テレビチューナ用新形受信管

New Type Receiving Tube for Television Tuner

坂 上 巌*
Iwao Sakanoue

内 容 梗 概

このたび、日立製作所において開発したテレビチューナ用高性能受信管 4 R-HH 8, 6 R-HH 8 について、その設計、構造、特性、使用上の注意などを述べた。また従来の同種の受信管と特性の比較を行った。本受信管はフレームグリッドを使用したセミリモートカットオフ双三極管であって、飛躍的な高性能を有している。この受信管を使用することによって、従来のどの受信管によっても得られなかった高品質の画像を楽しむことができる。

1. 緒 言

テレビ受像機の普及に伴い,遠距離地域においても,鮮明な画像 をうることのできる高性能受信管が要求されるようになってきた。

テレビ受像機の画質はチューナに使用される高周波増幅管と周波数変換管によってほぼ決定されるから、この種の受信管の改良に力がそそがれた。そして、4(6)R-HH2、5(6)M-HH3など、わが国独自の受信管が開発され、4(6)BQ7Aや5(6)J6などに置きかわり広く使用されている。

しかし,しだいに従来の品種よりもさらに高性能の受信管が要望 されるようになり,各社によって一連のチューナ用高周波増幅管が 開発されている。

本稿ではわれわれの開発した4(6)R-HH8について述べる。

2. 高周波増幅管の設計

2.1 基 本 事 項

チューナ用受信管に対して,要求されることは多いが利得の高いことおよび雑音指数の小さいことの二つに要約される。

たとえば、双三極管を使用したカスコード増幅回路の利得Aは大略(1)式で表わされる $^{(1)}$ 。

$$A = \frac{\mu R_L}{r_p + \frac{r_p + R_L}{\mu + 1}} = g_m R_L \dots (1)$$

μ: 増幅率

 R_L : 負荷抵抗(M Ω)

 r_p : 内部抵抗(M Ω)

 g_m : 相互コレダクタンス(μ \mho)

また、三極管の雑音指数Nは雑音同調をとったときに、次式で表わされる $^{(2)}$ 。

$$N = 1 + \frac{T_c}{T_o} \frac{G_c}{G_s} + \frac{5 g_{ie}}{G_s} + \frac{\text{Req}}{G_s} (G_s + G_c + g_{ie})^2$$
(2)

Tc: 入力回路の有効温度(°K)

To: 室温(°K)

 G_c : 入力回路のコンダクタンス

Gs: 信号電源のコンダクタンス

gie: 電子走行時間に基く入力コンダクタンス

Reg: 散弾雑音の雑音等価抵抗

以上の二式から高利得, 低雑音を得るためには, 次の事項が必要 であることがわかる。

(i) 相互コンダクタンスが大きいこと。

* 日立製作所茂原工場

(ii) 入力コンダクタンスが小さいこと。

一般に相互コンダクタンス (gm) は次式によって与えられる⁽³⁾。

$$g_{m}(\mu \mathbf{v}) = \frac{3.50 \times S}{b^{2}} \frac{E_{s}^{\frac{1}{2}}}{\left(1 + \frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{4 \ a}{3 \ b}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \dots (3)$$

$$E_s = E_c + \frac{E_b}{u} + \varepsilon_{\dots}$$
 (4)

a: グリッドとプレート間の距離(mm)

b: グリッドとカソード間の距離(mm)

S: カソードの有効面積(mm^2)

 E_s : 支配電圧(V)

 E_c : グリッド電圧(V)

 E_b : プレート電圧(V)

ε: 電子の初速度および接触電位差に基く補正項(V)

増幅率 μ の計算式は、これまでに多数の近似式が発表されているが、ここでは比較的簡単で広く知られているボーデス、エルダー (F. B. Vogdes, F. R. Elder) の式をあげておく。

$$\mu = \frac{\frac{2\pi a}{P} - \operatorname{lncosh} \frac{2\pi C}{P}}{\operatorname{lncoth} \frac{2\pi C}{P}}....(5)$$

ただし、 $2C/P \ll 1$ 、 $b/P \ge 1$

P: グリッドのピッチ(mm)

C: グリッド線の半径(mm)

陰極接地増幅器の入力コンダクタンスは、カソード回路のリードインダクタンスによるもの (g_{ik}) と電子走行時間に基くもの (g_{ie}) にわけられる。

VHF 帯の場合は電子走行角が1よりも小さいから、それぞれ(6)、(7)式で表わされる。

ω: 角周波数(rad/s)

 L_k : カソード回路のインダクタンス(H)

