

內 容 提 要

普通电工学下册共分四篇：电子学，电照，电热设备，电能的产生、输送及分配。这四篇简明而又扼要地介绍了这四方面专门技术的基本概念和知识。本书是高等学校非电工专业学生的教学参考书。

И. Р. БЕЛЬСКИЙ В. А. БЕСЕКЕРСКИЙ
А. В. ДОНСКОЙ С. А. ПРЕСС Е. К. ЮРКОВСКИЙ

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

根据苏联国立动力出版社1951年莫斯科版翻译

普通电工学下册

高梯麟译 姚承左 董毓秀校订

4010150

电力工业出版社出版 (北京府右街26号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华书店发行

787 × 1092 1/25 开本 * 64印张 * 119千字 * 定价 (第10类) 0.30元

1956年9月北京第1版

1955年9月北京第1次印刷 (1—8,100册)

目 录

第七篇 电子学

第十八章 电子与离子变流器	1
18-1. 兩極电子管(兩極管)	1
18-2. 电子整流管	5
18-3. 三極电子管(三極管)	8
18-4. 充气管	11
18-5. 闸流管	13
18-6. 气体自激放电	16
18-7. 汞弧整流器	19
18-8. 半导体整流器	24
第十九章 工业电子学	26
19-1. 电子管放大器	26
19-2. 电子管振荡器	29
19-3. 光电管及光电继电器	31
19-4. 电子射线管	33
19-5. 电视	37

第八篇 电 照

第二十章 照明量及照明器具	39
20-1. 照明量及照明单位	39
20-2. 电气光源	44
20-3. 灯的光度分佈	50
20-4. 照明灯	51
第二十一章 照明制及其计算	57
21-1. 室内及室外照明制	57
21-2. 对人工照明所提出的基本要求	58

21-3. 照明計算的一般指示	60
21-4. 計算方法	63
第九篇 电热設備	
第二十二章 利用电阻的电热設備	72
22-1. 电热設備的一般概念	72
22-2. 用电阻直接加热的电热裝置	73
22-3. 利用电阻的間接加热电热裝置	78
第二十三章 感应式电热設備	83
23-1. 一般概念	83
23-2. 有鉄心的感应式电热設備	84
23-3. 無鉄心的感应式电热設備	86
23-4. 高频介質加热裝置	90
第二十四章 电弧加热設備	93
24-1. 电热学中的电弧	93
24-2. 电弧爐	94
24-3. 电弧焊接裝置	95
第十篇 电能的产生、輸送及分配	
第二十五章 电器及配电裝置	99
25-1. 电力網及配电裝置的电器	99
25-2. 配电裝置	106
第二十六章 电能的輸送及分配	110
26-1. 供电的一般原理	110
26-2. 电力網	114
26-3. 变电所	118
26-4. 工業企業的供电	120
26-5. 計算导綫的一般規則	124
26-6. 根据电压損失来計算导綫	127
26-7. 电气裝置的接地及接零	134
第二十七章 发电厂	138
27-1. 現代发电厂的类型	138
27-2. 电力網	141
27-3. 苏联发电厂及电力系統的發展	143
27-4. 偉大的共产主义建設	146
附录	150

第七篇 电子学

第十八章 电子与离子变流器

18-1. 兩極电子管(兩極管)

最近二三十年中，电真空仪器，特别是电子管得到了很大的發展。在我国(苏联)，沒有一个技术部門，而且几乎沒有一个角落，不应用到电子管。为了滿足日益增長的需要，在苏联建立了專門的电真空仪器制造工業，这种工業出產的电子管，以百万計。

电子管發展的历史是从1873年A. H. 罗賓根發明白熾灯开始的。1883年發現了热电子發射現象。無綫电的發明(1895年A. C. 波波夫發明)和电子管产生高頻电流(为無綫电通訊所必需)能力的發現对电子管的發展和改善起了强大的推动作用。

