最近の送信管の趨勢

中原富士 朗*

Recent Development of Transmitting Tubes

By Fujio Nakahara Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The most distinctive feature in the recent air cooled transmitting tubes in Japan is the development of pentodes. They have come to be a type most preferred in use for almost all kind of transmitters operating in the frequency range up to 30 MC due to their high anode efficiency, high power gain and suitability for conventional supressor medulation.

Great progresses have recently been made in large power tubes of American and European makes. And the use of thoriated tungsten cathode, fernico-to-glass seals, grounded grid construction and other thermal and mechanical improvements are the factors that have conduced to successful rise of their operating efficiency and frequency limit.

2B29, Japanese version of RCA-829B, is one of the most popular type of VHF transmitting tubes in Japan. However, especially in the U.S.A., there are many tubes now on market which are far more powerful and have higher frequency limit than 2B29.

In order to catch up with such foreign level of development, the writer discusses, every improvement and means including novel manufacturing techniques such as ceramic-to-metal seals and matrix type cathode construction, the adoption of forced air cooled type and electrode construction suitable to coaxial cylindrical circuit must be incorporated.

[I] 緒 言

我国の受信管は米国製品相当品種がその殆どを占めているが送信管には我国独特の品種が多い。終戦後も送信管の活発な新製品開発が行われ次第に旧品種を陶汰しついるるがそれ等新製品には我国独特の品種が多く、またたとえ外国製品に相当する品種であつても、需要者の性能に対する要求、製作技術、試験法等を考慮して我国の実情に適合するようにその定格を大巾に変更してあるものが多い。以上は従来送信管の設計製作技術に関し我国は独自の相当高いレベルにあつたことを示しているが、これには需要者の技術的水準が高くメーカーに常に適切な指導批判が与えられたこと、送信管の変化が全般的に

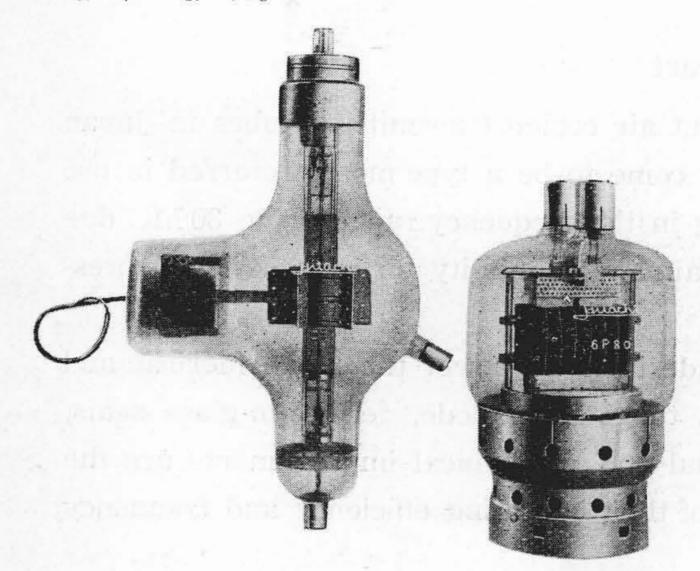
思われる。又その用途上需要が比較的限られているので 米国等に於ても極端な量産形態がとれないと言うこと も、我国に有利な条件であろう。しかし乍ら最近米国に 於ては TV の発展を原動力とした VHF, UHF 大電力 送信管の著しい進歩があり従来量産には用いられなかつ た高級な製造技術を駆使して精力的に新製品開発が行わ れている。又中波短波用送信管に於ては、特に大電力管 に大きな改善が行われている。そのような新技術を速か に消化して吾々の技術を確立することが今日我国送信管 界最大の課題であろうと思われる。(VHF, Very High Frequency は 30~300 MC 波長にして 10~1 m; UHF, Ultra High Frequency は 300~3,000 MC 波長 1 m ~10 cm)

