

の金屬椰子は相互に連結されてゐて單一調整をなし得る。同心線を共振する様に調整した時の長さは一般に共振周波数の四分の一波長より短く 300 MC/s に對してその値の 27%, 171 MC/s に對しては 50%, 更に 100 MC/s に於ては 58.7% の長さとなる。陽極直流導線を同心線結合器の内線の内部を通すことに依り、各段とその次段との間に二組の同心線を置く必要なく之を一組に減少することが出来る。

本受信器に於ける對應第三高調波の干渉の可能性は

受信器が 360 MC/s 以上の周波數に對して殆んど無感であるため恐らく無視し得られるものと考へる。

著者は此の研究の遂行に於て種々助言を送られ且結果を理論的に解析されたる H. Diamond 氏に負ふ處が多い。又本受信器の構造及機械的設計に貴重なる暗示を與へられたる L. L. Hughes 氏に對しても感謝するものである。

Washington, 1935 年 10 月 14 日

ジーマンス電話用真空管の發達に就いて (抄譯)

DIE ENTWICKLUNG DER SIEMENS- FERNSPRECHRÖHRE

(ジーマンス真空管製作所報告)

著者 C. Nebel

譯者 原 島 治 [小林 正次]

1. 緒 言

今日電話回路に増幅器として使用される真空管は、真空工業の發達と共に特殊の立場を取るに至つた。而して電話増幅に用ひられる真空管は、其の獨得の要求から、最初より普通放送無線に用ひられるものと全く異つた形式で發達して來た。放送無線の真空管は、最小のエネルギーで出来るだけ高い増幅度を持たねばならぬ。この爲に補助電極を使用して相互傳導度の高い且、經濟的な真空管が發達した。一方電話用としては上と全く異つた要求を満さねばならぬ。即ち電話傳送に於ける増幅器に於ては入來電壓を、丁度傳送回路の損失を補償する様に増幅する必要がある。電話増幅器の技術の問題は、任意の二點間に明瞭な通話が可能なる如く電話回路を構成するにある。斯様な見地から電話系統の發達には常に均等性なる問題が置かれて居る。

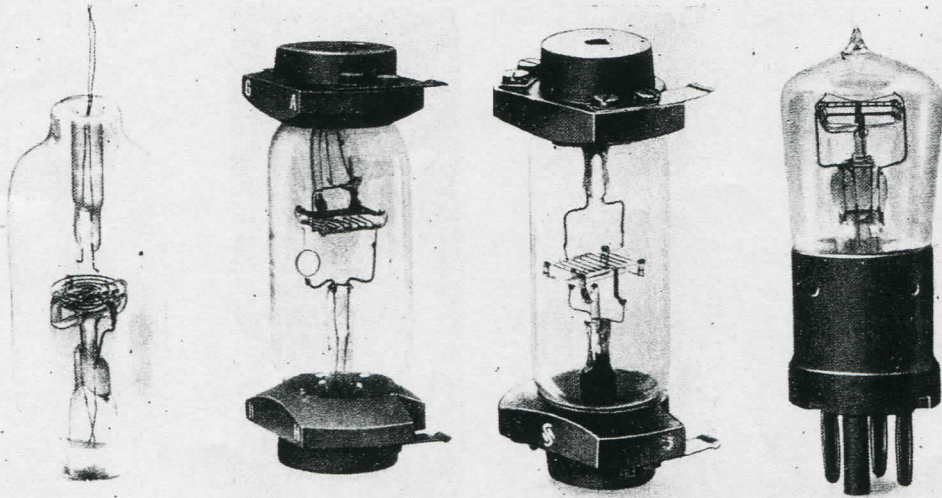
増幅器の發達に於ては真空管に特殊の注意が拂はれて居た。電源の變動や、真空管の特性の不同により増幅器の狂ひが起つてはならぬ。この意味で電話用真空管には均一性なる問題が極めて重要な意義を持つことになる。電話用真空管は一様な特性を保持する必要上

