人們所求的是每一樣東西所共有的一種組織體。接着，化學及物理專家還是不斷的研究和實驗。最後，約在六十年前，他們的努力總算得到了結果，他們發現電子。

電子的發現已經有六十多年，但是還不能看到她。科學的記載上有她的重量、尺寸、電的特性；還知道她如何行動、何時行動以及行動速度，但是我們還沒有看到過電子。奇怪，是不是？我們知道她有担任極多工作的偉大力量，這點是毫無疑義，因為在每一樣東西開始存在時就是這樣的，但是重要的一點是我們今日還在想法使她担任我們所需要的工作，其中對億兆人民都有利益，而是重要的一種工作是她能在真空管 (Vacuum Tube) 內閃電式的快速飛行。

真空管對於電報、電話、電視 (Television) 及雷達 (Radar) 都是非常重要，如果現在要正確的了解真空管，那末你對於電子尤須要有澈底的認識。本來我們並不討論這個題目的高深技術部份，但是，根據經驗，每一個學習真空管的人都應該先認識電子和她的性能。理由很簡單，就是真空管的工作完全依據電子作用而成功的。真空管的種類很多，以便担任各種不同的任務，而管內的電子又在不同的條件下活動。所以，除非對電子先加討論，真空管的工作是不容易了解的。

電子

假使我們說電是可以做工作的『某種東西』，那末這裏能替我們做工作的『某種東西』是被一種名叫電子的微小粒子帶來帶去。



先介紹電子：她有翼，
能到處飛行，速度有時
和光一樣。



換句話說，電子可以是某種份量電的傳遞體，或者她本身就是某種份量的電，究竟你採用那一種觀念，並沒有關係的，因為所得的結論總是一樣。不過為簡單起見，我們在這本書中是採取後一種的說法，就是假定電子代表定量的電。

至於每一單獨電子所代表的電，有多少呢？這是一個極微小的數字。事實是這樣，每一安培 (Ampere) 電流代表電線上每一秒鐘大約通過 6,000,000,000,000,000 個電子。雖然每一電子的電量是這樣微小，並不影響我們對於電子的討論，因為我們討論單獨

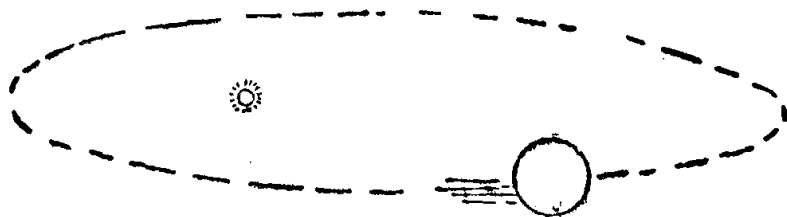
一個電子的性能作用時，對於同樣情形下的全部電子，亦是一樣正確的，所以在實際上，我們所討論的却是大量的電。

上面的假定完全是正確的，因為科學家同意電子祇有一種，當我們討論一個電子時，我們並不考慮她的來源或狀態。譬如，當電線上的電流通到電冰箱、飛機、或手電筒時，不論是交流、直流或成脈動性，又不論電源是電池、發電機或其他機件，總是一種照一定方向的電子流動。全部電子是相同的。所以即使電路中每一秒鐘有成千上萬的電子流動，電子總是各個相同的。

根據上面我們關於電子的種種說明，似乎電子是實際存在的。雖然沒有人看見過電子——由於她的形體如此的微小，將來能否看到亦很可疑——我們仍可無疑地假定她的存在，還可假定她的形態，一部份科學家對於這一種觀念或者不能同意，不過既可使這一個題目容易分析了解，我們還是要採用的。根據科學上所記載的電子半徑及質量（Mass），我們亦就可不加疑義說，電子的形狀是圓球形的。我們還常提到，電子能在特殊的條件下行動，我們不妨順便說明她形體微小的程度，那麼電子的性能及能被任意移動的原因，亦可以不刃而解了。或者你仍不能從這裏的比較知道電子的確實大小，這對本書的閱讀並無影響的。