は目まぐるしい程でないこと等の事情が幸いしていると

^{*} 日立製作所茂原工場

[II] 中波短波用送信管

最近我国の中波短波用送信管には多くの改善がなされた。先づ空冷送信管の分野に於て最も特長的な事項は5極管の進出であろう。従来自然空冷の中波短波用送信管として三極管又は遮蔽格子四極管が普通に用いられて来た。しかし最近は送信機の大小を問わず我国の新しいセットにはすべて五極管が用いられているといつても過言ではない程になつた。



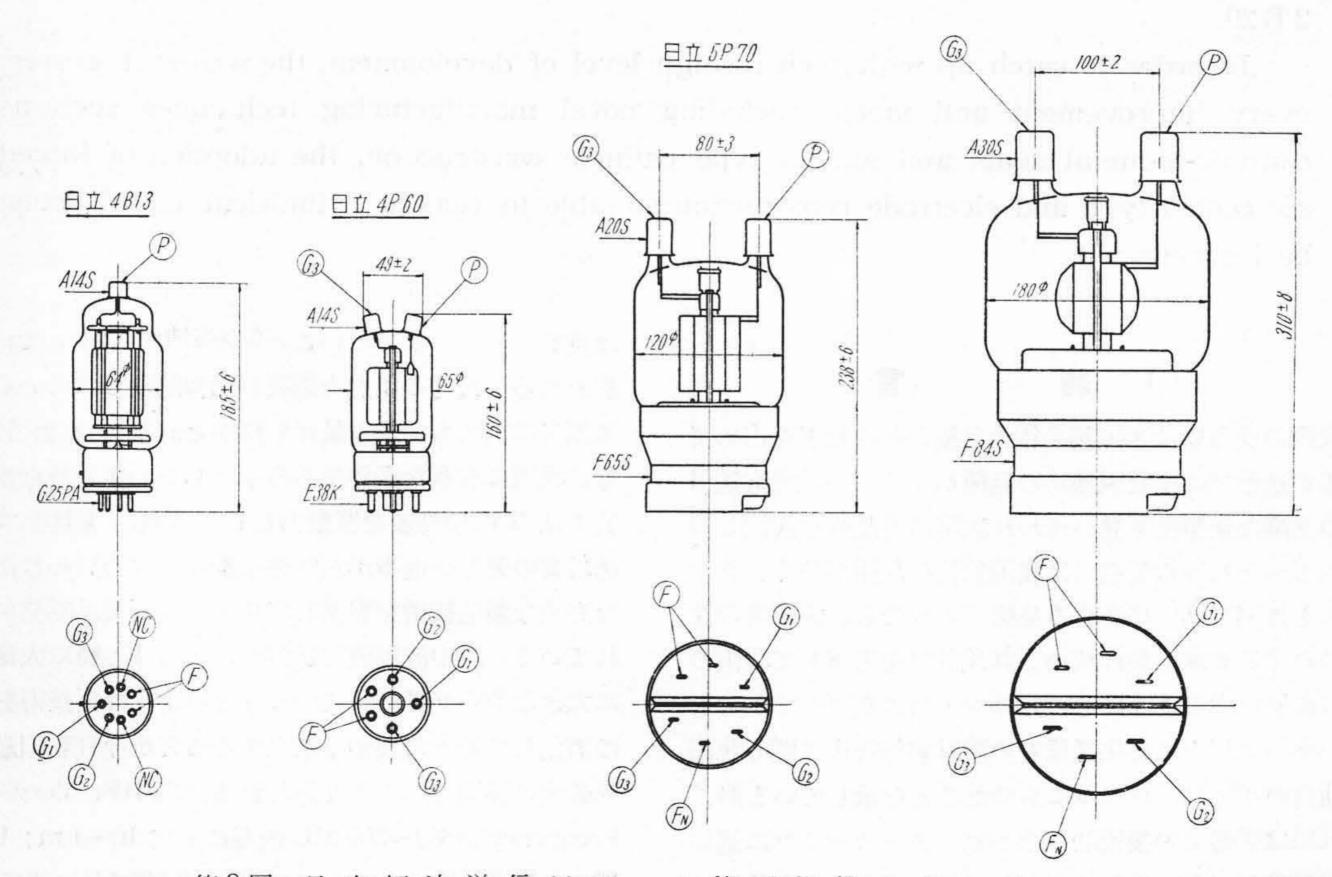
第1図 日立 UV-861 と 日立 6P80 Fig. 1. Hitachi UV-861 and 6P80