其の構造は極めて嚴格に且堅固に作られて居る。而して今日迄の總ての改良進歩は總てこの點に向けられて來た。就中カソードに就いては最も嚴格である。カソードは常に高温度にある爲、徐々に内部構造が變化し遂に真空管として用をなさなくなる。而して個々の真空管を取換へると、入換へた真空管の特性は以前のと同様でないから、増幅器の特性が變化することになる。この爲増幅器の働作は不安定となり、1 個の真空管を取換へた爲屢々通話が中絶する様な危険も生ずるのである。それ故、電話用真空管は出来るだけ長い壽命を有し、且この間特性の變化しない事が要求される。

酸化カソードはタングステンカソードに比べ其の電子放射の條件が非常に難かしい。それ故最初は色々の困難があつたが長年の經驗により完全に近いものとなつた。而して最近の發達は總てこのカソードに向けられて居る。

2. 大戦中に於ける發達 1914—1918 年

ドイツに於ける最初の真空管は大戦前已に現はれて居た。而して興味深いことには、大戦の特殊の要求により真空管の發達が大いに助成された。真空管の發展は最初電話技術への應用を目的として着手されたが、



(a) 第一圖 A 型 真空管 $i_{a1}=0.52 \text{ A}, D=7\%, R_i=120,000 \Omega$
 a 圖 螺旋形グリッド及皿狀陽極を持つた最も古い構造 (1916)
 b 圖 打型グリッドの始まり、グリッドは螺旋でなく、又カソードは最早半圓型ではない (1916)
 c 圖 打型グリッドを有する構造 (1917) d 圖 真空管の下側のみで支へた後の構造 (1918)

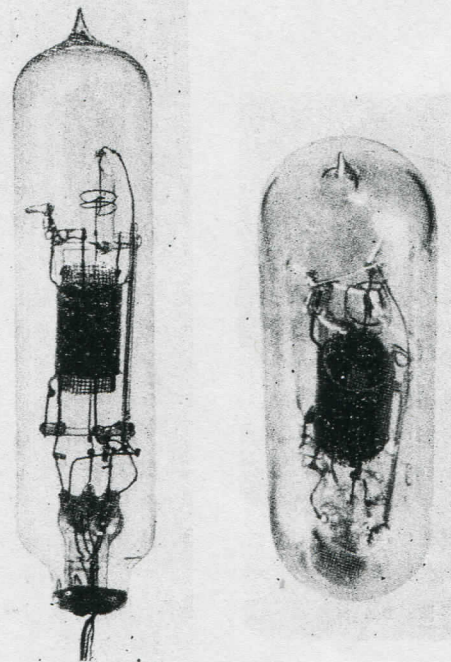
其の後軍事上の問題を背景として研究が行はれた。而して 1916 年の秋初めて A 型真空管 (第一圖) が軍事上の通信装置に使用された。

之等の真空管の構造は de Forest 真空管とほぼ同様である。即ち皿狀の陽極と、硝子で支へられた平面狀の螺旋狀グリッドと、タングステン繊維とより成る。其の後この構造は用ひられなくなり、グリッドに打型が用ひられた。當時かゝる構造にしても尚ほ真空管が働くや否やに就いて多くの議論が行はれた。これを見ても當時の技術が如何に幼稚であつたか分る。しかしこの真空管は大戦中屢々色々な需要に使用された。

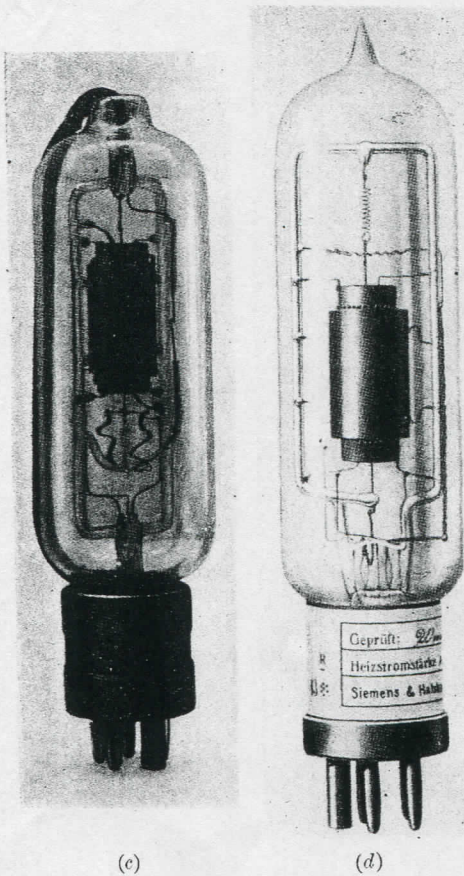
ドイツに於ける真空管の發達の最初の年に、二格子真空管が研究された。Schottky に依り 1915 年に空間電荷格子、1916 年に遮蔽格子の理論が與へられた。この二種の真空管は大戦中特殊の目的の爲に良く適合した。特殊軍用通信装置に於ては小なるエネルギーで出来るだけ高い増幅度を得る必要がある。而して本真空管を用ひてから、今迄の陽極電壓の一部で高い増幅度が得られる様になつた。二格子真空管の出現が當時如何なる影響を與へたかは、其の後發達した單一及多格子真空管の数より大體想像出来る。即ち、1916 年より 1918 年の間に Siemens & Halske で約 100 種以上の二格子真空管が發展せられたが、一格子真空管は僅に 15 乃至 20 種に過ぎなかつた。

