

# 真空管

工学士 大塚雄二

## はしがき

太平洋の彼方に行われる万国オリンピック競技の戦況がそのまま手に取る如くに窺われる。国際の府ジュネーブに開かれる国際連盟会議の概況が寸刻を出でずして耳にし得られる。これが現代文化の実際である。その他トーキーに、テレビジョンに、現代文化の発達はその停止する所を知らず、今後いかに進展するか、ほとんど予測を許さない状態である。しこうしてこれら文化の進歩は真空管の発達に基く所実に大なるものがある。

真空管とはいかなるものか。狭義においては一般無線用の真空管をいうのであるが、広義においては低圧のガスまたは蒸気を封入したもの、即ちガイスレル管、水銀蒸気整流管、タンガー・バルブ、エックス線管球、光電管、ブラウン管をも包含するのである。

本書においては本邦の慣習に従い、一般無線用の真空管を単に真空管と呼び、その他のものはそれぞれ固有の名称をもって呼ぶことにした。しこうしてその内容においては、普通の真空管を主体とし、ラヂオ、トーキー、テレビジョン等に应用される水銀蒸気整流管、タンガー・バルブ、サイラトロン、光電管、ブラウン管等の広義における真空管をも包含記載することにした。

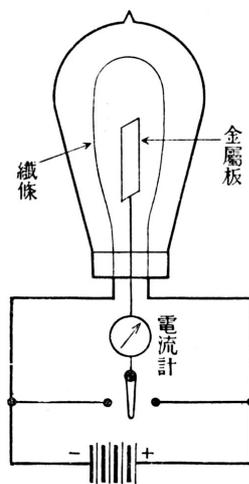
今やこれら真空管の応用は日進月歩、今後いかに進展するか、期して待つべきものが多々あらうと思われる。本書においてこれら真空管とはいかなるものか、その一斑が知らるるを得ば幸いである。

# 目次

## 第1章 真空管の発達

近世史上 20 世紀の科学文明ほど急速の進歩を遂げたものはないが、中にも無線界の発達ほど画期的の進歩を示したものはない。かくのごとき無線界の発達をなすに至ったゆえんは、一に真空管の発達にあって、現在においては真空管あつての無線界であるというも過言でない。

しからば、真空管とは一体どんなものか? 一口に云えば、電子を出し得る陰極と、その電子を集める陽極と、その両者の間に介在して陰極から陽極へ進む電子の流れを調節する格子との三つを適当に真空球内へ封じ込んだものである。極めて簡単なものではあるが、これが実に今日の無線界をもたらした真空管である。



第 1 図



第 2 図 100KW の真空管

真空管の陰極は電子を出し得るものであれば、何でもよいのであるが、実際には高温に赤熱せられた物体が比較的容易に電子を放出し得ることを利用して、これを陰極としている。したがって真空管発達の歴史は実にこの陰極の発見にその端緒を發する。

高温に熱せられた物体が電気を出すということは、既に 1873 年頃から認められていたが、事実上真空管発達の緒となったのは、1883 年に発明王エジソンによって発見せられたいわゆるエジソン効果である。エジソンは普通の炭素線電球の中に 1 枚の金属板を封入し、第 1 図に示すごとく、繊維に直流を通じて加熱し、電流計をもって金属板と繊維との間に流れる電流を測定した。そして金属板を繊維の負端に接続した場合には金属板と繊維との間には電流が流れないが、金属板を繊維の正端に接続した場合には、極めて僅かではあるが、金属板から繊維へ電流が流れるということを発見した。これが有名なエジソン効果である。エジソンはこの実験をただそれだけに止めて

さらに研究を進めなかったが、この実験の発表は当時の多くの人々の注意を喚起し、その研究が進められた。そしてついに、この電流は赤熱せられた繊維から出る電子の流れに基くのであるということが明かにされた。その後 1905 年に至り、フレミングがこの現象を利用した二極真空管を発明し、無線電信の検波に応用した。これが現在の真空管の誕生である。

その後、1907 年にド・フォーレーが陰極と陽極との間に、第 3 極たる格子電極(グリッド)を挿入するに及んで、真空管はここに面目を一新した。これが現在の三極真空管で、今日の無線界をもたらした千両役者である。最近に至っては、三極真空管はさらに四極管、五極管と変化し、ついに七極管とまで進展して来た。今後どこまで進展するか? 目下のところ端倪をだに許さない状態である。

以上は機構上の発達であるが、同時にその陰極もその間たえず発達し今日に至った。真空管の発明された当時、その陰極として用いられたのは、普通電球に使用されているタングステン繊維であるが、それはあまりに多くの電子を出し得ず、真空管としてはあまり感度が良好でないために、その後トリウムの混入したタングステン即ちトリエーティッド・タングステン繊維が用いられた。在来の UX-199, UX-201A 等の真空管はそれである。しかしなおさほど感度良好という訳には行かない、その後完成されたのが酸化物被覆繊維である。これは酸化バリウム、酸化ストロンチウム等のごときアルカリ土金属の酸化物をニッケル、白金等の繊維に塗布したいわゆる酸化物被覆繊維である。最近における小型真空管の陰極は殆んどこの種のものである。陰極における電子が極めて豊富で、真空管としての感度の良好なることはいうまでもない。最近における真空管の画期的発達をなしたのは、この酸化物被覆繊維の発達にあり、これはさらに交流真空管の出現となり、ラジオ・セットの交流化となって、今日のラジオの普及を促したのである。

かくして今日においては真空管製作技術の進歩と共に、出力 100 キロワットの真空管さえ製作されるに至った。次に真空管発達の略を表示しよう。

年	発明または発見	発明または発見者
1879	白熱電灯の発明	エジソン
1883	エジソン効果の発見	エジソン
1900	熱電子説の発表	トムソン, リチャードソン
1902	タングステン繊維の発明	ユスト及びハナマン
1903	酸化物被覆陰極の発見	ウィーアマン及びウエーネルト
1905	二極真空管の発明	フレミング
1907	三極真空管の発明	ド・フォーレー
1908	可撓性タングステン繊維の発明	クーリッジ及びラングミュア
1920	放送ラジオの開始	アメリカ合衆国
1924	酸化物被覆繊維の完成	アメリカ合衆国及びオランダ
1926	遮蔽格子四極真空管の発明	ハル
1927	交流真空管の発明	アメリカ合衆国
1928	五極真空管の発明	オランダ
1929	サイラトロンの発明	ラングミュア及びハル
1930	可変増幅定数真空管の発明	アメリカ合衆国
1933	七極真空管の発明	アメリカ合衆国

## 第2章 真空管の原理

### 1. 熱電子の放射

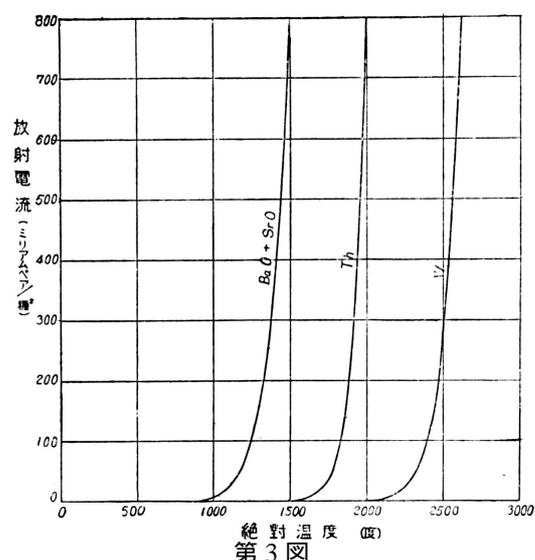
エジソン効果が発見せられた当時は、どうして金属板を繊維の正端に接続した場合のみに、その間に電流が流れ、金属板を繊維の負端に接続した場合には電流が流れないか、ということは解らなかつた。しかしその後多くの学者によって研究せられた結果、これは高温に熱せられた繊維から電子が飛び出し、金属板へ流れ込むのに基くのである、ということが解った。しかしなお、当時は高温に熱せられた繊維からどうして電子が飛び出すのであるか、ということは依然不明であったが、今ではこの現象は十分に研究せられ間然する所がないまでに明かにされている。それによると、高温に熱せられた物質から電子が飛び出すという現象は、全然物理的のものであって、物質が高温に熱せられると、その中の電子が非常に高速度の熱的運動をする様になり、ついにその表面から飛び出して来るというのである。この飛び出して来る電子の量は、物質とその温度だけによって定まり、次の式に従うのである。

$$I = AT^2 e^{-\frac{b}{T}} \quad (1)$$

ただし、式中  $I$  は物質の 1 平方 <sup>センチ</sup> 糶 から飛び出して来る電子の量を電流で表した数で、 $T$  はその物質の絶対温度で、 $e$  は自然対数の底数、 $A$  は一定の常数であつて、 $b$  はその物質によって定まる常数である。現在真空管の陰極として用いられているタングステン、トリエーテッド・タングステン、酸化物被覆繊維について、この放射電流と温度との関係を記すと第3図のごときものである。高温に熱せられた物質から飛び出して来る電子は特に熱電子といわれる。

### 2. 真空管の陰極

真空管の陰極は電子を出し得るものであれば何でもよいが、上述のごとく高温に熱せられるほど、電子が飛び出し易いのであるから、実際には高温に熱せられた金属が陰極として用いられている。これが真空管の陰極が熱陰極となつてゐる所以である。そして陰極としてはなるべく加熱電力を多く要せずして、多くの電子を出し得るものがよい訳である。目下真空管の熱陰極として用いられているものは、タングステンとトリエーテッド・タングステンと酸化物被覆繊維との3種である。電子を出し易い点のみから云えば、この3者の中では、タングステンよりはトリエーテッド・タングステンがよく、トリエーテッド・タングステンよりは酸化物被覆繊維が遙かに秀れている。それらの実際に働く温度は、タングステンは摂氏 2250° 位で、トリエーテッド・タングステンは 1650° 位、酸化物被覆繊維は 850° 位である。その加熱電力と放射電流との比較を示せば第1表のごとくである。以上は放射電流のみから見た3者の比較であるが、実際の真空管の陰極としては、もう一つ考慮を要する点がある。それは真空管の陽極電圧が高い場合には、少しの残留ガスによつても、これらの表面が損傷されて電子を出し難くなる点である。この点においては、酸化物被覆繊維よりはトリエーテッド・タングステンがよく、トリエーテッド・タングステンよりはタングステンがよいのである。それで現在においては、酸化物被覆繊維は陽極電圧がせいぜい 1,000 ヴォルト以下のものに限られ、トリエーテッド・タングステンは 2,000 ~ 3,000 ヴォルトのものに限られ、それ以上のものに対してはタングステンが専用されている。したがつて現在の受信真空管の陰極は、主として酸化物被覆繊維で、それについてトリエーテッド・タングステン繊維が用いられ、送信真空管の



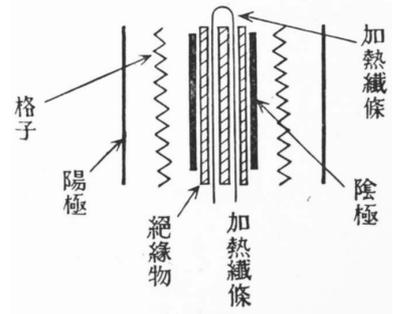
第3図

第1表 陰極の比較

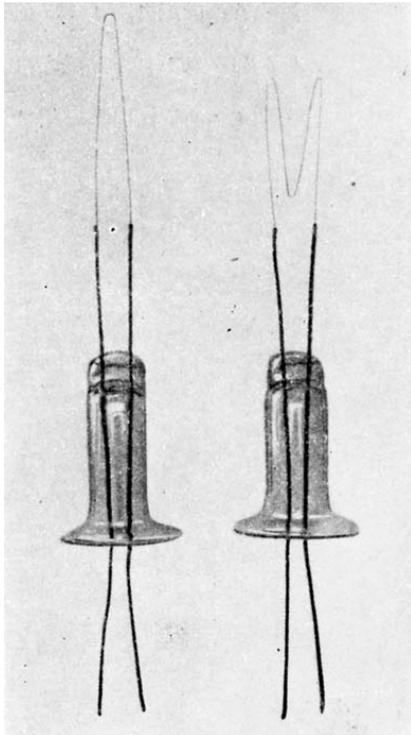
陰極の種類	加熱電力 (W/cm <sup>2</sup> )	放射電流 (mA/W)
タングステン	220	2 ~ 4
トリエーテッドタングステン	19	30 ~ 40
酸化物被覆	4 ~ 5	140 ~ 160

陰極は、トリエーテッド・タングステン繊維とタングステン繊維とが用いられている。

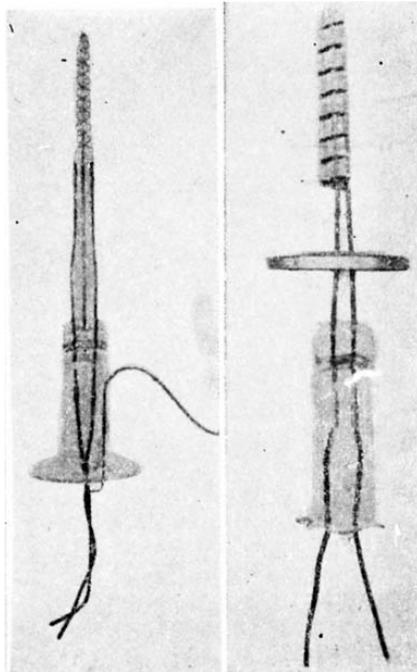
その構造は第5図に示す如く、電流を通じて加熱した繊維をそのまま陰極とする直熱型のもとの、第4図に示すごとく、加熱繊維をただの電熱器として絶縁物を隔てた外側にある套管を陰極とする傍熱型のもとの2種がある。第5図甲のV字型またはW字型は最も広く用いられる直熱型陰極の構造で、同図乙丙の螺旋型は大型の真空管または水銀蒸気整流管等に用いられる構造である。これらの加熱繊維はそのまま陰極として用いられるので、直熱型の真空管に於ては陰極という代りに繊維(フィラメント)という言葉がそのまま用いられることがある。第4図の傍熱型陰極は小型の真空管のみに限られ、総て酸化物被覆陰極となっている。



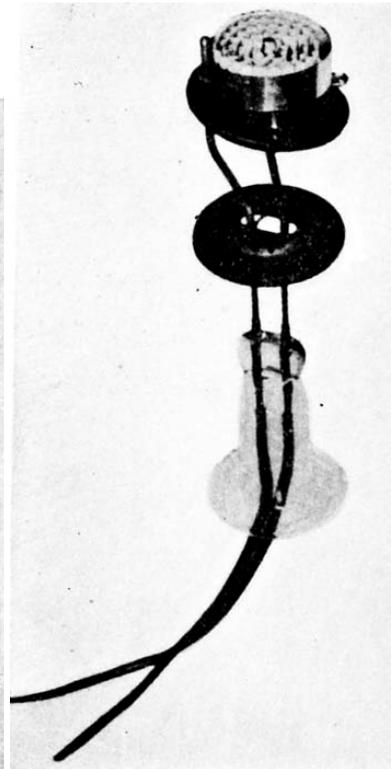
第4図



甲



乙



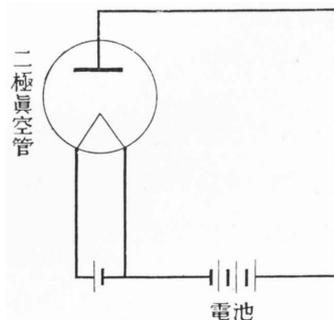
丙

第5図

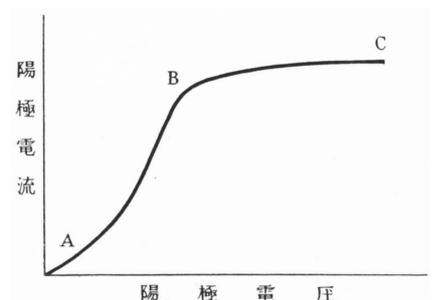
### 3. 空間電荷の法則

高温に熱せられた物体から飛び出す熱電子の量は前記の公式(1)で与えられるが、これを陰極としてその附近に陽極を置いた場合に、いつでもこの公式によって与えられる陽極電流が流れるかというにそうではない。この公式によって与えられる電流の大きさは、陽極電圧が十分に高く、陰極から飛び出して来る熱電子の総てを吸引する場合だけである。

例えば、陰極と陽極との二つを封じ込ん



第6図



第7図

だ二極真空管を、第6図のごとく接続して、陽極電圧を上げて行くと、陽極電流は第7図に示すごとく、始めは零より次第に増し、同図AB曲線に沼うて増加し、陽極電圧が十分に高くなると、BC曲線で表わされる様な一定の値になる。この一定の値になった陽極電流の大きさが、すなわち前記公式で与えられる値である。始め陽極電圧が低い間、陽極電流が小さいのは、陰極から飛び出す電子の総てが陽極に吸引されることが出来ず、両極間に雲集して空間電荷となって、後から出て来る電子の陽極へ進む進行を妨げるためである。陽極電圧が高くなると、空間電荷の様子が変わり、陽極電流も次第に

増し，AB 曲線に沿って増加する様になる。真空管の特性として実際に応用されるのは，この陽極電流が陽極電圧と共に変る部分で，この部分においては陽極電流は次のごとき式に従う。

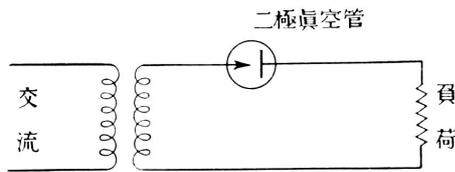
$$I_p = KE_p^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

ただし，式中  $I_p$  は陽極電流で， $E_p$  は陽極電圧で， $K$  は真空管の構造によって定まる定数である。上記公式の関係を言葉で云い表わせば，真空管の陽極電流は陽極電圧の二分の三乗に比例するということになる。これが真空管の二分の三乗の法則といわれる重要な法則である。

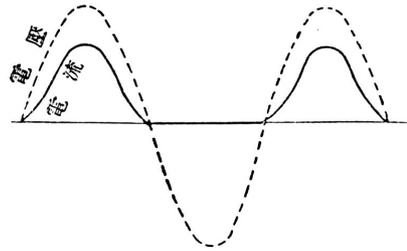
### 第3章 二極真空管

#### 1. 二極真空管の整流作用

二極真空管は読んで字のごとく陰極と陽極との2電極を一つのガラス球内へ封じ込んだ真空管である。一名ケノトロンとも呼ばれる。フレミングによって発明された当時は、無線電信の検波に応用されたが、三極真空管の出現するに及んで、もっぱら交流を直流に整流する場合の整流管として用いられる様になった。それで整流真空管または単に整流管と呼ばれる。近時交流受信機の発達と共にその直流電源装置用とし愛用せられ、また高圧直流電源を得る場合の整流管として賞用されている。



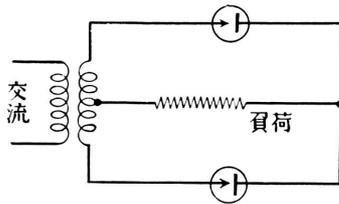
第8図



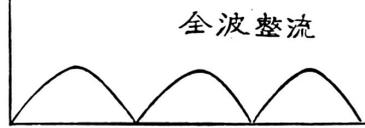
第9図

前章に述べたごとく、二極真空管はその陽極に正電圧を与えると、陰極から飛び出す熱電子が陽極へ流れるために電流が通じるが、その陽極に負電圧を与えた場合には、陰極から飛び出した熱電子は陽極へ流れ得ないために電流が通じない。それで第8図に示すごとく接続して、二極真空管の陰

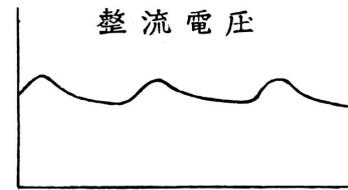
極と陽極との間に交流を加へると、その陽極が正になった場合にのみ電流が通じ、負荷にはちょうど第9図に示す如き電流が流れる。すなわち負荷には常に一方からのみ電流が流れる。これが二極真空管の整流作用をなすゆえんである。



第10図



第11図



第12図

しかし、二極真空管1個を用いて整流する場合には、交流はその半波だけしか利用されない欠点がある。もし2個を用いて第10図のごとく接続すれば、交流はその全波が完全に利用されて、第11図のごとき電流が流れるようになる。前者が半波整流で、後者が全波整流である。全波整流の場合には、2個の整流管を使用する代りに2個の陰極と2個の陽極とを一つのガラス球内へ封じ込んだ、全波整流管をもってすることが出来る。第14図はこの全波整流管である。