在俄国，电子管是於1912—1913年間由B. И. 克瓦連克夫及斯克里茨基在彼得堡电工學院中首先制造成功的。在1914—1920年間，研究和制造电子管的先驅是H. Д. 巴巴列克西院士和M. A. 波恩茨-布魯耶維茨教授。1920年在根据列宁的建議而建立的尼叶格勒無綫电實驗室中，M. A. 波恩茨-布魯耶維茨教授創制了世界第一个強力振盪(發射)电子管。

电子管的作用原理是以热电子發射現象为基础的。这一現象的本質如下：在普通的电气真空灯泡中焊入一个輔助电極A(圖18-1)。如果把這個电極(名为陽極)与電池相联接，則在电路中就出現微弱的电流(几毫安)。而且只有在下列兩個条件实现时，才能在陽極电路中产生电流：灯絲应当事先熾热；電池的正極应

与陽極相联接。

这种現象很快就得到了解釋。大家知道，在一切金屬中都具有大量的自由电子(不与某一一定原子發生固定联系的)。这些电子有沿金屬移动的可能性。它們(在金屬中)进行杂乱無章的热分子运动。但在一般条件下自由电子不能脱离金屬，也就是不能外逸。实际上，如果电子脱离金屬，則金屬失去了負电荷，就帶有正电。欲促使电子脱离金屬，必須克服正負电荷之間的吸引力，也就是必須消耗若干功。此項功称为电子逸出功。對於每种金屬來說，逸出功有一定的数值。鹼族金屬具有最小的逸出功。

当金屬的温度增高时，在金屬中运动的自由电子的速率也增加。其中若干积有足够动能的电子就可能由金屬逸出。显然，金屬的温度愈高，这类电子亦將愈多。当金屬加热时，电子从金屬中逸出的現象称为热电子發射。

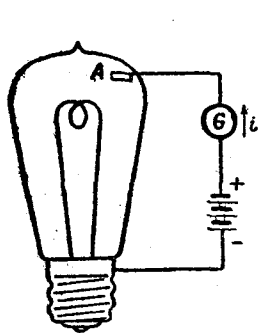


圖 18-1 發現热电子現象
之实验接綫圖

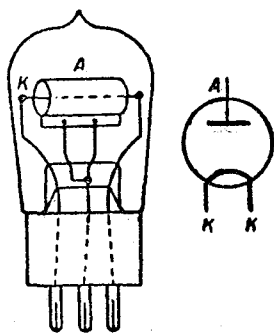


圖 18-2 兩極电子管及其
符号

在圖 18-1 的接綫圖上，电灯泡的熾热灯絲是“逸出”电子的泉源。若陽極具有对电灯泡的灯絲來說为正的位电时，則陽極与陰極之間的电場將强迫电子从陰極向陽極加速运动。这样，“陽極”电池的电路就閉合了，而在陽極电路中 就出現电流了。我們

記得陽極電路中電流的方向是與電子(負電荷)運動的方向相反的。

上述現象可應用於電子管中。

圖 18-2 表示最簡單的電子管(兩極管)，具有兩個電極——陰極 K 及陽極 A ，放在內部抽成真空的玻璃或金屬容器中。

在電子管的旁邊示有在電路圖中用來表示電子管的代表符號。

可以把陰極制成直接用電流熾熱的鎢絲型式。鎢具有較大的逸出功，所以為了得到相當大的電子發射，就需要把它加熱到高溫(2200—2500°C)。在鎢絲上塗以逸出功很小的金屬的薄層而成的陰極是比較經濟的(按熾熱燈絲所損耗之電能來講)。為此目的通常應用鈦及氧化鋇。因為逸出功較小，故這類陰極可以加熱到比較低的溫度(900—1100°C)。