第1図は従来最も広く用いられている遮蔽格子4極管 UV-861と最近の5極管6P80の日立製作所製品を示している。最大陽極損失は前者500W,後者600W,C級電信出力は前者が10MCに於て500W,後者は20MCに於て1.3kWであつて後者が遙に大きな出力を有するにもからず外形は縮小している。第2図は最新の送信用五極管シリーズの外形を示す。

これ等 5 極管は 30 MC 迄の周波数に於て C級電信動作の場合 70% 前後の高い陽極能率を有し同時に励振電力が少く電力利得が大きい。この特長のため送信機の構成を簡潔化し小型にすることが出来るが、このような能率上昇は今日迄の電極間電流分配に関する理論と最近その方法が進歩した正格子特性測定の結果とが十分設計に取入れられることによつて実現されたものである。

遮蔽格子 4 極管の 3 極管に対する最大の特長は周知のように遮蔽格子の遮蔽作用によつて陽極より制御格子への饋還を防止し、自己発振防止のための中和調整を不要ならしめて送信機の機構、調整を簡単にした点にある。5 極管に於ては抑制格子もこの遮蔽作用に加わるためその動作は更に安定である。また第1図の UV-861 のような構造では遮蔽格子の支持線やリードが長く、その自己インダクタンスのため高周波的に接地せらるべき遮蔽格子に周波数上昇と共に高周波電圧が現われ動作が不安定

□ 立 6 P 8 0



第2図 日立短波送信用ビーム管五極管シリーズ Fig. 2. Hitachi Transmitting Beam Power Amplifier and Pentode Series

第 1 表 日立 UV-861 (遮蔽格子4極管) と 日立 6P80 (新型5極管)の性能比較

Table 1. Characteristics of Hitachi UV-861 (Screen Grid Tetrode) and Hitachi 6 P 80 (Pentode-Modern)

			UV-861	6 P 80
陰	種別		トリウム タングス テン	トリウム タングス テン
極	フイラメント電圧	V	11	12
	フイラメント電流	A	10	20
静	入 力 側	PF	15	33
電容	出 力 側	PF	11	22
量	陽極一第1格子間	PF	0.3	0.15
相	丘コンダクタンス	mø	2.4	6.5
	陽極電圧	V	3,000	3,000
C	第2格子電圧	V	750	600
級	第1格子電圧	V	-200	-180
電信	励 振 電 圧 (高周波尖頭値)	v	600	360
動	陽極入力	W	1,050	1,800
作	陽極損失	W	500	500
例	出力	W	550	1,300
	動作能率	%	52	72
最	大陽極損失	W	500	600
最	大 周 波 数	MC	18	30

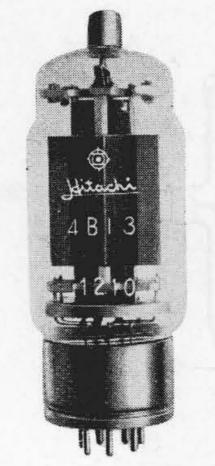
(注) C 級動作例は UV-861, 10 MC, 6 P 80, 20 MC に於ける値

となり易い。新型5極管はすべてボタンステム構造を採用し導入線長さを切りつめると同時に電極寸法も熱的に 許し得る限り短縮し、電極間静電容量を減らすと共に電 極の自己インダクタンスをも減少せしめている。

