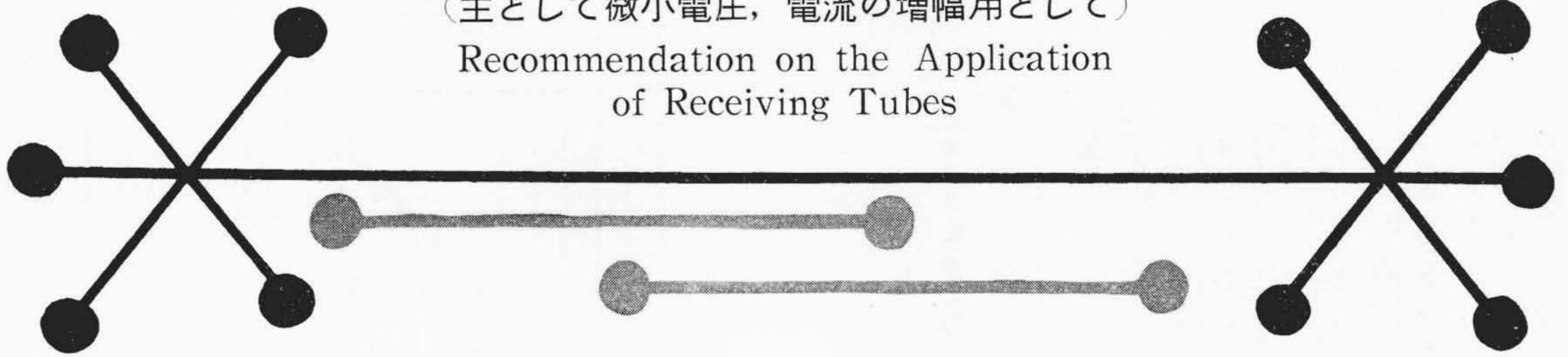


受信管使用上の注意

(主として微小電圧, 電流の増幅用として)
 Recommendation on the Application
 of Receiving Tubes



村田良雄*
 Yoshio Murata

1. 緒言

電子計算機, 医療用電子機器, 工業用電子装置などに真空管を使用する場合には微小電圧, 電流の増幅や直流増幅などの動作が必要とされるので, 入力抵抗が高いこと, すなわちグリッド電流が少ないこと, 特性のばらつきの少ないこと, バランスが良いこと, 特性変動や雑音が少ないことが要求される。これらの要求は普通のテレビジョン, ラジオ, そのほか一般通信機での場合と事情がちがっていて, その動作回路, 条件は非常に異なったものがある。これらの機器で真空管を最良の状態で使用するためには使用条件を一般の場合からずらすなど特別の考慮が必要である。ここに二, 三の問題を取り上げて検討を加える。

2. ヒータ電圧

真空管のカソード温度は製作時のばらつき, 使用中の劣化, 電源電圧の変動の許す限り必要とする電子流を供給できる最低の温度にすることが望ましい。真空管のカソードはそれぞれの品種について予想される使用条件に対して適当な温度になるように設計されている。したがって標準(規格表などに示されている条件)またはそれに近い条件での使用に際してはヒータ電圧は規定された電圧で使用するのがよい。用途によってはプレート電流を極度に少なくして使用することもあるが, この場合にはカソード温度をある程度下げて使用するほうが良い。ヒータ電圧を高くした場合と低くした場合とを比較するとヒータ電圧を下げたときは電子放射が少なくなる以外は

- (1) ヒータカソード間の短絡事故発生の心配が少なくなる。
- (2) カソードからの蒸発が少なくなり蒸着に原因す

* 日立製作所茂原工場

- るグリッドエミッションとか絶縁不良が少なくなる。
 - (3) グリッドの温度が下がるのでグリッドエミッションが少なくなる。
 - (4) グリッドへのイオン電流が少なくなる。
 - (5) 初速度電流が少なくなり入力抵抗が高くなる。
- などの利点がある。したがってヒータ電圧を下げて使用することが有効であるが, あまり下げると電子放射に不足をきたし, 部分飽和を生じて雑音が増し, ひどくなると特性の劣化を招く。また残留ガスのカソードに対する害も温度が低いほうが著しいから注意する必要がある。カソードからの熱電子放射は簡単に書くと(1)式で示される。