除了前述直熱式陰極(即由電流熾熱)的燈絲直接發射電子的陰極以外，還應用一種由 A. A. 切爾尼謝夫院士於 1918 年所提議的間熱式陰極。間熱式陰極，一般是把鎢絲裹在瓷或陶土(Al_2O_3) 的圓筒的軸心小孔內，圓筒的外表面塗有發射物層(一般用氧化鋇)。在這種情況下鎢絲與發射物質層在電氣上是絕緣的，它僅有將瓷筒加熱至所需的溫度的作用。間熱式陰極的特点是熱惰性非常大，因此需要若干時間(30—60 秒)方能將其灼熱。然而也正是由於這種情況才可以用交流來熾熱陰極而電子發射不致於有顯著的脈動性。

熾熱陰極的燈絲一般按比較低的電壓(從 2 伏到 6 伏)來設計。

電子管的陽極制成圓筒形，方匣形或具有較複雜的形狀。陽極材料為鎳、鉬及鉕等。和陰極用的金屬不同，陽極的金屬應該具有大的逸出功。這是因為從陰極逸出的電子可能受陽極和陰極間電場的作用而強烈地加速並達到很大的速度，這些電子撞擊

了陽極，能够从陽極金屬中“击出”所謂次級电子，这种次級电子离开了陽極，因而減少了陽極电路中的电流(因为陽極电路中的

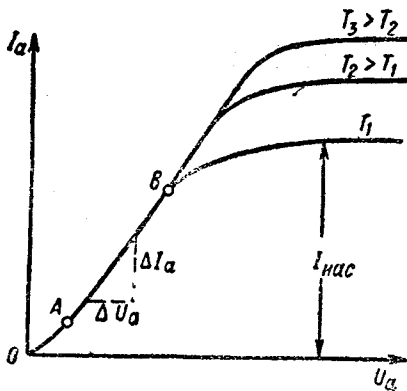


圖 18-3 电子管底伏安特性曲綫

合成电流決定於單位時間內陽極所吸引电子的电量与离开陽極的电子的电量二者之差)。这种次級放射現象也称为負阻效应。很明显，陽極金屬底逸出功愈大則次級放射的發生也將愈难。

若是把有热陰極的兩極管接入电路，使得在陽極上有正电位，則电路中即有电流流通。陽極与陰極間的电

位差愈大，則电流亦將愈大。但該电路中的电流並不遵守欧姆定律。理論上研究电子在陽極与陰極間的電場中的运动定律的結果証明，對於該电路來說，有所謂 $\frac{3}{2}$ 次冪定律：

$$I_a = kU_a^{\frac{3}{2}} \quad (18-1)$$

陽極电路中之电流 I_a 和陽極与陰極間 电位差之二分之三次方成正比。系数 k 与真空管 構造的尺寸及陰極的溫度有关。但是，实验研究的結果証明：电路中的电流仅在特性曲綫的开始部分遵守二分之三次冪定律(圖 18-3)。反之，在陽極电压足够高的条件下，陽極电流將停止增加而达到恒定数值，即所謂飽和电流。这是由於在从陰極逸出的所有电子全部被陽極吸引之后，尽管陽極与陰極間之电位差再增加而电流將不会加大。飽和电流的大小決定於陰極面积的大小及其溫度之高低。陰極的溫度 T 愈高，相应地，飽和电流(电子管全放射电流)也愈大。

圖 18-3 上所畫的曲綫称为电子管的伏安特性曲綫。

伏安特性曲綫上有一段 $A-B$ ，在这一段上可以認為陽極电流与电压間的关系是綫性的。在特性曲綫的这一段直綫部分上，下面的比值：

$$\frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = r_0 \text{ [欧]} \quad (18-2)$$

称为电子管的內阻。电子管具有較高的內阻(从 100—100 000 欧姆)。电子管的內阻之所以很大，其原因是它具有所謂空間負电荷的关系(电子云)。在陽極与陰極的全部空間中充滿着电子。电子云的負电荷阻碍电子由陰極飞出，也就是扼制了热电子發射。所以，就是要得到較小的电流(数毫安至数十毫安)，陽極与陰極間也必須具有很高的电压才可以(数十伏以至数百伏)。