又一時電力利得増大のため相互コンダクタンスgmを大きくすることに努力が払われたことがあつたが、gm増加は陰極制御格子間距離を小さくして入力静電容量を増すことになり、又自己発振を起し易い球になつて周波数特性を悪くするので今日その傾向は是正された。

以上のような設計的変化中特に外形寸法の切りつめは 真空管各部の温度上昇を高め適当な対策をとらなければ 寿命を短縮する恐れがある。その対策の一つとして日立 製作所製品は陽極、格子にそれぞれジルコニウム、チタン 等の粉末を塗布し、各電極の熱輻射能を増すと共に高温 (400~800°C)に於けるゲッター作用、格子二次電子放出 抑制作用を営ましめている。

5極管が我国で普及するもう一つの理由に変調法として最も簡便な第3格子変調が可能であるという点があげ



第3図 日立ビーム 4 極管 4B13 Fig. 3. Hitachi Beam Power Amplifier 4B13

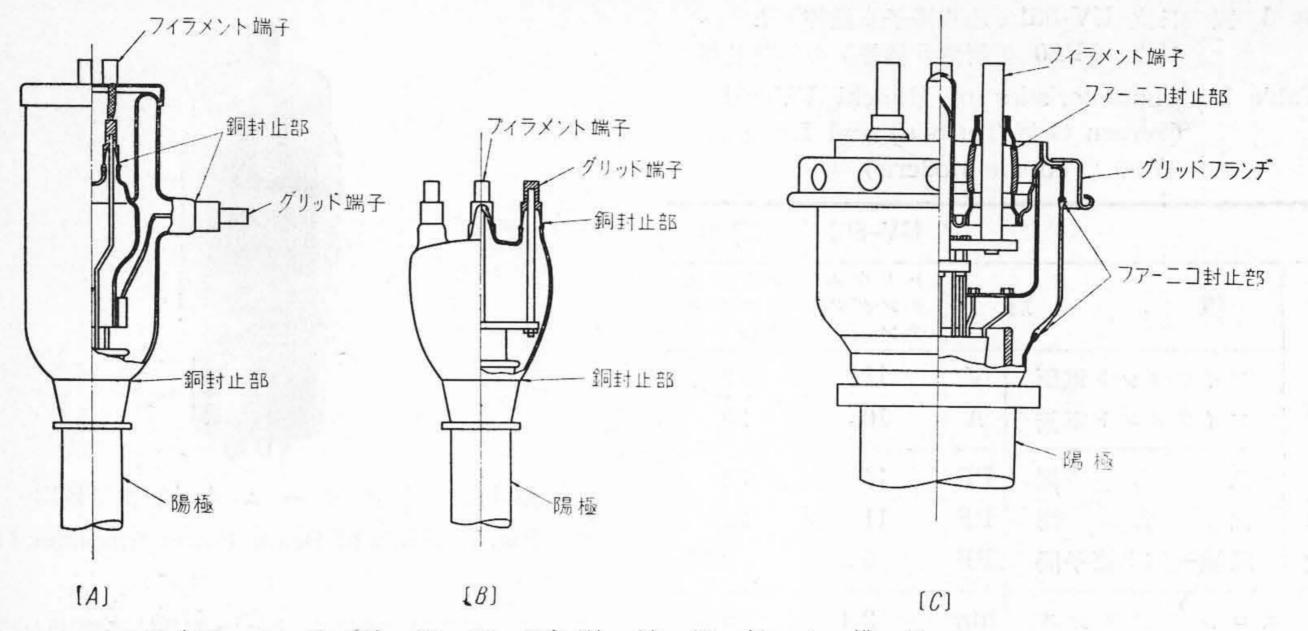
られる。真空管の側からすれば第3格子変調を可能なら しめるためには陽極能率を犠牲にした設計となり、又第 2格子の許容損失を大にしなければならないなど好まし くないが、我国の現状では中小型送信機に第3格子変調 が非常によく用いられている。米国に於ては第3格子変 調より質的に高級な陽極変調が専ら行われるため、我国 のような5極管は見られず、その代りビーム4極管が用 いられている。ビーム 4 極管はその設計適切であれば非 常に良好な陽極特性を示し高い陽極能率を有せしめ得る ことで知られているが、5極管も第3格子変調特性を考 慮することなく設計を行えば、ビーム4極管と優劣のな い良好な陽極特性が得られる。機械的構造上、又周波数 特性改善の上ではわづかにビーム 4 極管に有利な点が認 められるが、これも本質的のものではなく、結局箇々の 球の設計によって左右される問題であろうと思われる。 第3図は最近我国で量産されつ」あるビーム 4極管 4B