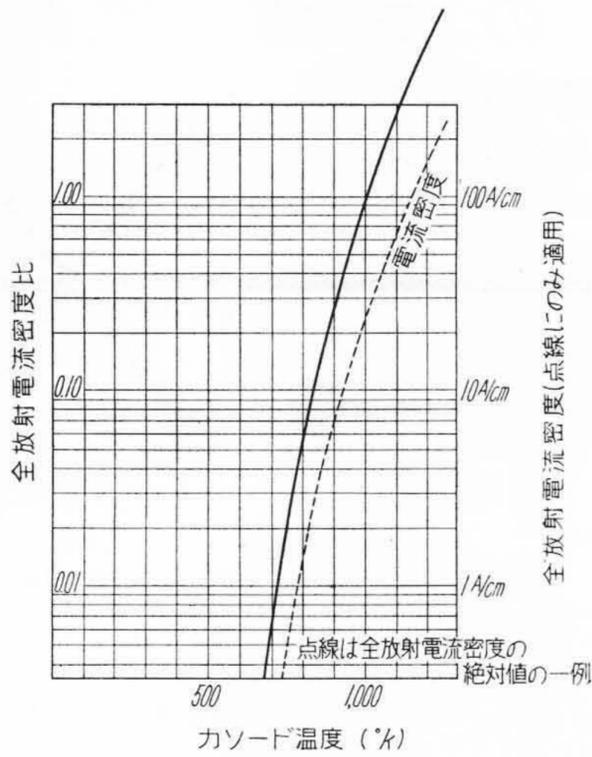
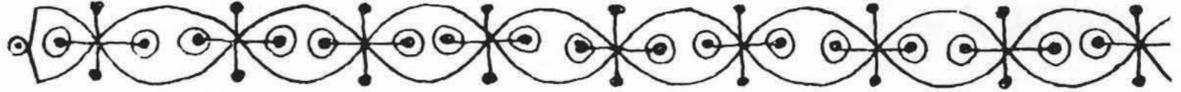
$$i_0 = AT^2 \exp\left(-\frac{e\phi}{KT}\right) \dots\dots\dots (1)$$

- ここに i_0 : 全放射電流密度
 A : 熱電子放射常数
 T : カソード温度(絶対温度)
 e : 電子の電荷
 K : ボルツマン常数 = $0.86 \times 10^{-4} \text{eV}$
 ϕ : 仕事関数(普通約 1V)

いま $\phi = 1 \text{V}$
 $K = 0.86 \times 10^{-4} \text{eV}$

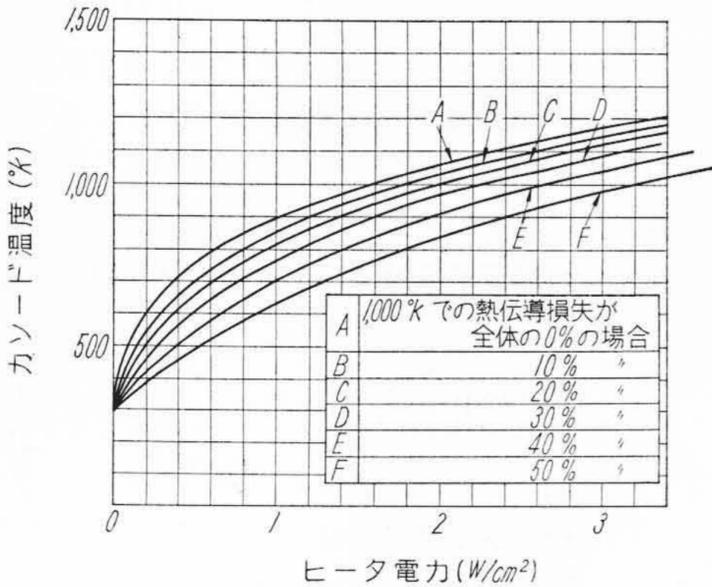
を用いると(1)式は第1図に示すようになる。

熱が全部輻射のみで失われるとすればカソード温度はヒータ電力の1/4乗に比例するが実際には熱伝導で失われる分がかなりあり, 特に低温度ではその割合が増す。熱伝導がある場合にヒータ電力とカソード温度がどういう関係にあるかを計算すると第2図に示すようになる。したがって熱伝導がある場合ヒータ電力の変化に対する全放射電流の変化は第3図に示すようになる。この図では基準のヒータ電力でカソード温度は 1,000°K になる場合を仮定している。またヒータ電圧とヒータ電力の関係は実験的に(2)式に示すようになる。