18-2. 电子整流管

兩極电子管的主要特点是能使陽極电路的电流只依一个方向通过——由陽極流向陰極(电子管中之电子由陰極移动至陽極)。这种作用称为整流(閘)作用。

电子管整流作用可用来使交流变为直流(整直)。若把电子管接入帶有交变电势的电路中，則此电路中，只有在陽極电位为正的半周期的時間內方有电流通过。用来整直交流的兩極管称为兩極整流管。

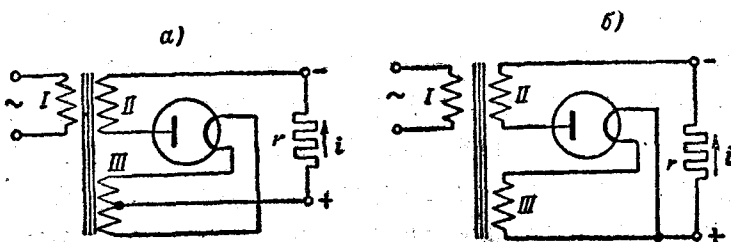


圖 18-4 半波整流接綫圖

圖 18-4_z 表示了最簡單的利用兩極管的半波整流器接綫圖。

整個綫路由變壓器 供电。變壓器一次綫卷 *I* 接於交流電網上。二次綫卷 *II* 供电給電子管的陽極電路，在此電路中接有受電器 *r*。綫卷 *III* 用來熾熱電子管的燈絲，其電壓為 4—5—6 伏。電子管的外電路中電流只向一個方向流通——由陰極到陽極。負載與陰極之間的連接一般是借助於綫卷 *III* 的中點引出綫來完成的(圖 18-4, *a*)。利用這種接綫法可以使電子管燈絲的兩半工作均衡。但也常常把負載直接與燈絲的一端連接，因為燈絲兩端的工作稍有不平衡是無關緊要的(圖 18-4, *b*)。

進入受電器的電流是整直電流，但也是脈動電流。圖 18-5 上畫出了半波整流的電流時間曲綫。

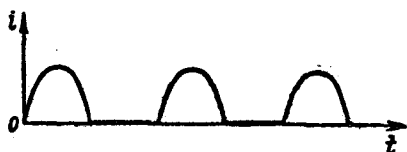


圖 18-5 半波整流時負載中電流強弱的變化

電流的脈動性常常對負載有不良的影響。例如用脈動的電流向無線電收音機供电，就會在揚聲器中聽到強烈的轟轟聲(背景雜音)，使其不能正常工作。

為了整平整流電流的脈動，採用所謂濾波器。可以應用電感綫圈及電容器來濾去電流的交變分量(整流電流的脈動)。

和受電器串聯的電感綫圈的作用有如飛輪一樣。飛輪在速率增加時貯藏動能，而在速率下降時便將貯藏的動能放出來。

在電流增加的瞬間，綫圈的自感電勢反抗電流的增加；反之，當電流減小時，自感電勢卻與電流同方向，維持電流。結果，接上電感綫圈之後，整流電流的脈動就減小了。

和受電器並聯的電容器也具有類似的作用。如果受電器的電流與電壓脈動，則電容器於電壓增加時儲藏能量，而於電壓下降時放出能量。由是受電設備所受的電壓及其中的電流的脈動就減小了。