 C_{kg} : カソードとグリッド間の静電容量(\mathbf{F})

$$g_{ik} = \frac{g_m}{20} (\omega \tau_1)^2 (\mu \nabla) \dots (7)$$

$$\tau_1 = \frac{3 \ b}{\sqrt{2 \ eE_s/m}} = 5.07 \times 10^{-9} \frac{b \ (\text{mm})}{\sqrt{E_s (\text{V})}} \dots (8)$$

τ₁: カソードとグリッド間の電子走行時間(s)

e: 電子の電荷

m: 電子の質量

実際の受信管においては

$$\tau_1 = 3 \times 10^{-10} \sim 4 \times 10^{-10}$$
 s

 $g_m = 10,000 \sim 15,000$ $\mu \heartsuit$ $C_{kg} = 3$ pF

 $L_k = 0.01 \sim 0.02$ μH

程度であるから 100 MC の場合を例にとると

 $g_{ie} = 0.02 \sim 0.03$ m \heartsuit

 $g_{ik} = 0.2 \sim 0.3$ m \mho

くらいになる。すなわち、入力コンダクタンスはほとんど g_{ik} によって決められその値は抵抗値に換算して数 $k\Omega$ となる。

次に雑音について述べる。酸化物陰極を使用した真空管の雑音は、VHF帯で動作する場合大別して散弾雑音 (Shot noise) (e_{sn}) とグリッド誘導雑音 (e_{gn}) の二つにわけられ、それぞれ次式によって与えられる (Φ) 。

$$e_{sn} = \sqrt{4 kT \operatorname{Req} B} = 126.0 \sqrt{\operatorname{Req} B} (\mu \mu V) \dots (9)$$

$$Req = \frac{2.5 \times 10^6}{gm(\mu \nabla)} (\Omega) \dots (10)$$

Req: 等価雜音抵抗

B: 周波数带域(c/s)

 $e_{gn} = \sqrt{\beta} 4 kT \operatorname{Rie} B = 126.0 \sqrt{5} \operatorname{Rie} B (\mu \mu V) \dots (11)$ $\beta = 5$

k: ボルツマンの定数, 1.38×10⁻²³ J/°k=0.858×10⁻⁴ eV/K

T: 室温(K)

Rie: 電子走行時間による入力抵抗(Ω)

2.2 考 察

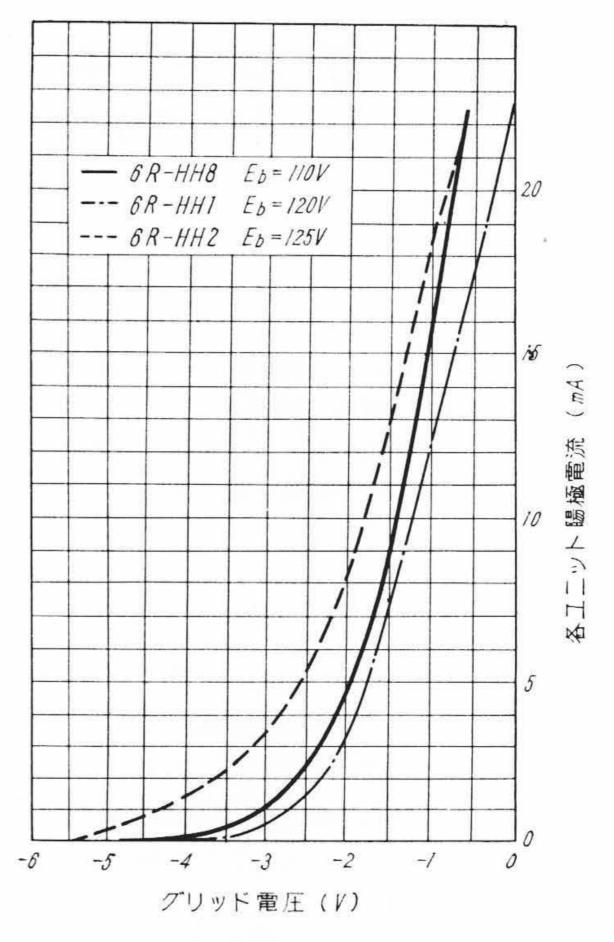
以上述べたことをもとにして本受信管の設計のあらましを述べる。

テレビ用高周波増幅回路には多くの種類がある。たとえば、4極管や5極管を使用した増幅器においては、入出力回路の結合が少ないため使用しやすいという利点はあるが、多極管に固有の分配雑音がつきまとう。また単三極管を使用した中和増幅器においては、雑音指数は良好であるが利得が十分にとれない。これに反してカスコード回路においては双三極管を使用するため、分配雑音はなく、入出力回路の結合も少ないから安定に動作する。さらにどの方式よりも大きい利得を得ることができる。したがって本受信管はカスコード増幅用として設計された。