ただしカソード温度1,000°Kとしたときの全放射電流を1とし、仕事関数を1.0eVとした値
なお一例として実測した電子放射密度を点線で示した

第1図 カソード温度と全放射電流



第2図 ヒータ電力とカソード温度

$$P_f \propto E_f^{1.5 \sim 1.6} \dots\dots\dots (2)$$

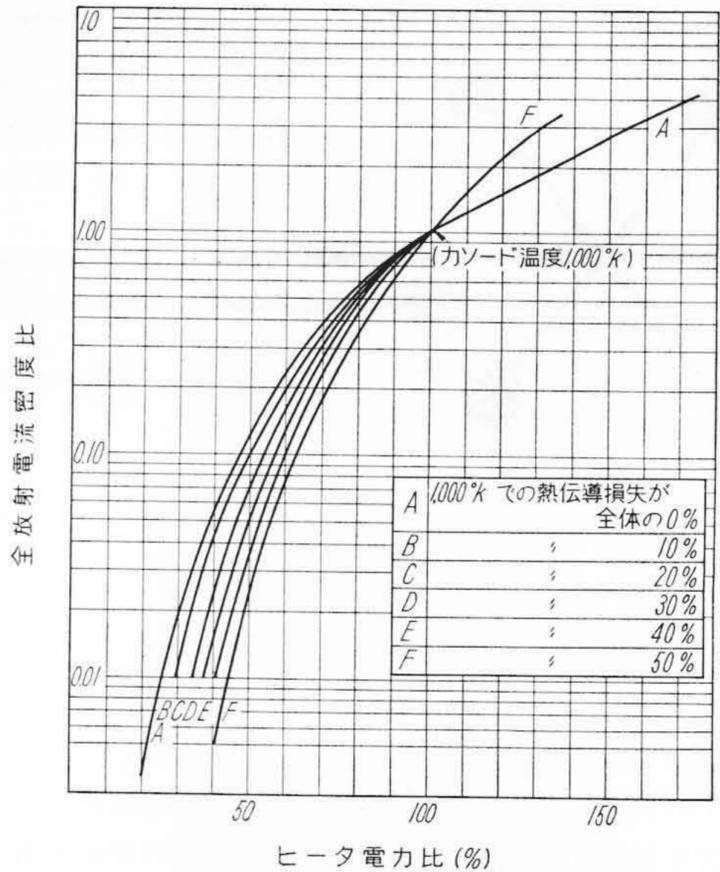
P_f : ヒータ電力

E_f : ヒータ電圧

ヒータ電圧が低いほうでは1.5乗、高いほうでは1.6乗に比例する。ヒータ電圧と全放射電流の関係は第4図に示すようになる。

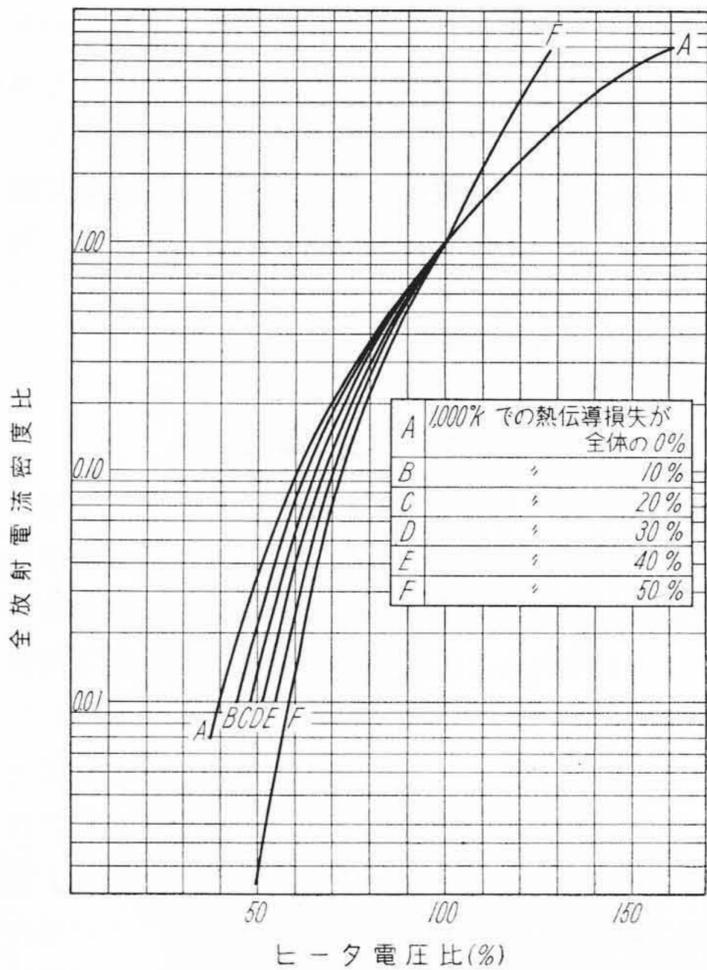
12AU7, 12AX7などでは熱伝導損失は普通約30%である。12AX7の場合普通の使用条件ではプレート電流は約1mAであるが、プレート電流を少なくしたときどれくらいヒータ電圧を下げてもよいかを求めると