圖 18-6 为帶有濾波器的半波整流器綫路圖，濾波器 包含一个电感綫圈及两个电容器。

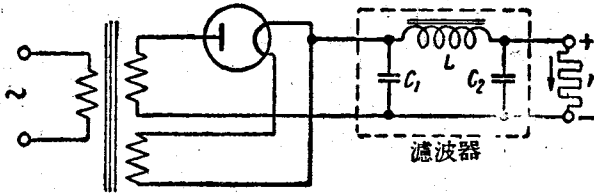


圖 18-6 帶有濾波器的整流器綫路圖

在圖 18-7 中用虛綫表示在沒有濾波器时的半波整流电流变化曲綫，而用实綫表示利用了圖 18-6 中所示濾波器之后的电流变化曲綫。

为了要利用交流的两个半波，採用全波整流綫路。圖 18-8, a 表示利用二个兩極管的全波整流綫路圖。供电变压器的繞組 II 分为兩半，

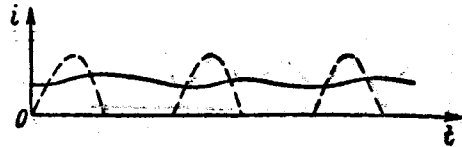


圖 18-7 在接入濾波器的情况下受电設備中电流之变化

其中一半接在第一个兩極管的陽極电路中，另一个接在第二个兩極管的陽極电路中。在繞組 II 的上端具有正电位的半周期的時間内，电流由上面的兩極管通过(实綫箭头)。这时，因为第二个兩極管的陽極為負电位，所以电流不会从下面的兩極管通过。在第二个半周期時間中，繞組 II 的下端具有正电位，故电流將从下面的兩極管通过(虛綫箭头)。不难看出，在两个半波的时间中电流以同一方向流过受电器。

用於全波整流的两个兩極管可以合成一个具有一个陰極和两个陽極的真空管，这就是孳生兩極管或双陽極整流管。孳生兩極管的应用簡化了接綫圖(圖 18-8, b)，而其工作与两个兩極管的綫路圖相似(圖 18-8, a)。

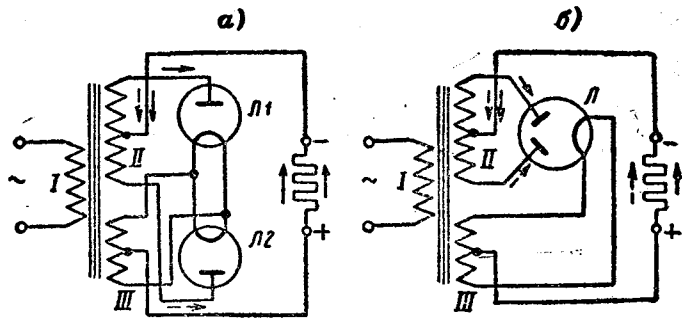


圖 18-8 全波整流綫路圖

在圖 18-9 上画出了沒有濾波器和全波整流时受电器中的电流变化曲綫。应用濾波器就能救平整流电流的脈动。

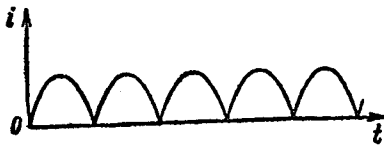


圖 18-9 在全波整流情况下受电器中电流的变化

兩極整流管的主要优点是可以得到高压直流(整流电流)。現在有可以在200—400千伏电压下运用的兩極整流管。

电子整流管的重大缺点是：由於电子管的內阻大，因此能量損失大而結果效率也低，同时整流电流的数值有限(数百毫安)。兩極整流管常用在小功率的设备中，这种设备需要电流数值不大的直流电源(無線电接收机、电子管放大器、繼电器、仪表綫路、X光設備等等)。

18-3. 三極电子管(三極管)

三極电子管和兩極管的区别在於它具有第三个，叫做栅極的电极。栅極 \$C\$ 位於陰極和陽極之間(圖 18-10)。在电子管中由陰極 \$K\$ 飞向陽極 \$A\$ 之电子必定由栅極导綫的 近旁穿过。若栅極与陰極間电位差为零，則栅極对管中运动着的电子不起任何作用。但如栅極对陰極有某些电位差存在时，則栅極与陰極間的电場將

