

UHF テレビ用送信管 7F70R

7F70 Power Transmitting Tube for UHF Television Broadcasting

久 田 宏* 山 田 徳太郎*
Hiroshi Hisada Tokutarô Yamada

内 容 梗 概

UHF テレビ中継放送機(いわゆるサテライト装置,あるいはトランスレータ)用として300W以上の映像せん頭出力を有する同軸形強制空冷4極管7F70Rを開発した。7F70Rはその使用目的であるサテライト装置の動作条件を検討し,最適の特性と構造に設計された。

1. 緒 言

UHF 帯テレビ中継局の設置は, 去年のチャンネルプラン修正決定以来本格化し, 映像せん頭出力300Wの局も現実の問題となった。実験放送段階での最大の出力は日立, 高萩両局の100Wで, これらの装置の出力段には日立製作所が最初に国産化した同軸形強制空冷4極管7F13Rが好調裡に実用されている。300W局用には従来適当な送信管がなかったので, 日立製作所では7F13Rにいたった技術を発展させ, 新形管7F70Rを開発した。ここにその概要を報告する。

2. 7F70R の 設 計

2.1 サテライト装置用送信管の要件

わが国のサテライト装置では, 受信した親局電波を, ヘテロダイソン変換によりチャンネルを移し, そのまま増幅して再発射する, いわゆる直線増幅方式がもっぱら用いられている。この方式は映像, 音声両信号を含む被変調波を増幅するため, 増幅器に広帯域性はもちろん, 混変調を生じないよう良好な直線性が要求される。したがって出力増幅部の送信管はA B級広帯域直線増幅動作状態で使用される。この点がC級増幅を前提とする一般送信管とは根本的に違った設計を必要とする理由である。また, サテライト局の無人化は送信管にいっそう高度の信頼性を要求する。つまり

- (1) 広帯域性
- (2) 直線性
- (3) 高信頼性

をサテライト用送信管の要件としてあげることができる。

2.2 300 W サテライト装置の動作

サテライト装置の動作計算については文献⁽¹⁾に詳しく発表されている。以下これに従って300Wの場合を計算してみる。式, 係数などは文献⁽¹⁾のとおりとし説明を省略する。

所要映像せん頭出力は10%の余裕を見込んで

$$W_p = 300 \times 1.1 = 330 \text{ W} \dots\dots\dots (1)$$

最大出力(映像同期と音声重畳したとき)は

$$W_0' = 2.25 W_p = 743 \text{ W} \dots\dots\dots (2)$$

出力回路能率を75%とすると真空管が供給すべき最大出力は

$$W_0 = \frac{1}{0.75} W_0' = 994 \text{ W} \dots\dots\dots (3)$$

となり, このレベルまで直線性が許容値内になければならない。

一方, 負荷条件として球の出力静電容量20 pF, ストレージ容量4 pFと仮定し, 帯域幅 $2 \Delta f = 20 \text{ Mc}$ をとるものとすれば, 負荷抵抗は

$$R_L = \frac{1}{4\pi \Delta f C_{out}} = 332 \Omega \dots\dots\dots (4)$$

C_{out} : 球の出力容量とストレージの合計

出力電流の基本波分は

$$I_p = \sqrt{\frac{2W_0}{R_L}} = 2.45 \text{ A} \dots\dots\dots (5)$$

となる。無信号時電流はこれの $\frac{1}{2}$ にとる(直線性の条件から導出される)。すなわち

$$I_p' = \frac{1}{2} I_p = 1.23 \text{ A} \dots\dots\dots (6)$$

動作時直流電流

$$I_b = 1.5 I_p' = 1.84 \text{ A} \dots\dots\dots (7)$$

となる。出力電圧基本波分は

$$e_p = I_p R_L = 814 \text{ V} \dots\dots\dots (8)$$

第2グリッド動作電圧を500Vとし, 瞬間陽極電圧最低値をこれより300V高く, 800Vにとると直流陽極電圧は

$$E_b = 800 + 814 = 1,614 \text{ V} \dots\dots\dots (9)$$

となり, 直流陽極入力

$$Q_p' = E_b I_p = 2,950 \text{ W} \dots\dots\dots (10)$$

安全率1/0.8を見込むと許容最大陽極損失は

$$Q_p = \frac{1}{0.8} Q_p' = 3,700 \text{ W} \dots\dots\dots (11)$$

であればよい。

以上の計算から300Wサテライト装置用出力管の要件として次のことがわかる。

- (1) 許容陽極損失3,700W以上
- (2) 最大陽極直流電流1.84A以上
- (3) 負荷抵抗は 332Ω と低い。したがって低出力インピーダンス特性であること。なおこれ以上負荷抵抗を下げないために出力容量は仮定値20 pFをこえないこと。

特に(3)項はサテライト動作の特長として出てきた注目すべき条件である。以上の要目を出発点として7F70Rの設計が行なわれたが, 必要あれば500Wサテライト装置にも使用可能とするため, 最終的には許容陽極損失4,500W, 最大陽極直流電流3.0Aという規模が決定された。