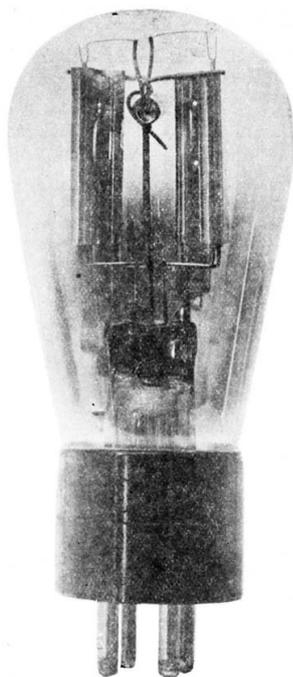
以上のごとく二極真空管を用いれば、交流を整流して直流に変えることが出来るが、その場合の直流は、半波整流、全波整流にかかわらず、はなはだしい脈動を有っている。無線用電源などに用いる場合には、負荷と並列にコンデンサーを接続して、この脈動を平滑する。すると、第9図、第11図に示すごとき脈動電流も第12図のごとく平滑され、さらにコンデンサーの値を大きくすると極めて脈動の小さいものになる。普通に应用されている整流電流はそれである。

第2表 小型整流管

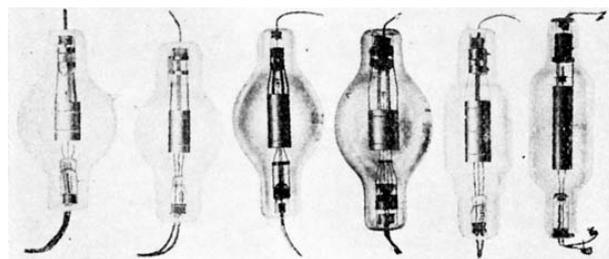
	織条		最大交流電圧 (V)	最大整流電流 (mA)	適用
	電圧 (V)	電流 (A)			
KX-12B	5.0	0.5	180	30	半波整流
KX-280	5.0	2.0	700(両極)	125	全波整流
KX-280B	5.0	1.25	300	70	半波整流
KX-281	7.5	1.25	700	85	半波整流



第 13 図 半波整流管



第 14 図 全波整流管

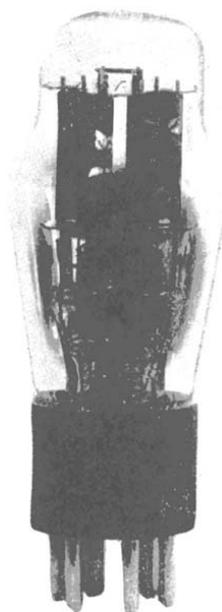
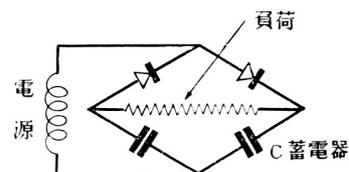


第 15 図 高電圧整流真空管

第 13 図・第 14 図・第 15 図はこれら整流管の構造を示す写真である。第 13 図、第 14 図はラジオ受信機などに用いられるもので、第 15 図は高電圧用整流管で、送信機の直流電源用などに用いられるものである。目下広く用いられている小型整流管を挙げると第 2 表のごときものである。

## 2. 倍圧整流真空管

近時完成された整流真空管に倍圧整流真空管がある。それは 1 個のガラス球内へ 2 個の傍熱型陰極と 2 個の陽極とを封じ込んだ真空管で、電力変圧器なしの交流受信機を作る場合などに用いられる整流管である。普通の全波整流にも用いられるが、興味深い所は第 17 図のごとく接続して用いられる点である。この接続によると、普通の整流管を用いた場合の約 2 倍の整流電圧が得られる利点がある。

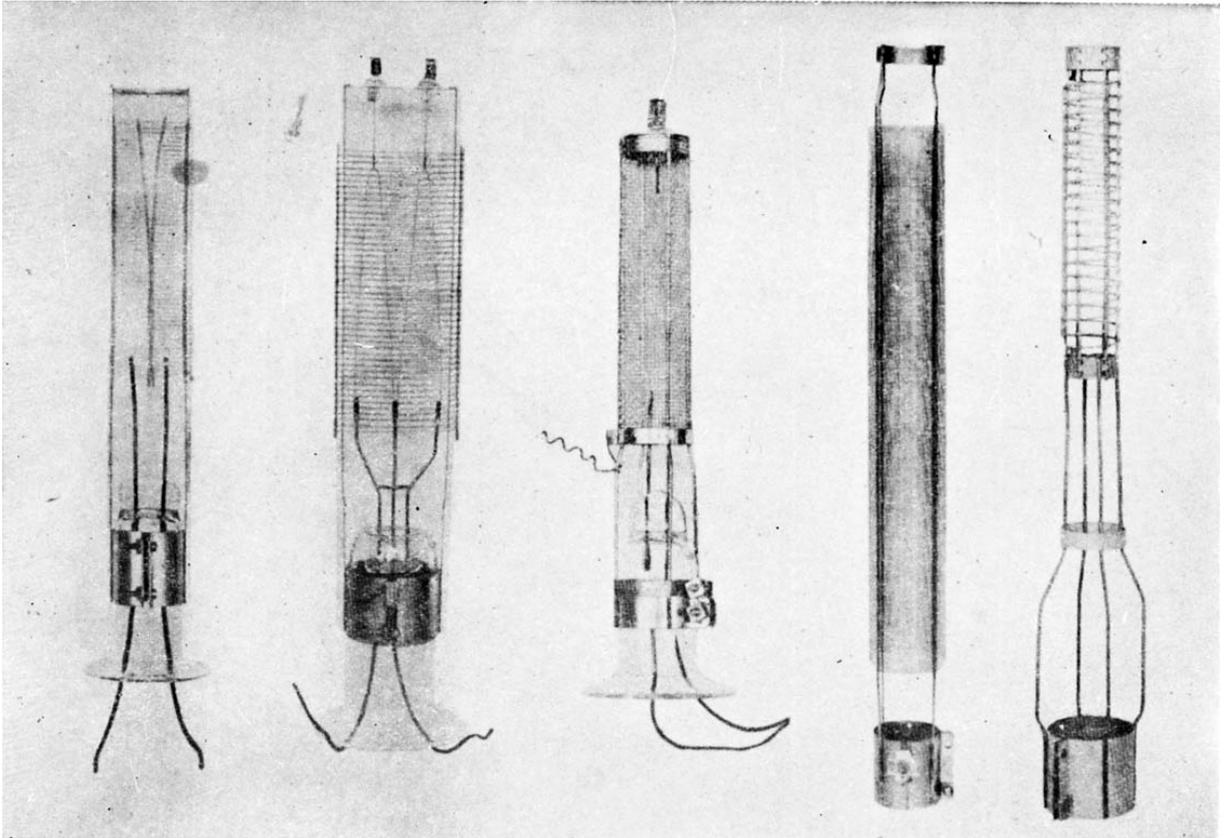
第 16 図 倍圧整流管  
KZ-25Z5

第 17 図 倍圧整流管の接続

## 第4章 三極真空管

### 1. 三極真空管の構造

三極真空管は二極真空管の陰極と陽極との間に第3極たるもう1個の電極を挿入した真空管である。この電極は第18図に示すごとく網または格子状をなしている。普通格子(グリッド)と云はれて居る。グリッドは必ずしも陰極と陽極との中間にあるを要しないが、その中間にある場合に最もその効果を發揮し得るから、普通にはそういう構造になっている。

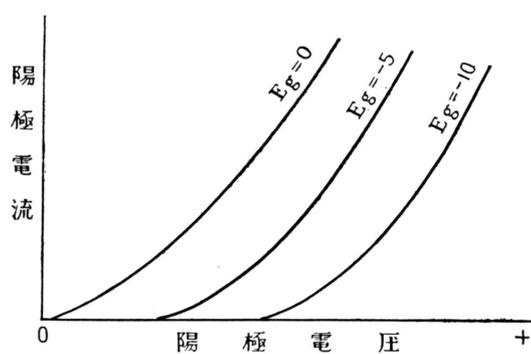


第18図

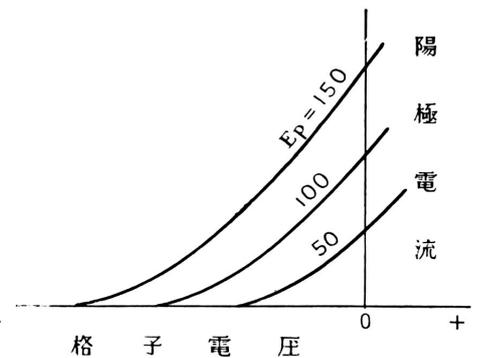
第19図ないし第29図は諸種の三極真空管の構造を示す。その諸種の形は用途、出力等によって違っているのである。以上の中、第19図ないし第23図は受信真空管で、第26図ないし第29図は送信真空管である。最初考案された当時の真空管の陽極は板状をなしていたから、真空管の陽極は普通プレートと呼ばれる。

### 2. 三極真空管の特性

二極真空管の陽極電流は陰極の温度が一定であれば、陽極電圧のみによって変るが、陰極と陽極との外に格子のある三極真空管においては、陽極電流は陽極電圧によっても変ると共にまた格子電圧によっても変る。すなわち、陰極と陽極との中

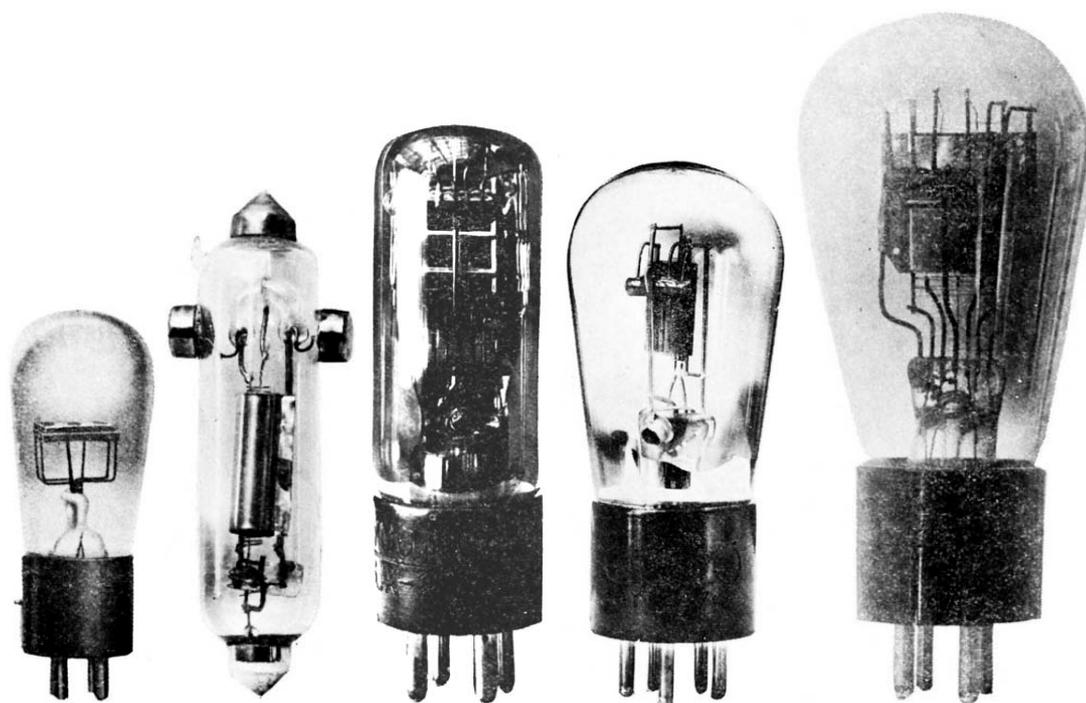


第24図



第25図

間に格子があると、陰極から飛び出す熱電子が陽極へ進む場合に格子電圧の影響を受け、格子電圧が正であればそれに引



第 19 図

第 20 図

第 21 図

第 22 図

第 23 図

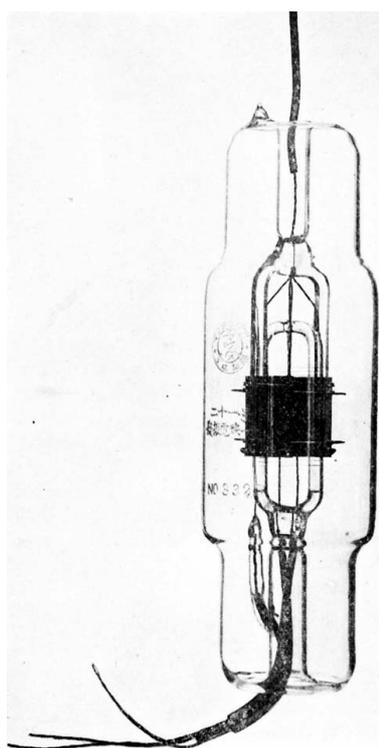
かれて進み易くなり、格子電圧が負なれば撥<sup>は</sup>じかれて進み難くなる。言葉を換えて云えば、陰極から陽極へ進む電子の流れは、格子が正電圧なれば多くなり、負電圧なれば少くなる。すなわち陽極電流は格子電圧に応じて増減する。ちょうど陽極電圧に応じて増減すると同様である。この関係を曲線に表すと、第 24 図及び第 25 図のごとくなる。第 24 図は陽極電圧を変えた場合に陽極電流の変る模様で、第 25 図は格子電圧を変えた場合に陽極電流の変わる模様である。同図の曲線は真空管の特性曲線といわれる。この関係を式で表わすと、次のごとくである。

$$I_p = K(E_p + \mu E_g)^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

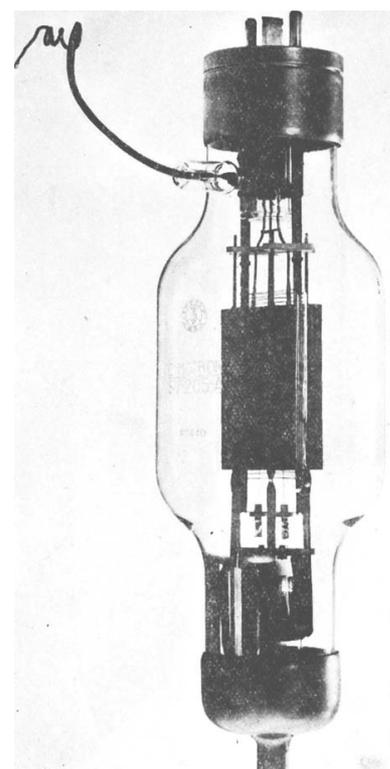
ただし式中、 $I_p$  は陽極電流で、 $E_p, E_g$  はそれぞれ陽極ならびに格子電圧で、 $\mu, K$  は真空管の構造によって定まる常数である。三極真空管の特性は大体上述のごとくである。

### 3. 真空管の定数

真空管の特性はその曲線図によれば一目瞭然であるが、その大体は三つの定数によって知られる。かつ実際に真空管を使用する場合には、三つの定数を知ればほとんど事足りるのである。三つの定数とは増幅定数と内部抵抗と相互コンダクタンスとである。三極真空管の陽極電流は陽極、格子電圧によって変わるが、格子は陽極よりも熱電子の源泉たる陰極に近いために、陽極よりもはるかに陽極電流を左右する力が大きい。たとえばここに三極真空管があるとして、その陽極電流をある値だけ変化せしめるとする。この場合、陽極電圧をもってするならば、10 ヴォルト変化せしむるを要する場合に、格子電圧をもってするならば、数分の一の電圧変化をなさしめれば足りるの



第 26 図



第 27 図

である。この同じだけの陽極電流の変化をなさしめるに要する陽極電圧の変化と、格子電圧の変化との割合を真空管の増幅定数または増幅率という。前節の式(3)の $\mu$ はこの増幅定数を表す。

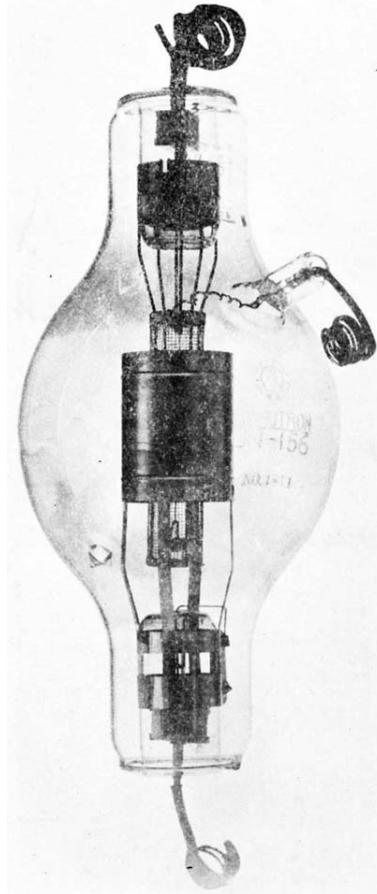
内部抵抗というのは陽極電圧が少し変わった場合に、陽極電流の変る割合を云うのである。詳しく云えば、ある陽極ならびに格子電圧の下にある陽極電流が流れているとして、陽極電圧が $\Delta E_p$ だけ変り、陽極電流が $\Delta I_p$ だけ変るとすれば、この $\Delta E_p/\Delta I_p$ を内部抵抗というのである。これは真空管の陰極と陽極との間に、交流電圧が加えられた場合の交流抵抗に相当する。内部抵抗と呼ばれるゆえんである。

相互コンダクタンスというのは、格子電圧が少し変わった場合に陽極電流の変る割合をいうのである。詳しく云えば、格子電圧が $\Delta E_g$ だけ変り陽極電流が $\Delta I_p$ だけ変るとすれば、この $\Delta I_p/\Delta E_g$ を相互コンダクタンスというのである。これは真空管の感度を意味するもので、これの大小は真空管の感度の良否ということである。この三つの定数の間には次のごとき関係がある。

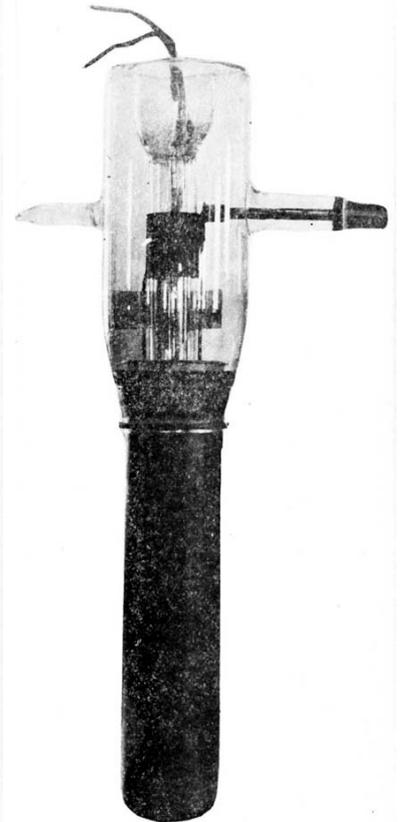
$$g_m = \frac{\mu}{r_p} \quad (4)$$

ただし、 $g_m$ は相互コンダクタンスで、 $\mu$ は増幅定数、 $r_p$ は内部抵抗である。したがって三つの定数のうちその二つが解れば、他の一つは容易に求められる。