ヒータ電圧		プレート電流
並列	直列	
6.3V	12.6V	1.0 mA
4.5V	9.0V	100 μ A



ただしカソード温度1,000°Kをうるヒータ電力を100%とし、このときの全放射電流密度を1.0とする。

第3図 ヒータ電力と全放射電流の関係

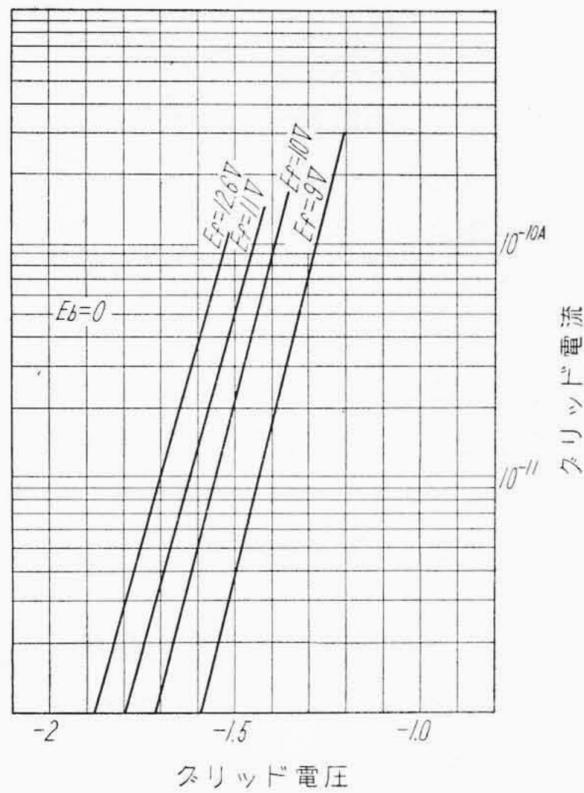


ただしカソード温度1,000°Kをうるためのヒータ電圧を100%とし、このときの全放射電流密度を1.0とする。

第4図 ヒータ供給電圧と全放射電流の関係

3.4V 6.8V 10 μ A

となるが、温度が下がったときには温度分布の不均一性が拡大するので、実際には並列接続の場合で0.5Vくらい高い電圧で使用する事が望ましい。



第5図 12A X7のグリッド電流(初速度電流)の一例

3. グリッド回路

3.1 グリッド電流

グリッドは普通負電圧を加えて使用される。このときグリッドに流れる電流は次のものがある。

3.1.1 カソードからの初速度電流

カソードから放出される電子はカソード温度により決まる初速度を持っている。そのため負の電極にはいりうる能力がある2極管の場合には、

$$i = i_0 \exp\left\{-\frac{e(E_b - E_\phi)}{KT}\right\} \dots\dots\dots (3)$$

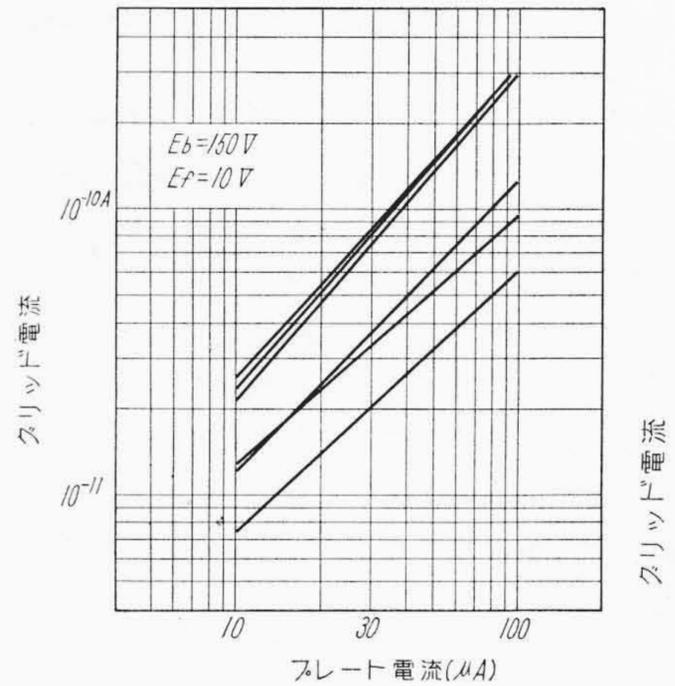
i_0 : 全放射電流

E_b : プレート電圧

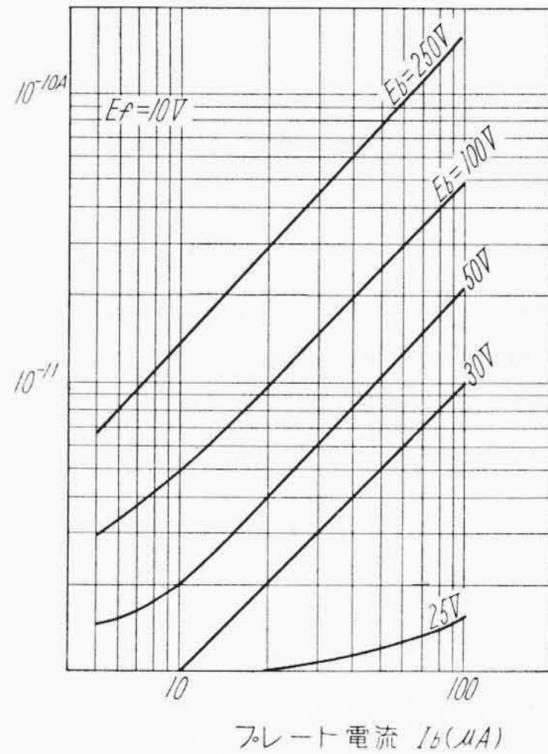
E_ϕ : カソードプレート間の接触電位差