静特性は、セットの電源電圧がトランスレス方式の場合、200 V 前後であることから定められた。カスコード回路において陰極接地ユニットの陽極電圧は $100\sim110$ V となり、グリッド電圧は、グリッドリークバイアス方式をとると、 $0.6\sim0.8$ V くらいである。陽極電流は多いほど g_m を高くとることができるが、一般のセットでは $15\sim20$ m A が限度である。

カソードからとられる電流が定まると、寿命と入出力静電容量を 考慮してカソードの寸法が定められる。限られた陽極電流のもとで g_m をできるだけ大きくするためには、必然的に細いグリッド線を 微細なピッチで巻き、電極間距離を小さくしなければならない。し かしむやみに寸法を小さくすることは製造技術の面から制限をうけ る、とりわけカソード、グリッド間の距離を小さな寸法に正確に保 つということは困難である。本受信管においてはこの寸法をわずか 数 $10\,\mu$ に設計してある。毛髪の直径が $60\sim 90\,\mu$ であるから数 10μ の間隔がいかに驚異的寸法であるか想像できるであろう。また電極 間距離を小さくすると、電極間静電容量が増加するため、カスコー ド回路に使用した場合、中和がとりにくくなるとか出力容量が大き くなりすぎるなどの好ましくないことが生ずる。

入力コンダクタンスは(6), (7)式の和によって表わされるが,



第1図 各種受信管の相互特性の比較

前述のように一般管の構造では、gik が大部分をしめるから、カソード回路のリードインダグタンスをできるだけ小さくするよう考慮しなければならない。

3. 製造について

3.1 高精度カソードの製作

電極間距離の小さい受信管を量産するにあたり,各部品の精度を 上げることが最も重要な問題である。

カソードとグリッドの間隔の狂いが特性に最大の影響を与えるからこれを高精度に保つためには、スリーブの寸法はもちろん炭酸塩の塗布厚がきわめて正確でなければならない。このためスリーブに対しては品質管理を厳重にし、炭酸塩の吹付にあたっては諸条件をきびしくおさえている。

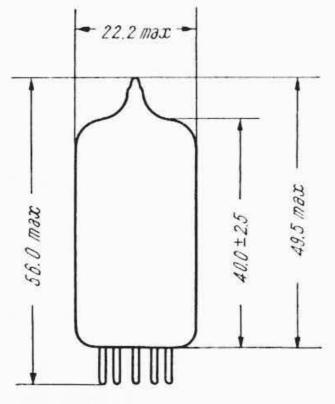
3.2 グリッドの製作

グリッドは受信管の特性を決める重要な部品である。一般の受信管に広く使われている構造のグリッドではグリッド線の直径が小さくなればなるほど機械的に弱くなり、特性のバラッキやマイクロフォニック雑音などが問題となる。

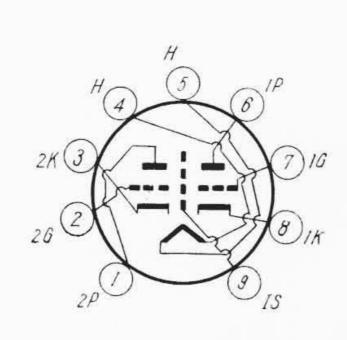
従来の構造のものではグリッド線の直径の限界は $20\,\mu$ 程度である。

本受信管においては高性能を得るためにさらに細いグリッド線を使用し、かつカソードとグリッドを近づけるためフレームグリッドを採用している。すなわち直径 10 µ の極細線を強固な枠(わく)に巻いてグリッドを作っている。線が巻かれる枠の支柱の寸法によって、グリッドの主要寸法が定まるのであるが、この支柱は十分高精度で作ることができるのでグリッドの精度は従来の製作法によって得られるそれに比して格段に向上した。このためカソードとグリッド間の距離がきわめて小さいにもかかわらず特性のバラツキは小さく製造における歩止りは従来の同種の受信管に比べてまさるともおとらない。

