

20. ハイ Gm 管開発小史

メタル管の開発に携わった RCA/GE の技術陣が、そのメタル管をベースに進めた研究のうち特筆すべき偉業が幾つかあります。その筆頭は O.H.Schade 氏を中心とするチームによるビームパワー管 6L6 の開発(1936)で、これに較べると地味ではありますが、A.P.Kauzmann 氏のチームによる一群のハイ Gm 管 1851, 1852(6AC7), 1853(6AB7) の開発(1936) があります。以下、これらのハイ Gm 管について氏の論文 と現物の観察も交えてその功績うい偲びたいと思います。

RCA にとってハイ Gm 管の当面のニーズは 1939 年の NY 世界博に出品するテレビ(441 ライン) の広帯域増幅管と、アイコノスコープからのビデオ信号の低雑音初段管でしたが、間もなく第二次世界大戦に入って各種の電波兵器用に需要が増加し、分けても 1852(6AC7) は戦後わが国に豊富に出回って馴染みの深い存在となりました。

さて、これらハイ Gm 管の設計上基本的な課題は如何に C_{in} , C_{out} , C_{pg} 等の静電容量を抑えつゝ Gm を上げるかにあり、更に動作時に電極の温度上昇に対して特性を安定に保つか、その他 生産性に対する配慮などで、これ等に対する当時の研究成果が後のハイ Gm 管の電極構造の基礎を築いたと云えます。昭和 13 年頃の時代的背景をも考え合わせますと、当時これ等ハイテクの粋を量産ベースに乗せた生産技術も中々のものだと感心させられます。

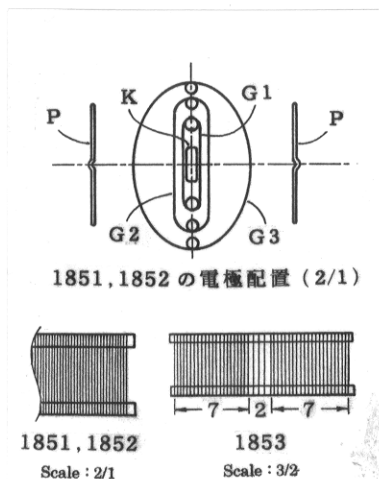
以下、1851, 1852(6AC7), 1853(6AB7) の電極構造と開発経緯を順次辿ってみましょう。

1) カソード、コントロールグリッド

当時の傍熱管は、カソードのスリーブの断面が円形でコントロールグリッドがこれを同心円状若しくは橢円状に囲んでいるのが典型的な構造でしたが、カソード・グリッド間の狭いギャップ [1851, 1852 の場合 0.005 inch (125 μ)] を均一且つ安定に維持するため カソードの断面を矩形(2.4mm $\times$ 0.8mm) して カソードの側面の両側にやや太めのロッド(約 0.8mm ϕ)を対峙させ、グリッドを小判形に捲くことに依って平行平面電極に近い電極構造を実現しています。このロッドは硬度が高く 熱伝導率も大きく且つ熱膨張係数の小さい、銅・銀 合金を使用して機械的安定度その他グリッドの熱上昇に依るグリッドエミッションの逓減を図り、併せて動作時の熱膨張に依る変化も $\pm 12.5 \mu$ 以下に抑えています。

更にこのロッドは後述の分割陽極に向けて電子流を集中させる、謂わばビーム管のビームフォーミングプレートに似た効果も得ています。

また 一方、次の頁に掲げました図のように、電極の上下のマイカの G1, G2 のロッ



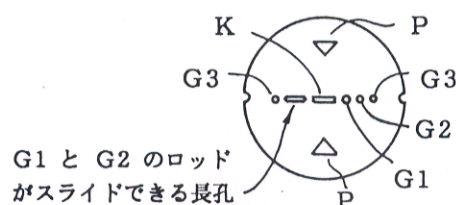
ドをサポートする孔を長孔にしてグリッド線の熱膨張による電極間の距離の変動を抑える工夫も見られます。

一般にカソードとグリッドの間隔がグリッドのメッシュとコンパラブルになりますと、グリッド線がカソードと向い合っカソードの表面に近い部分と、グリッドの線と線の間のカソードの表面から遠い部分との電子流の制御能力の差が無視出来なくなってカットオフ特性が乱れ G_m が思うように上がりません。即ち、グリッドをカソードに極度に接近させる場合、グリッドはそれに見合ったメッシュにしてカソード周辺の電位傾度にムラのないようにする必要があります。通常カソードとグリッドの間隔はグリッド線のピッチの 0.6 倍程度が下限とされています。