大電力の水冷及び強制空冷送信管の分野に於ては空冷管のボタンステム化と同様にポストターミナル構造を採用して導入線長を短縮する等の構造的改善が行われ(第4図B)(次頁参照)、そのため周波数限界が30MCに達するものが増して来た。しかし最近米国及び欧洲の大電力送信管に於て一般的に実現しつ」ある次に述べるような本質的改善は我国に於ては漸く二三の試作品に試みられているに過ぎない。

13 を示しているが、これは中短波用として特に高能率、

高電力利得の点に於て優れた性能を有している。

大電力送信管に於ては動作中に発生する熱を如何にして処理するかぶ最も重要な問題である。殊に最近使用周波数上昇に伴う電極寸法切つめと保守に便利な強制室冷方式への移行とによつて送信管の熱的条件は益々困難なものとなりついある。この解決法としては当然動作中の発生熱量を減少せしめること及び送信管をしてより高い動作中の温度に耐え得るようにすることの二つの方法が



第4図 水冷(強制空冷)送信管封止構造

Fig. 4. Construction of Sealed Region of Water Cooled (Forced Air Cooled)
Type Transmitting Tube

あるわけであるが、米国及び欧洲の二三の国に於てはこ の何れに就いても著しい進歩がなされている。

第一の進歩は陰極材料の純タングステンよりトリウム タングステンへの移行である。トリウムタングステンは 動作温度約1,950°Kに於て電子放射能率は70~100mA/ Wであり、タングステンの場合と比較して約600°K低い 温度に於て約 13 倍の電子放射能率を有している。従つ て熱的にも電力的にもタングステンより遙に有利である にもからが従来大電力送信管には用いられなかつ た。その第一の理由は高い陽極電圧で動作する大電力送 信管にあつては高速イオンの衝撃に対してトリウム活性 層が弱く、電子放射能は速に減衰することが多く、又事 実陽極直流電圧 5,000 V 以上の送信管に於ては成功しな かつた。これに対し最近米国の送信管、ケノトロン等に 於ては陽極電圧 10,000 V 以上のものに迄殆ど電圧電流 に制限なく量産品に使用されている。このようにトリウ ムタングステンの使用を可能ならしめた最大の原因は、 管内真空度の恐らく 10-8 mmHg 程度への向上にある ものと想像されているが、このような高い真空度が量産 品に実現されるようになつたのは、周到な排気、電極予 備処理技術の確立による以外に、陽極材料として OFEC (Oxide Free High Conductivity Copper) の如き高純 度材料が普通に市販品として得られるという有利な材料 的基礎があるからである点に注目しなければならない。 このような高真空に於て始めてトリウムタングステン陰 極の寿命が表面炭化層の脱炭速度から正確に推定し得る ようになつた。トリウムタングステン使用に対して一つ の障害となるトリウムのスパッターによる格子からの電 子放射増加も格子線として、白金被覆モリブデン線のよ