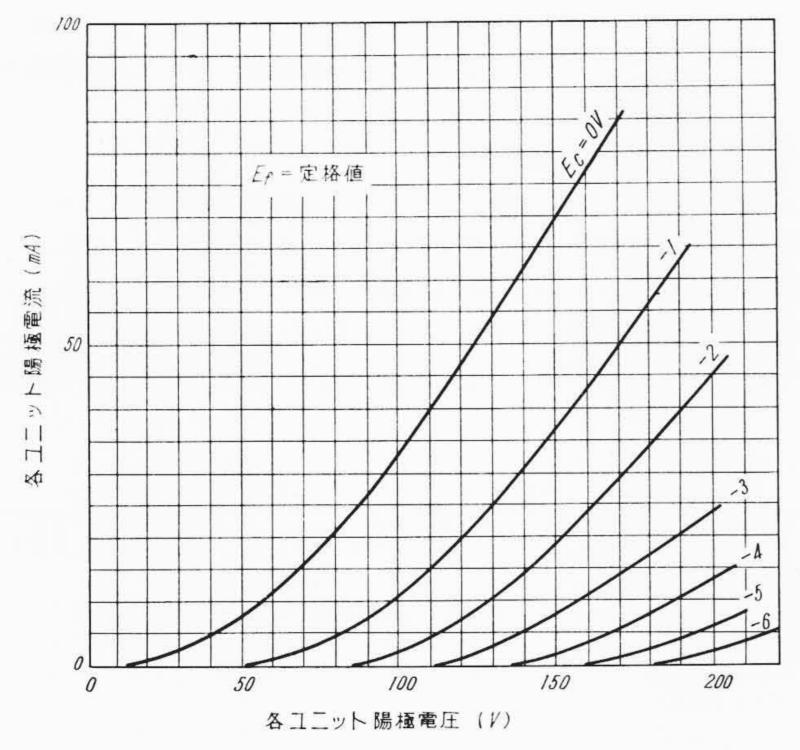
またこのグリッドは混変調特性を改善するためバリアブルピッチ になっている。相互特性曲線が二次曲線のとき混変調ひずみは最小 となる。本受信管の相互特性は**第1図**に示すように最も理想的に設



第2図 4(6)R-HH8 の外形寸法



第3図 4(6)R-HH8 のビン接続



第4図 4(6)R-HH8の陽極特性

計されている。

3.3 組 立 作 業

組立は一般の受信管に比べてやや容易である。グリッドが強固であるから従来のように変形させないように極度に注意を払う必要がない。グリッドとカソードをマイカにそう入してから十分にエアブローを行って微細なゴミや炭酸塩の粉末を除き、電極間タッチの皆無を期している。

4. 本受信管の特長と特性

4.1 相互コンダクタンスが大きい

本受信管の最も著しい特長は相互コンダクタンスが従来の受信管 に比して飛躍的に大きいことである。

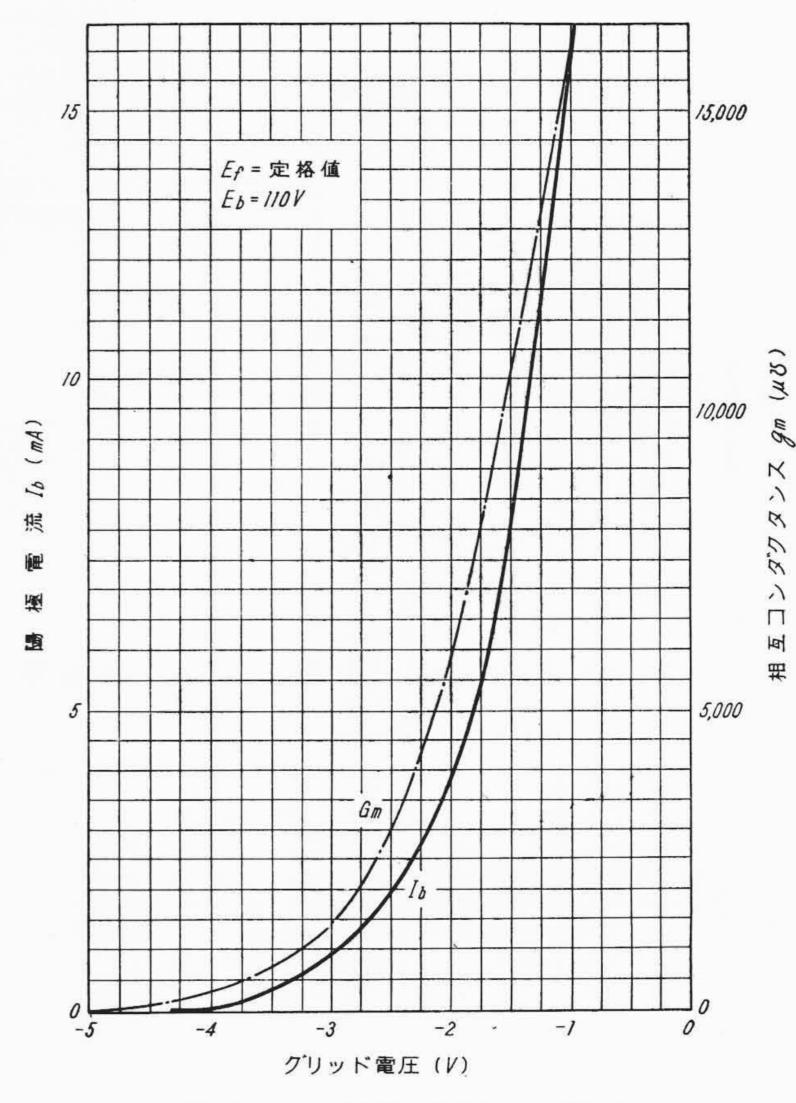
16,000 μ**ひ** という値はフレームグリッドを採用したことによってはじめて得られたものである。