R 型真空管はドイツで作られた最初の空間電荷格子真空管である (第二圖) この真空管により從來低かつた

相互傳導度を著しく高める事が出来、真空管の働きが



(a) 第二圖 空間電荷真空管 $i_{a1}=2.1 \text{ A}, D=4\%, R_i=6000 \Omega$
 a 圖及 b 圖 ドイツの空間電荷管の最初のもの (1916) 格子は金屬網より成る。空間電荷格子は径が小さく (4 耗) 制御格子は陽極に直ぐ接近して居る。



(c) (d)

第二圖

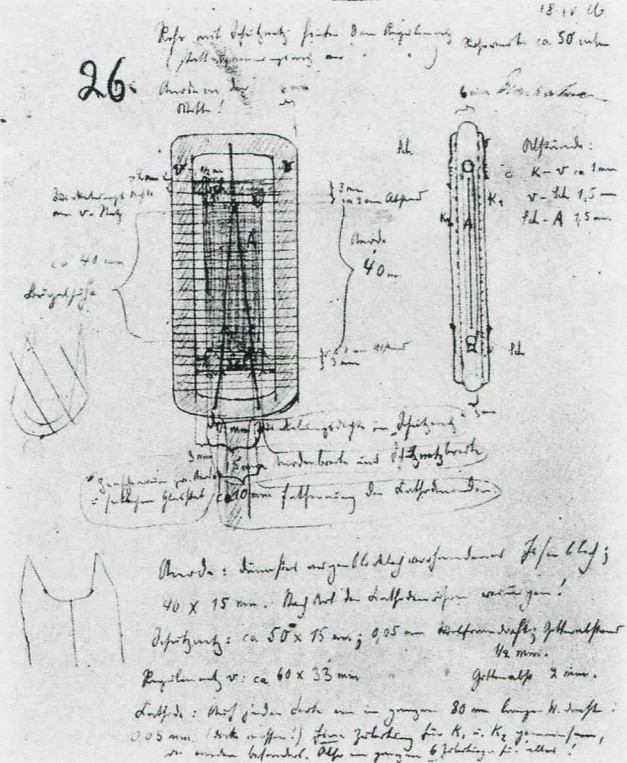
c 圖 後の構造、管の上下より支へたもの(1919)
 d 圖 最後の構造、スプリング及リード線に特別のものを使用して居る。(1920)

著しく改善せられた。

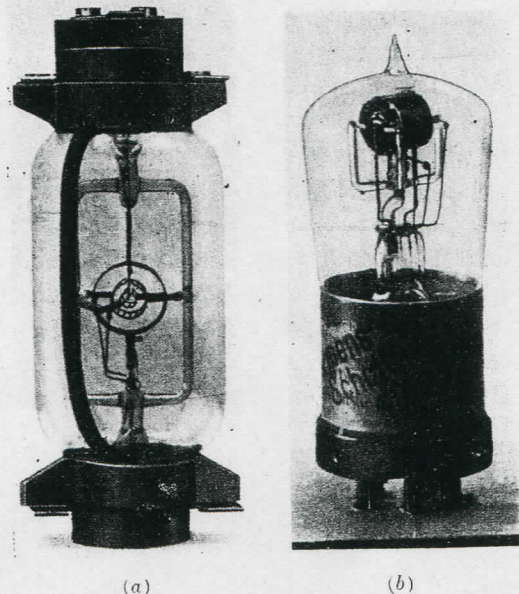
一方遮蔽格子真空管(第三圖)では補助電極により管の支配率(Durchgriff)を小さくし、従つて増幅係数を上げる事が出来る。例へば一格子のA型真空管では100ボルトの陽極電圧で2.6 Npの増幅度が得られるに反し、SS型真空管(第四圖)では30ボルトの陽極電圧で3.5 Npの増幅度が得られる。之等のジューメンス真空管は大戦の最後の年に、軍事上の目的の爲に多数製作せられた。