(3)式のような初速度電流が流れるが、3極管のグリッドについてもほぼ同様のことがいえる。第5図に12A U7での実測データを示す。接触電位差に相当する電圧 E_ϕ は個々の品種でも $\pm 0.2V$ くらいの変動があり、また品種間ではグリッドの表面を金メッキしたものとしなないものとは $0.5V$ くらいもちがい、金メッキをしたほうが電流は流れにくくなる。また初速度電流は温度に依存するので、ヒータ電圧を下げることでより少なくすることができるが最有力な手段はバイアス電圧を深くすることである。初速度電流はほかのいろいろなグリッド電流と異なり、入力抵抗を減ずることがきわめて大きいので注意しなければならない。初速度電流による入力コンダクタンスはカソード温度を $1,000^\circ K$ とすれば

$$G_{in} = 11.7 \times i \quad (A/V) \dots\dots\dots (4)$$



第6図 12A X7のプレート電流とグリッド電流の関係の例(ガス電流領域)



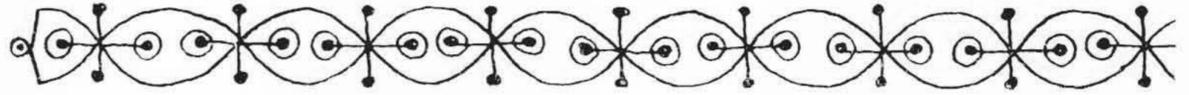
第7図 12A U7のプレート電流とグリッド電流の関係の一例(ガス電流領域)

i : 初速度電流 (A)

である。初速度電流による影響を避けるためにはグリッドバイアスを $-1.7V$ 以上かけることが必要である。

3.1.2 ガス電流

真空管内に残留したガスが電子流によりイオン化されたために生ずるものである。プレート電圧、電流に比例する。12A X7, 12A U7について測ったデータを第6図および第7図に示す。ガス電流は原理から考えてもまた実測の結果からも、プレート電流および電圧に比例する、と考えてよいが、ガスのイオン化はプレート電圧が低いほど少なくなるので、特にグリッド電流が問題になるものではプレート電圧は $20V$ 以下にすることが望ましい。