3. 7F70R の 構 造 と 特 長

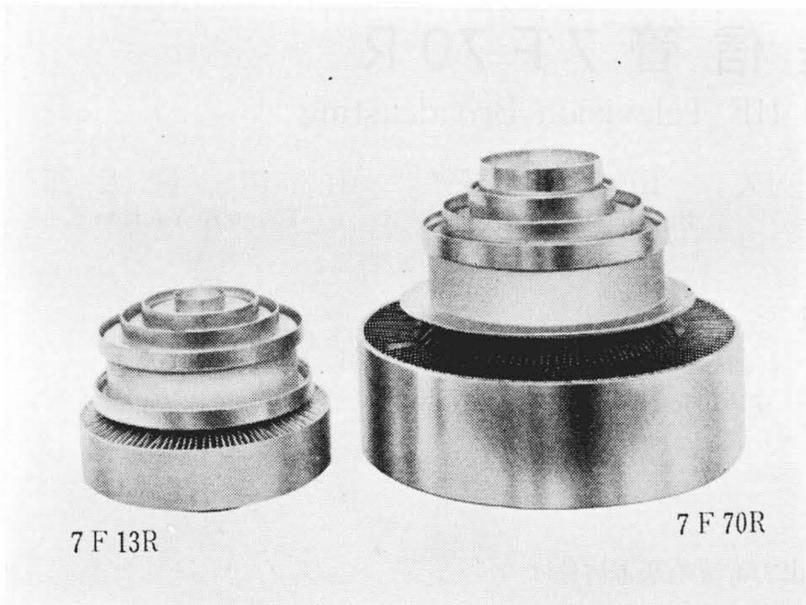
第1図は7F70Rの外観を, 第2図はその断面構造を示す。また第1表は7F70Rの定格を示している。

3.1 陰 極

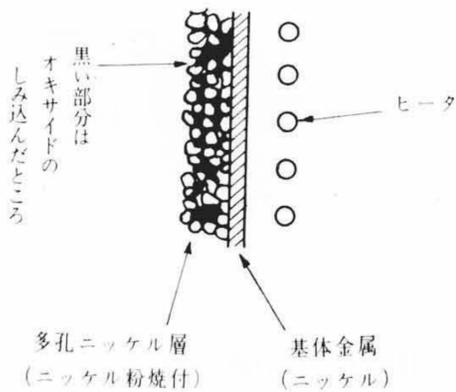
7F70Rの陰極はニッケルマトリクス形酸化物陰極である。陰極の種類は管球の全構成を支配するから, その選択にはあらゆる条件を考慮する必要がある。

前節で明らかにしたように, サテライト装置用送信管は低インピーダンス特性, すなわち出力に比し大きな陽極電流, 高い相互コンダクタンスを有し, 陽極電圧は比較的低い。有効面積比が大きく, 豊富な電流のとれる酸化物陰極はこれらの条件に最もよく適合す