其他、遮蔽格子と空間電荷格子を共に具へた三格子管63號及64號型真空管等が製作せられた。

大戦の終了後、多格子真空管を電話に用ふる試みが行はれ、新しい多重電信の単一方向増幅器にR型真空管が使用された。其後R型真空管の緋條を酸化物にしたOR型真空管が製作せられた。之等の真空管の格子は第五圖aに示す如き構造を有する。

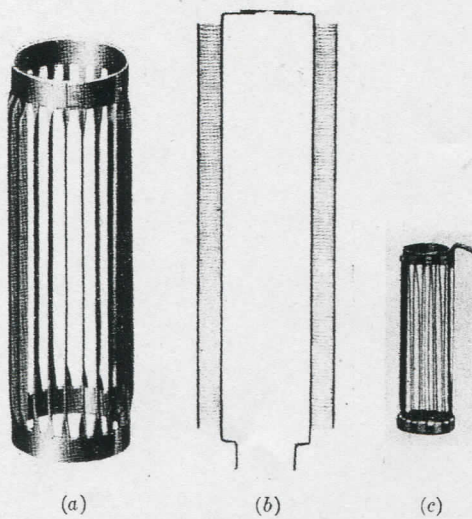


第三圖 遮蔽真空管の最初の設計圖 1916年(W. Schottkyの筆)
 陽極と制御格子との間を完全に遮蔽する爲、陽極は電極の中央部分に配置し、之を平らに捲いた遮蔽網により圍む



(a) (b)
 第四圖 遮蔽真空管(SS 1918)

a 圖 最初の構造(圓筒型の電極を有す)
 b 圖 電極の支持に星形の硝子を用いたSS型真空管

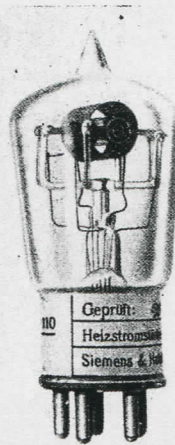


(a) (b) (c)

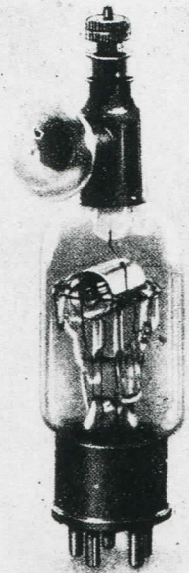
第五圖 格子の構造

- a 圖 上下を隔取つた打型グリッド
- b 圖 CO 型真空管のグリッド
- c 圖 110 號型真空管のグリッド

一方第七圖に示す 110 號真空管が異常な發達を遂げた。この真空管は陽極及空間電荷格子電壓共に 24 ヴォルトで働き、尙、其の制御格子は第五圖 c に示す如く極めて細い線をひいてあるので制御電力が僅小で済む。今日に於てもかかる構造が屢々使用されて居る。



(a)



(b)