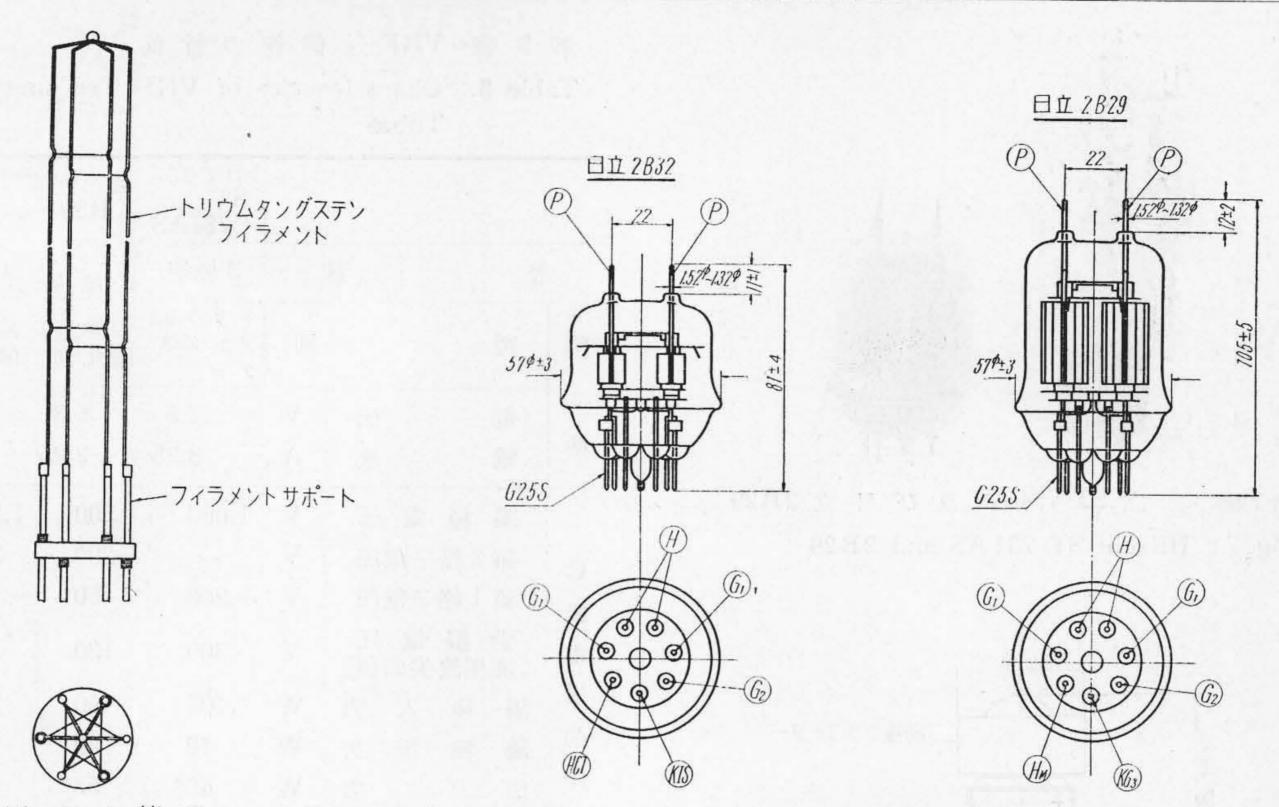
第 2 表 大電力送信管のトリウムタングステンフ イラメント使用による性能向上例

Table 2. Examples of Characteristic Improvement by the Use of Thoriated Tungsten Filament in Large Power Tubes

管 名		RCA 9C21→	RCA 5770	RCA 7C24→	RCA 5762
フイラメント電圧	V	19.5	11	12.6	12.6
フイラメント電流	A	415	285	29	29
最大陽極損失	kW	40	50	2	2.5
C級電信出力	kW	100	114	4.55	5.5
最大周波数	MC	15	20	110	110

うな高級特殊材料の使用によつて解決されている。トリウムタングステンの使用によつて、大電力管ではその動作中発生熱量の大きな割合をしめる陰極加熱電力をその30~40%に節約し得るようになると共に、送信管として熱的余裕を生じ陽極損失も大体フイラメント加熱電力節約分だけ増し得ることになつた。