3.1.3 リークージ電流, グリッドエミッション, イオン電流

リークージ電流は真空管のステムやマイカ（主として表面）を伝わって流れるもので温度が高いほど大きく、電圧が高いほど大きくなる。グリッドエミッションはカソードからの蒸発物がグリッドに付着し、これがカソードなどにより加熱されて電子放射をするもの、イオン電流はカソードからの陽イオンによるものである。これらを分離することは困難であるが、この三つの電流は温度依存性が大きく、したがって真空管の温度上昇を少なくすることが最良の防止策である。特に微小なグリッド電流を問題にする場合真空管のガラス表面状態が問題になり、湿気の多いときは真空管外部表面のリークージで著しく劣化することがある。

以上を総括するとグリッド電流を少なくするためには

- (1) 負バイアス電圧を少なくとも 1.7V 以上かけること。
- (2) プレート電圧, ヒータ電圧はできるだけ低くすること。
- (3) プレート電流を必要最少限にすること。

が必要である。普通の真空管を用いた場合には最良の状態でも 10^{-11} A 以下を望むことは無理である。

3.2 最大グリッド抵抗

グリッドには以上述べたようにいろいろな電流が流れているためグリッドに大きな回路抵抗を入れると真空管の動作を不安定にする。初速度電流以外の電流がグリッド回路を流れた場合にはますますグリッド電流を増加させるようにグリッド電圧が移動するので好ましくない。特にガス電流はプレート電流に比例するのでいっそう著しい。いまガス電流とプレート電流の比を α とすると、グリッド抵抗 R_g は

$$R_g = \frac{1}{g_m \alpha} \dots \dots \dots (5)$$

(5)式で示された値以上の抵抗をグリッド回路に入れるときはプレート電流は安定せず過大なプレート電流が流れてしまう。普通グリッド電流を問題にする場合は12AU7, 12AX7などでは相互コンダクタンスが100~300 μ くらいである。また α は良質のもので 10^{-6} くらいであるので、 R_g としては 10^{10} Ω 以下でなければならない。やむをえず R_g を大きくする場合にはプレート電圧を20V以下にするかカソードに十分大きいバイアス抵抗を用いて直流的な実効相互コンダクタンスを小さくしなければならない。

3.3 グリッドに電流を流すこと

グリッドに正電圧を与えるとグリッドに電子流が流れ

こむ。グリッドにはカソードからの蒸着物が付着しており、これによりカソードグリッド間の実効電位差を適当に保っている。この蒸着物はグリッド電流により分解したり、その抵抗によりグリッド表面電位が変わったりして真空管の動作を不安定にする。グリッド表面物質の分解はわれわれの実験によると 2~3V くらいのグリッド電圧から始まるとみられる。分解によって生じたガスは真空管に対しては有害であるが、ごく微量であるので寿命的に特に心配することはないと思われる。したがって発振管のようにグリッドの電位の微小変化が問題にならないものはグリッドに電流を流すことは差つかえない。

4. 特性のばらつきと最大定格

日本の真空管の規格には電子機械工業会の通称CES規格があり、特性値の許容変動範囲が定められている。この規格ではプレート電流は約 $\pm 30\%$ 、相互コンダクタンスは約 $\pm 20\%$ 、増幅率は $\pm 10\%$ くらいの変動が許されている。真空管の特性変動には