第七圖 低陽極電壓の空間電荷管
 $i_n = 0.55$, $D = 16\%$, $R_f = 9000 \Omega$

- a 圖 110 號型真空管 陽極及空間電荷格子電壓 = 24V
- b 圖 115 號型真空管 陽極及空間電荷格子電壓 = 7V
制御格子を管頭に出してある

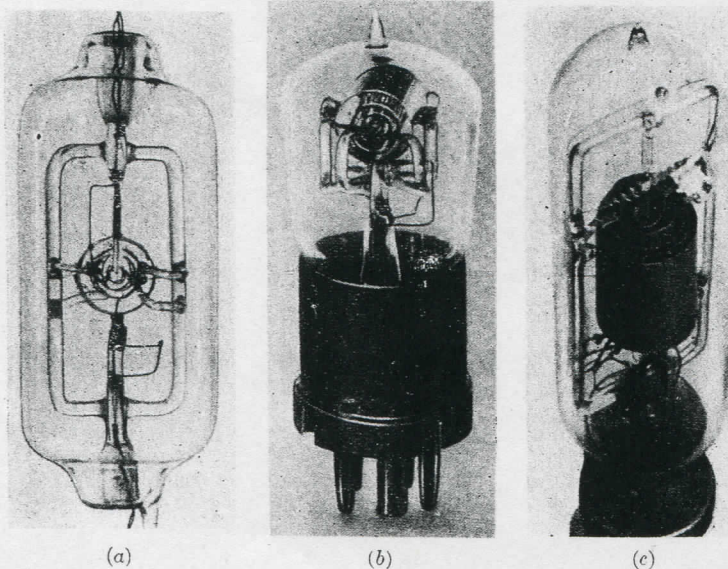
尙、空間電荷格子を利用したものに 115 號真空管がある(第七圖)。この真空管は電離度の測定に使用され

たもので、格子の絶縁の非常に高いものである。格子入力抵抗は $10^{12} \sim 10^{14}$ オームの値を有して居る。而して管内の残留瓦斯の電離電壓以下の電壓で働く様に設計してある。

遮蔽格子真空管は大戰後餘り使用されなくなり、其の應用範圍は個々の測定装置にのみ限られて居た。而して大戰の翌年より再び電話用として一格子管を使用し始めた。一格子真空管は其の簡単な構造及び使用方より所謂均一性なる問題に對して最も適合して居る。そこで再び大戰前の状態に戻り電話の増幅器として三極管が漸次に發達して來た。

3. 電話増幅用としての最初の真空管

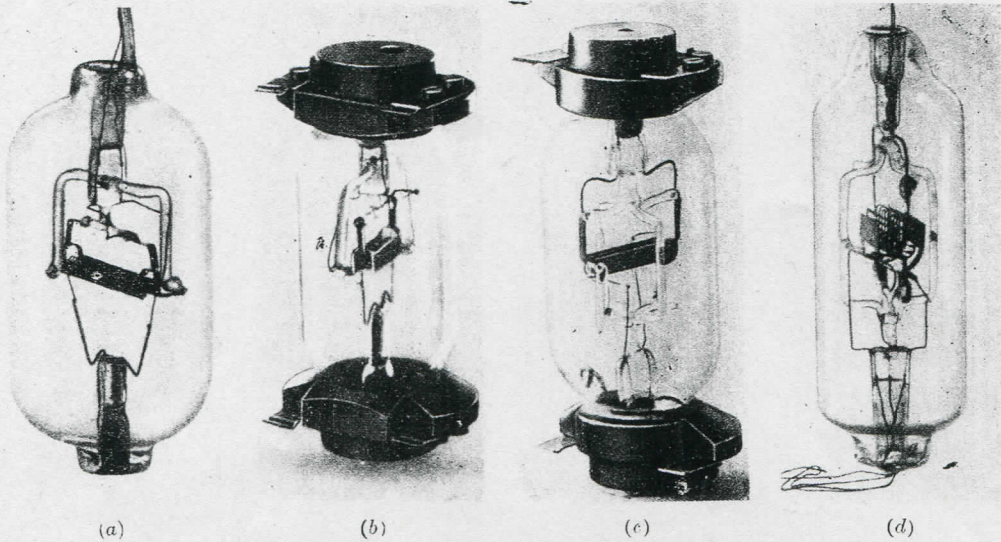
ドイツの電話回路に使用され



(a) (b) (c)

第六圖 三格子真空管

- a 圖 試作品 (1916)
- b 圖 SS 型真空管の構造 (1918)
- c 圖 R 型真空管の構造 (1918)