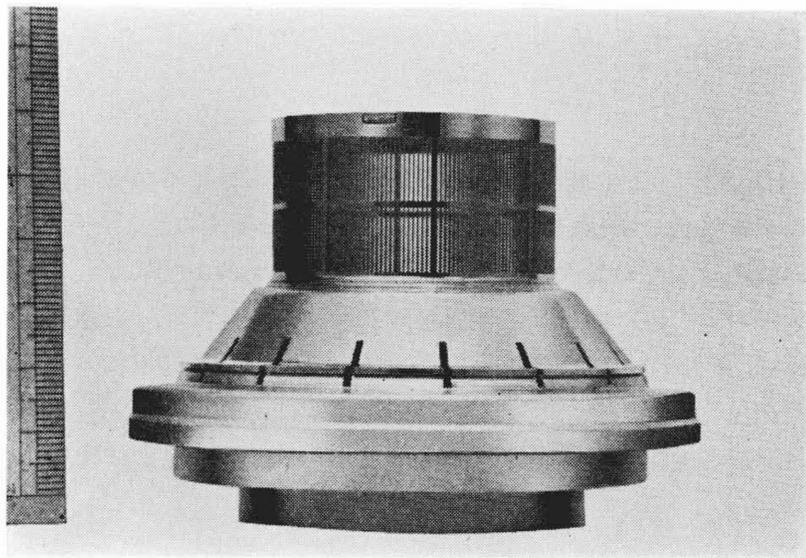
* 日立製作所茂原工場



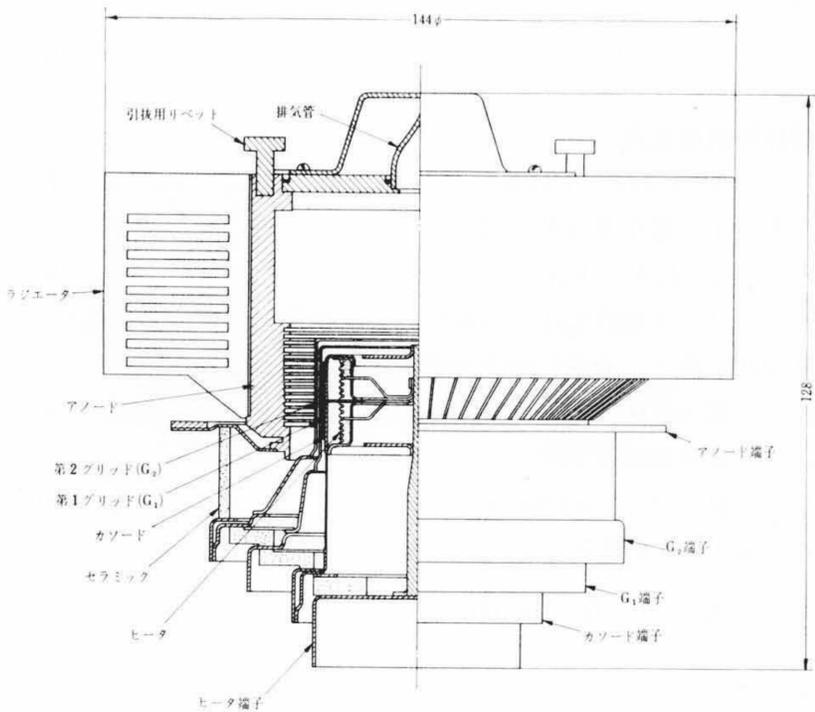
第1図 7F70R の外観



第3図 マトリクスカソード



第4図 グリッド組立



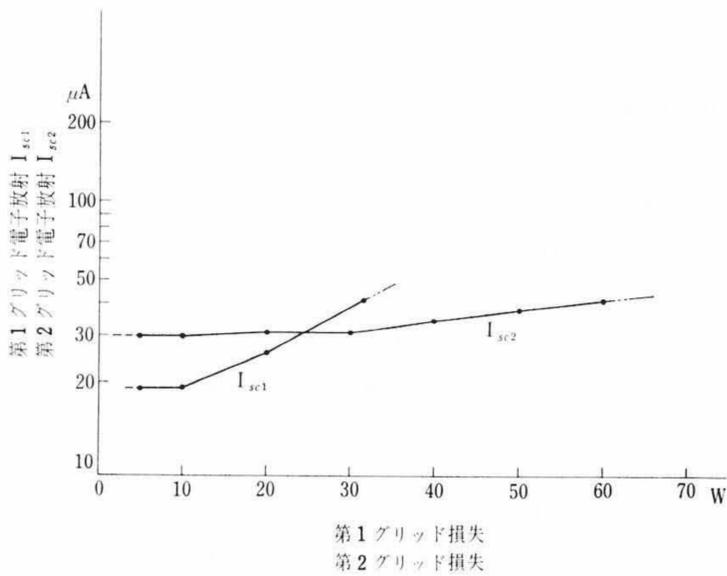
第2図 7F70R 断面構造

る。酸化物陰極は使用電圧に制限があるが、300W用の場合、前節の計算によると陽極直流電圧1,600V程度であり、2,500Vまで実績のあるマトリクス形であれば問題はない。酸化物陰極にはほかにも利点がある。すなわち、トリウムタングステン陰極（メッシュ形も含めて）に比べてはるかに機械的強度が大きく、動作温度が低く、したがって電極変形、タッチなどの危険性がきわめて少なく、信頼性を高めることができる。唯一の難点は予熱時間の長いことであるが、管球自体あるいは装置に多少の考慮を加えることにより、ほとんど実用上の問題にはならない程度に短縮できる。

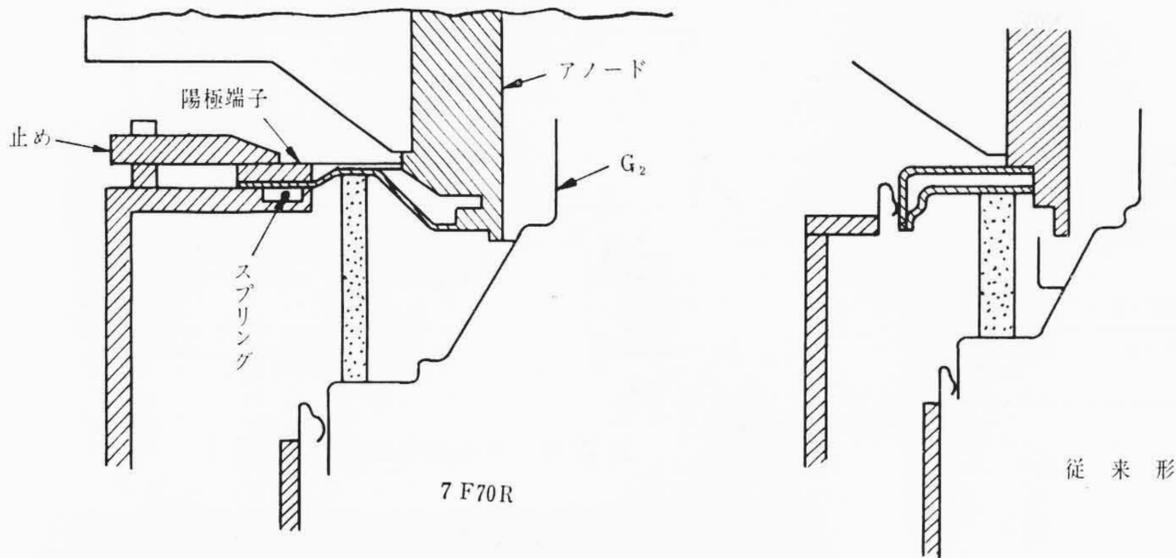
7F70Rに用いられているニッケルマトリクス形酸化物陰極は第3図にその概念を示すように、ニッケル板からなる基体上に200~300メッシュのニッケル粉末を焼結して多孔層（マトリクス）を形成させ、その空孔に酸化物を充てんしたものである。マトリクスの厚さは0.3mm、見かけ比重は約7.5である。このマトリクスカソードは普通の酸化物塗布陰極よりイオン衝撃に強く、基体と酸化物の接触抵抗が小さい利点があり、すでに7F13Rですぐれた実績を示している。