如果你要知道電子究竟怎樣微小，不妨這樣想像一下：電子與

地球軌道直徑是 300,000,000 公里



○ 乒乓球的直徑是 3.3 公分

電子的大小與乒乓球比較起來，好像乒乓球與地球軌道的關係。直徑是 3.3 公分的乒乓球比較起來，二者間的比率，恰和乒乓球與直徑是 300,000,000 公里的地球軌道間大小的關係相同。假使你要進一步折合成公分單位比較一下，那末可將公里單位的地球軌道直徑

乘 100,000 簡單的說罷，電子的直徑大約是 $3.8/10,000,000,000,000$ 公分。

歸納說起來，電子是一種不能看到的微小粒子，每顆粒子代表一元電荷 (Elemental Charge of Electricity)，她的形體成圓球體的。電流則是在指定方向的大量電子流動。但是上述種種仍不足夠，因為電子既要在各種形式的真空管內工作，我們還得詳細討論電子的來源，在那種情形之下，方可在真空管中產生電子。在討論之前，我們要申明一句，這是一本淺近的書，對於世所公認尚無大錯的球形電子理想仍將採用，不過當電子在某種情形之下確不是球體時（一部份人因此就不承認電子是粒子），我們不加討論，這樣對這個問題就能簡單化，而且容易分析了解。

原子論

每一樣東西中都有電子。當我們討論電子而涉及固體、液體或氣體時，當然這些東西中有電子存在，其他任何東西中實在都有電子。這是很重要的一點，所以提出來補充一句。



物質可以是任何一樣東西：河中的水，房屋的鋼骨水泥，空中的鳥，地上的樹木，瓶的玻璃，書本上的紙張等。

凡此種種都可以這樣解釋，就是，我們不妨先約略討論這地球

的組成，以及在科學上對於東西結構的理論，假使我們想用一個名詞代替地球上的任何東西，這就是物質 (Matter)，而物質是每一樣及任何一樣有重量及在空間佔據地位的東西。

定義既是這樣的廣泛，所以物質還要加以分類。就是說，物質可以在固體、液體及氣體三個主要的狀態下存在。固體類包括地球本身以至最微小的粉粒。雖然一團粉糊可能不像固體，但是每一顆粉粒確是固體。液體類包括任何可以自由流動的東西，由水到熔鋼或熔石都是。氣體類包括多種氣體混合的空氣，以至鼻可嗅到的花香氣味，全屬這一類。不過我們仍舊無法將所有的物質分類列舉出來。

物質可以在三種狀態的任何一種下存在



例如：水可以是固體



液體



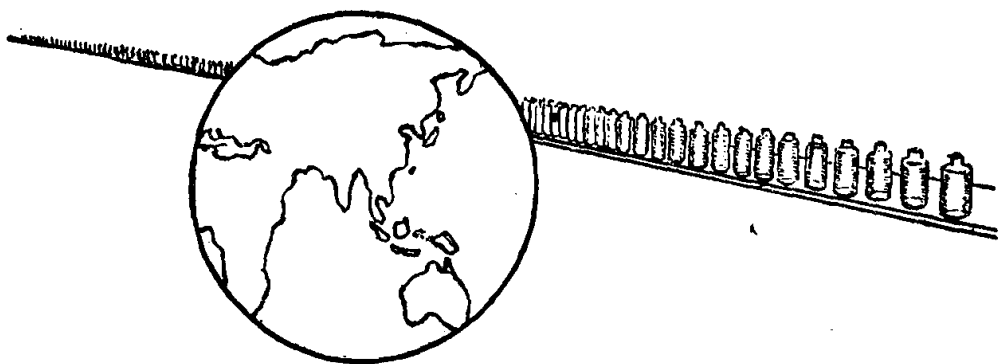
或 氣體

物質可能變換狀態

所有的物質，不論是固體、液體或氣體，都可能變換狀態。意思就是，固體受熱後可能變成液體，鐵就是一例。假使溫度提到夠高後，固體還能變成氣體。同樣，液體冷到相當程度亦變成固體，譬如，在極冷的溫度下，水就結成冰；唯在受熱後，水又變成氣體，就是水蒸氣。反過來，氣體冷到相當程度同時加以壓縮後，亦能經過液體的狀態變成固體。例如，空氣就可以在同時溫度減低及增加壓力後變成液體空氣 (Liquid Air)。但是當這液體空氣與普通空氣接觸時，由於溫度的上升，又回復原形，而與四週的空氣混合。