目下市場にある受信用三極真空管の三つの定数を挙げれば第3表のごときものである。



第28図



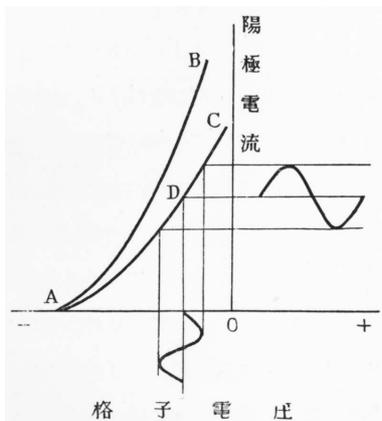
第29図

第3表 三極真空管

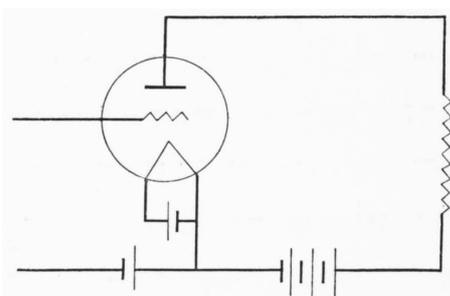
名称	織 條		陽極電圧 (V)	格子電圧 (V)	陽極電流 (mA)	増幅定数	内部抵抗 (Ω)	相互コンダクタンス (mA/V)	無歪出力 (W)	適用
	電圧 (V)	電流 (A)								
UY-56	2.5	1.0	250	-13.5	5.0	13.8	9,500	1.45		傍熱型
UX-109	1.0~1.3	0.7~0.8	90	-4.5	2.0	8.5	16,000	0.53		
UX-112A	5.0	0.25	180	-13.5	7.6	8.5	5,000	1.70	0.26	
UX-120	3.3	0.13	135	-22.5	6.5	3.3	6,300	0.52	0.11	
UX-171A	5.0	0.25	180	-40.5	20.0	3.0	1,850	1.62	0.70	
UX-199	3.3	0.06	90	-4.5	2.5	6.6	15,500	0.43		
UX-201A	5.0	0.25	135	-9.0	3.0	8.0	10,000	0.80		
UX-202A	7.5	1.25	425	-39.0	18.0	8.0	5,000	1.60	1.60	
UX-26B	1.5	1.05	180	-9.0	4.2	12.5	12,000	1.04		
UY-27A	2.5	1.50	180	-13.5	5.0	9.0	9,000	1.00		
UY-227B	2.5	1.50	180	-4.5	3.0	30.0	20,000	1.50		傍熱型
UX-30	2.0	0.06	180	-13.5	3.1	9.3	10,300	0.90		傍熱型
UX-31	2.0	0.13	180	-30.0	12.3	3.8	3,600	1.05	0.38	
UY-37	6.3	0.30	180	-13.5	4.3	9.2	10,200	0.90		傍熱型
UX-240	5.0	0.25	180	-3.0	0.6	30.0	75,000	0.40		
UX-245	2.5	1.50	250	-50.0	24.0	3.5	1,750	2.00	2.00	
UX-250	7.5	1.75	450	-84.0	55.0	3.8	1,800	2.10	4.60	
UX-2A3	2.5	2.50	250	-45.0	60.0	4.2	765	5.50	3.50	

## 第5章 真空管の作用

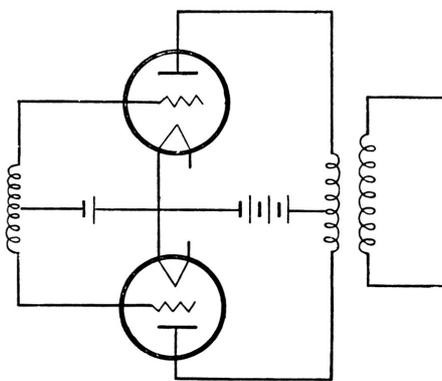
今日の無線界の発達が真空管の発明によることは前述の通りであるが、それは真空管が次に記すごとき極めて重要な作用をするからである。



第30図



第31図



第32図

### 1. 増幅作用

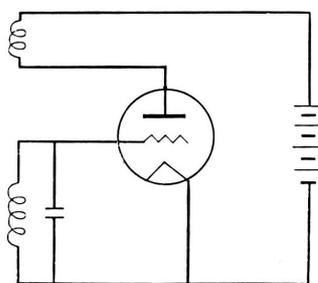
三極真空管の陽極に一定の電圧を与え、格子電圧を変えた場合に特性が第30図のABに示すごとくなることは、前述の通りである。今この真空管の陽極回路に負荷を入れて第31図の如く接続すると、陽極電圧は負荷のために多少降下するが陽極電流の格子電圧に対して変る模様は、やはりほぼ似寄った関係となり同図のACで表される様になる。そこで格子に適当なバイアス(偏倚電圧)を与えて、なるべくこの動作特性ACの直線部分で働くようにし、格子にシグナル電圧を与えると、陽極電流は第30図の右側に示す様になり、シグナル電圧の波形に似寄った変化をする。この陽極電流は負荷を通じて流れるから、負荷の両端間にはシグナル電圧と同様の電圧が生じる。これが真空管の増幅作用である。

真空管で増幅する場合に、一つの真空管で出力が不足な場合には、数個を並列に接続して用いる。それだけ出力が増加する。第32図はプッシュ・プル(対称接続)といわれる増幅回路である。2倍余の出力が得られる上に1個の真空管を用いた時より、原形に近い増幅電圧が得られる利点がある。

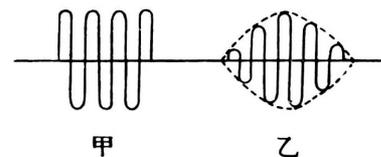
以上の増幅回路は真空管の動作の基点をその特性のほぼ中点すなわち第30図Dのごとき点に置いて働かせる方法で、A級増幅といわれる方法であるが、同図のAのごとき点にその基点を置いて働かせる方法がある。これはB級増幅といわれる。この方法によると、格子にシグナル電圧が加わらない場合には、陽極電流が流れず、陽極損失がないから、真空管は極めて効率がよく、出力が大きい。しかし同方法によると、音声電流のごとき低周波を増幅する場合には、真空管2個を対称接続として用いなければならない面倒はある。そうでないと出力電流が歪んで使いものにならない。

### 2. 発振作用

真空管の格子に交流電圧を与えると、陽極電流が格子電圧の変化に応じて交流変化をすることは今述べた通りである。そこで真空管を第33図のごとく接続して、格子に交流電圧を加える代りに、陽極回路からこの交流電圧を供給するならば、格子電圧は陽極電流に応じて変り、陽極電流はその格子電圧に応じて変り、外から何等の電圧を与えなくとも、真空管にはたえず交流電流が流れる様になる。こういう作用を真空管の発振作用という。ラジオの放送は、この

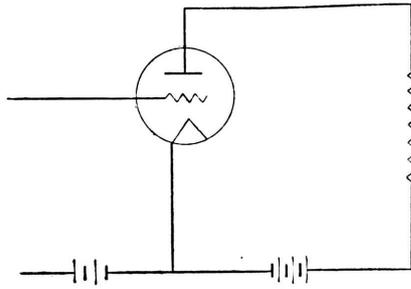


第33図 真空管発振回路

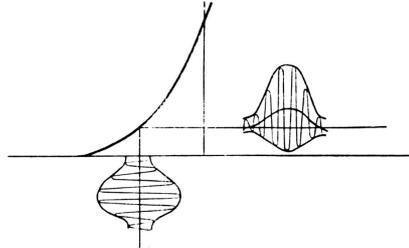


第34図 高周波電流

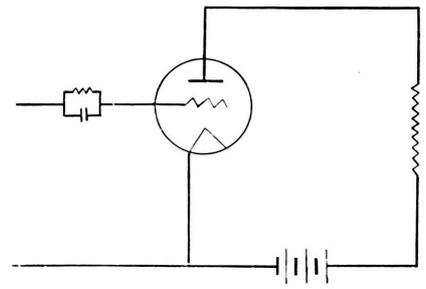
発振作用を利用して、第34図甲のごとき高周波電流を起し、これに音声電流を加えて同図乙のごとき高周波電流となし、アンテナからそれを電波として送り出すのである。第34図甲のごとき高周波電流に音声電流のごとき低周波電流を附加して同図乙のごとき高周波電流に変えることを変調するという。



第 35 図 陽極検波回路



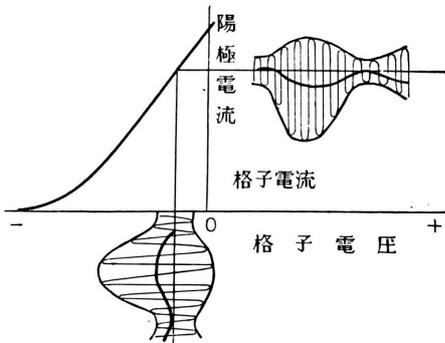
第 36 図 陽極検波



第 37 図 格子検波回路

### 3. 検波作用

電波がアンテナに当たると、そこに振動電流が起るが、その振動電流は変調された高周波電流で、直接受話機や高声器を働かせることが出来ない。そこで変調された高周波を受けて、その変調波の部分をそのまま低周波電流に変えることが必要である。この作用を検波作用という。この検波には真空管の陽極電流の整流作用を利用するものと、格子電流の整流作用を利用するものとの二つがある。前者を陽極検波、後者を格子検波という。



第 38 図 格子検波

真空管を陽極検波に用いる場合には、第 35 図のように接続し、格子に適切なバイアスを与え、ちょうど陽極電流が流れ始める点に調整するのである。すると第 36 図に示すように、格子に変調された高周波電圧が加わると、陽極電流は同図の右側に示すような波形となって流れ、その平均の値がちょうど高周波の変調波形にしたがって増加するようになる。すなわち検波される。

真空管を格子検波に用いる場合には、第 37 図のごとく接続し、格子回路にリークとコンデンサーとを挿入し、格子には電圧を与えないか、または少しの正電圧を与えるのである。格子に変調された高周波が加わると、格子電圧はそれに応じて変化するが、その電圧が正になった瞬間には、格子電流が

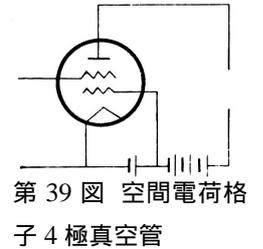
増加するからその回路へ挿入したリークのために降下し、負である瞬間には反対にさほど降下しないから、ここに整流作用が起り、格子の平均電圧は大体変調波形にしたがって下る様になる。陽極電流はしたがってそれに応じて変り、第 38 図の右側に示す様になる。この格子検波は陽極検波よりはずっと感度が良好である。本邦において広く使用されているのはこれである。

## 第6章 四極真空管

四極真空管は三極真空管にさらにもう一つの格子を入れた真空管，すなわち陰極と陽極との間に2個の格子を入れた真空管である。その主なるものに，空間電荷格子真空管と，遮蔽格子真空管と，可変増幅定数真空管と，電力増幅用二格子真空管との4種類がある。

### 1. 空間電荷格子真空管

空間電荷格子真空管は第39図に示すがごとく，陰極に近い第一格子を空間電荷格子とし，これに正電圧を与え，第二格子を普通の格子すなわち制御格子<sup>コントロールグリッド</sup>として用いる真空管である。普通の三極真空管においては陰極の周りに空間電荷が出来て，陰極から陽極へ進む電子の進行が妨げられるために，使用するのに比較的高い陽極電圧を要する。ところが陰極と制御格子との間に空間電荷格子があると，陰極の周りの空間電荷は大部分空間電荷格子に吸取られ，真空管の内部抵抗がずっと低くなり，低い陽極電圧で働くようになる。これがこの真空管の特徴である。携帯用受信機などに用いられて，最も適当なものである。第4表はこの種の真空管で，第40図ないし第41図はその写真である。



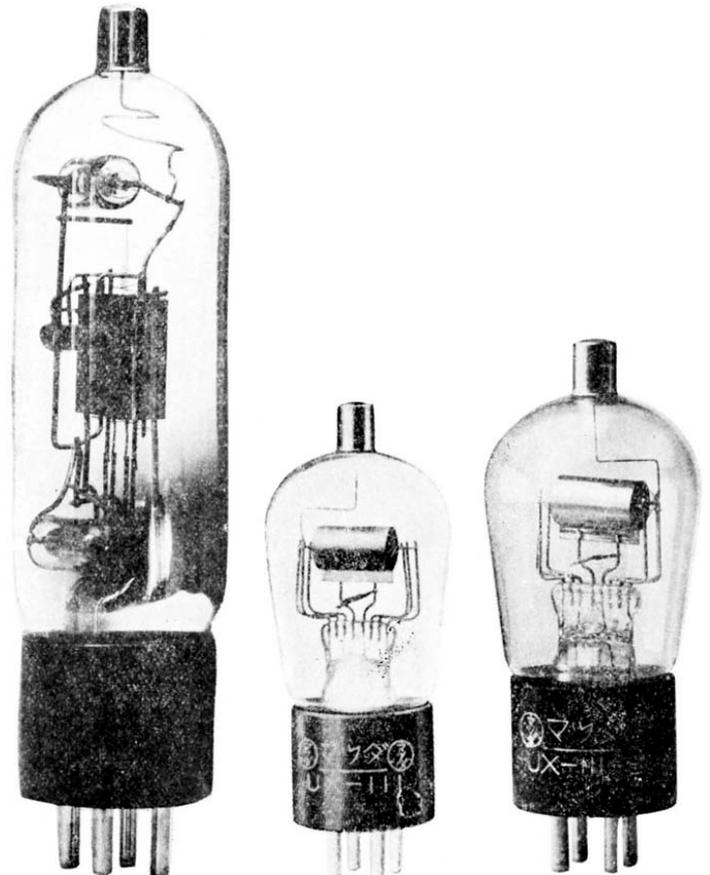
第4表 空間電荷格子真空管

名称	織 條		陽極電圧 (V)	空間電荷格子電圧 (V)	制御格子電圧 (V)	陽極電流 (mA)	増幅定数	内部抵抗 (Ω)	相互コンダクタンス (mA/V)
	電圧 (V)	電流 (mA)							
UX-54	2.5	0.1	6	4	-4	0.04	1.0	40,000	0.024
UX-111	1.0~1.3	0.8	21	18	-3	1.7	5.2	6,000	0.80
UX-111B	1.0~1.3	0.8	21	18	-1.5	0.7	9.0	10,600	0.85

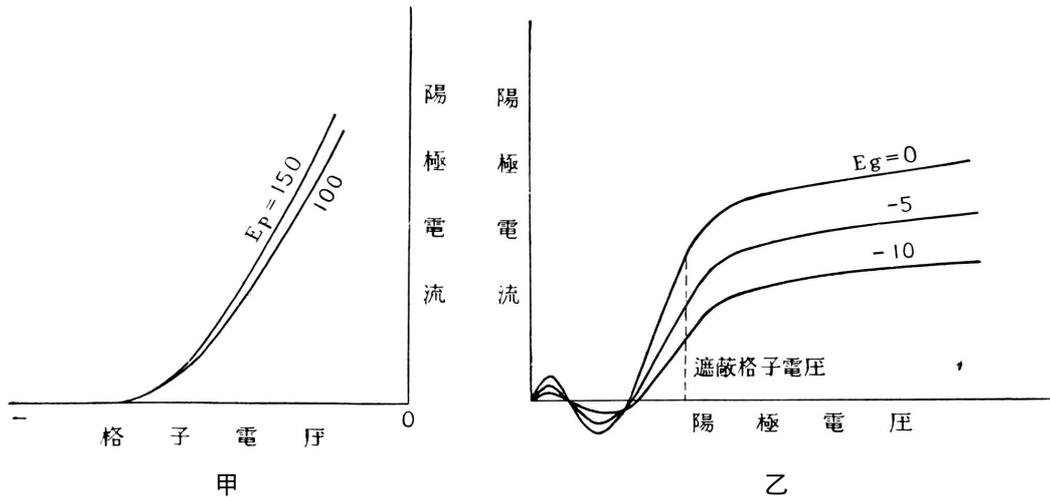
ただし第4表中のUX-54は特殊の真空管で，極めて小さい電圧，電流を検出する場合などに用いられる高級のものである。極めて小さい電圧，電流を検出する場合などには，陽極に高い電圧を加えると残留ガスが電離し，格子電流が流れるようになるから，それが妨げとなって測定が出来ない。そういう場合には普通陽極に10ヴォルト位の低い電圧を加える。すなわち空間電荷格子真空管でなければならないのである。しかしこの場合にはまた格子と他極との絶縁が，極めて良好でなければならないので，この真空管では特にそれが考慮されている。第40図ないし第42図はいずれも頭部口金<sup>コントロールグリッド</sup>が使用されているが，UX-54と他の真空管とはその接続が違っている。すなわちUX-54の頭部口金は制御格子の端子であるが，他の真空管の頭部口金は空間電荷格子の端子である。

### 2. 遮蔽格子真空管

遮蔽格子真空管は高周波増幅用として設計せられた真空管で，第44図に示すがごとく，第一格子を制御格子<sup>コントロールグリッド</sup>とし第二格子を遮蔽格子<sup>スクリーングリッド</sup>として用いる真空管である。普通の三極真空管を高周波増幅に用いると，格子陽極間の静電容量が大きいために反結合作用が起り，ややもすれば発振が起りやす



第40図 UX-54 第41図 UX-111 第42図 UX-111B



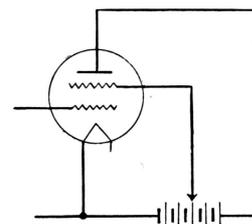
第 43 図 遮蔽格子真空管の特性

い。それで三極真空管の格子陽極間に第 2 の格子を入れて、その間を遮蔽して静電容量を小さくしたのがこの真空管である。格子、陽極間の静電容量は三極管に比し、大体第 5 表のごとくなっている。遮蔽格子の目的は制御格子コントロールグリッドと陽極間の静電容量を小さくするためであるが、目下この目的に用いられている機構に 2 種の形がある。第 45 図はそれを示す。甲は米国型の方法で、乙は欧洲型の方法である。制御格子コントロールグリッド、陽極間の静電容量を小さくする目的から云えば、遮蔽格子は陰極に接続されてよいが、それでは真空管の内部抵抗が高くなるので、普通には制御格子陽極間を遮蔽すると同時に加速格子として用いられる。

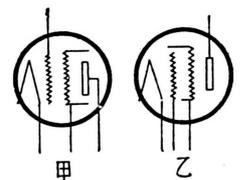
第 5 表

		格子陽極間の静電容量 ( $\mu\mu\text{F}$ )
三極管	UX-226	8.1
	UY-227	3.3
	UX-245	7.2
四極管	UY-224	.007
	UY-236	.007
	UZ-57	.007

この真空管の陽極電流は陽極電圧よりも遮蔽格子電圧スクリーングリッドによって変り、増幅定数、内部抵抗は共に比較的大きい。その特性を描くと大体第 43 図のごとくなる。陽極電流の格子電圧に対する変化は、三極管の場合に比較的似寄っているが、陽極電圧に対する変化は相当に違っている。これがこの真空管の特徴である。この構造は大体第 46 図ないし第 48 図のごとき形をしている。目下広く用いられているこの種の真空管を挙げると第 6 表のごときものである。



第 44 図 遮蔽格子四極真空管

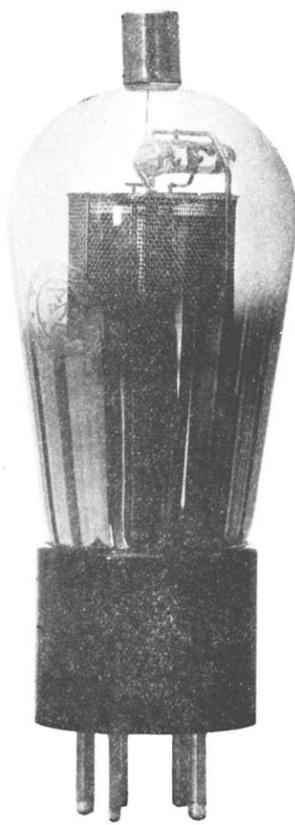


第 45 図

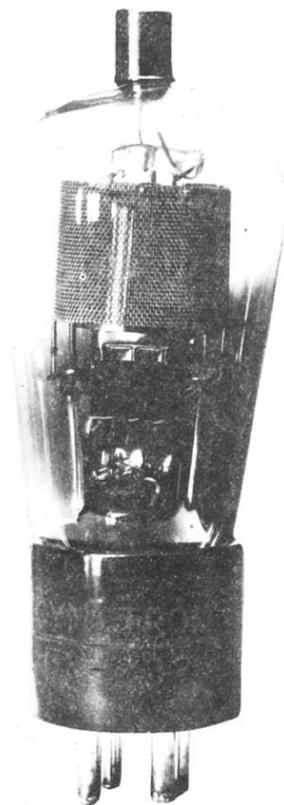
第 6 表 遮蔽格子四極真空管

名称	織 條		陽極電圧 (V)	空間電荷格子電圧 (V)	制御格子電圧 (V)	陽極電流 (mA)	増幅定数	内部抵抗 ( $\Omega$ )	相互コンダクタンス (mA/V)	摘 要
	電圧 (V)	電流 (mA)								
UX-222	3.3	0.13	135	45	-1.5	1.7	270	725,000	0.38	
UY-224	2.5	1.75	250	90	-3.0	4.0	615	600,000	1.02	傍熱型
UX-32	2.0	0.06	180	67.5	-3.0	1.7	780	1,200,000	0.65	
UY-36	6.3	0.30	180	90	-3.0	3.1	370	350,000	1.05	傍熱型