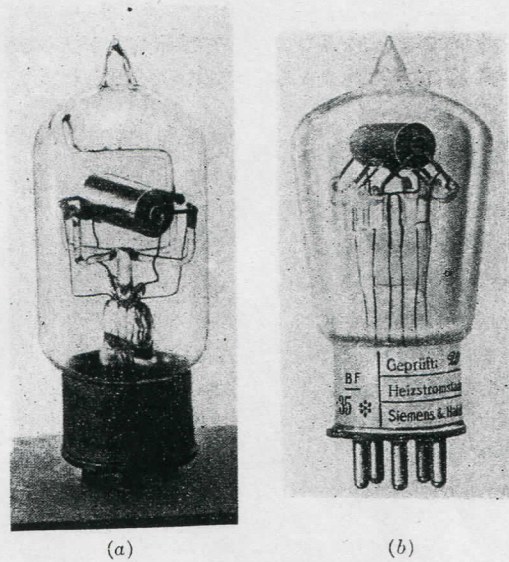
第八圖 MC 型真空管 (U 型陽極) の發達 (1917 年)
 $D=15\%$, $R_i=10,000 \Omega$

- a 圖 試作構造
- b 及 c 圖 MC 型真空管の構造
- d 圖 U 型電極に二格子を入れた構造

た最初の増幅管は、瓦斯の入った Lieben 管であつた。御承知の如く本世紀の初めは瓦斯入管が最初に發達した。之は當時高真空を得る事が出来なかつたからである。1913 年にドイツの郵政廳で Lieben 管を電話の増幅管として使用した。而して大戰前には已に之を用ひた電話區間が試験的に實用されて居た。而して1000 キロメートル以上の遠距離通信が可能であつた。しかし Lieben 管は使用條件が非常に嚴格である、又働作が不安定で管内に本來の瓦斯放電が始まると最早増幅作用が不可能になる缺點があつた。かゝる障害が動機となつて Siemens & Halske に於ても已に Langmuir により與へられた高真空管の研究を始めた。而して大戰中この方面に急激なる進歩があつた。

其の後この高真空管を電話用として使用した。其の最初のものは MC 型真空管 (第八圖) である。之は一格子管で A 型真空管と異り相互傳導度が高い。電極の構造は U 形である。

1920 年初めて電話専用の BF 型真空管 (第九圖) が出現した。之は 1925 年迄ドイツの郵政廳の増幅器に使用された。この真空管により初めてドイツの電話回路が系統的に形成され、其の後多くの經驗が積み重ねられて遂に今日の優秀な電話用真空管が製作されるに至つた。しかしこの真空管の壽命は非常に短く色々の不便があつた。真空管の平均の壽命を長くすると増



第九圖 BF 型真空管の發達
 $D=8\%$, $R_i=30,000 \Omega$

- a 圖 Gehr. 17 星型の硝子支持を有するもの(1920)
- b 圖 後の構造 (1922)

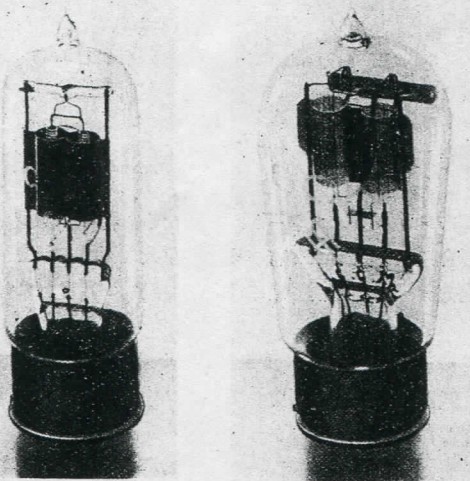
幅器の働作の安定度を著しく高める事が出来る。それ故茲十年來酸化カソードを用ひたジーメンス真空管が製作せられた。このカソードは非常に高い活性度を有する爲低温度で働かしめる事が出来、壽命の點から

見て甚だ都合である。BF 型真空管の平均壽命は約 2500 時間であるが、酸化カソードの BO 型真空管は平均 7500 時間以上の壽命を保證出来る。

4. 酸化カソードの出現

BO 型真空管は BF 型真空管と殆んど總ての電気特性が同じで、唯、加熱電壓が約半分となつて居る。しかし BF 型真空管に比べ三倍以上の壽命を有する爲、其の動作の安定度が著しく高くなる。この爲ドイツの郵政廳では總てこの真空管に取換へてしまつた。