這一點或者亦應早就明白，就是化學家一面承認物質的三個狀態，一方面又將物質分裂成更小的程度，而成元素 (Element)。現在我們已經在地球上發現至少有一百種本身純粹的東西，就是元素。換句話說，元素即使應用化學的方法分析成為最小的分子，在沒有其他元素存在時，各分子的特性總是一樣的。這種元素的最小

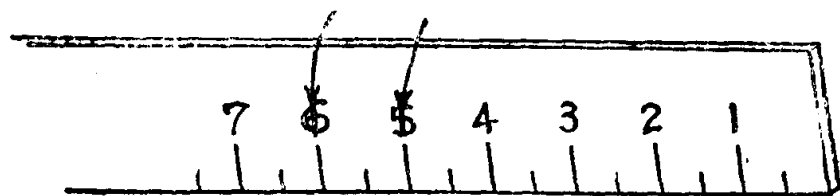
分子就是原子。



地球及地球上的一切東西都是由 100 種元素組織的。

原子

原子是極微小的粒子，人眼看不到的。不過原子的存在是事實，所以集合極大量的原子可大如針的尖頭（大約 39,000,000 個原子連接排列起來，可長達一公分）。現在既然有一百種化學元素，原子亦有一百種，每一種元素則有他本身的原子；金屬中的銅，分在這裏 及在這裏中間



可將 39,000,000 個銅原子排列起來。

析到最小的程度時是一個銅原子。非金屬類中，碳的最小分子必是碳原子。同樣，氧分析至最小地步得到氧原子。地球上，在上述的元素以外的物質不知有多少。化學家遂將二種以上元素在化學性混合時稱作化合物（Compound），例如水就是由二個氫原子及一個氧原子經化學作用合成的。如果二種以上元素或物質合在一起，就成了混而不化的混合物（Mixture）。這裏的實例是我們呼吸的空氣，這是由氧、氫、氮、氖及其他氣體合成的混合物。

基本化學元素所能合成的化合物種類，可說繁不勝數。你可以向四週看，化合物實在多於元素。譬如，在真空管製造中，就須

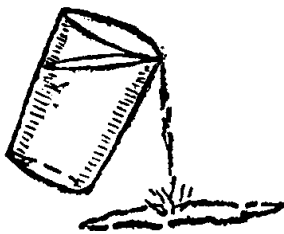
同時應用多數的元素及化合物，其中元素包括各種金屬、稀土金屬 (Rare Earth) 及氣體。當然金屬及稀土金屬是固體。

假使能認明化合物是多種元素所組成，那末我們就可推論，在保留原物特性時，化合物可能的最小單位，一定不是原子，而是其他的東西。因為當化合物一分再分而達到原子的程度時，一定不是原物。所以，在這裏我們還要一個新的名詞來解釋。

分子

元素分到最小是原子，化合物分到最小就是分子 (Molecule)。有一種化合物存在，就有這一種的分子。譬如水分到最小是水分子，鋼分析成鋼分子，依此類推。一般說起來，分子是略大於原子，因為分子是由原子所組成的。分子曾被公認和原子一樣，人眼看不到，這對於大部分的情形仍是正確的，但是不能包括全體了，因為最近利用電子顯微鏡 (Electron Microscope) 後，根據報告說，由於極大的放大力量，某種物質中大的分子已能看到了。不過，分子總算是物質的極小的部份，且不能見到的。

我們已經介紹過二種物質構造單位，先是原子，再是分子。你或者對於分子已產生一種錯誤的觀念，我們還得解釋一下，就是不但化合物中有分子，元素中亦有分子；不過元素中的分子與化合物中的分子完全不同。元素的分子祇有這一種元素的原子，化合物中的分子是由某種組合情形之下產生這化合物的各種原子組成。至於元素中分子的原子數目，可能說是一個或是幾個，這點我們不大注意的。化合物中，原子數目就各不相同，有的分子非常複雜，有的極簡單，例如水的分子就是由二個氫原子及一個氧原子所組成的。但是，由鈉原子及氯原子所組成的岩鹽晶體就非常的複雜，組織情



水是一種化合物，由二個氫原子及一個氧原子所組成的。