第1表 7F70R 一般特性

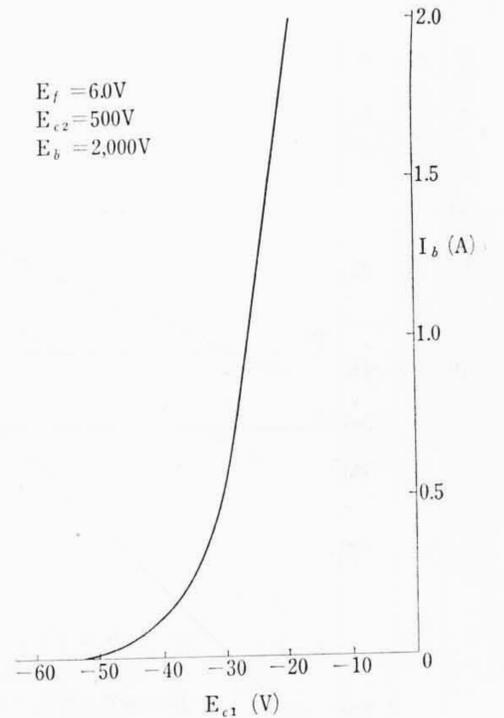
電気的特性	
陰極：傍熱形酸化物塗布マトリクス	
ヒータ電圧	6.0 V
ヒータ電流	32 A
予熱時間	5分
相互コンダクタンス ($I_b=2.5A$)	120 m μ
第2グリッド増幅率	15
電極間静電容量	
第1グリッド-陰極	60 pF
第1グリッド-第2グリッド	90 pF
第2グリッド-陽極	17 pF
第1グリッド-陽極	0.14 pF
陽極-陰極	0.007 pF
最高周波数	820 Mc
機械的特性	
外形寸法:	
全長	128 mm
最大部直径	144 mm
重量 (約)	2,600 g
使用位置	任意
冷却: 強制空冷	
ラジエータ部分	
最小風量	3.6 m ³ /min
静圧	11 mm 水柱
ヒータ端子	
風量	0.2 m ³ /min
流入空気最高温度	45℃
封止部最高温度	250℃



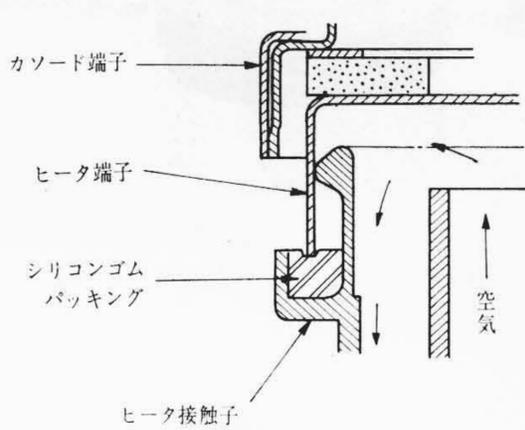
第5図 グリッドエミッション特性



第6図 出力構造の比較



第9図 $E_{c1}-I_b$ 特性



第7図 ヒータ端子冷却構造の一例

無人サテライト装置で長期間の安定な動作を確保できる。

3.3 端子構造

(1) 陽極端子

円板形としたため第6図のように空洞と最短で密着した結合ができる。従来の円筒形端子とコンタクトフィンガの組み合わせに比べ、インダクタンスが小さく、また冷却空気の出側空洞への侵入を防ぐことができる。

(2) ヒータ端子

各端子中最も温度上昇のはげしいヒータ端子は大形のカップ状で、十分な冷却空気を供給できる。端子が大きいので第7図のように二重管構造にして使用済空気を入力側空洞へ漏らさないようにできる。前述のとおり陽極側も密閉されるから、冷却空気は空洞内に全く流れず、従来保守上の問題とされた冷却空気による空洞内へのゴミの運び込みがない。グリッド端子の冷却は空洞への伝導のみで行なわれる。