其の後にこの新しい増幅管を海底電線に於ける長距離區域の増幅に使用せんとする試みが行はれた。この目的の爲に 1926 年 OCK 型真空管 (第十圖) が造られた。之は BO 型真空管の約 4 倍の出力を有して居る。而して相互傳導度を高くする爲加熱織條を長くして二つの圓筒内に入れてある。



(a) (b)

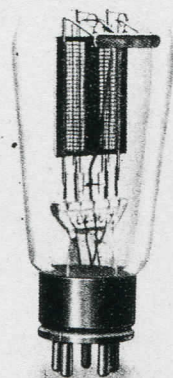
第十圖 OCK 型真空管

$D=15\%$, $R_i=5000\ \Omega$, 陽極損失 6 W

- a 圖 最初の構造 硝子棒よりカソードを吊る。(1925)
b 圖 後の構造 一方に置いた硝子棒で電極を支へる (1930)

次に出力の大きいもので CO 型真空管がある。之は 1 ワットの無歪出力を有する。この真空管は發振管又は送信管として發達した。又これは非常にダンピングの大きい電話回路に使用するに適して居る。構造は OCK 型真空管と同様に網狀の陽極を用ひ、其の温度が上らない様にしてある。CO 型真空管では陽極の表面を黒化してある。

以上の他の BE 型真空管はタングステン真空管 BE



第十一圖 CO 型真空管

$D=28\%$, $R_i=1400\ \Omega$,
陽極損失 13 W
無歪出力 1 W

管の代りに用ひられ、又 OCB 型真空管は長い間真空管發振器の發振管に使用された。又 OR 型真空管は以前の R 型真空管のタングステン織條の代りに酸化カソードを用ひたもので、之は電信に於いて單一方増幅管として用ひられたのみで、其の後は使用されなくなつた。

之等の真空管は構造上の點から見て常に大なる安定度を基礎に置いてある。個々の電極を出来るだけ多くの場所を支へる構造が用ひられ、色々の改良が行はれた。電極間の距離は正確に定められ、且、使用中確實に保たれねばならぬ。BO 型真空管は其の代表的のものである。

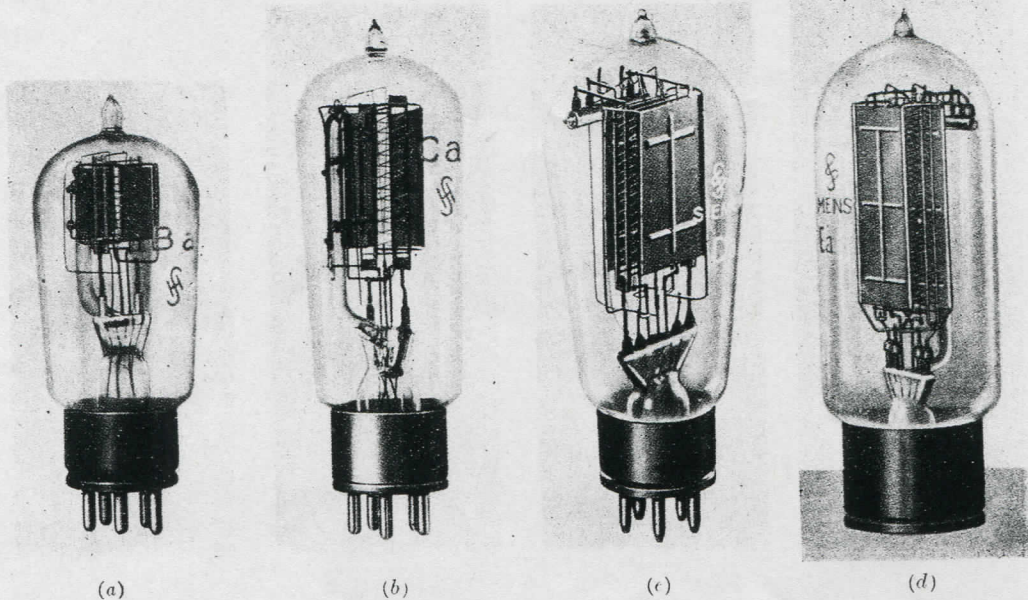
カソードは真空管の諸特性に非常に大きな關係を持つ。カソードの表面の活性度により真空管の内部抵抗が異なつて来る。而してカソードの表面の層はかなり不均一であるから、真空管の特性に不同が出來易い傾向がある。之等の見地より酸化カソードを從來と別の新しい方法で製作する研究が行はれた。