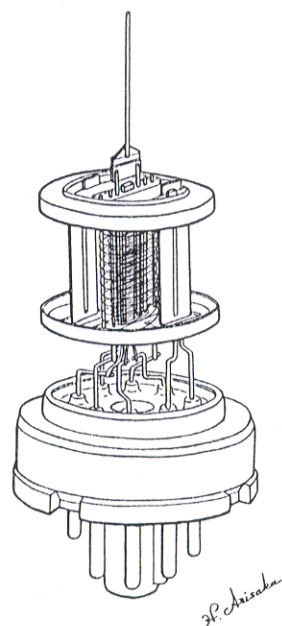
1851, 1852 の場合カソードとグリッドの間隔 0.005-inch が維持できるとしますと 300 ターン/inch 程度のメッシュが欲しいわけですが、これは当時としては実現困難でした。開発段階では実験的に 0.0012-inch ϕ の線を 250 ターン/inch で捲いてプレート電流 10 mA における G_m 11,000~12,000 マイクロモーを得ています。しかし量産性への配慮から結局 0.002-inch ϕ (50 $\mu\phi$) の線を 142 ターン/inch (176 μ ピッチ) にして、 G_m 9,000 マイクロモーで製品化しています。1853 の場合は前項に示す様に上下の各 7 mm が 0.32 mm ピッチで中央の 2 mm だけが 0.5 mm ピッチ (つまり僅か 4 ターン) になっています。

尚、1851 の場合、6 K 7 などに見られるグリッドキャップ部分とは形状の異なる径の大きな (23 mm ϕ) 絶縁板と細い (3.175 mm ϕ) ピン・キャップによる特殊な構造を採用しています。これによってピン・キャップとケース

間の分布容量の低減を図っているわけで、前者の 3 pF に対し 1 pF と確かに減っています。しかし、カソード-グリッド間が既に 10 pF 程度 (参考: 1851 の C_{in} は常温 11 pF, $I_p=10$ mA の動作時で 13.5 pF) ありますので、余り有効に寄与しているとは云えません。



電極の両端をサポートする雲母板



2) スクリーニンググリッド (G2), サプレッサーグリッド (G3)

これ等に関して構造上で特筆すべきことはありません。一般にスクリーングリッドはコントロールグリッドに近付けますと電子流の加速効果は得られますが入力容量が増え、逆に離しますと G_m が最大点となる最適スクリーン電圧が上がります。

1851, 1852 の場合、 $80\ \mu\phi$ 線、 $0.48\ \text{mm}$ ピッチのスクリーングリッドをコントロールグリッドから約 $0.5\ \text{mm}$ 離し、プレート電圧の半分 $150\ \text{V}$ を掛けて、実験的に C_{in} と G_m の妥協点を得ています。尚、サプレッサーグリッドは $125\ \mu\phi$ 線、 $1.56\ \text{mm}$ ピッチで長径 $11\ \text{mm}$ 、短径 $8\ \text{mm}$ の楕円です。

Kauzmann 氏は論文の中で、開発した三種のハイ G_m 管について広帯域増幅のほか周波数変換など様々な用途についての実験を行ない、克明なデータをとって発表しています。ところが一つだけ突拍子もない実験を^{トッピョウジ}してしまっていて、G3にG2より更に $50\ \text{V}$ ほど高い電圧を掛け、つまりG3をサプレッサーとしてでなくアクセラレーターにしますとG2から激しく二次電子を放射して、G2の電流が逆流し、G3の電流との和が殆ど0になるのだそうで、1851, 1852はその状態でプレート電流 $12.5\ \text{mA}$ における G_m が $11,250$ マイクロモー、1853はプレート電流 $15.5\ \text{mA}$ における G_m が $6,200$ マイクロモーとそれぞれ約 25% up の G_m が得られたとの事です。寿命その他、 G_m 以外の諸元を考えますと、このままでは使えないデータですが、何か次なる発展への可能性を示唆していたかも知れない様な感じがします。

3) プレート

当時の傍熱管のプレートはシリンドー形と称する円又は楕円の筒が一般的でしたが、これら三品種は図のように縦に簡単ナリブの入った二枚の平板 ($8\ \text{mm} \times 17\ \text{mm}$) に分割したプレートを採用しています。これに依って C_{out} が $10\ \text{pF}$ から $5\ \text{pF}$ に半減したと報告されています。尚、定量的な確認はしていませんが、同時に C_{pg} も減っている筈です。

以上、ハイ G_m 管の草分け三品種について電氣的な動作特性よりも電極構造の面から見た概要を述べましたが、これらが後のハイ G_m 管の設計に与えた影響は余りにも大きく、既に一般的な構造となっているため寧ろ平凡にさえ見えて、これが1938年の作であることを忘れてしまいそうな程の完成度に改めて敬服させられる次第です。

本稿の纏に当り貴重な諸文献を賜りました岡田章氏に厚く御礼申し上げます。

——☆——

註記：1) “New Television Amplifier Receiving Tubes” by Albert P. Kauzmann Presented at I. R. E. Convention, Rochester, N. Y., Nov/ 14-16, 1938, RCA Review, Vol. 3, pp.27-289,1939

2) “Memories of Early Electron-tube Development” by Edward W. Helold The AWA Review, Vol.7, p. 72, 1992.