この受信管は比較的低い電源電圧のセットでも高い相互コンダクタンスが得られるように設計してあるからトランスレス受像機に好適で遠距離地域においてもきわめて鮮明な映像が得られる。

4.2 マイクロフォニック雑音が少ない

本受信管は全体の構造が十分強固に設計されているから微細な電極構造を有するにもかかわらずマイクロフォニック雑音はほとんど問題にならない。一般に受信管のマイクロフォニック雑音のおもな原因として,カソードのかん合が不十分でガタがあること,グリッド線の振動の二つがあげられる場合が多い。

本受信管においてはカソードとマイカのかん合は十分な堅さを有



第5図 4(6)R-HH8の相互特性

している。またグリッド線の張力を上げることにより、その固有振動数は数千サイクル以上になっているから実用上のさしつかえはまったくない。

4.3 4(6) R-HH 8 の特性

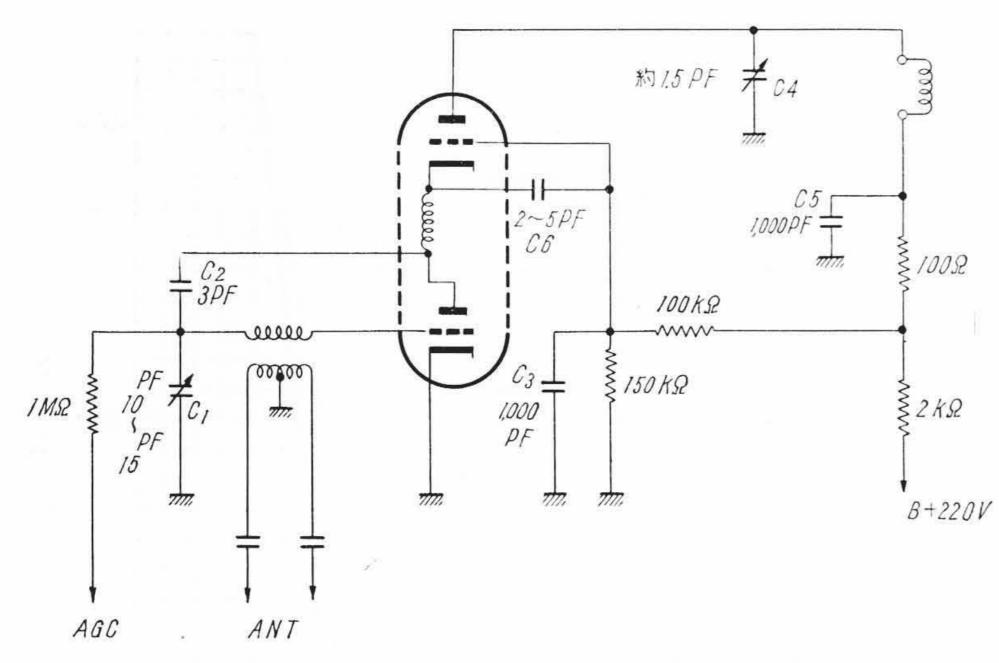
本受信管の外形寸法,ピン接続,陽極特性,相互特性をそれぞれ 第2~5 図に示す。また電気的特性を以下に記す。

ヒータ		4 R-HH 8	6 R-H H 8
電	圧	4.2 V	6.3 V
電	流	0.6 A	$0.4\mathrm{A}$
ウォー	ムアップタイム	11 s	
雷福問絡	電容県(州郊ツ	ールド付)	