4. 7F70R の特性

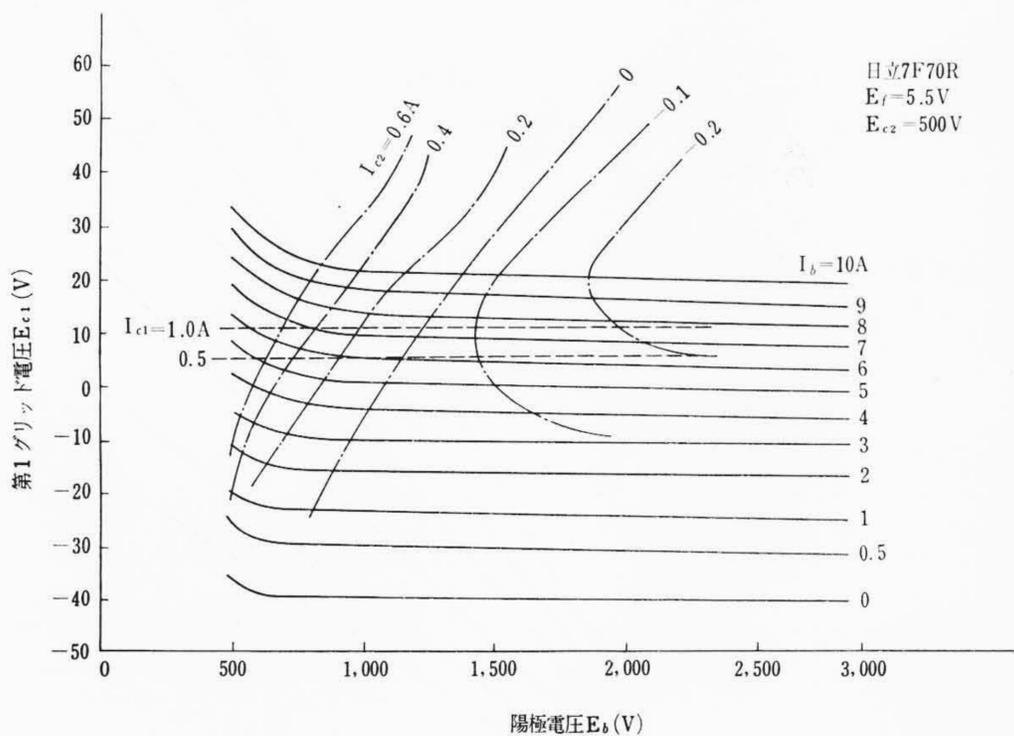
4.1 電気的特性

(1) 静特性

実測定電流特性を第8図に、カットオフ付近の陽極電流特性を第9図に示す。相互コンダクタンスと負グリッド領域での陽極電流が大きく、300W サテライト装置に必要な陽極せん頭流((5)式)2.45A は負グリッド範囲でとれるから、グリッド電圧を正に励振したときに生ずる電流分配の影響による直線性の低下がない。

(2) 直線性

第9図にみられるとおり、UHF 送信管としてはシャープなカットオフ特性をもっている。一般に、直線性に影響する設計的要因はインゼルフクタであり、製作技術的要因は電極精度である。UHF 送信管では電子走行時間効果を軽減するためグリッド陰極間げきを小さくする必要があるが、これとグリッドピッチの比、すなわちインゼルフクタが悪くなると、いわゆるインゼル効果が顕著になって電流特性の曲りがひどくなる。7F70R の場合、グリッド陰極間げき 0.6 mm に対しグリッドピッチ 0.685 mm、すなわちインゼルフクタ 1.14 で、一般にインゼル効果が顕著になる限界とされている 1.25 にはまだ余裕がある。このような大電力管であるにもかかわらず、精細な電極構造を採用できたことは前述