起着这样的作用：或者是栅极具有负电位而阻止电子飞过，或者是栅极具有正电位而帮助电子飞过。因此，在三极管中，阳极电流 I_a 不仅是由阴极和阳极间电位差 U_a 来决定，并且还由阴极和栅极间电位差 U_c 来决定，也就是

$$I_a = f(U_a, U_c).$$

在图 18-11 上画出了用以测定三极管特性曲线的接线图。栅极与阴极间的电压 U_c 的大小可用变阻器 r_1 来改变，而阳极与阴极间的

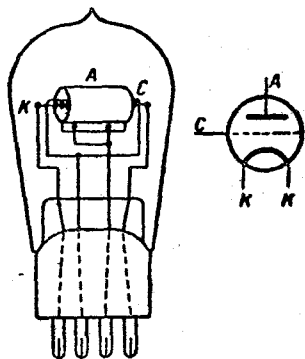


图 18-10 三极电子管及其表示的符号

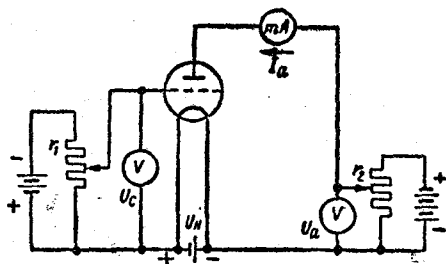


图 18-11 测定电子管特性曲线所用之接线图

电压 U_a 的大小则用变阻器 r_2 来改变。

规定了某一电压 $U_c = \text{常数}$ 之后，就可得到 $I_a = f(U_a)$ 的关系曲线。这种关系曲线称为三极管阳极伏安特性曲线。在形状上此项曲线和两极电子管的伏安特性曲线是一样的，然而和两极管不同的是三极管不止有一条特性曲线，而是具有和栅极与阴极间电压 U_c 各个数值相对应的一族阳极特性曲线。

为了避免栅极吸收电子，也就是避免有栅流，务使栅极具有负电位。

当栅极具有不同数值的负电位时阳极特性曲线族如图 18-12 所示。欲得到同样的阳极电流，栅极的负电位愈高，阳极的电压也必须愈高。所以当增加栅极负电位时，电子管的整条阳极特性

曲綫就向右移动了。

假使用变阻器 r_2 調整陽極与陰極間的电压至某一恒定值 $U_a = \text{常数}$ ，並改变栅極的电位，則所得到的 $I_a = f(U_c)$ 关系曲綫称为栅極特性曲綫。圖 18-13 表示在各种不同的 $U_a = \text{常数}$ 数值时三極管的栅極特性曲綫族。电压 U_a 越大，則須在更大的栅極負电位下，方能得到同样的陽極电流。栅極特性曲綫的形狀与陽極特性曲綫相似。随着电压 U_a 的增高，栅極特性曲綫也向左移动。對於栅極特性曲綫的直綫部分来講，下面的比值

$$\frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} = S \text{ [毫安/伏]} \quad (18-3)$$

称为栅極特性曲綫的跨导。跨导表示当栅極电位变化 1 伏时，陽極电流的增量(以毫安計)。

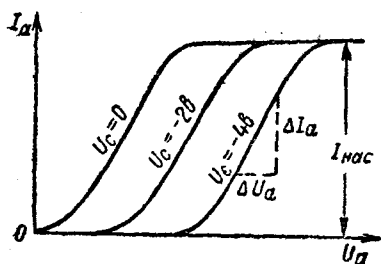


圖 18-12 三極管陽極特性曲綫

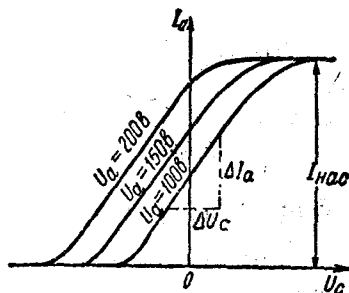


圖 18-13 三極管栅極特性曲綫

在我国(苏联)工業所生产的电子管中，随电子管的型式不同，跨导数值可以在自 1 至 10 毫安/伏的範圍內变化(在振盪管中可达 100 毫安/伏)。

电子管最重要的特性是：改变栅極陰極間的电压与改变陽極陰極間同一电压数值比較，前者对陽極电流的影响較强。这是因为栅極离陰極比陽極离陰極近得多的緣故。所以，栅極电位的小量变化所显示的效应要比陽極(与陰極相距較远)电位的同样