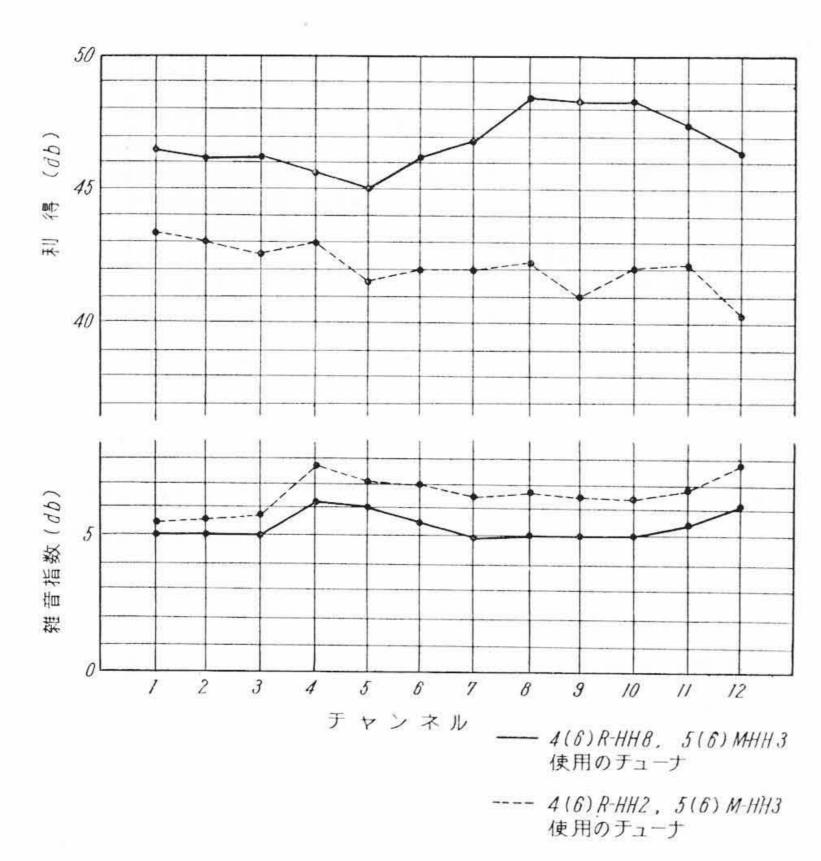
	THE STATE OF				
電極間静電容量(外部シー	・ルド付)				
į.	第1ユニット	第2ユニ	ニット		
グリッド陽極間	1.7	1.7	pF		
入力 陰極接地	3.6	***************************************	pF		
グリッド接地		6.0	pF		
出力 陰極接地	2.4	:	pF		
グリッド接地	X = - S	3.6	pF		
陽極一陰極間	0.17	0.17	pF		
両陽極間		0.015	0.015 pF 以下		
陰極ヒータ間	2.5	2.5	pF		
最大定格(絶対最大値)					
陽極電圧		220 V			
陽極損失		2.2 W			
陰極電流		22 mA			
グリッド抵抗		$1\mathrm{M}\Omega$			
ヒータ陽極間面圧					
陰極正: 直流		220 V			
: 直流+せん	頭値	220 V			

110 V

陰極負: 直流



第6図 4(6) R-HH8 を使用した回路



第7図 テレビチューナに使用した場合の諸特性

: 直流+せん頭値	220 V
代表特性(暫定)	
陽極電圧	110 V
グリッド電圧	-1 V
陽極電流	16 mA
相互コンダクタンス	$16,000~\mu\Omega$
增幅率	40
$g_m = 50 \mu \mho$ になる時のグリッド電圧(大略値) -5 V
カスコード増幅の動作例(第6図の回路)	による) (暫定)
陽極供給電圧	220 V
AGC 電圧	0 V
グリッドリーク抵抗	$1\mathrm{M}\Omega$
陽極電流	$17 \mathrm{m}\mathrm{A}$
相互コンダクタンス	$16,500 \mu \mho$

5. チューナ用高周波増幅管の比較

5.1 同種の双三極管との比較

本受信管と同種の双三極管と電気的特性を比較して第1表に示し

た。この表から相互コンダクタンスの値は従来までの受信管よりもはるかに高いことがわかる。

現在広く使用されている 4(6) R-HH2を使用したチューナと比較してみると、カスコード回路における g_m は 4(6) R-HH2 の 11,000 μ で に対し 4(6) R-HH8 のそれは約5割大きいから利得は(1)式から $4\sim6$ dB 増加することが予想される。

雑音指数に関しては(2)式から算出できるが Req の値が(10)式から求められて、4(6)R-HH2に比して約3割少なく、したがって雑音指数は約1.0dB向上することが期待される。実際にチューナを製作し測定を行った結果を第7図に示すが大略予想した値が得られている。

このように本受信管はセミリモートカットオフ特性を 持つこととあいまって,近距離地域においても遠距離地 域においてもより高品質の映像がえられる。

5.2 四極受信管との比較

以上述べたほかに、四極のチューナ用高周波増幅管が数品種発表されているので略述する。第2表におもなものを示す。このなかで6FH5、6FQ5、6ER5は第8図に示すように陽極とグリッドの間に一種のシールドを入れて電子の流れる部分のみ陽極とグリッドが対向するようにして、他の不要な部分は完全にしゃへいし、陽