5. 酸化カソードの改良

茲四年來カソードに就き研究を行つた結果、今迄用ひられたカソードの白金心線の内面にイリジウムを代りにニッケルを入れると、カソードの化學的組成が非常に改良せられ、酸化物が良く附着する事が分つた。しかのみならず新カソードの厚さは以前の 1/10 に節約出來た。今日カソードを機械的に造る様になつたので、一樣なものが得られる様になつた。

其の後にこの新しいカソードを W 型にし、之を一平面内に張る構造が用ひられた。圓筒型の構造では或程度以上相互傳導度を上げる事が出來ないが、カソードを並列に分けて一平面内に置くと相互傳導度を増加する事が出来る。又かゝる構造にするとグリッドが加熱されるのを防ぐことが出来る。それ故格子よりの電子放射を防ぐ爲特別に冷却する必要がない。

之等の真空管で電極の支持には第十二圖の如き硝子棒若くは十字形の支柱が最も良く、短い線で總ての部



第十二圖 新增幅管の發達
 之等の真空管のカソードはV型或はW型である。

- a 圖 Ba 型真空管 昔しの BO 管に相當するもの、加熱電流は 1.2 となつて居る。
 b 圖 Ca 型真空管 OCK 型真空管を改良せしもの、安定度が高い。
 c 圖 Da 型真空管 CO 型真空管に相當するもの、壽命が長い。
 d 圖 Ea 型真空管 無歪出力 5 ワットの最近の、出力管。

分を正確に支持することが出来る。

次に新型の真空管に就いて述べる前に其の表示方式に就いて一言する。これはドイツ郵政廳の提案になるもので二種の文字を用ふ。最初の文字は其の出力の程度を示し、第二位の文字は構造の改良の順序を示す。以下之に依つて各グループに分ける。

最初のグループ A は非常に小さい出力の真空管である。この種の真空管の最初の型は Aa 型真空管で、3.5%の支配率を有し相互傳導度は 1 mA/V である。

次に Ba 型真空管(第十二圖)は電話用真空管 BF 及 BO 型真空管の改良型である。最初纖條電流は 1.1 アンペアであつたが、後に 1/2 アンペアに改良された。Ca 型真空管は OCK 型真空管の代りに使用され動作の安定度が高い。又 Da 型真空管は CO 型真空管に相當するものである。次に E グループは酸化物カソードのもので最も出力の大なるものである。Ea 型真空管は陽極電壓 400 ヴォルトで無歪出力 5 ワットの真空管である。

斯の如く新カソードの出現により真空管の急激な進歩が行はれた。而してかゝる進歩に伴ひ自から新しい諸問題が生じ、必然的に電話技術の發展が生じて來たのである。通信の際明瞭な了解度を得る爲には、真空

管のクリルファクターが問題となる。特に多重通話の場合には非直線歪を有する事が重大な影響を及ぼす。之等を解決する爲、更に真空管の研究が行はれねばならぬ。

6. 總 括

電話用真空管の歴史的發達は、物理學が其の根底をなした發展の興味深き一例である。而して技術家が其の獨得の方法を以つて特有の目的に沿ふ様發展せしめたのである。これにより新しい技術の分野が開けた。實にこの發達は科學と技術との提携の結果であり、互に實を結んだのである。

最初 Lieben 管が電話電送の損失を補償する爲に用ひられて以來、真空管の發達は多くの經驗により如何にして動作の安定なるものを得るかに向けられて來た。其の後 Lieben 管の代りにタングステン纖條の真空管が用ひられた。爾來酸化物カソードの發達と共に真空管の壽命は時と共に増加し、且、電氣的特性の均一性が高められた。而して其の發達は今や應用方面に向けられ、新しい使用條件は新しい要求となり、之に適合すべき真空管が必要となる。斯の如く電話真空管は年と共に真空管としての特異な地位を占むるに至つたのである。