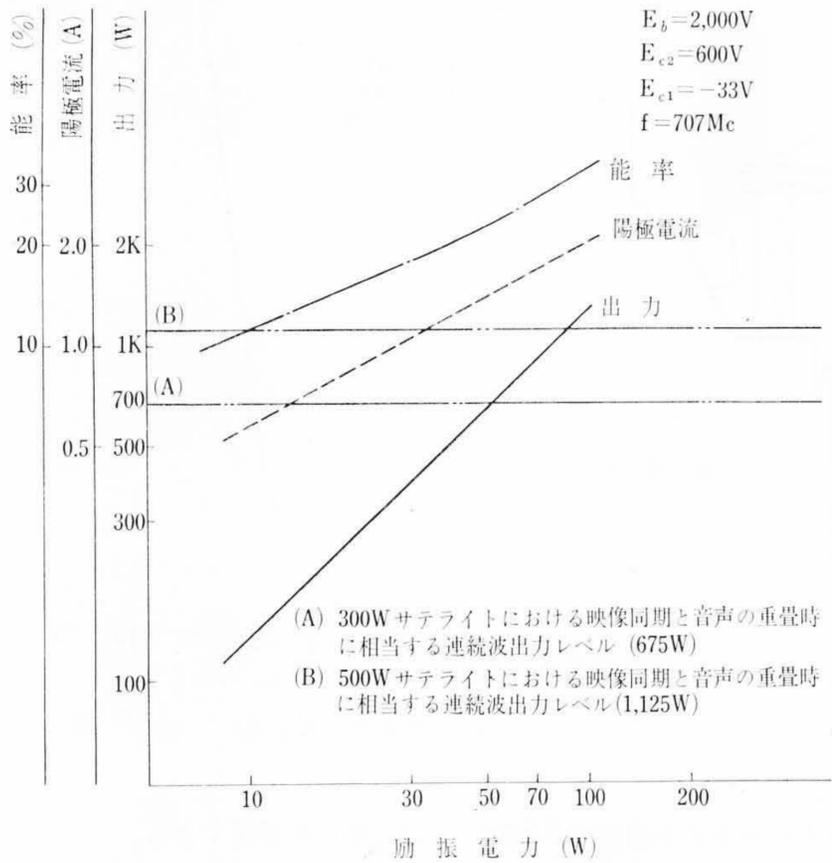


第8図 平均定電流特性

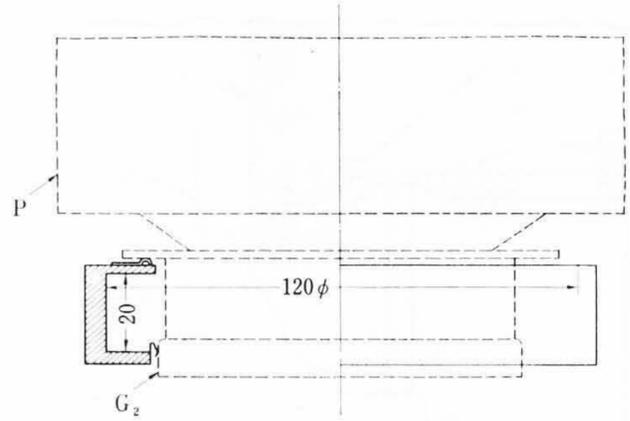
3.2 グリッド

放電加工法による UHF 送信管のグリッド製作についてはさきに発表⁽²⁾したが、7F70R のグリッドも同様の技術で作られている。やや異なるのは従来のものが内歯車状の放電電極でグリッド線全部を一度に軸方向に加工するのに比べ、インデックス装置によりマウントを回転させながらグリッド線を1本ずつ直径方向に平板状の放電電極で加工していく点である。この方法によれば高さ方向の中央部に第4図に示す補強帯を作ることが容易であるし、インデックス装置の精密化によりグリッド線径およびピッチの均一度が高まり、直線性の向上に寄与している。

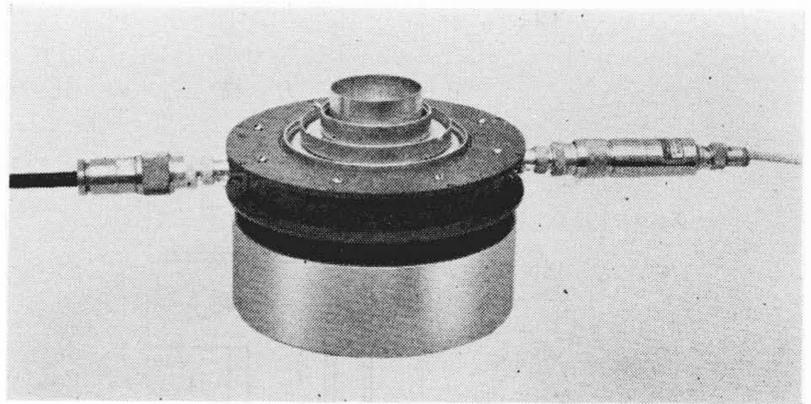
グリッド材料は Cu-Ni-P 合金である。グリッドエミッションの実測結果を第5図に示す。最大定格に対してもかなり余裕があり、