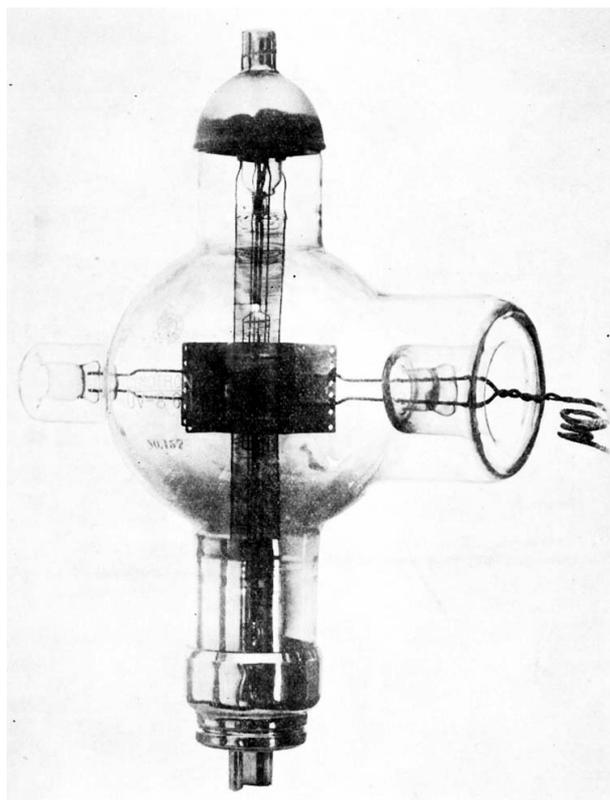
3. 可変増幅定数真空管



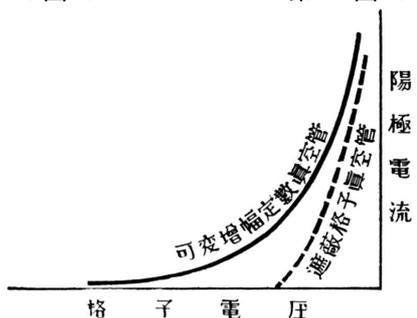
第 46 図 UX-224



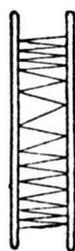
第 47 図 UX-232



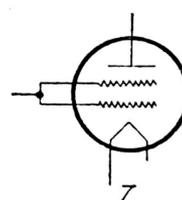
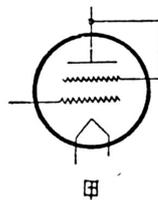
第 48 図 UV-861



第 49 図 可変増幅定数真空管の特性



第 50 図 可変増幅定数真空管の格子



第 51 図 電力増幅用二格子四極真空管

スクリーングリッド  
 遮蔽格子真空管の一変形で、第 49 図に示すごとくその特性が極めて滑かに変化する真空管である。制御格子の網目を第 50 図のごとく所々変えてその目的を達してある。真空管の特性が第 49 図のごとき形であると、高周波増幅に用いる場合に極めて混信が少なくなるのである。近くに放送局のある所で遠方の放送を聴取する場合などに、近くの放送の混入を防ぐことが出来る。またこの真空管を用いると、格子のバイアスを変えることによって簡単に音量制御をすることが出来る。

目下市場で歓迎されている UY-235 或は UY-35B はこれである。

第 7 表 可変増幅定数四極真空管

名 称	織 條		陽極電圧 (V)	空間電荷格子電圧 (V)	制御格子電圧 (V)	陽極電流 (mA)	増幅定数	内部抵抗 (Ω)	相互コンダクタンス (mA/V)	摘 要
	電圧 (V)	電流 (mA)								
UX-235	2.5	1.75	250	90	-3.0	6.5	420	400,000	1.05	傍熱型

4. 電力増幅用二格子真空管

第 8 表 二格子四極真空管

名 称	織 條		陽極 電圧 (V)	第 1 格 子電圧 (V)	第 2 格 子電圧 (V)	陽極 電流 (mA)	増幅 定数	内部 抵抗 ( $\Omega$ )	相互コンダ クタンス (mA/V)	無歪 出力 (W)	摘 要
	電圧 (V)	電流 (A)									
UY-46	2.5	1.75	400	0	0	6				10.0	B 級増幅
			250	-33	250	22	5.6	2,380	2.35	1.3	A 級増幅
UY-46C	2.5	0.50	300	0	0	4				3.0	B 級増幅
			180	-33	180	20	4.0	1,500	2.55	01.7	A 級増幅

これは二つの格子を接ぎ変えることによって、A 級増幅にも用いられれば、また B 級増幅にも用いられる真空管である。第 51 図はその 2 種の接続を示す。甲図のごとく第 1 格子をコントロールグリッド制御格子とし、第 2 格子を陽極と一緒に接続すると、増幅定数の低い三極真空管が出来上る。A 級増幅に用いられる。乙図のごとく 2 個の格子を一緒にして制御格子とすると、増幅定数の高い一つの三極真空管が出来上る。これはバイアスを与えずして用いる B 級増幅に適する。この種に属する真空管を例示すると第 8 表のごときのものである。その構造は大体第 52 図に示すごときのものである。

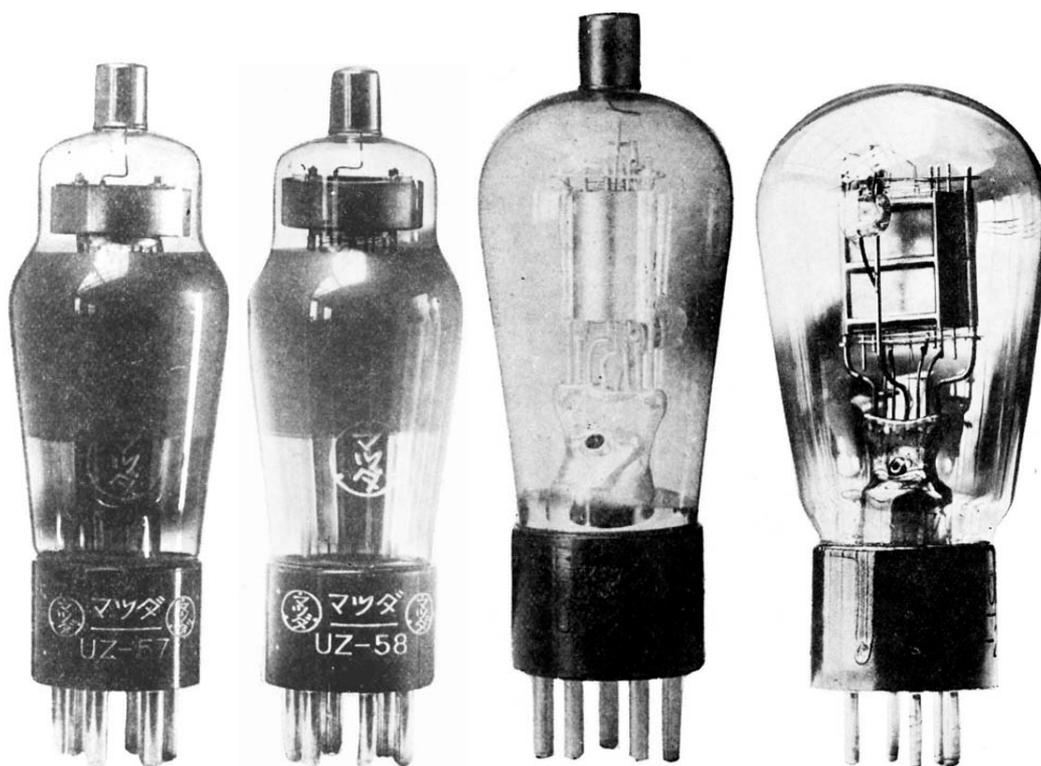


第 52 図 UY-46

## 第7章 五極真空管

五極真空管は陰極と陽極との間に3個の格子を入れた真空管である。ペントードと呼ばれている。最初、低周波の終段増幅用すなわち電力増幅用真空管として考案されたものであるが、今では低周波増幅にも、高周波増幅にも用いられる。低周波増幅に用いられるものには、普通の五極真空管と電力増幅用三格子五極真空管との2種があり、高周波増幅に用いられるものには、<sup>スクリーングリッド</sup>遮蔽格子五極真空管と可変増幅定数五極真空管との2種がある。第53図ないし第56図はそれらの構造を示す。

五極真空管には上述のごとき種類があるが、その原理はいずれも同じである。真空管の陰極から飛び出した電子が陽極に流れ込む場合には、その電子は相当の速度を持っている。それで電子が陽極に流れ込む場合には、普通陽極から二次電子を放出するのが常である。しかし三極真空管においては電極中電圧の最も高いのは陽極であるから、陽極から飛び出した二次電子は再び陽極へ舞い戻る。ところが遮蔽格子四極管においては遮蔽格子電圧が相当に高いために、陽極電圧が遮蔽格子電圧より低くなる様な場合には、陽極から飛び出した二次電子は遮蔽格子に流れこむ。そこで陽極電流はそれだけ相殺されて小さくなる。遮蔽格子四極真空管の陽極電流と陽極電圧との関係を曲線に描けば、第57図のAのごとくなるのである。したがって遮蔽格子四極真空管の陽極電圧は動作中においても遮蔽格子電圧より高くなければならない。言葉を換えて云えば、遮蔽格子四極真空管の陽極電圧の動作範囲はその最大電圧と遮蔽格子電圧との間だけである。それで遮蔽格子電圧は陽極電圧の半分位にするのが普通となっている。もしこの場合陽極から飛び出す二次電子が遮蔽格子に流れ込まない様にすれば、陽極電圧の有効動作範囲はずっと広がる。五極真空管はこの二次電子の作用を除くために、遮蔽格子四極管の遮蔽格子と陽極との間に第3の格子を入れたものである。すなわち第58図に示すごとくになっているのである。この第3格子は抑制格子または接地格子といわれる。この抑制格子には真空管内で陰極に接続されたものと、管外へ引出されたものがある。しかし使用する場合には後者においても陰極に接続するのである。こういう接続によると、抑制格子は零電位となるから陽極から飛び出す二次電子は抑制格子のために再び陽極へ逆戻りをするようになる。すなわちその特性を示せば第57図のBのごとくなる、陽極電圧の動作範囲はずっと広くなり真空管の出力が大きくなる。かつこの構造においては、陽極電圧の動作範囲が遮蔽格子電圧の制限を受けないから、遮蔽格子電圧をずっと高く、陽極電圧まで高めることが出来るので、真空管の内部抵抗はずっと小さくなり、さらに出力が大きくなる。これが五極真空管の特徴で、低周波増幅用のものにも高周波増幅用のものにも共通である。

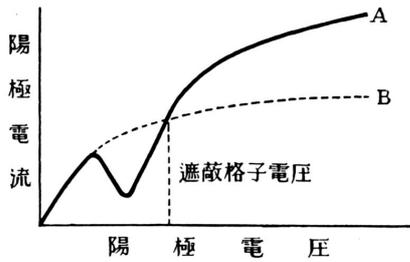


第53図

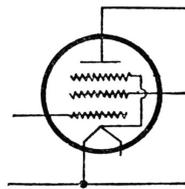
第54図

第55図

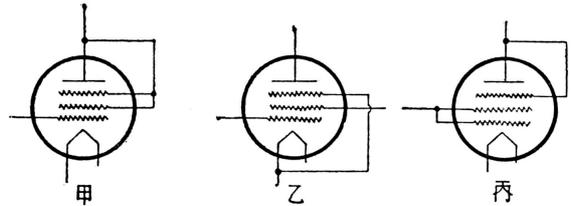
第56図



第 57 図



第 58 図 五極管の構造



第 59 図 電力増幅用三格子五極管

三格子五極真空管というのは、その接続法を変えることによって、三様の電力増幅管として用いられる真空管である。第 59 図はその接続法である。甲は第 1 格子を制御格子コントロールグリッドとし、第 2 第 3 格子を陽極と一緒に接続して用いる方法である。この接続によれば、増幅定数の低い一つの三極真空管が出来上る。終段増幅用三極管として用いられる。(乙は普通の五極真空管としての用い方である。丙は第 1 第 2 格子を一緒にして制御格子とし、第 3 格子を陽極と一緒に接続して用いる方法である。この接続によると、増幅定数の高い一つの三極真空管が出来上る。2 個を対称に接続してバイアスを与えずに用いる B 級増幅用の真空管に好適する。

可変増幅定数五極真空管は前章に述べた可変増幅定数真空管の特性を持った五極真空管である。その特徴も同項に述べたと全然同様である。

五極真空管の主なるものを表示すると、第 9 表のごときものである。

第 9 表 五極真空管

名 称	織 條		陽極 電圧 (V)	第 1 格 子電圧 (V)	第 2 格 子電圧 (V)	陽極 電流 (mA)	増幅 定数	内部 抵抗 (Ω)	相互コンダ クタンス (mA/V)	無歪 出力 (W)	備 考	
	電圧 (V)	電流 (A)										
高 周 波 用	UY-44	6.3	0.3	250	-3.0	90	5.8	1,050	1,000,000	1.05		可変増幅
	UZ-57	2.5	1.0	250	-3.0	100	2.0	1,500	1,500,000	1.00		
	UZ-58	2.5	1.0	250	-3.0	100	8.2	1,280	800,000	1.60		可変増幅
	UZ-77	6.3	0.3	250	-3.0	100	2.3	1,500	1,500,000	1.25		
	UZ-78	6.3	0.3	250	-3.0	125	10.5	990	600,000	1.65		可変増幅
	UY-34	2.0	0.06	180	-3.0	67.5	2.3	620	1,000,000	0.62		可変増幅
低 周 波 用	UY-39	6.3	0.3	250	-3.0	90	5.8	1,050	1,000,000	1.05		可変増幅
	UZ-41	6.3	0.4	180	-13.5	180	18.5	150	8,100	1.85	1.5	
	UZ-42	6.3	0.7	250	-16.5	250	34.0	250	10,000	2.20	3.0	
	UZ-43	25.0	0.3	135	-20.0	135	34.0	80	35,000	2.30	2.0	
	UT-59	2.5	2.0	250	-18.0	250	35.0	100	40,000	2.50	3.0	A 級増幅
		2.5	2.0	400	0.0	0	13.0				10.0	B 球増幅
UZ-89	6.3	0.4	180	-18.0	180	20.0	135	82,500	1.64	1.5	A 級増幅	
	6.3	0.4	180	0.0	0	3.0				3.5	B 球増幅	
UY-33	2.0	0.26	135	-13.5	135	14.5	70	50,000	1.45	0.7		
UY-38	6.3	0.3	250	-25.0	250	22.0	120	100,000	1.20	2.5		
UY-47	2.5	1.75	250	-16.5	250	31.0	150	60,000	2.50	2.7		
UY-47B	2.5	0.5	135	-13.5	135	14.5	70	50,000	1.40	0.7		
UZ-2A5	2.5	1.75	250	-16.5	250	34.0	220	100,000	2.20	3.0		
UY-6A4	6.3	0.3	180	-12.0	180	22.0	100	45,000	2.20	1.4		

## 第8章 複機能真空管

最近可及的小型の受信機が愛用せられるようになって来たので、それに応じて真空管もなるべく小型で大きな出力を有し、同時に多様の作用をする真空管が賞用せられるようになった。双二極三極真空管、双二極五極真空管、五格子七極真空管などはそれである。

### 1. 双二極三極真空管

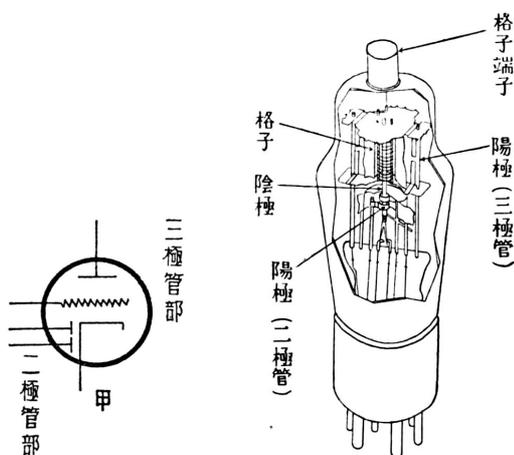
双二極三極真空管は第60図、第62図に示すごとく、一つの陰極を共通にして、二つの小さい二極管と一つの三極管とが一つの管内へ封じ込まれた真空管である。

一体どんな作用をするか。その三極管部は増幅作用をなし、その二極管部は検波と自動音量制御の作用をする。普通の三極真空管を格子検波に用いる場合には、格子電流の特性が彎曲するのを利用して、格子回路へリークとコンデンサーを並列に接続して、格子電圧が低周波電圧に応じて変化するのを、それ自身の三極管で増幅するのである。したがって格子電流によって検波する部分は他の二極管に代えてもよい訳である。双二極三極真空管の二極管部はそれである。そしてこの構造によれば三極管部には適当なバイアスを与えて使用することが出来る。

云い換えれば相当に大きなシグナルでも歪みなく検波することが出来る。これが双二極三極真空管を検波に用いる場合の特徴である。

自動音量制御の原理は、検波された低周波電流の大きさが高周波電流の大きさに応じて変ることを利用して、高周波増幅に用いた別個の可変増幅定数真空管のバイアスを変えシグナルが大きい場合には高いバイアスがかかり、シグナルが小さい場合には低いバイアスがかかる様にしたものである。したがって双二極三極真空管の二極管部を利用すれば至って簡単に出来る訳である。

以上のごとく双二極三極真空管の二極管部は検波、音量制御に用いられるが、二極管部は二つあるから、二つを並列に接続して検波と音量制御を兼ね行わしめることも出来れば、一方を検波に他方を音量制御に用いることも出来る。また検波に用いる場合に、二つの二極管部を用いて全波整流に應用することも出来る。以上の一二の例を挙げるならば、第63図のごときものである。

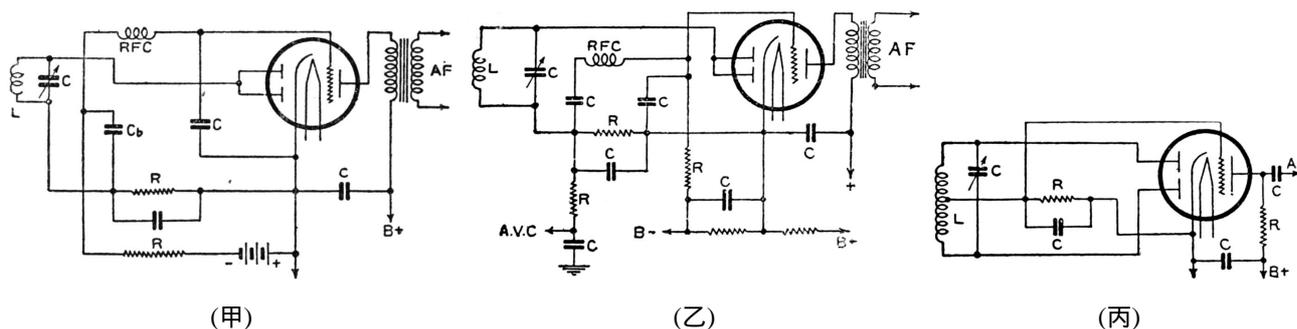


第60図

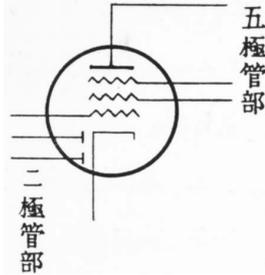


第62図 UZ-55

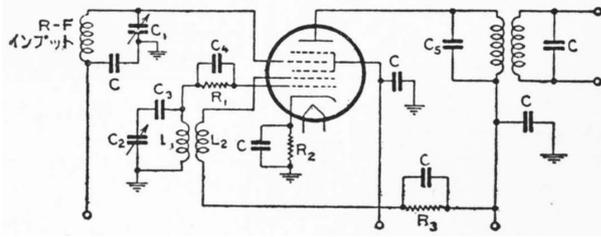
第61図 双二極三極管の構造



第63図



第 64 図 双二極五極真空管



第 65 図 五格子七極管



第 66 図 Ut-2A7

またこの真空管の二極管部を検波に用い、三極管部を高周波と低周波との増幅に用いれば、一つの真空管でレフレックス回路が簡単に出来る。

### 2. 双二極五極真空管

双二極三極真空管の三極管部を五極管に変えた真空管である。その構造を示すと、第 64 図のごとくである。その作用は前節の双二極三極真空管とほとんど同様である。双二極三極真空管と双二極五極真空管を挙げれば第 10 表のごときのものである。

第 10 表 双二極三極管と二極五極管

名称	織 條		陽極電圧 (V)	格子電圧 (V)	遮蔽格子電圧 (V)	陽極電流 (mA)	増幅定数	内部抵抗 (Ω)	相互コンダクタンス (mA/V)	摘 要
	電圧 (V)	電流 (mA)								
UZ-55	2.5	1.0	250	-20		8.0	8.3	7,500	1.100	双二極三極管
UZ-75	6.3	0.3	250	-2		0.8	100.0	91,000	1.100	"
UZ-85	6.3	0.3	250	-20		8.0	8.3	7,500	1.100	"
UZ-2A6	2.5	0.8	250	-2		0.8	100.0	91,000	1.100	双二極三極管
Ut-2B7	2.5	0.8	250	-3	125	9.0	730.0	650,000	1.125	双二極五極管
Ut-6B7	6.3	0.3	250	-3	125	9.0	730.0	650,000	1.125	"