第1表 各種カスコード増幅用受信管の比較

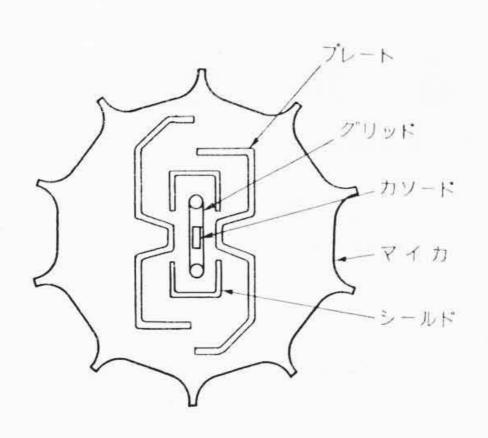
特性	6 B Q 7 A	6 R- HH 2	7 D J 8	7 E S 8	6 FW 8	6 R- HH 8
静電容量 *						
グリツド陽極	1.15P F	1.2 PF	1.4 PF	1.9 PF	1.9 PF	1.7 PF
間陰極接地入力	2.85	3.3	3.3	3.5	3.4	3.6
出力	1.35	1.3	2.5	2.3	2.4	2.4
グリッド接地入力	4.95	5.6	6	6.0	5.2	6.0
出力	2.27	2.4	3.7	4.0	4.0	3.6
陽極一陰極間	0.15	0.15	0.16	0.17	12-2	0.17
陰極-ヒータ間	2.7	2.5	2.7	3.0	2	2.5
動作条件						
陽極電圧	150 V	90 V	90 V	90 V	125 V	110 V
グリッド電圧		-1 V	-1.3V	-1.4V	-2 V	-1 V
陰極バイアス抵抗	220Ω	_	_		2	:
動作特性						
陽極電流 (I_b)	9.0mA	8.5mA	15mA	15mA	15m A	16mA
相互コンダクタンス (gm)	6,400 μτ	8,000 μ	12,500 μΌ	12,500 μ	12,500 μυ	16,000 <i>μ</i> ປ
$g_m/I_b(\mathrm{m} \mho/\mathrm{m} \mathrm{A})$	0.71	0.94	0.835	0.835	0.835	1.00
增幅率	38	36	33	-	33	40

* 外部シールド付

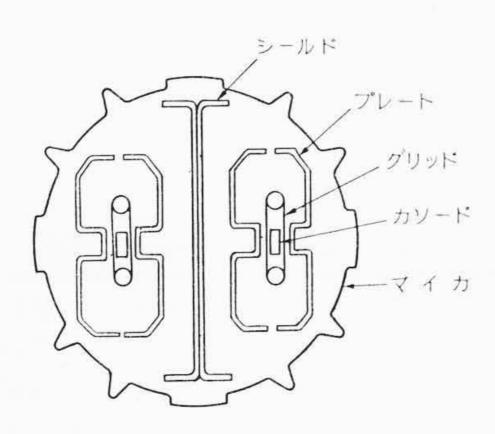
第2表 各種チューナ用四極管の比較

特	性	6 FH 5	5 F Q 5	6 ER 5	6 C Y 5 6 F V 6
静電容量*					
第1グリッド陽極間	J	0.6PF以下	0.4PF	0.36PF	0.03PF
入力		3.2	4.8	4.4	4.5
出力		4	4.0	4.0	3.0
陽極陰極間			3 	0.20	-
陰極ヒータ間			2.8	2.8	2.7
動作条件					
陽極電圧		135 V	135	200 V	125 V
第1グリッド電圧		-1V	-1.2V	-1.2	-1V
第2グリッド電圧		0V	0 V	0V	80 V
動作特性					
陽極電流 (I_b)		11mA	11.5mA	10mA	10 mA
相互コンダクタンス	(g_m)	9,000µ7	11.000µ75	$10,500\mu$ 75	8,000µ7
$g_m/I_b(m \Im/m A)$		0.82	0.956	1.05	0.80
第2グリッド電流($I_{c2})$	0mA	0mA	0mA	1.5mA
増幅率(μ)		50	60	80	(40000)
等価雜音抵抗	九(Req)	280 Ω	230 Ω	240 Ω	680Ω

* 外部シールド付



第8図 6ER5 の 構 造



第9図 4(6)R-HH8 の 構 造

極グリッド間の静電容量をできるだけ小さくしたものである。したがって第2表に示すとおり、適当な設計とあいまって陽極グリッド間の静電容量は前述の双三極管のそれに比して、約¼に減少している。参考として4(6)R-HH8の電極構造を第9図に示した。このような受信管は四極管というよりは、三極管と称するほうがふさわしいとも思われる。現に三極管として発表されている品種もある。