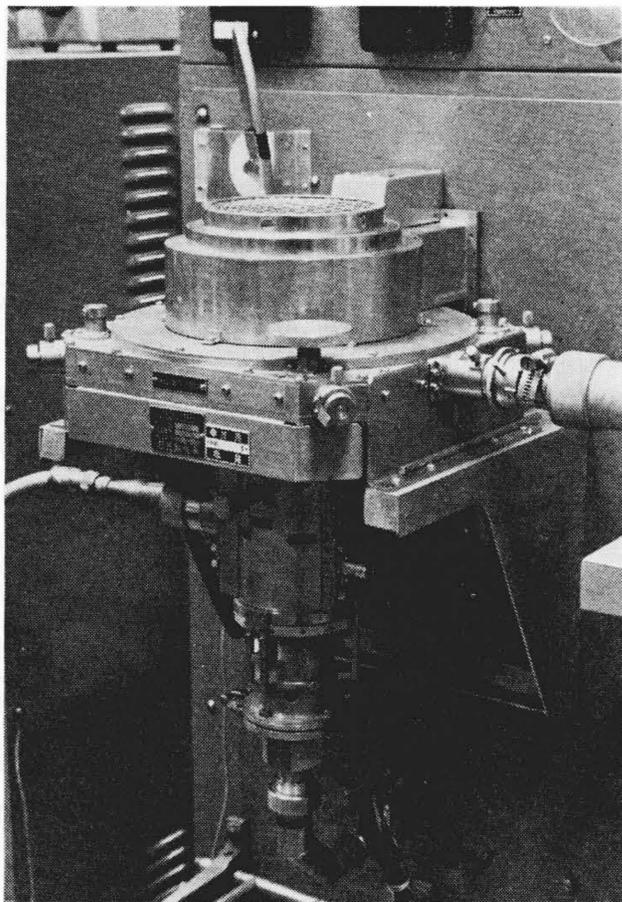
第10図 広帯域増幅動作特性



第12図 共振測定用空洞の寸法



第13図 共振測定用空洞

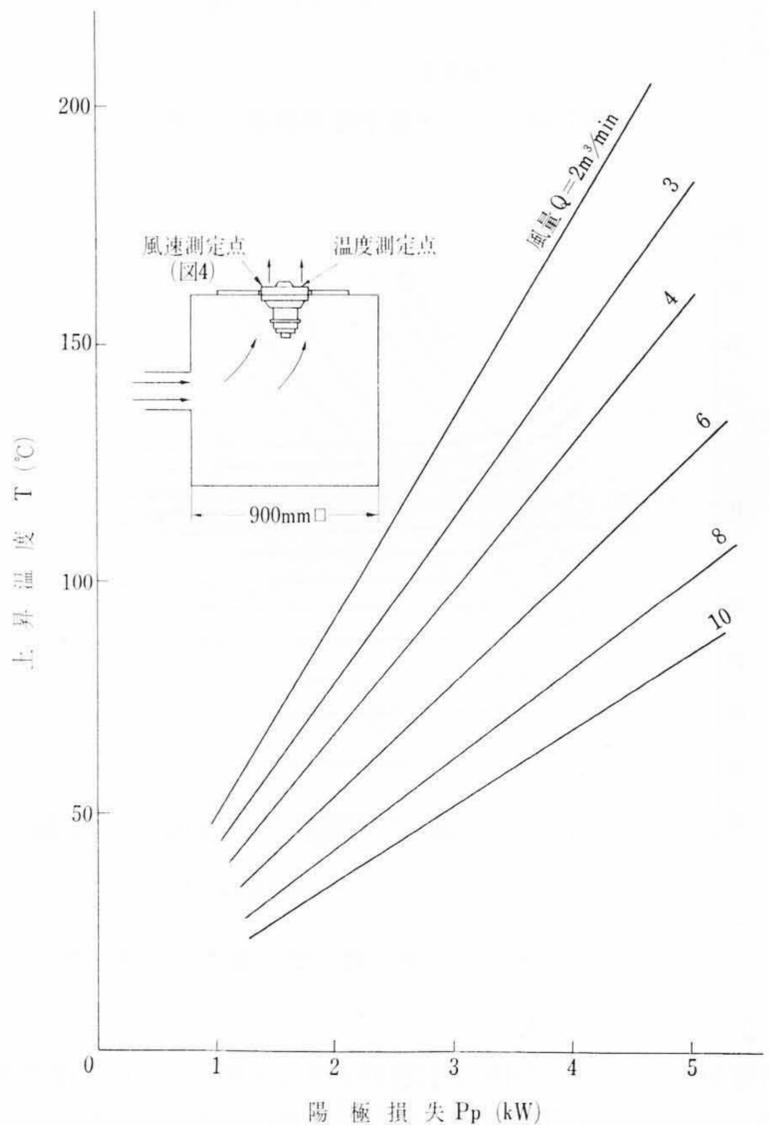


第11図 試験用空洞

の放電加工によるグリッド製作など、第2の要因としてあげた製作技術の高度化によるものである。

(3) 広帯域性

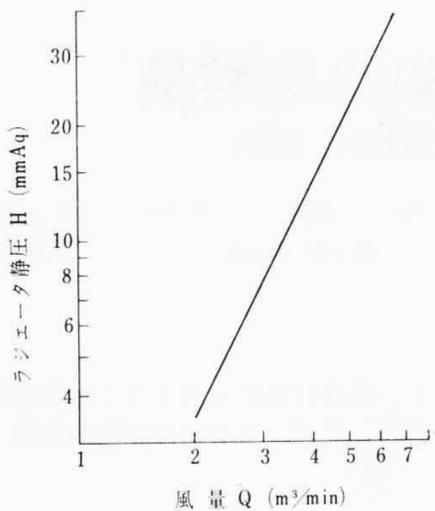
広帯域増幅での利得と帯域幅の積は、周知のとおり相互コンダクタンスと出力容量の比、すなわち g_m/C に比例する。まず g_m については、有効面積比の大きい酸化陰極としたため極端にグリッド陰極間げきをせざる事なく 120 mV ($I_b = 2.5A$) という、このクラス最高の値が得られた。一方、出力容量を減らすために陽極-第2グリッド間のセラミックを、製作上の困難を克服して薄肉としたほか、グリッドと対向する部分以外の陽極内径を大きくし、さらに従来球では普通陽極-第2グリッド間におかれていたスパッタシールドを陽極端部の形を改良することによって廃止