第 11 表 五格子七極真空管

名称	織 條		陽極電圧 (V)	第 1 格子電圧 (V)	第 2 格子電圧 (V)	第 3 格子電圧 (V)	第 4 格子電圧 (V)	陽極電流 (mA)	増幅定数	内部抵抗 (Ω)	相互コンダクタンス (mA/V)
	電圧 (V)	電流 (mA)									
Ut-2A7	2.5	0.8	250	0	250	100	-3	4		360,000	0.520
Ut-6A7	6.3	0.3	250	0	250	100	-3	4		360,000	0.520

### 3. 五格子七極真空管

これは陰極と陽極との間に 5 個の格子が挿入せられた真空管である。スーパーヘテロダイン受信機の発振管と第 1 検波管との両作用をする。すなわち五格子発振変調管または五格子変周管ともいふべき真空管である。第 65 図は同真空管を使用する場合の基本的な接続である。同図に示すごとく、この真空管を使用するには、第 1 格子を発振器の格子、第 2 格子を陽極として発振せしめ、第 3、第 5 格子を遮蔽格子とし、第 4 格子を普通の真空管の格子のごとく陽極電流の制御格子に用い、これに高周波電流を入れるのである。この接続によると、陰極と第 1、第 2 格子とで一つの発振器となるから、陰極から飛び出し発振器の陽極たる第 2 格子へ進む電子の流れは、第 1 格子で制御されて、変調された陽極電流となる。その周波数は第 1 格子回路の定数によって定まる。ところで、この陽極電流を形成する電子の流れは、遮蔽格子たる第 3 格子の影響を受けて陽極の方へ進み、第 4 格子でさらに高周波によって変調され、第 5 格子で加速され陽極

へ流れ込む。この陽極電流は種々なる周波数の電流を含んでいるが、陽極回路の同調によって、変調された中間周波の出力となって現われる。この真空管の変周管と呼ばれてしかるべきゆえんである。

五格子七極真空管の特徴は、上述のごとく同時に 2 個の真空管の作用をするのであるが、これには次の利点が附随する。すなわち第 65 図のごとき接続によると、受信回路が簡単になる上に、発振器の部分と検波器の部分とが電子結合となっているから、高周波の入力回路、発振回路、中間周波回路の間には相互の結合作用が少なく、また発振器部分はちょうど無負荷で働くから、発振作用が極めて安定である。この種の真空管には第 11 表のごときものがある。

## 第9章 直流真空管と交流真空管

### 1. 交流真空管

直流真空管，交流真空管といってもさほど相違があるのではない。ただ繊維を加熱するのに直流を用いるか，交流を用いるかだけの区別であって，交流真空管はその総てを直流で加熱しても，比較的加熱電力を多く要するというまでであって，働きの上には何等支障がない。ただ逆に直流真空管はその総てが交流で用いられて差支ないとは云えないだけである。

普通の直熱型真空管の繊維を交流で加熱すると，その出力音に一種の交流音が混入する。これをハムと云っている。その原因には大体次のごとき三つがある。

- (イ) 繊維電圧の変化に基くもの。
- (ロ) 繊維電流の変化に基くもの。
- (ハ) 熱惰性に基くもの。

交流真空管というのは，これらの原因をなるべく減少せしめ，出力音にハムを混入しない様に工夫された真空管である。これらの原因によって，どうしてハムを混入するか，次に簡単に述べよう。

真空管の繊維を交流で加熱すると，その交流変化に基いて繊維の電圧が絶えず変化する。したがって繊維の各点と格子または陽極との間の電圧が絶えず変わることになる。そこで陽極電流がそれに応じて変り，ハムとなる。この繊維電圧の変化に基いて起るハムは繊維電圧が高いほど大きい。一般に交流真空管の繊維電圧が低いのはこれがためである。しかし，終段増幅用の真空管などにおいては，格子に加わる入力電圧が大きいから，比較的影響は少ない。終段増幅用交流真空管の繊維電圧の比較的高い理由はそれである。

繊維電流に基くハムはその電流が大きいほど大きい。これは繊維から陽極へ進む電子が繊維電流のために磁気作用を受けるからである。

繊維の熱惰性に基くものは，交流で加熱するためにそれに応じて温度が変り，繊維から出て来る電子の量が変わってくるためである。

これらの原因に基くハムは，相殺し得ないものもあるが，お互に全然相打消す様に働くものもある。これらを考慮してなるべく交流音の混入しない様に設計されたのが，直熱型の交流真空管である。

しかし，以上は真空管が増幅に用いられる場合であって，それが格子検波に用いられる場合にあっては，格子電流が脈動するために著しいハムが混入し，全然使用に堪えないのである。これがために考案されたのが傍熱型真空管である。傍熱型真空管では，加熱繊維はただの電熱器として働き絶縁物を隔てたその外側にある陰極を間接に加熱するのであるから，上述のごとき原因に基く雑音は一切混入しない訳である。これは理想的の交流真空管である。最近の真空管が電力増幅管を除いて，ほとんどこの構造になって来たのは，この構造によると，他方において外部からの機械的震動による雑音が極めて小さくなるからである。最近における受信機の交流化はこの交流真空管の完成によるのである。目下市場にある真空管は大部分がこの交流真空管である。

### 2. 直流真空管

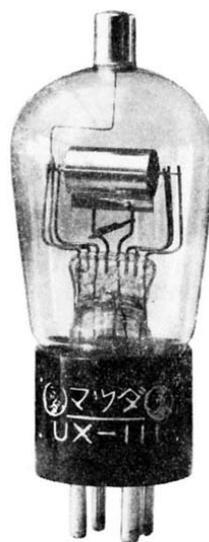
真空管は総て直流で使用するとすれば，何等支障なく用いられるのであるから，直流真空管としては何等の考慮を要しないのである。しかし直流で使用する場合には，その電源として厄介な電池を要するから，なるべく消費電力の少ないものがよい。ことに乾電池を用いる場合においては然りである。真空管の中には特にその点を考慮されたのがある。これが直流真空管である。繊維電圧が比較的低く，電流が小さくなっている。目下繊維電圧が1ヴォルトのものと，2ヴォルトのものと2種類がある。第67図ないし第73図及び第12表はそれである。同表中UX-111とUX-111Bとは特に低い陽極電圧で働く様にされた空間電荷格子真空管である。



第 67 図



第 68 図



第 69 図



第 70 図



第 71 図



第 72 図



第 73 図

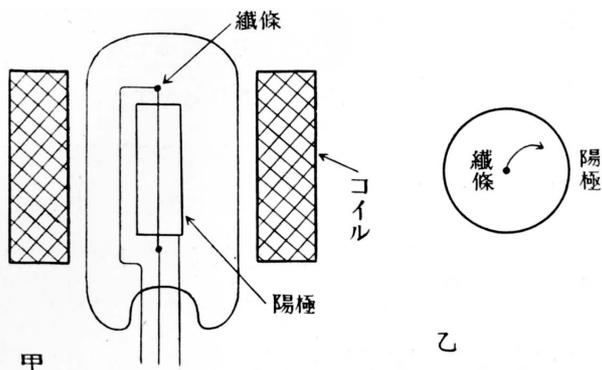
第 12 表 五極真空管

名 称	織 條		陽極 電圧 (V)	第 1 格 子電圧 (V)	第 2 格 子電圧 (V)	陽極 電流 (mA)	増幅 定数	内部 抵抗 (Ω)	相互コンダ クタンス (mA/V)	備 考
	電圧 (V)	電流 (A)								
UX-109	1. ~ 1.3	0.08	90	-4.5		2.0	8.5	16,000	0.53	
UX-110	"	0.16	150	-18.0		8.0	5.0	6,000	0.83	
UX-110	"	0.16	150	-18.0		8.0	5.0	6,000	0.83	
UX-111	"	0.08	21	18.0	-3.0	1.5	6.0			空間電荷格子真空管
UX-111B	"	0.08	21	18.0	-1.5	0.7	10.0			空間電荷格子真空管
UX-230	2.0	0.06	180	-13.5		3.1	9.3	10,300	0.9	
UX-231	"	0.13	180	-30.0		12.3	3.8	3,600	1.05	
UX-232	"	0.06	180	-3.0	67.5	1.7	78.0	1,200,000	0.65	高周波増幅用四極管
UX-233	"	0.26	135	-13.5	135.0	22.0	120.0	100,000	1.2	電力増幅用五極管
UX-234	"	0.06	180	-3.0	67.5	2.8	620.0	1,000,000	0.62	高周波増幅用五極管

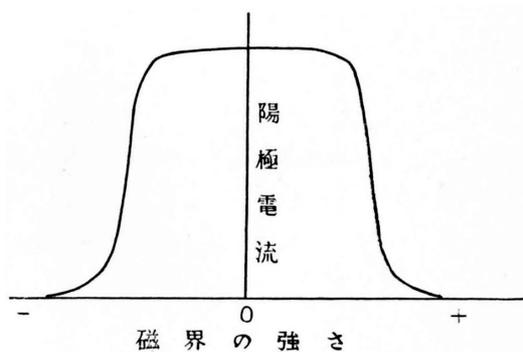
## 第10章 特殊真空管

### 1. マグネトロン

第74図甲に示すごとく、二極真空管の外側にコイルを巻き、これに電流を通じて、陰極から陽極へ進む電子の進行と直角の方向に磁界を与えると、陰極より陽極へ進む電子は同図乙に示すごとく、進行の方向に曲げられて陽極に到達し難くなる。したがって陽極電流の大きさは磁界の強さによって異り、第75図に示すごとく関係となる。こういう真空管をマグネトロンという。発振器、リレーなどに用いられて重要な場合がある。



第74図 マグネトロン

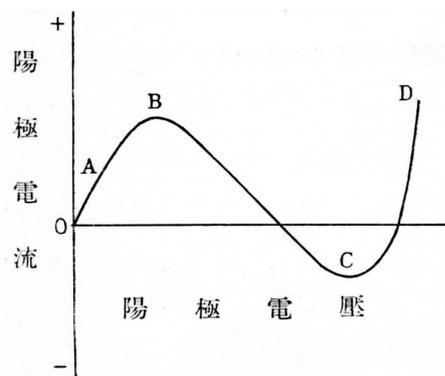


第75図 マグネトロン特性

### 2. ダイナトロン

三極真空管の格子に一定の正電圧を与え、陽極電圧を次第に上げて行くと、陽極電流は第76図に示すごとく変化をする。すなわち陽極電流は始めは次第に増して行くが、ある値になると、それよりは電圧が上るにつれて小さくなり、BCで示す様な変化をなし、次にCDで示す様な変化をする。同図のBCの所においては、この陽極電流はその電圧が上るにしたがって減少する特性を持っている。言い換えれば、この真空管は負性の特性を持っている。

かくのごとき負性の特性を持った真空管をダイナトロンという。こういう負性特性は、発振器または跳躍特性を持ったリレーなどに利用される。



第76図 ダイナトロン特性

## 第11章 真空管の応用

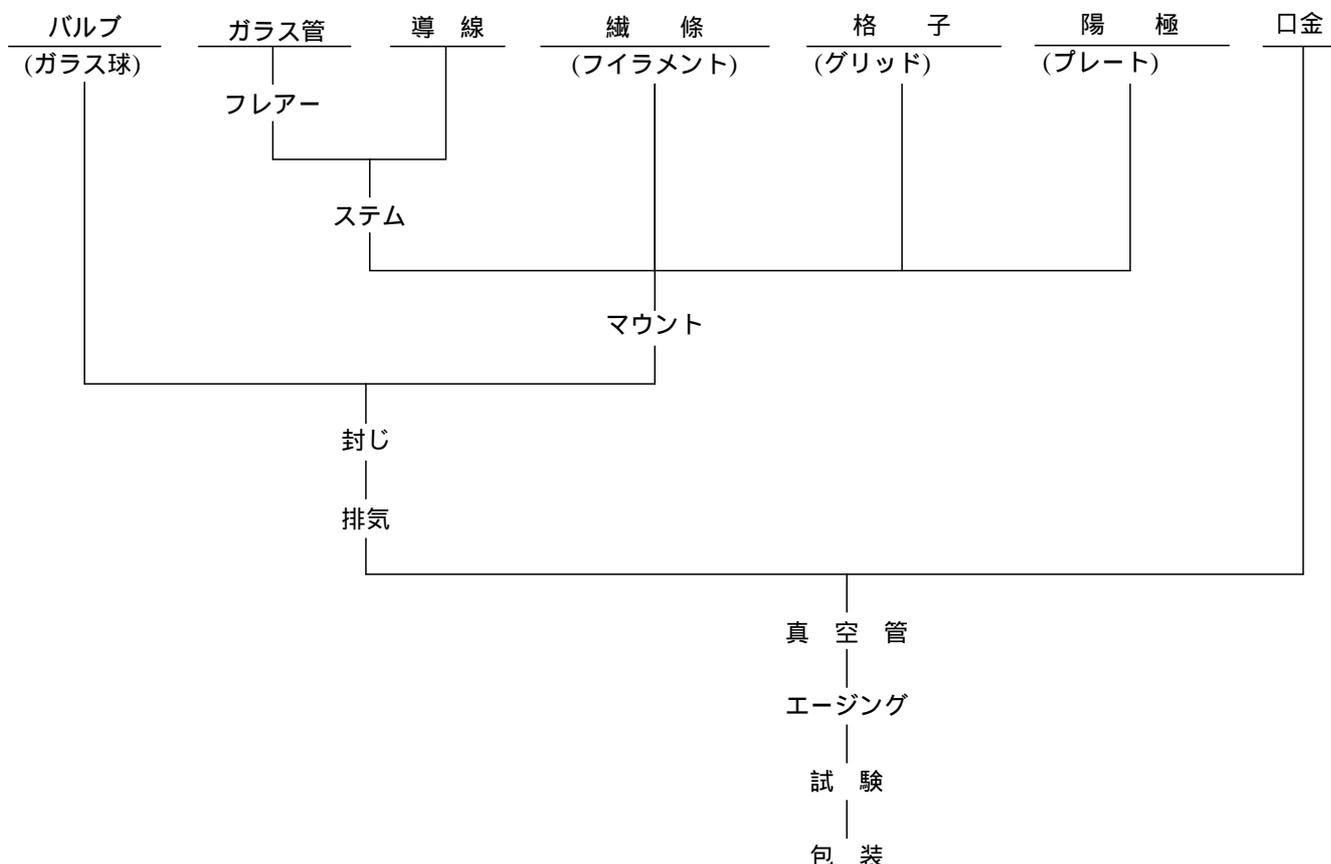
真空管は上述のごとく整流，増幅，発振，検波等極めて重要な作用をするから，これを実際に応用すると極めて種々な用途がある。その最も重要な用途は無線電信電話であって，送信から受信に至るまでほとんどすべての操作がこの真空管によって行われる。今日の無線電信電話の発達にまったくこの真空管に負う所大である。なおこの他にも極めて種々な用途がある。真空管の用途の主なるものをざつと挙げて見ても，次のごときものがある。

1. 無線電信送信機
2. 無線電話送信機及び放送機
3. 無線電信受信機
4. 無線電話受信機
5. 電話中継器
6. 搬送式電信電話機
7. 電送写真
8. テレビジョン
9. トーキー
10. 蓄音機及び高声電話
11. 航行用計器 (無線羅針盤，無線方位測定器，無線航路指示装置，盲目着陸指示器，高度計，測深機等)
12. 電気機器 (電圧調整器，継電器，開閉器等)
13. 電気測定器 (電圧計，検流計，波長計等)
14. 誘導電気灯
15. 遠隔操縦用
16. 天体観測用
17. 物理測定用
18. 医療機器 (医療用高周波発生装置，デアテルミー，電気聴診器，カーチオグラフ等)

これら一々数え挙げたら，それこそ枚挙に暇がなからう。なお，今後の発達に属すべきものが多々あるべく，後章に述べるサイラトロン，光電管等と相俟っていかに進展するか，目下のところ予測を許さないものがあると思われる。

## 第12章 真空管の製造

以上で一通り真空管について述べた。次にこれらの真空管がいかにして出来上るか、その行程を述べて見よう。まず製造のフローシートを掲げて見ると、次の通りである。



### 1. 織條

織條は真空管の心臓ともいべきものである。これにタングステン織條とトリエーテッド・タングステン織條と酸化物被覆織條との3種があることは前述のごとくである。

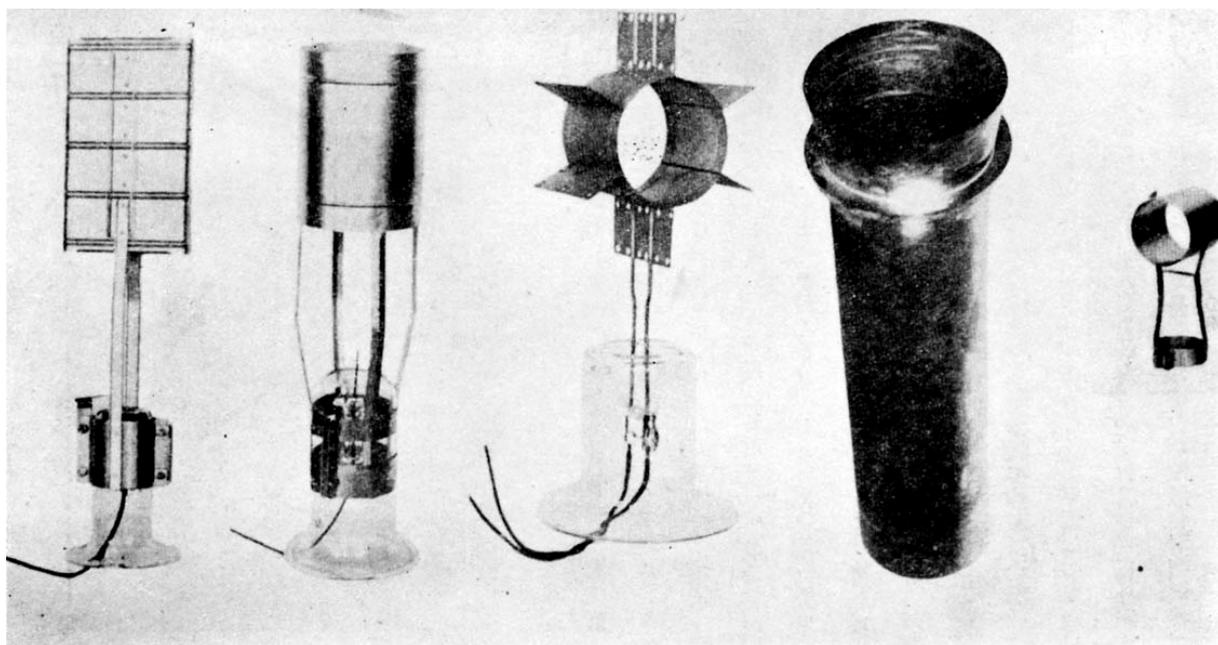
タングステン織條は普通電球に用いられるものとほとんど同様である。別に述べるまでもあるまい。

トリエーテッド・タングステン織條は少量のトリウムを混入したタングステン織條である。これを造るにはあらかじめタングステンに少量の酸化トリウムすなわちトリアを混入し、それを普通のタングステンと同様に、ダイヤモンドダイスを通じて引くのである。最初極めて重宝がられたが、酸化物被覆織條が完成されるに及んで、今では比較的わずかに用いられるだけになった。

酸化物被覆織條は心線と酸化物皮膜とから成っている。その心線は目下主としてニッケルで、その他珪素ニッケル、コーネルメタル、ニクローム、また特殊のものには白金、タングステンなどが用いられる。被覆用の酸化物は主としてアルカリ土金属の酸化物が用いられる。そのうち最も熱電子の放射能のよいのは、酸化バリウムで、主としてこれが用いられる。その他酸化ストロンチウム、酸化カルシウム等が時としてまた目的に応じて酸化バリウムに混入して用いられる。ただし、織條を製作する場合には、酸化バリウムをそのまま塗付けたのでは、空気中の水分を吸って水酸化物となってしまうから、炭酸バリウムが用いられる。そして真空管を作り上げて排気する場合に、酸化バリウムに変えられるのである。

織條を製作する行程は、まず心線を適當の太さに引き、これをリボンに作り、あらかじめ練ってある炭酸バリウムのコップの中を通して酸化物を塗り付け、それを炉で乾かすのである。