- (1) 電極間隔など寸法のばらつきによるもの
- (2) 接触電位差の変動によるもの
- (3) カソード温度の変動によるもの

などがある。おおざっぱに考えると3極管のプレート電流は

$$I_b = G \left(\varepsilon + E_c + \frac{E_b}{\mu} \right)^2$$

G : 真空管のパービアン

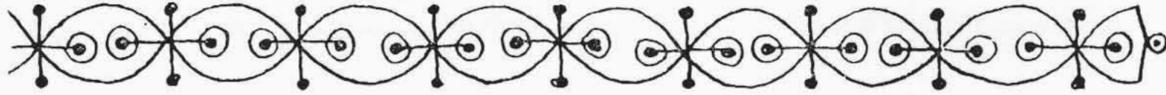
ε : グリッドカソード間の接触電位差

E_c : グリッド電圧

μ : 増幅率

E_b : プレート電圧

で示されるが、このうち寸法に関するものは G と μ であり、接触電位差の変動、カソード温度の変動は ε で代表される。 G はカソードグリッド間距離の2乗に反比例する。 μ はプレート、グリッド間距離に比例し、グリッド線径に比例し、グリッドピッチの2乗に反比例する。部品としてのグリッド、マイカ、カソードおよびプレートなどの主要寸法は 1/100 mm くらいの精度が特殊な場合を除きせいっぱいであるので組み立てられた真空管では電極間隔で 2/100~3/100 mm の変動がある。この変動はカソードグリッド間では約 10~20% の変動にあたり、これによるプレート電流の変化は 20~40% が見込まれる。また ε で代表される接触電位差の変動は 0.1V はある。普通の標準状態では $\varepsilon + E_c + \frac{E_b}{\mu}$ は電圧増幅管でも 1~3V 電力増幅管では 5~12V くらいあるからあまり問題にならないが、微小電流域では $\varepsilon + E_c + \frac{E_b}{\mu}$ はほとんど 0 になるのでこ



のための特性変動は非常に大きくなる。またこの領域ではグリッドのピッチなどのわずかな変動による μ の変動も大きく、ある球では $5\mu\text{A}$ のプレート電流が流れるのに対して同じ条件下でもほかの球は $200\mu\text{A}$ も流れるということは珍しくないし、設計の違う他社の球をもってきたときはさらにひどいことになる。こういう不都合を除くためにはグリッドバイアスをカソード抵抗器でうること、またプレートには十分なプレート負荷抵抗を用いればよい。プレート電流が安定化されるとほかの相互コンダクタンスとか増幅率も安定され、ばらつきは非常に少なくなる。同一のプレート電流を流した場合には相互コンダクタンスを約 $\pm 5\%$ 以内に入れることができる。

特性の変動には初期のばらつきのほかに使用中の時間的変動がある。これは主として接触電位差の変動によるものである。普通の真空管では最初の使用時間10~20時間の間に大きな変動を経てそののち安定するので、特に特性の安定を必要とする場合には使用条件で20~50時間動作させ安定化させることが望ましい。このほかプレート電流を取らずにヒータのみ点火していると陽極電流、相互コンダクタンスなどの特性が早期に小さくなることがあり、また短時間でも過大な電流を流したり、電圧を加えたりすると、そのあと特性値の変動を生ずることがある。特にグリッドに電流を流すことは特性値の変動を生ずる原因になるので避けなければならない。

真空管には使ってよい最大の使用条件が規定されている。これが最大定格である。最大定格には

- (1) 絶対最大定格
- (2) 設計最大定格
- (3) 設計中心最大定格

の3種があり、そのおのおのは下記のように定義されている。

絶対最大： 規定された定格をいかなる場合にもこえてはならない最大限界値

設計最大： 部品の変動、電圧の変動などを考えて使用条件の最悪時にも標準の特性の真空管がこえてはならない最大限界値、したがってその真空管の個々のばらつき特性変動による変化分はその分だけ余裕をと

てある

設計中心： 標準の真空管、標準の部品、標準の電圧などのもとでこえてはならない最大限界値、したがって真空管のばらつき変動、部品、電圧などの変動に対する余裕をとってある

CESの規格表には絶対最大値が示してあるが、カタログ、ハンドブックなどは設計中心方式を用いているものが多い。電子管の用途が広まり部品の変動、電圧の変動による真空管への負荷変動の掌握が困難になったため最近では設計最大値の採用が推進されており、近く移行される様子である。いずれにしても表示された定格値がどの方式によるものであるかをはっきり確かめ、それに適した使用条件を定め装置の設計を行うことが必要である。またよく問題になることであるが、プレート電圧を下げたからプレート損失やカソード電流は多少上回ってもよいかということがあるが、こういうことは好ましくない。おのおのを定格内で用いるべきで一般にはそれらの間に融通性はないとみななければならない。

5. 結 論

受信用真空管を使用するに際し、特に微小電圧、電流の増幅などの場合には

- (1) 必要とする電子流を出すために必要最少限のヒータ電圧で用いるようにする。
- (2) プレート電流、電圧はできるだけ小さくする。特にグリッド電流を問題にする場合、負バイアス電圧は 1.7V 以上、またプレート電圧は 20V 以下にすること。
- (3) グリッド回路抵抗はできるだけ小さくする。
- (4) 回路の安定性を増すためにグリッドバイアスはカソード抵抗でうること。
- (5) 最大定格以下で使用する。

が必要である。

以上受信管の使用に際して注意すべき点二、三について論じたが使用目的に適した条件で真空管を働かせることによりいっそう安定な各種機器が製作されることを希望する次第である。