第14図 冷却特性

するなど種々考慮の結果、予定の 20 pF を下まわる 17 pF に押えることができた。

入力側は UHF 帯ではほとんどグリッド接地回路を用いるという点に着目して、共振回路と無関係になる第1グリッド-第2グリッド間にセラミックのもつ静電容量を集中し、入力共振回路に並列にはいる第1グリッド-陰極間の容量をなるべく小さくするようにした。これは断面図に G_1-K 間と G_1-G_2 間のセラミックの形



第15図 風量とラジエータ静圧の関係

状の差となって表われている。

(4) 動作特性

周波数 707Mc における広帯域直線増幅動作特性例を第10図に示す。励振電力に対し出力はほとんど直線的に伸び、目標どおりの良好な直線性を示している。直線性は 1,200 W 以上まで保たれており、500 W サテライト装置(せん頭出力 1,125 W)にも十分使用可能なことを示している。空洞の外観は第11図に示すとおりで、入力側は同軸形、出力側は角形である。

(5) 共振特性

UHF 送信管の共振特性は単に静電容量のみでは規制できない。電極引出部分の形状のわずかな差異も共振周波数に影響を与え、定量的取り扱いがきわめて困難である。実用的には使用状態に近い一定のモデル空洞と組み合わせて実際に共振させてみる方法が

有効である。7F70R では出力側の共振試験に第12図の寸法のモデル空洞を用い、大部分の供試管が 817~822Mc で共振した。このような共振測定はデザインチェックとしてだけではなく製品管理上も必要と思われる。測定中のモデル空洞の外観を第13図に示す。

4.2 冷却特性

陽極冷却風量に対する温度上昇および静圧降下の実測データを第14, 15図に示す。ラジエータは静圧降下の小さい低圧形に設計されている。この形のラジエータは外形はやや大きくなるが、ブロウの馬力が節約できるほか、冷却翼の目が荒いのでゴミ詰りによる障害の危険が少ない。

5. 結 言

7F70R はサテライト装置専用という明確な設計方針に基づく特色ある UHF 送信管である。出力の点ではこの構造のほとんど限界をきわめたものといえよう。今後は同様の設計方針による小電力管を順次開発して現在のシリーズを更新していくことが一つの課題である。

終わりに、セラミックの製作にご尽力くださった日立化成株式会社桜川工場の各位、キャビテイの設計製作におほねおり願った日立電子株式会社の各位、ならびに試作にご協力いただいた日立製作所茂原工場の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 副島, 桑原, ほか: NHK 技術研究 14, 384 (昭37-7)
- (2) 中田, ほか: 日立評論 別冊 34, 79 (昭35-2)



特 許 の 紹 介



特許第303715号

小川 毅・栗田 健太郎
桜木 義 祐

負荷時電圧または位相調整変圧器試験方法

中性点直接接地の変圧器の中性点付近の線輪の対地絶縁強度は、低度のもので足りるはずであるが、変圧器の完成時に行なう誘導試験において一相の高圧端子とほかの二相の高圧端子を一括した端子との間に試験電圧を印加する際、中性点には試験電圧の3分の1の電圧がかかることになり中性点付近の線輪はこの電圧に耐え得る絶縁強度を持たなければならない。しかも、この種誘導試験は、一般には、種々の絶縁耐力試験を行なった後の完成状態において行なわれ、これらの試験により巻回間、層間あるいは線輪間などの絶縁が傷害されているや否やのチェック目的で行なわれるのが普通であるため、ことに負荷時電圧調整変圧器においては、中性点付近に設けられる電圧比調整機構にも誘導試験の際、試験電圧の3分の1の電圧がかかり、調比機構中の限流リアクトルなどの絶縁強度を上昇電圧に耐え得るようにしなければならない。そのために調比機構は使用時の耐電圧のみを考慮すればよい場合に比し著しく大形のものとなるが、このように使用前の唯一回の試験のために変圧器が著しく大形かつ高価なものとなることは不合理である。

この発明においては、あらかじめ、タップリード線の途中へ開閉器AおよびBを設けておき、誘導試験を行なう場合には開閉器AおよびBを開きタップ切換機構および限流リアクトルを巻線1より切り離すとともに、油槽上のハンドホールを開放して各相の中性点9を対応するほかの相の巻線の中性点と接続した後、電圧を印加して試験を行なう。

誘導試験完了後は、開閉器AおよびBを閉じタップ切換機構および限流リアクトル4を巻線1の回路に接続すると共に中性点9とほかの相の巻線の中性点との接続を開放する。すなわちタップ切換機構および限流リアクトル4は、誘導試験の際のみ変圧器の回路から切離され、誘導試験完了後は変圧器回路中に接続されて通常通りの使命を果たし得るから、本方法によれば、これらタップ切換機構および限流リアクトル4などの絶縁強度を誘導試験の際の電圧に対応して補強する必要はなく、極めて軽度の絶縁で足り、装置の価格を著しく低減できる。(須田)