かくして出来上った織條はそれぞれ目的に応じてこれを一定の長さに切り、さらに目的に応じて一定の形に成形される。これら成形された織條は第2章第5図に示した通りである。



第 77 図 送信真空管の陽極

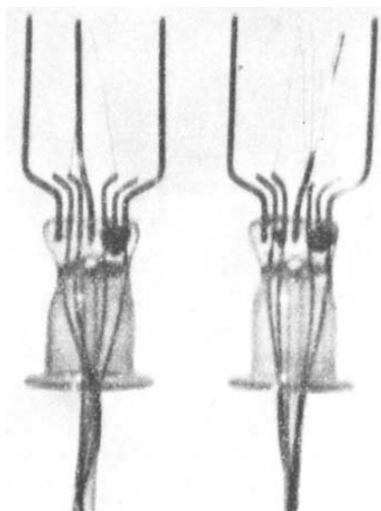
## 2. 格子

格子の材料は、主としてニッケル、ニクロム、モリブデン等である。各種真空管の格子はそれぞれ独自の格子捲機械でこれを作り、精密なるゲージで寸法、幅、捲数を一定に正しく仕上げるのである。これら仕上げの良否はたちまち真空管の特性に影響を来すので、ことに厳密を要するのである。

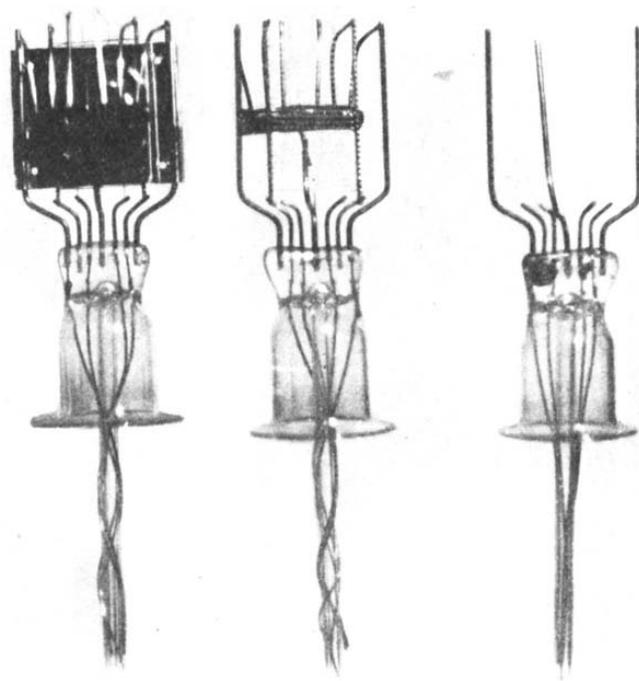
## 3. 陽極

陽極は真空管に応じて各種各様の形のものがあるが、その材料は受信真空管ではいずれもニッケルで、大型真空管ではニッケルの外にモリブデンが用いられる。その形状は第 77 図ないし第 86 図中に示すごとく、多くは角筒型または円筒型である。いずれも形が崩れない様に、また、熱の放散がよい様に工夫されている。また中には特に熱の放散をよくするために、その表面に煤などを塗ったものがある。

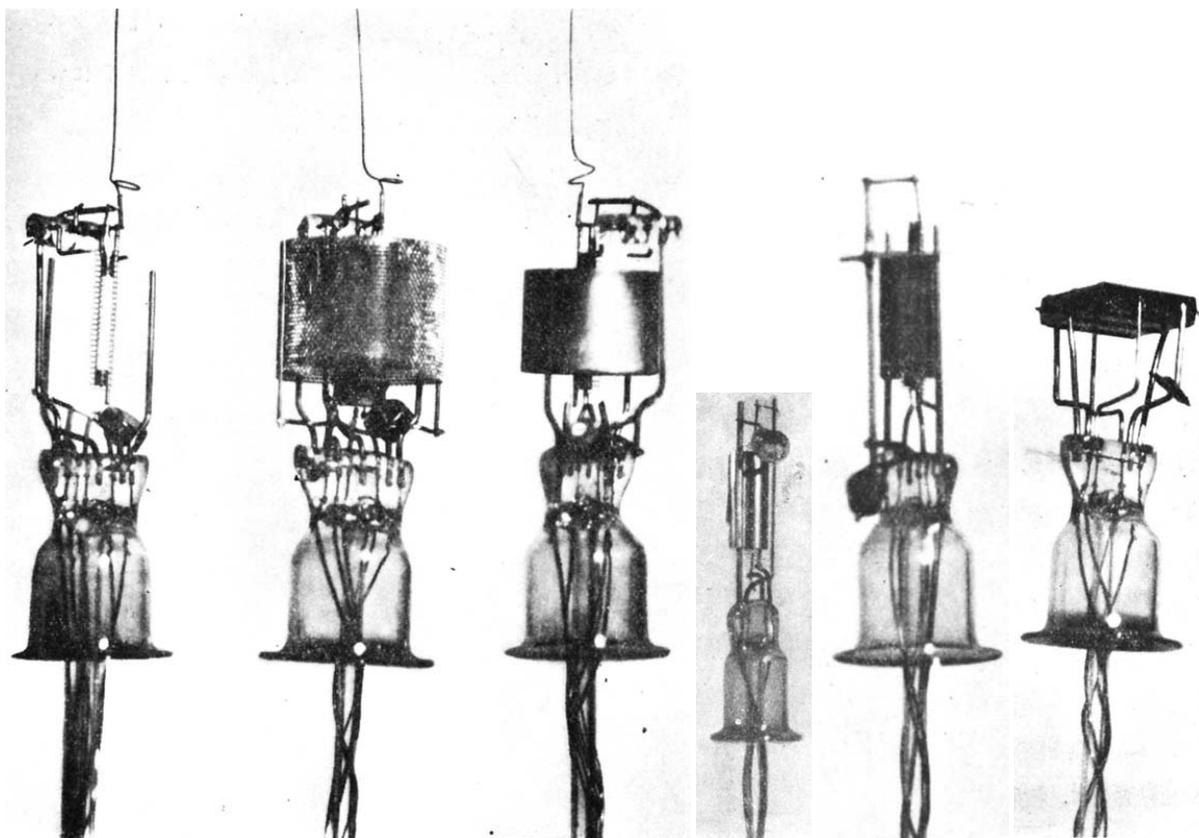
陽極の製作はいずれも型抜機械で作られる。これを使用する前には、いずれも水素炉中でこれを焼き、その表面をきれいにし、かつ吸着ガスなどを十分排出し、精密なゲージに合はせてこれを仕上げるのである。



第 78 図 ステム



第 79 図 ステムとマウント



第 80 図 マウント

第 81 図

第 82 図

第 83 図

#### 4. ステム

ステムは真空管のマウントの土台である。第 78 図ないし第 86 図に示すごとくマウントを支へ、陽極、格子、陰極等の導線を外部へ導き出す所である。これを作るには、まずガラス管を適当の長さ<sup>つば</sup>に切り、これに付けてフレアーを作り次にステム機にかけて真空管の電極の支柱や導線を挿込み、フレアーの一方を焼いて図の様に支柱や導線を封じ込むのである。これでステムは出来上ったわけであるが、なおガラスの歪みを除くためにこれに十分な生<sup>なま</sup>しを行うのである。第 78 図はこれにマウントを取付けるために適当な形を与えた所である。

#### 5. マウント

ステムの上に織條、格子、陽極等を取付けて、真空管の内部の構造を完成させたものを通常マウントと称する。ステムの上に織條、格子、陽極等を取付けるには電気熔接器を用いる。取付けの順序はまず織條を取付け、次に格子、陽極を取付け、さらにこれらをしっかりと固定させるための雲母支板等のごときものを取付け、最後に織條に張りを与える吊子を取付けてマウントを完成する。出来上ったマウントは一つ一つ厳密な検査をなし、各電極の位置を正しく仕上げる。

6. ガラス球 真空管のガラス球には色々な形状のものがある。送信真空管のごとき複雑な形をしたものは、いちいち手吹きで吹いて作るが、受信真空管のガラス球は電球の場合と同様に自動機械で作る。このガラス球を吹く機械は近頃はなほだしく進歩し、まったく自動的で 1 日に 10 万位は容易に作られる。従来受信真空管のガラス球は茄子型<sup>なす</sup>のものが多かった。最近ではダルマ型のもが多く用いられる様になった。これは雲母支板と相俟って真空管を堅牢にするためである。

#### 7. 口金

送信真空管には極めて種々な構造があり、口金を付けたものもあればまた付けないものもある。しかし受信真空管はほとんどすべて、種類に応じて一定の口金が付けてある。目下広く用いられている口金は、UX 型と UY 型と UZ 型と UT 型または Ut 型とである。UX 型は 4 本脚で、UY 型は 5 本脚、UZ 型は 6 本脚、UT 型、Ut 型は 7 本脚である。真空管の名称の頭に付けた UX、UY、UZ、UT、Ut なる記号は口金の型を表わすのである。

口金胴体の材料は多くベークライトである。体裁がよい上に絶縁がよく普通の構造で 1000 ヴォルト位には十分耐えるのである。

#### 8. 封じと排気

出来上がったマウントは、これにガラス球を被せて封じを行う。封じを行う機械には手動式のものと同自動式のものがある。自動式のものにはまた同時に排気を行い得るものがある。

排気を行う機械には、数個宛の真空管を断続的に排気して真空にする装置と、連続的に排気する自動排気機械とがある。いずれにも真空ポンプが用いられる。真空ポンプの中では、水銀ポンプが最も高度の真空が得られるので、これが多く用いられ、少くとも最後の仕上げにはこれが用いられる。これによると水銀柱で1万分の1<sup>ミリ</sup>位は容易に得られる。しかし水銀ポンプはそれだけでは十分に働かないので、その先に補助の廻転式またはピストン式のポンプが用いられる。

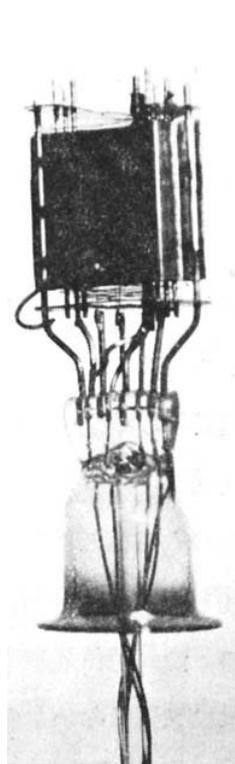
排気作業は真空管の排気行程の中で最も重要なもので、真空管の良不良はほとんどこの排気作業の良否に基くと云ってもよい。織條、格子、陽極などの金属部に含まれている色々なガスを追出す操作もこの排気作業中に行うのである。織條に含まれているガスを追出すには、それに電流を通じて赤熱するのである。格子、陽極などに含まれているガスを追出すには、高周波の誘導電気炉を用い真空管の外側から、これ等を赤熱するのである。大型の送信真空管とか、または高周波の誘導電気炉で焼きにくい形の真空管などでは、格子または陽極に電圧を加えて、陰極からの放射電流でそれらを赤熱するのである。かくして、織條、格子、陽極などから十分にガスが追出されると、次にゲッターと称するマグネシウム、バリウム等のごとき金属を真空管内で蒸発せしめ、これによって残留ガスを吸収せしめ、完全に近い高度の真空を作らせるのである。このゲッターを蒸発せしめるには、やはり高周波電気炉を用いる。真空管の多くが外観銀白色を呈しているのは、このゲッター金属の余分が附著したためである。

排気が終ってゲッターが作用したならば、ガスバーナーで排気管を熔し切り、真空管を完封するのである。これに口金を付ければ真空管が大体出来上る。

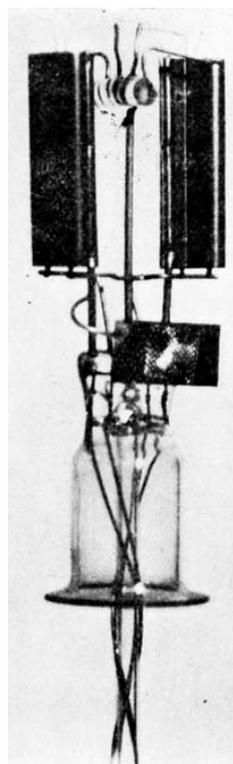
## 9. エージング

以上で大体真空管は出来上るが、これだけではまだ陰極から十分に熱電子が出て来ないのである。したがってまだ真空管としては十分に作用しない。そこで、十分な放射電流を出さしめ、しかもこれを不変ならしめるために、次にエージングという操作を行う。このエージングというのは、真空管の織條、格子、陽極等にある一定の電圧をかけて一定の時間放置して置く操作をいうのである。この操作を行うと、真空管はさらに高度の真空となり陰極からの放射電流も不変になる。これでいよいよ真空管が出来上るのである。

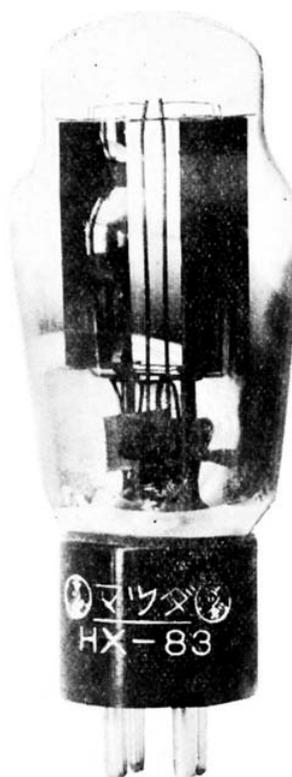
## 10. 試験



第 84 図



第 85 図



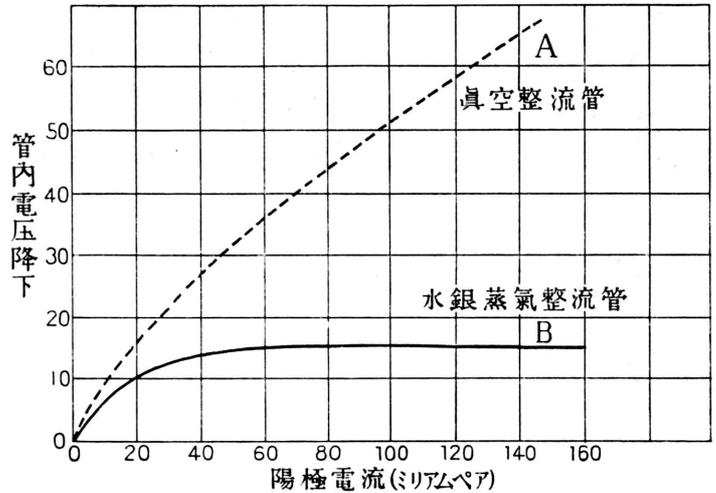
第 86 図

エージングの終わった真空管は、次に試験に送られて、細大洩さず各種の試験が行われる。試験のまず第1は外観試験で、ガラス球の傾いたものやその他<sup>かっこう</sup>恰好の悪いもの等はすべて除かれる。次いで、放射電流、陽極電流、格子電流、増幅定数、内部抵抗、出力、排気度等各種の特性試験が行われ、全部を通過したものが包装されて市場へ送り出されるのである。

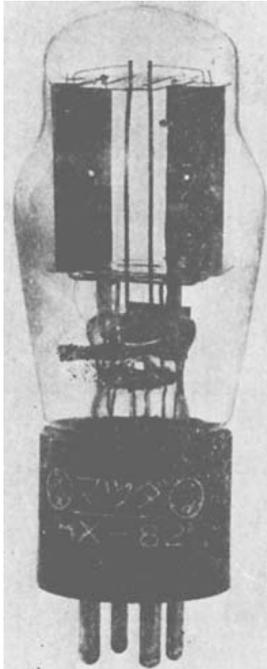
今や、これらの真空管の製作技術は十分に発達し、現在の真空管はその機能がモダンガールの腕時計よりも精確であるといわれている。けだしむべなるかなである。

## 第 13 章 ガス蒸気入整流管

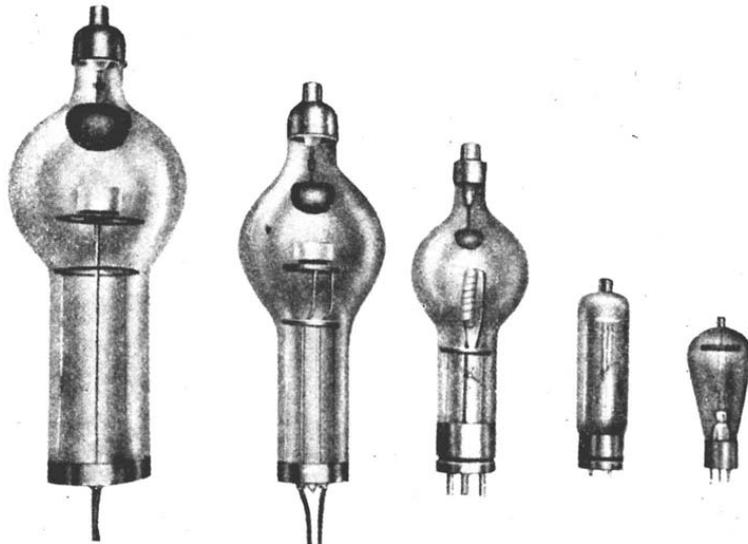
第 3 章に述べた整流真空管は第 87 図に示すごとく、その陽極電流が増すと、それに応じて管内の電圧降下が次第に増加する。これに不活性のガスまたは蒸気を封入すると、陰極物質の蒸発を防ぎ得るために、陰極の温度を上げる事が出来、またそのガスまたは蒸気の電離によって、空間電荷を中和し得ると同時に、それがイオンとなって電流の搬送体となるために、管内の電圧降下が極めて小さくなり、陽極電流が増加する。したがって整流真空管にガスまたは蒸気を入れると、極めて効率の高い整流管が得られる。この種の整流管に水銀蒸気整流管、タンガー・バルブがある。



第 87 図 水銀蒸気整流管の特性



第 88 図 低電圧用水銀蒸気整流管 (全波)



第 89 図 高電圧用水銀蒸気整流管

### 1. 水銀蒸気整流管

二極真空管に水銀蒸気を入れた整流管である。管内の電圧降下の小さいことは前述の通りである。第 87 図 B は同じ構造の整流真空管に対して、管内の電圧降下を比較した曲線図である。同図に明かなごとく、この種の整流管の管内電圧降下は、ある範囲では陽極電流の大きさにかかわらず一定で、約 15 ヴォルトである。これが水銀蒸気整流管の特徴である。かつこの整流管は比較的逆耐電圧が高いという利点がある。したがって比較的高電圧の整流に用いられる。第 88 図は普通のラジオ受信機に用いられるこの種の全波整流管で、第 89 図は送信機などの電源用として、1,000~2,000 ヴォルト位の高圧の整流に用いられるものである。この種の整流管を挙げると、第 13 表、第 14 表のごときものである。

### 2. タンガー・バルブ

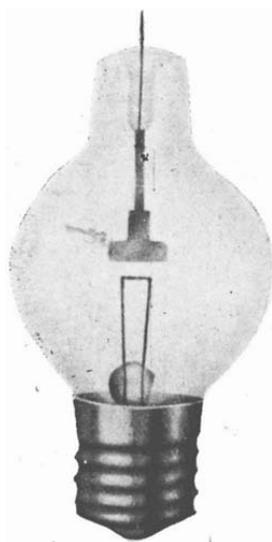
これは低圧のアルゴンを封入した整流管である。その構造は第 90 図に示すごとく、陰極は螺線形のトリエーテッド織條より成り、陽極はグラファイトより出来ている。陽極が特にグラファイトより出来ているのは、比較的大きな電流が流れるから、それが赤熱するのを防ぐためである。管内の電圧降下は極めて低く、大体 3~8 ヴォルトである。逆耐電圧が

第 13 表 低電圧用水銀蒸気整流管

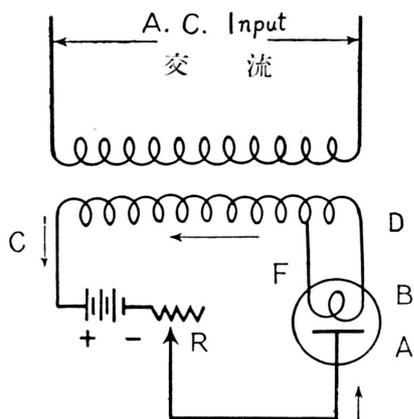
	織 条		最大交流電圧 (V)	負荷電流 (mA)	適 用
	電圧 (V)	電流 (A)			
HX-1	6.3	0.3	350	50	傍熱型全波整流
HX-82	2.5	3.0	500	125	全波整流
HX-83	5.0	3.0	500	250	全波整流