变化的效应大得多。

电子管的內阻 $r_0 = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ 与栅極特性曲綫的跨导 S 的乘积叫作电子管的靜态放大系数:

$$\mu = r_0 S = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \cdot \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} \quad (18-4)$$

此值說明改变栅極电位比改变陽極电位对陽極电流的影响强多少倍。(18-4)公式中 ΔU_a 及 ΔU_c 兩数值是引起同一陽極电流增量 ΔI_a 的陽極电位的增量和栅極电位的增量。

很明显, 栅極的位置愈近於陰極, 也就是它愈处於“深处”, 則三極电子管的靜态放大系数亦愈大。在我国(苏联)工業出品的电子管中, 按其类型之不同, 靜态放大系数之值約自 4 到 100。在帶有附加电極(附加栅極)的一些特殊电子管中, 其放大系数可达几百以至几千。

三極管的应用將在 § 19-1 中来研究。

18-4. 充 气 管

从構造上来看, 充气管實質上就是具有兩個电極的兩極管(圖 18-14)。

在玻璃泡中裝上兩個电極——冷陽極 A 和用电流熾热的陰極 K 。它和电子管的区别在於把玻璃泡抽成真空之后充以水銀蒸气或惰性气体(氫、氖或氩)。在电子管兩極間的空间中有气体存在时, 就根本地改变了它的特性。

如果充气管的陽極对其陰極具有正电位, 則由於热电子放射的作用而从陰極逸出之电子流將冲向陽極, 这和电子管中的情形一样。但是这时, 飞向陽極的电子, 將与管中气体的分子相碰撞。

当电子与分子碰撞时, 可能發生彈性的碰撞, 这时撞击后的电子和分子仅仅改变了它們运动的途徑。假若增高陽極与陰極間

的电位差，也就是当提高电子飞向陽極的速度时，就可能产生非彈性碰撞，这时，电子能量的一部分在碰撞下傳給了气体的分子。

分子得到了一部分附加能量之后，就处於所謂激發状态，即是繞着帶有正电之原子核而旋轉着的电子轉移到新的离原子核更远的軌道上。分子的激發状态是不稳定的。大約經過一亿分之一秒以后，电子就回到它自己的正常軌道。此时，激發了的分子以光子形式把以前与飞出的电子相撞所得到的能量放出来。所以，在分子的激發过程中气体有輝光發生。

最后，也可能有这样的情况：当加在陰極与陽極間的电压是如此地高，而电子飞出的速度是这样地快，以致电子和中性分子的碰撞可以引起“碰撞电离”。假使碰撞后分子所得到的那部分能量足够大，則分子就可能分离为正离子与自由电子。新生的自由电子也將受外电場的作用而加速，並也能够引起电离。在足够强大的外电場作用下，气体电离的过程有如雪山崩潰样地增加着。由於电子流不断由陰極飞出的結果，在兩極之間的空間中，一部分分子是被分裂(电离)了。

因而，充气管的極間空間不仅充滿着負电子，而且也充滿着正离子。这些正离子將冲向陰極，这样在充气管中就建立了两种相反的运动：电子飞向陽極，离子飞向陰極。

正离子所傳送的电量不多，而与电子所傳送的电量相較，所起的作用就很小了^①。

这一点可以由离子的質量很大，因而其运动速度比电子小得多来解釋。

但是，在電極間的空間有正离子存在可以抵消电子所造成的

^①每一个正离子携帶的电量虽然比电子大，但是每秒鐘达到陰極的正离子却很少故其所傳送的电量不大。——校者

空間負電荷。这就大大地削弱了电子云对电子發射的扼制作用，因而有利於电流在管中通过。

充气管陽極电路中的电流 I_a 和外施电压 U_a 之間的关系曲綫如圖 18-15。当陽極电位到达某值以前，这时逸出电子的能量不足使气体电离，因而通过管中的电流不大；当陽極电位达到 U_{saw} 之值(起弧电位)，即气体开始电离之值时，这时电流就急驟地增加，而陽極与陰極之間电压由於正离子抵償了負空間電荷的关系却下降了。通常的充气管的起弧电位約为 20—30 伏。