日立製作所社員社外寄稿一覧

(昭和34年4月受付分)

寄稿先	題 目	執筆者所属	執筆者
火力発電技術協会 工業調査会	高温高压用主蒸気管の冶金学的考察(訳) 集 塵 装 置	日立工場 日立工場 日立工場 日立工場 日立工場 日立研究所 国分工場 国分工場 国分工場	太田正秋 橋本清隆 大野長太郎 横井信安 立井俊一 深栖俊次 菅原三泰 岩崎三秀 広吉三高 斉藤武雄 川井晴雄
才一ム社 電気公論社 燃料協会	水車, 発電機, 増速ギヤの技術的特長と問題点の処理法 水力発電の効率の増昇について サイクロンファーンによる低品位炭の燃焼	日立工場 日立工場 日立工場 日立工場 日立研究所	横井信安 立井俊一 深栖俊次 菅原三泰 岩崎三秀
電力社	揚水発電所の制御	国分工場 国分工場	広吉三高 斉藤武雄
電気書院 電気書院	遮断器 分類(配電盤の分類, 閉鎖形配電盤の分類, 移動発電所, グラヒックパネル)	国分工場 国分工場	川井晴雄 川井晴雄
車輜技術協会 日本機械学会 日本機械学会 日本建設機械化協会 日本機械学会 日刊工業新聞社 日本電気技術者協会 中小企業診断協会	鉄道車両の衝撃と日立ゴム緩衝器について 溶接技術管 荷役機 日立新形トラッククレーン ポンプおよび水力伝動装置 回転圧縮機について トランスファマシンの解決 中小企業とWF	笠戸工場 笠戸工場 笠戸工場 笠戸工場 笠戸工場 川崎工場 川崎工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場	中村陽一 矢部満昇一 大西成一夫 田中岸勇夫 山寺村昌夫 寺田茂雄 小野朝雄 野木朝雄 木川善静 河合辰庸
窯業協会 窯業協会 窯業協会 日本電気協会	射出成形方法による窯業品の製造に関する調査報告 射出窯業原料に対する樹脂の成形性(加熱流動性)に関する影響 射出成形窯業品の焼成結果におよぼす加熱効果 果射出成形方法による高アルミナ磁器の焼大 性状当工場における電気使用合理化について	多賀工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場 多賀工場	茂木朝雄 茂木朝雄 茂木朝雄 茂木朝雄 茂木朝雄 茂木朝雄 茂木朝雄 茂木朝雄
国際観光設備協会 日刊工業新聞社	電気設備 (第3編) 押出加工 2, 3 シート	戸塚工場 絶縁物下館工場	河合辰庸
槓書店 日本金属学会 日本金属学会	日立製作所中央研究所原子力センター Cu-Cr-Ti合金の時効にとともなる組織変化について Extraction Replica法によるCu-Cr-Ti合金の析出物に 関する研究	中央研究所 中央研究所 中央研究所	斉藤清吉 土井俊雄 土井俊雄
電気学会	帰還演算器の精度および安定度に関する検討	中央研究所	三浦武雄
アグネ出版社	加速クリープとクリープ破壊の統計的研究	中央研究所 東北大学	大原秀武 堀畑芳男
日本物理学会 才一ム社	Ba Ti O ₃ 180度形分域壁の横方向運動 全トランジスタ化数値制御フライス盤HIDAM-401の完成	中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所	古須卓雄 須藤卓雄 大関達三 関藤喜久 藤木充武 鈴木孔治 西村正美 中村野正美 伴野正美
応用物理学会 東大工学部, 応用物理学科	ネサ膜マイクロ波損失の制御 エレクトロルミネセンスを用いた表示装置	中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所	鈴木喜久 及川充武 西村孔治 中村正美 伴野正美
東大生産技術研究所 早大理工学部電気通信学科	半導体素子 半導体	中央研究所 中央研究所	伴野正美
原子力経済研究所 東京原子力産業会事務局	放射性煙霧質の処理装置の試作研究 電解法によるアイソトープの分離	日立研究所 日立研究所	諫早典夫 村田寿典
日本化学会	シクロヘキセン誘導体の構造化学的研究(第5報) 4-プロ ムシクロヘキセン(1)の反転異性	日立研究所	坂下潔
日本原子力学会	沸騰現象の研究(常圧下における多矩形断面流路内の軽水 密度分布)	日立研究所	斉藤良平