第 14 表 高電圧用水銀蒸気整流管

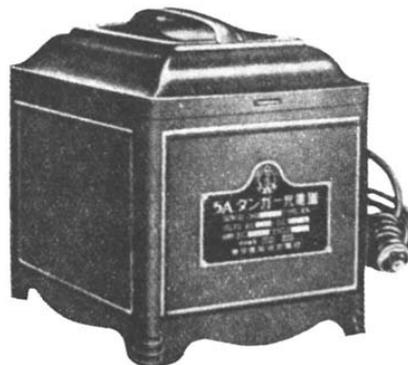
	織 条		逆耐電圧尖頭値 (V)	陽極電流尖頭値 (A)
	電圧 (V)	電流 (A)		
HX-966	2.5	5.0	5,000	0.6
HV-966A	2.5	5.0	20,000	0.5
HX-972	5.0	10.0	5,000	2.5
HV-972A	5.0	10.0	20,000	2.0
HV-969	5.0	20.0	20,000	5.0
HV-951	5.0	25.0	20,000	10.0



第 90 図



第 91 図

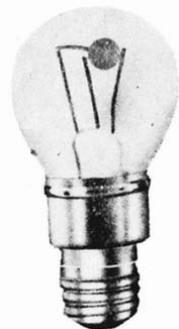


第 92 図 タンガー充電器

低いために、低電圧で大きな電流を必要とする場合の整流管として適当である。多く蓄電池の充電に用いられる。その接続図の一例を示すと、第 91 図のごときもので、その充電器の一例を挙げると第 92 図のごときものである。第 93 図は各種のタンガー・バルブで、第 15 表はそれらの規格である。

第 15 表 各種タンガー・バルブ

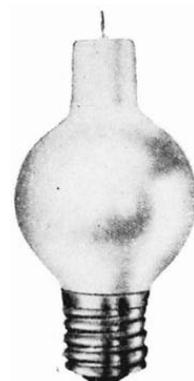
種 類	織 条		使用出力範囲	
	電圧 (V)	電流 (A)	電圧 (V)	電流 (A)
2A	1.8	10~12	75	2.5 以下
抵抗式用	3	5	75	2.0~0.5
6A	2.0	15~17	75	7.0 以下
15A	2.2	25~27	60	17.0 以下
30A	無負荷 全負荷	40~50	60	30.0 以下



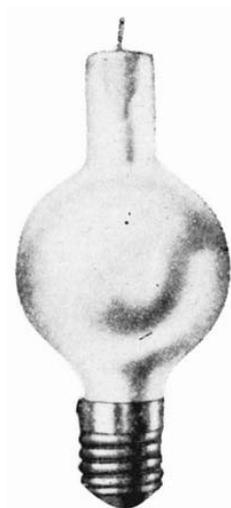
2A タンガー・バルブ



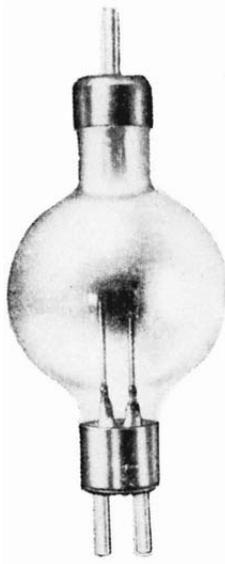
抵抗式ダンガー・バルブ



6A タンガー・バルブ



15A タンガー・バルブ

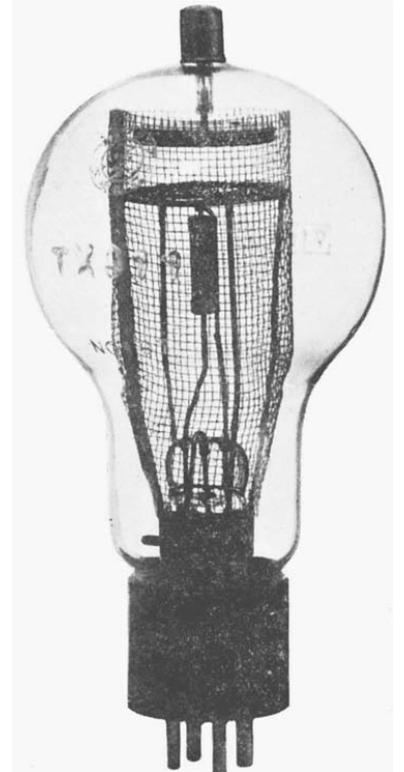


30A タンガー・バルブ

第 93 図 各種のタンガー・バルブ

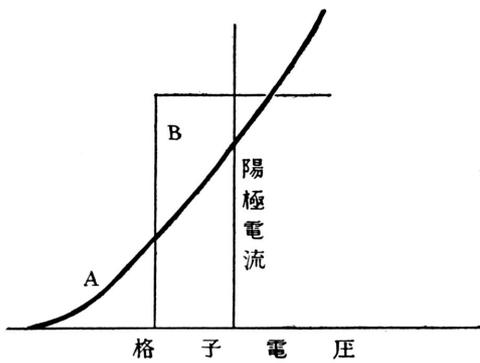
## 第14章 サイラトロン

サイラトロンはいかなるものか、一口に云えば、三極真空管に不活性のガスまたは水銀蒸気を入れたものである。二極真空管に不活性のガスまたは水銀蒸気を入れたのが、タンガー・バルブまたは水銀蒸気整流管で、三極真空管に不活性のガスまたは水銀蒸気を入れたのが、このサイラトロンである。その構造は大体第94図に示すごときものである。目下広く使用されているものは、水銀蒸気の入ったものである。その陰極は酸化物被覆陰極で、直熱型のものと同熱型のものとの2種がある。酸化物被覆陰極が用いられるのは、特に加熱電力に対し電子の放射率が大きいためである。格子は三極真空管とはかなり相違し、完全に陰極を包囲するごとき構造となっている。かつ陰極との間隔は相当に広がっている。これはサイラトロンが水銀蒸気の電離を利用するもので、三極真空管のごとくその間隔を狭くする必要がないからである。陽極は管内の電圧降下が小さく、さほど赤熱されることがないので、比較的小さい。第94図に示すものは網となっている。

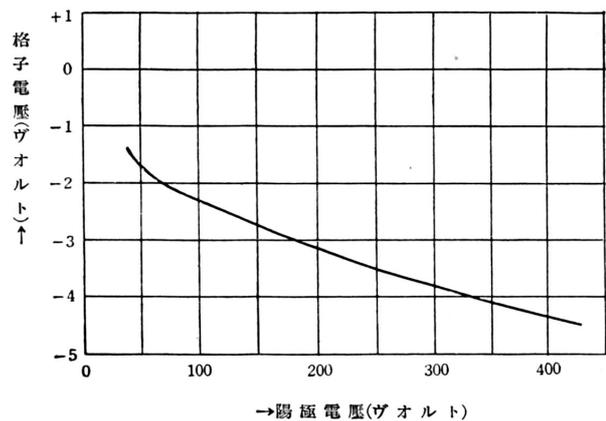


第94図 サイラトロン

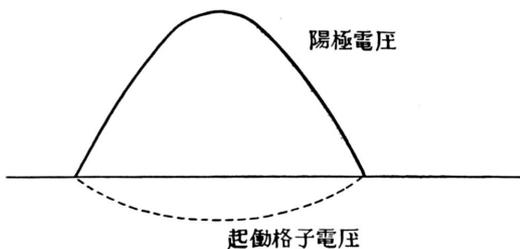
サイラトロンはその構造上においては三極真空管と大なる相違はないが、その動作上においては相当の相違がある。すなわち三極真空管においては、陽極に一定の電圧を与え、格子電圧を変えると、その陽極電流は第95図のAに示すごとく徐々に変化するが、サイラトロンにおいては同図Bに示すごとく、格子がある電圧になると急に陽極電流が通じ、かついったん陽極電流が通じると、一切格子電圧の影響を受けないのである。言い換えればサイラトロンの陽極電流は通じ初める時のみに格子の制御を受けるが、一旦流れ出すと一切制御を受けないのである。その陽極電流が流れ初める時の陽極電圧と格子電圧との間には一定の関係がある。その一例を示せば第96図のごとくである。そしていったん陽極電流が流れ初めると、それを止めるには、陽極電圧を零にするより外はない。



第95図 真空管の特性とサイラトロンの特性



第96図 陽極電圧と格子電圧との関係

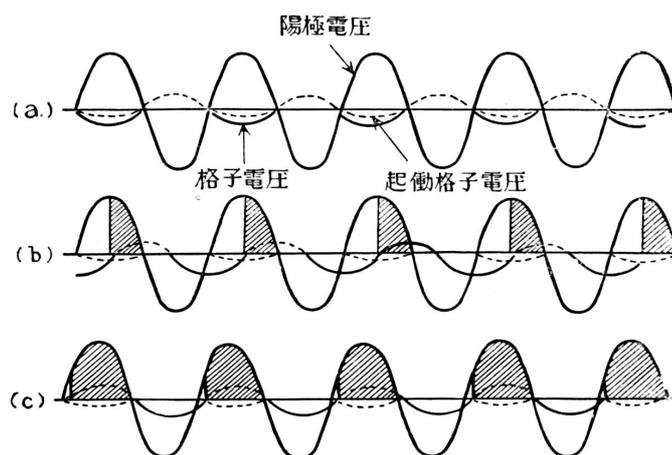


第97図 陽極電圧と起働格子電圧

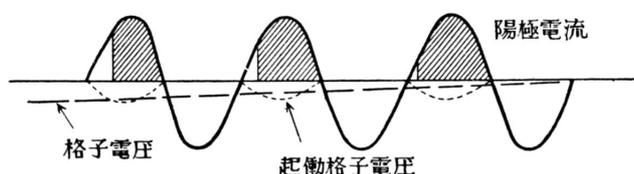
サイラトロンは大体以上のごとき特性を持っているから、見方によれば格子で陽極電流の始働を制御し得る整流管であると云える。陽極電流が流れている場合の管内電圧降下は大体20ヴォルト以下である。

サイラトロンはその応用が極めて多かるうと思われるが、発達が目下お浅く、今後の開拓に属すべきものが多い。いかなる作用をするか、その一二の例を挙げれば、次のごときものである。

まずサイラトロンの陽極格子に交流電圧を与える場合を述べて見よう。サイラトロンが始動する場合の陽極電圧と格子電圧との間には、



第 98 図 陽極電圧，格子電圧の位相関係と陽極電流



第 99 図

第 96 図に示すとき一定の関係があるから，陽極電圧が交流の場合には，その起働格子電圧は第 97 図のごとき関係となる。したがってこの場合には，格子電圧の大きさと位相との関係によって，陽極電流は第 98 図に示すごとくなる。すなわち同図 (a) は格子電圧が起働格子電圧より低い場合であって，この場合には陽極電流は流れない。(b) は格子電圧の位相が陽極電圧より 90 度遅れている場合であって，この場合には 1/4 の波の間だけ陽極電流が流れる。(c) は格子電圧の位相が陽極電圧より少し遅れている場合であって，陽極電流は図のごとくなる。

次に陽極に交流を与え，格子に直流を与える場合には，格子電圧の大きさによって，第 99 図に示すごととき陽極電流が流れる。

またサイラトロンはその陽極に直流を与えて使用することも出来る。この場合に適当な回路を用いれば，その直流を交流に変えることが出来る。これが工業的に実際化されると，直流送電が行われるので，目下諸方で研究されている。サイラトロンの応用は前述のごとく未開拓のものが多い。今後刮目して期して待つべきもの<sup>かつもく</sup>が多かるうと思われる。

目下の商品としては第 16 表のごときものがある。

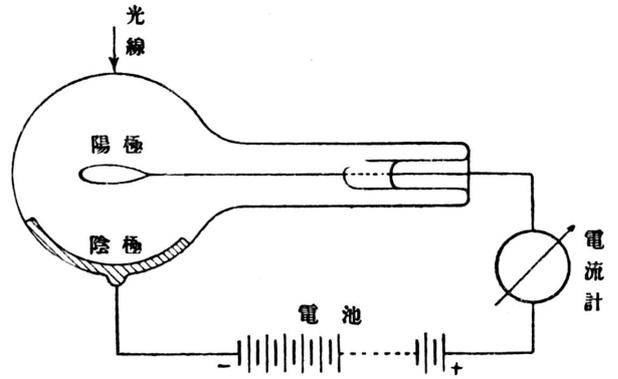
第 16 表 サイラトロン各種

	最大尖頭逆耐電圧 (V)	平均陽極電流 (A)
TX-902	500	0.2
TX-903	500	0.2
TX-911	5,000	1.0
TV-913	20,000	4.0
TX-914	20,000	10.0
TX-931	5,000	0.5
TV-932	15,000	2.5

## 第15章 光電管

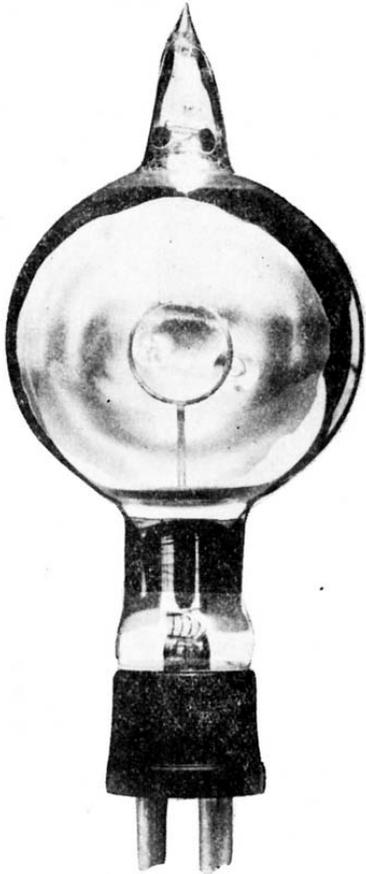
### 1. 光電管の原理

金属が熱せられるとその表面から電子を放出することは前述の通りであって、真空管、水銀蒸気整流管、タンガー・バルブ、サイクロン等はその作用の応用されたものであるが、金属の中にはまた光が当たるとその表面から電子を放出するものがある。それはアルカリ金属のリチウム、ナトリウム、カリウム、セシウム等及びアルカリ土金属のヘリウム、ストロンチウム等である。光電管はこれら金属のこの作用の応用されたもので、光の変化を電流の変化に変える一種の真空管である。真空管とする理由は、これ等の金属が空気中では非常に冒されやすいためである。第100図は光電管の大体の構造である。同図の陰極は上記の金属の薄膜で、陽極はそれから飛び出す電子を集める電極である。光電管を同図に示すごとく接続し、それに光を当てると、陰極からは電子が飛び出し陽極へ流れ込むために、光電管には電流が通じる。しこうして光を遮断すると、その電流がなくなる。すなわち光電管によれば光の変化を電流の変化に変えることが出来る。これが光電管の原理である。この光が当てて流れる電流は光電流といわれる。

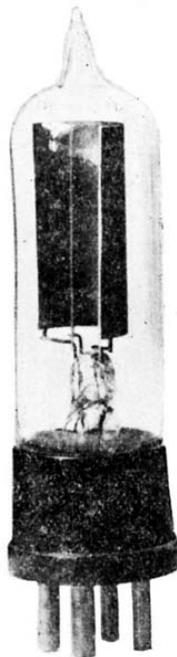


第100図 光電管の原理

光電管の実際の構造には種々な形状のものがあり、扁平状のものもあれば球状のものもあり、また直径において20<sup>センチ</sup>位のものもあれば5<sup>センチ</sup>位のものもあるが、最も広く用いられているのは、第101図、第102図に示すとき構造のものである。第101図はその陰極がガラスの内壁にあるもので、第102図はその陰極のガラス壁上になくて、半円筒の金属板から成っているものである。光電管は以上に述べたごとく、光が当たると感じて光電流を通じるがこの光電流の大きさは、陰極に用いられる金属の種類、製作途中の感光処理の方法、また当たった光の種類(波長)によって非常に違うのである。光電管の陰極に違った金属を用いた場合に、その感度が光の波長に対していかになるかということを示すと第103図の通りである。ただし同図は各光電管の最も感度のよい所を基準として、感度が光の波長に対していかになるかということを示したものである。目下光電管の陰極として実際に多く用いられている金属を挙げると、リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビヂウム、セシウム、バリウム、ストロンチウムである。これらの光電管の中で最も広く普通に用いられるものは、セシウム光電管である。光電管中最も感度がよい。その感度の光の波長に対して変る模様を詳しく示せば第104図の通りである。紫外線から赤外線に至るまで、極めて広範囲の光に対して感じる事が明かである

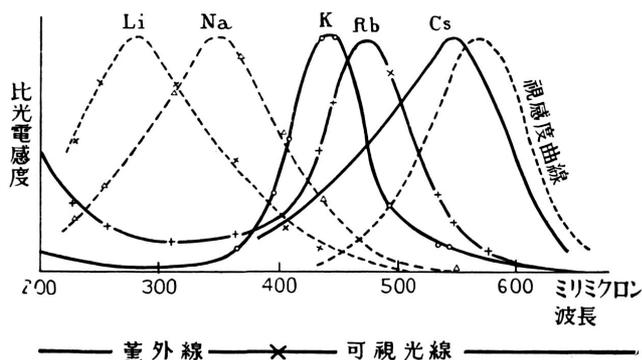


第101図

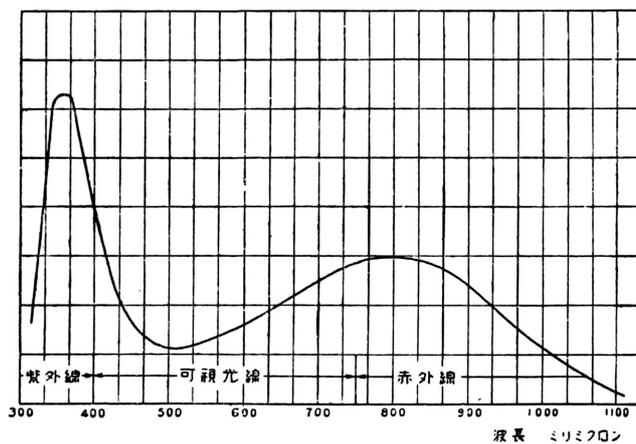


第102図

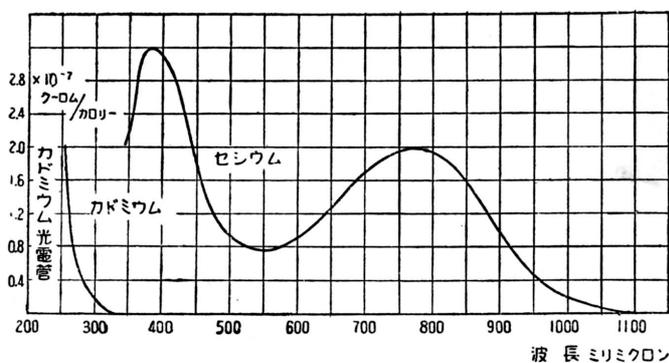
う。その他、特殊目的に対して比較的多く用いられるものはカドミウム光電管とカリウム光電管である。カドミウム光電管はその感じる限界波長が種々な化学的ならびに医学的の紫外線の範囲にあるので、紫外線の測定によく用いられる。その感度と波長との関係を示すと第105図の通りである。ただし同図はセシウム光電管に対比してそれを示したものである。カリウム光電管は特殊方法で感光処理をすると、視感度曲線と極めてよく似た特性を持ったものが出来上る。光度の