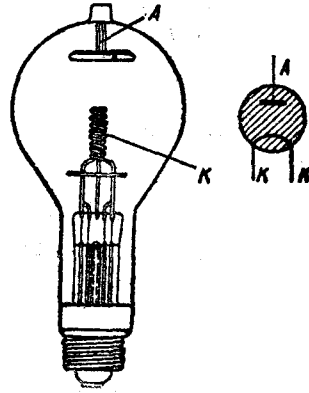


圖 18-14 充气管及表示它的符号

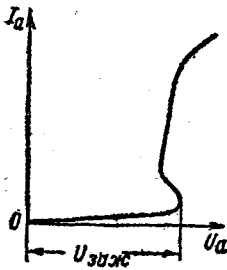


圖 18-15 充气管伏安特性曲綫

充气管主要用於交流电流的整流，因为和兩極电子管相似，充气管具有整流的作用(只允許电流單向通过)。

充气管較之真空兩極整流管要經濟得多，因为在当电流为其許可(通过)值(达数十安培)时，其电压降不超过 15—20 伏。

充气管用作整流器时的接綫圖和前面介紹过的(圖 18-4, 18-7 及 18-8)相似。

在低电压的条件下，双陽極充气管可以用於全波整流系統。

18-5: 閘流管

按構造來講，閘流管就是在陽極与陰極之間裝上柵極的充气管。因此，也就是充气管三極管。但充气管中柵極的作用和电子三

極管中柵極的作用很不相同。把負電位加在閘流管的柵極上，就使得管中的氣體的電離困難，因為柵極電場的方向與陽極電場相反，將抑制由熾熱陰極逸出的電子的前進。所以，加在柵極上的負電位越高，則要使氣體電離陽極上所必須具有的正電位也應愈高。

閘流管起弧時的柵極電壓 U_c 與陽極電壓 U_a 之間的關係稱為啓動特性曲綫（圖 18-16）。

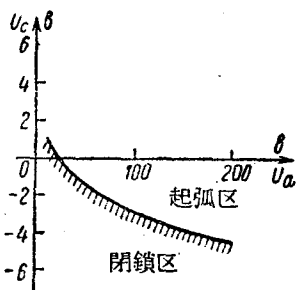


圖 18-16 閘流管啓動特性曲綫

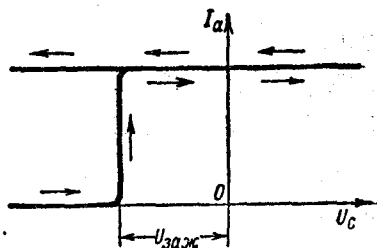


圖 18-17 閘流管柵極特性曲綫

如果相當於已知陽極電壓 U_a 和柵極電壓 U_c 的點位於啓動特性曲綫之下，則閘流管就不能起弧，換言之，它在封鎖中若是這一點位於啓動特性曲綫的上面，則閘流管就能起弧。

當陽極電壓為恒定值 $U_a = \text{const}$ 時，閘流管陽極電流 I_a 與柵極電壓 U_c 的關係曲綫如圖 18-17 所示。在柵極具有很大的負電壓時，閘流管是閉鎖的，故 $I_a = 0$ 。若逐漸減少柵極負電位，則至 $U_c = U_{3axc}$ 的那一瞬間，閘流管就開始起弧，而陽極電路中的電流就急驟上升至某一數值，此值由外施陽極電壓及陽極電路中的電阻決定。此后，再改變柵極電壓對陽極電路的電流已沒有任何影響。不僅如此，甚至再把柵極電壓變為應該使閘流管閉鎖的負值時，它仍然保持引燃。

電離之後，閘流管的柵極失去了控制作用是因為柵極所處的