これらの受信管の特長は回路に使用した場合に、中和がとりやすいこと、チューナの構造をきわめて簡単にかつ小形にできることである。

6CY5,6FV6の電極構造は通常の四極管と同一である。したがって陽極と第1グリッド間の静電容量はきわめて小さく中和をとる必要はもちろんない。

この受信管が従来の高周波増幅用五極管と異なる点は電流分配が 改善されていることである。第2表に示すとおり、第2グリッド電 流の陽極電流に対する比は従来の受信管では約1/3であるのに対して 約1/7になっている。

一般に第2グリッドを有する受信管の等価雑音抵抗は(12)式で表わされる。

$$R_{eq5} + \frac{2.5 \times 10^6}{g_m(\mu \mho)} \frac{I_b}{I_b + I_{c_2}} \left(1 + \frac{8 I_{c_2} \times 10^3}{g_m(\mu \mho)} \right) (\Omega)$$
(12)

I_{b: 陽極電流(mA)}

Ic2: 第2グリッド電流(mA)

これを三極管接続したときの等価雑音抵抗を Req3 とすると

であるから (12) 式と比較して $8I_{e_2} \times 10^3/\mathrm{gm}$ だけ劣ることになる。 たとえば,6 AC 7 -GT を三極管接続したときの等価雑音抵抗は $220~\Omega$ であるが五極管接続のときは $720~\Omega$ と三倍以上に増大する。 これに対し 6 CY 5 の場合には,三極管接続のとき 270Ω ,四極管として使用すると 680Ω であるから 2 倍余の増加でおさえられている。このように分配雑音による雑音抵抗の増大が改良されている。

以上述べた各種の四極管を使用することによって,チューナの値 格は大幅に安くなる。すなわちこの種の受信管はテレビ受像機のコ ストダウンを可能ならしめるという点に特色をもっている。

しかし、4、6 R-HH8と比較すると相互コンダクタンスは3~4割小さく等価雑音抵抗は4倍くらい大きいから、チューナの利得は数dB低く、雑音の点でも多少悪化することはまぬがれない。

6. 4.6 R-HH 8 の使用上の注意

6.1 発振について

4,6 R-HH8は相互コンダクタンスがきわめて大きいから不適当な使い方をすると、発振などのトラブルを生じてせっかくの性能を発揮することができない。

発振のおもな原因はグリッド接地ユニットのグリッド回路の持つインダクタンスにある。 測定によると球のインダクタンスは 0.06 μ H, ソケットが 0.004 μ H, コンデンサが 0.01 μ H ぐらいで合わせて約 0.02 μ H となり 200 MC で 25Ω のリアクタンスになる。このリアクタンスに出力電流が流れ,電圧が発生して帰還が生ずるのである。したがって接地用コンデンサのリードはできるかぎり短くしなければならない。

またプレート回路のリード線が長いと分布容量などとともに特定の周波数で共振を生じ、プレート回路の負荷となって寄生発振を起すことがあるから、部品の配置はリードができるだけ短くなるように、また入力回路と出力回路が結合容量をもたないよう十分考慮を払うことが望ましい。

第6図は本受信管を使用した代表的な回路で、発振防止のためコンデンサ C_6 が付加されている。この作用はグリッド接地ユニットの入力インピーダンスを下げて容量による再生を弱めること、およびグリッド回路に生じた電圧の一部をカソードに加えて発振を防止することである。

6.2 マイクロフォニック雑音に対する配慮

前述したとおりマイクロフォニック雑音に対して十分な設計的考慮が払われているから、従来の受信管とまったく同様に取扱ってさしつかえない。すなわちスピーカの振動が直接チューナに伝わらないよう適当なクッションを使用してチューナをシャシに取付けることで十分である。

7. 結 言

本受信管は以上のとおり高性能を有するがその製造のためには幾 多の新しい方法が試みられ、十分安定して均質な製品の得られる方 式が採用された。

本受信管を使用することによって, さらに高性能のテレビ受像機が組立てられ, 高感度, 低雑音の鮮明な画像を楽しんでいただくことができるのは, われわれにとってこの上ない喜びである。

参考文献

- (1) G. E. Valley H. Wallman: Vacuum Tube Anplifiers
- (2) W. E. Benham I. A. Harris: The Ultra High Frequency Perfomance of Receiving Valves
- (3) K. R. Spangenberg: Vacuum Tubes
- (4) A. Van der Ziel: Noise