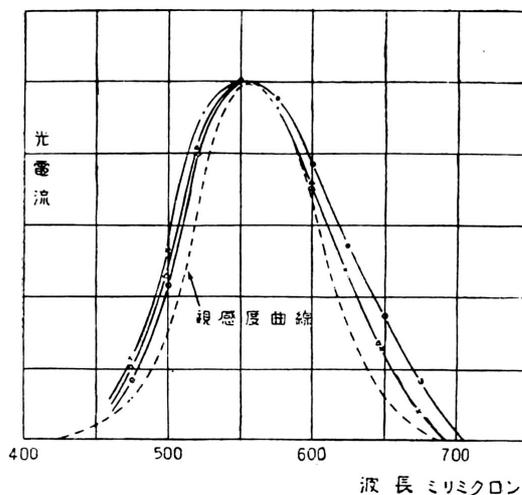
第 103 図 光電管の感度と波長との関係



第 104 図 セシウム光電管の光と波長と感度との関係



第 105 図 カドミウム光電管とセシウム光電管

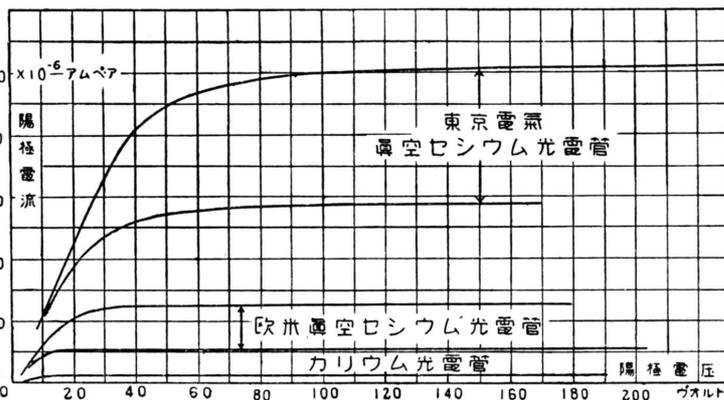


第 106 図 測光用カリウム光電管に遮光板を併用した時の特性曲線

測定やその他人間の眼と同様な感度を必要とする場合などに用いられる。

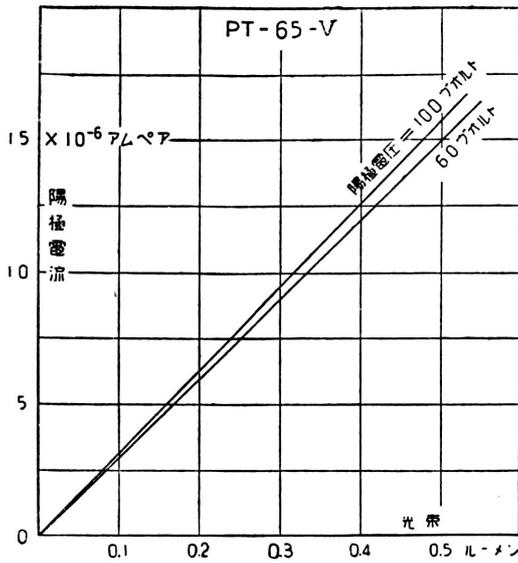
## 2. 光電管の特性

光電管の感度は、発明された当時においては極めて低く 1 ルーメンの光に対してようやく 1 マイクロアンペア位の光電流を通じるものであったが、その後次第に改良せられ現在においては極めてよいものになった。目下最も感度のよいことにおいては世界中を通じて、東京電気会社のセシウム光電管の右に出づるものはなく、1 ルーメンの光に対して 5 マイクロアンペア位の光電流を通じる。その陽極電圧に対する特性を示すと第 107 図の通りである。本邦における写真電送、テレビジョン等が相当に進歩を示しているのは、

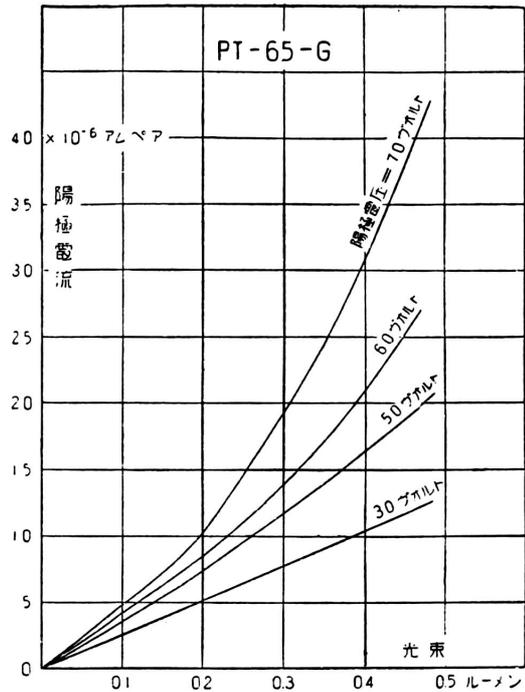


第 107 図 光電管の 1 ルーメン当りの感度の比較

この光電管の完成に負う所少なくないのである。光電管は前述のごとく、それに光が当たると光電流を通すが、この光電流の大きさは、陽極電圧のある範囲内では全然光の強さに比例して増減するのである。これが光電管の光を電流に変える場合に用いられるゆえんである。第 108 図は真空光電管についてその特性を示したものである。その光電流すなわち陽極電流が光の強さに応じて、いかに直線的に変化するかということは同図によって明かであろう。しかしガスを入れた光電管に於ては、第 109 図に示すごとく、その特性は多少の彎曲を持つ。しかし非常に感度がよくなるので、目的によって非常



第 108 図 真空光電管の光束と光電流との関係



第 109 図 ガス入光電管の光束と電流

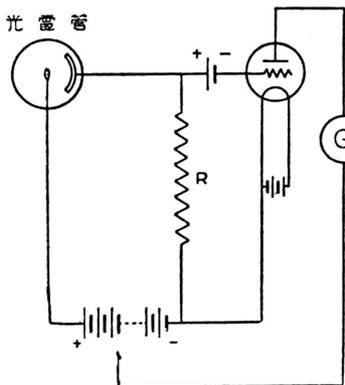
に重用される。

その他光電管は光が当たってから動作するまでにほとんど時間を要せず、また使用中にほとんど陽極電流が変わらないという特徴を持っている。

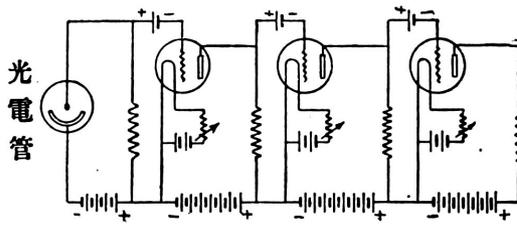
### 3. 光電流の増幅

光電管に流れる光電流は光の強さにもよるが、一般に比較的小さいものである。それで光電管を応用する場合には、たいていそれを増幅して用いる。その方法は目的によって大体二つに分けられる。その一は増幅された電流が光の強さに比例する場合で、その二は増幅された電流が光の強さに比例しなくともよい場合である。前者は光電管を測定に用いる場合で、増幅には普通真空管を用いる。後者は単に光を検出する場合で、増幅には真空管またはガス入放電管を用いる。

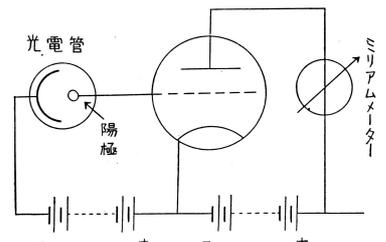
真空管を用いる増幅回路の一、二例を示すと、第 110 図、第 111 図、第 112 図のごときものである。第 110 図は増幅された電流が光の強さに比例する場合で、この場合には同図に示すごとく、光電管の外部の回路に高抵抗を接続する。光電管に光が当たるとこの高抵抗に電流が通じ、その両端に電位差が起るから、真空管の格子電圧が変り、それに応じて陽極電流が変わってくる。今この光電管の特性が 1 ルーメンの光に対して 5 マイクロアムペアの光電流を通じるのものであるとし、外部へ入れた高抵抗の値が 1 メグオームであるとすれば、高抵抗の両端には 5 ヴォルトの電位差が起ることになる。この場合、真空管の特性が 1 ヴォルトの格子電圧の変化に対し 1 ミリアムペアの陽極電流の変化を来すものとするれば、5 ヴォルトの変化に対しては 5 ミリアムペアの変化を来す。すなわち 5 マイクロアムペアの電流が 5 ミリアムペアに増幅されることになる。ちょうど 1,000 倍である。なおいっそうの高抵抗を用いれば、数万倍位には容易に増幅される。



第 110 図 光電流の増幅



第 111 図 光電流の増幅



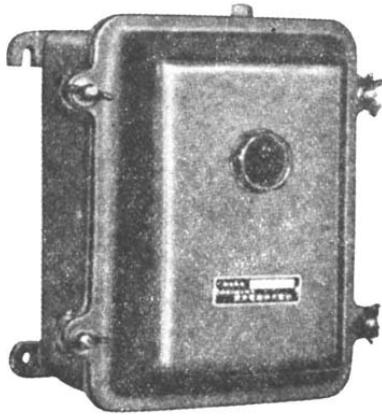
第 112 図 光電流の増幅

ずっと高く増幅する場合には、第 111 図に示すごとく真空管の数を増すのである。

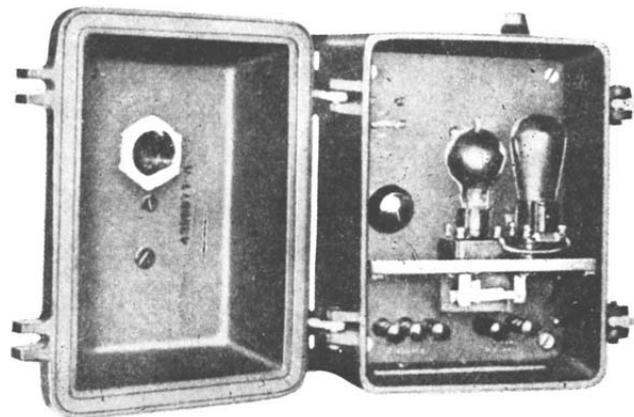
第 112 図は単に光を検出すればよい場合に用いられる接続図である。ただの 1 球で数百万倍の電流増幅が得られる。

4. 光電管の応用

光電管は以上に述べたごとく、光の変化を電流の変化に変える真空管であるから、応用範囲は極めて広い。次にその例を挙げて見よう。



第 113 図 自動点滅装置の外観



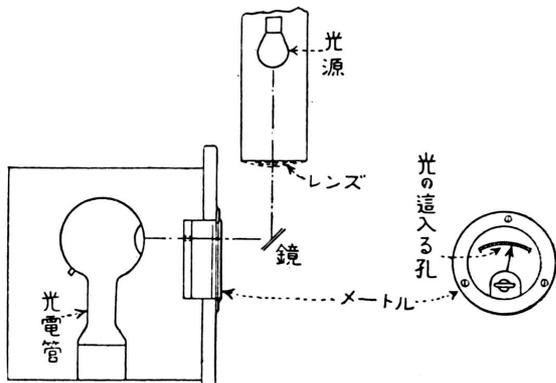
第 114 図 自動点滅装置の内部

(イ) 照明の制御 電灯の点滅は普通人手で行われているが、光電管を用いれば、人手をかけなくとも、一定の暗さになれば自動的に点灯し、また一定の明るさになれば、自動的に消灯することが出来る。

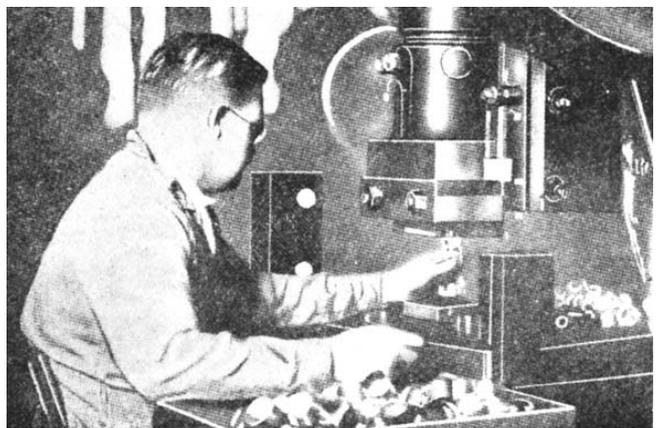
第 113 図、第 114 図は自動点滅装置の

写真である。ある工場で行われた試験によると、この自動施設を施した所、電力が 50% 以上も節約された上に、仕事の効率が上がったといわれている。すなわち工場を 2 分して一方には自動点滅装置を取付け、他方にはこれを取付けず人手によって点滅を行い、その成績を比較した。ところが一方では昼光がある値以下に下ると、自動点滅装置が働いて自然に点滅するが、他方では人手によって点滅したために、30 分以上も暗い所で無意識に働かなければならなかったのみならず、昼光が明るくなって点滅の必要がなくなったにもかかわらず、他方では数時間も点滅して電力を消費していたということである。学校、事務所、工場、商店などの照明を一定に保つために、応用されて相当に効果があると思われる。また街路照明、電気サイン等に应用されても非常に面白い。四季を通じて一定の明るさまたは暗さになると、自動的に点滅させることが出来る上に、天候に応じてまた点滅させることが出来る。

(ロ) 自動警報装置 一定の時間または一定の場所に来ると、光電管が働く様にして置くと、その時間、場所に来ると自然と自動的に警報をならすことが出来る。第 115 図は計器の一定の場所へ針が来ると、自然に警報がなる様に仕掛けた装置である。計器の目盛板に小さい孔があり、光がいつもこの孔を通して光電管に当たる様にしてある。計器の針がこの孔を塞ぐと、光電管が働いて自動的に警報がなる。この原理を応用すると、金庫または火薬庫に人が近づくと、たちまち警報がなる様な仕掛けも容易に出来る。しかしそういう場合には赤外線と、赤外線に感じる光電管を用いる。目には見えないが、その光がさえぎられるとたちまち警報がなる。



第 115 図 光電管を使って計器が或る読みに達した時に警告を發せさせる



第 116 図 手が機械の危険区域にある間は作動しない仕組を示す

(ハ) 自動安全装置 機械が運転している時に、人が危険区域に近づいた場合に警報がなるとか、または機械の運転が中止するとか、という様なことも光電管を応用すれば容易に出来る。第 116 図は工人の手が機械の下にある間は、光電管にはいる光が遮られて、機械が動かない様に仕掛けられているところである。第 117 図はエレベーターに光電管が応用されている所である。もし入口に人が居て、光電管の光が遮られている間は戸が閉まらない様になり、またたとえ動き出しても直ぐ逆行して戻る様になる。

以上は光電管応用のほんの一二例を示したに過ぎない。かくのごとき光電管の応用を一々数え挙げたらそれこそ無数にある。写真電送、トーキー、テレビジョンなどもこの光電管の応用されたものである。その主なるものを表示すれば次のごときものである。

(i) 光電継電器を使用するもの

(イ) 光の強さが不連続的に変化するもの

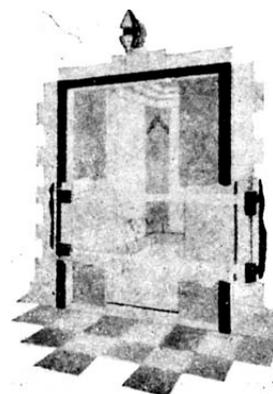
- (1) 自動警報装置 (オートアラーム)
- (2) 速度測定装置
- (3) 自動計数装置
- (4) 自動選別装置
- (5) 自動製糸機械
- (6) 自動飲水噴出装置
- (7) 裁断機制御装置
- (8) 機械操作安全装置
- (9) 電気リノタイプ装置
- (10) 自動扉開閉装置
- (11) 光線電信

(ロ) 光の強さが連続的に変化するもの

- (1) 自動電灯点滅装置 (オートレー)
- (2) 自動試験装置 (コンデンサー等)
- (3) 濃度測定装置
- (4) 自動補給装置
- (5) 温度調整装置
- (6) 自動速度調整装置
- (7) 品質検定装置
- (8) 紋織装置
- (9) 自動パン焼装置

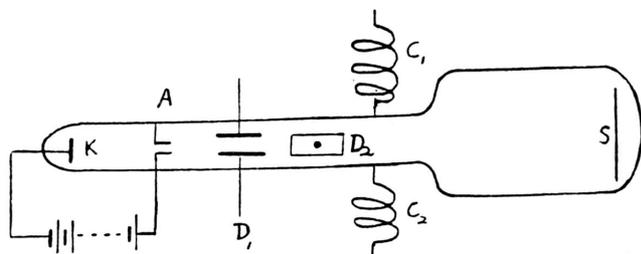
(ハ) 一般の応用

- (1) トーキー発声装置
- (2) フィルム蓄音機
- (3) テレビジョン
- (4) 写真電送装置
- (5) 印刷判型製作装置
- (6) 測光装置
- (7) 紫外線測定装置
- (8) 天体測光装置
- (9) 比色装置
- (10) 微小電流増幅装置
- (11) インテグラフ装置
- (12) 温度測定装置等



第 117 図 エレベーターに光電管が応用されているところ

## 第16章 ブラウン管



第118図 ブラウン管の構造

ブラウン管は一名陰極線オシログラフともいわれる。1887年にブラウンという人が、真空管の陰極から出る電子流すなわち陰極線について詳しい研究をなし、これを完成したので普通その名をもって呼ばれている。光電管が光の変化を電流の変化に変える真空管であるに対し、これは逆に電流の変化を光の変化に変え、電圧電流の急速な変化を見または写真に撮る真空管である。金属製のものとガラス製のものと2種があるが、大体の構造

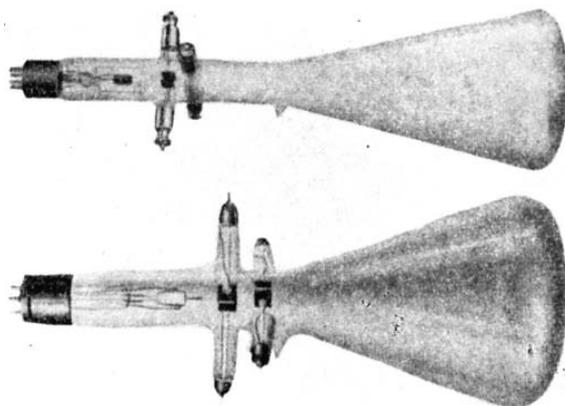
は第118図に示すごとくになっている。同図のKは陰極で、Aは陽極である。この陽極は陰極から来る電子の流れを取出すための小さい孔がある。陽極に電圧を与えると、陰極から陽極へ電子の流れが起り、その一部がこの孔を通り抜けて同図の衝立Sの方へ進行する。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>はその流れを静電的に動かす電極で、偏光板といわれ、それぞれ1対の平行板より成り、互に直角の位置に置かれてある。この流れを磁氣的に動かす場合には、管の外部に置いたコイルC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>に電流を通じて磁界を作るのである。衝立Sには珪酸亜鉛またはタングステン酸カルシウムのごとき、高速度を持った電子が当たると光を発する蛍光物質が塗ってある。この衝立は普通輝幕または蛍光板といわれる。ブラウン管の陽極に電圧を与え、偏光板ならびにコイルにそれぞれ電圧電流を加えると、陽極の孔を通り抜けた細い電子の流れは、偏光板ならびにコイルに加えられた電圧電流によって上下左右に曲げられ、輝幕に当りそこに光を発し、第??図に示す様な模様を描く。この模様は偏光板ならびにコイルに加えられた電圧電流によって特有の形となるから、これによって偏光板ならびにコイルに加えられた電圧電流の波形を知ることが出来る。これがブラウン管の原理である。

従来用いられておったブラウン管は金属製の高電圧用のもので、写真の撮影のみに用いられていたが、最近においては熱陰極を持った極めて低電圧で働くガラス製のものが製作される様になり、この種のものが多く用いられる様になった。

ブラウン管にはまた真空のものと、多少低圧の不活性ガスの入ったものがある。真空のものは陰極から出る電子流が反発して広がり、輝幕上に投ずる輝点が大きくなりやすいために、陰極の近くに集束環が付けてある。

またブラウン管には格子の挿入せられたものがある。テレビジョンに用いられるものはそれである。それをテレビジョンに用いる場合には、2対の偏光板にそれぞれ適当な電圧を与え、画面上の各点が順次に輝幕上に現われる様にし、格子に各点の濃淡に相当する負電圧を与え、それを変調するのである。

ブラウン管は従来一般物理、化学の研究に用いられるのがその主なる用途であったが、最近においてはテレビジョンに好んで応用されるようになった。ブラウン管をテレビジョンの送像、受像に用いると、総ての働きが電磁的になるために、設備が簡単になり動作が正確になる上に、他方法によるがごとき機械的の振動騒音というものが避けられる利益がある。これが好んで用いられる理由である。現在のテレビジョンは今後このブラウン管の改良によって完成されるのでは



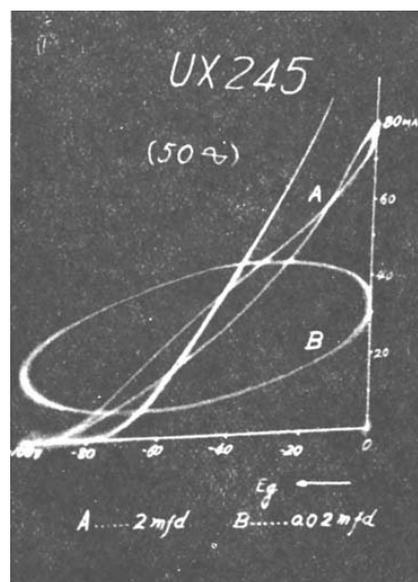
第119図 ブラウン管



第120図 ブラウン管装置



甲



乙

第 121 図

なかろうか。

(『電球及真空管』新光社，1934年より。)

ラジオ温故知新 <http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/>