陽極、各電極ターミナルとガラスとの接着には従来ナイフエッギ銅リングを使用した所謂 Housekeeper 封止が行われて来た。しかし大電力管の使用周波数上昇に伴う小型化によつて動作中の各部温度の上昇は避けられなくなるとゝもに、ガラス、金属間の膨脹差を銅の変形に吸収せしめるだけでは不十分となり、同一膨脹曲線を有するガラスと、ファーニコ金属とを接着するファーニコ封止が次第に広く行われるようになつた。この場合ファーニコは銅の場合のようにナイフエッギにする必要もなく、機械的強度は遙に大きくなる。第4図(C)はファーニコ封止構造の一例を示しているがファーニコ封止部の



第5図 日立篭型フイラメント Fig. 5. Self Supported Type of Multistrand Structure Filament

増加と共に熱的に弱いガラスが次第に外囲器としての任 務を失い、絶縁物として止むを得ない部分にのみ用いら れるという傾向のあることを示している。

以上の大きな改善は今後我国の大電力送信管にも次第 に取入れて行かなければならないが、なお次の構造上の 改善も注目すべきものと思われる。

その一は陰極フイラメントを従来のようにV形又は螺旋形とせずそれ自身を以て篭形に組み、サポートやアンカーを不必要にした構造が多く採用されたことである。この構造によりフイラメント格子間距離を一定の小さい値にとることも出来またフイラメントの端冷却損失が減少したばかりでなく相隣る線には逆方向の電流が通ずるように接続することによつてフイラメント電流による磁界を減少しハムレベルを下げ得た。尚トリウムタングステン使用によつてフイラメント電流自身も減らせば更にハムレベルは下がることになる。同様の無支持線自立型の構造は格子にもあらわれている。

その二は格子ターミナルをフランヂ形とし(第4図C) 格子接地型回路構成に便利な構造としたものム増加である。格子接地型回路は三極管格子を出力、入力両回路間の遮蔽電極として接地し陰極を励振する方式であつて、中和が楽となり、又格子励振電力が出力に加わるという利点がある。大電力管の周波数限界は出力イムピーダンスが周波数上昇と共に低下し出力が減少して来ることによつて定まる場合が多いが、中和回路の存在はこの傾向を著しくする。従つてこの構造改善は周波数限界を上昇

第6図 日立 2B32 及び日立 2B29 Fig. 6. Hitachi 2B32 and 2B29

せしめる上に効果大きく後に記す VHF 以上の周波数に 用いる送信管は多く格子接地回路用の構造をとる。

[III] 超短波用送信管

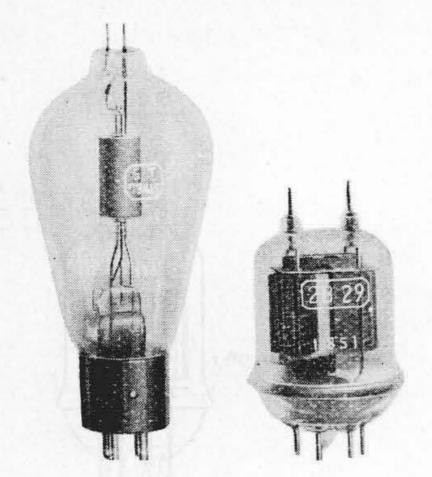
最近数年我国に於て FM (周波数変調) 等の特殊方式による 100~200 MC 程度の超短波通信が相当普及して来たが、この種超短波通信機の送信管には殆ど例外なく2B29, 2E26 等のビーム 4 極管が使用されている。

この中でも特に終段出力管として使用される 2B29 は 約10年前米国の RCA 社が 829 として開発し現在 829 B と呼ばれている球の日本版であつて VHF の小型送信管として一つのエポックを劃した性能を有している。

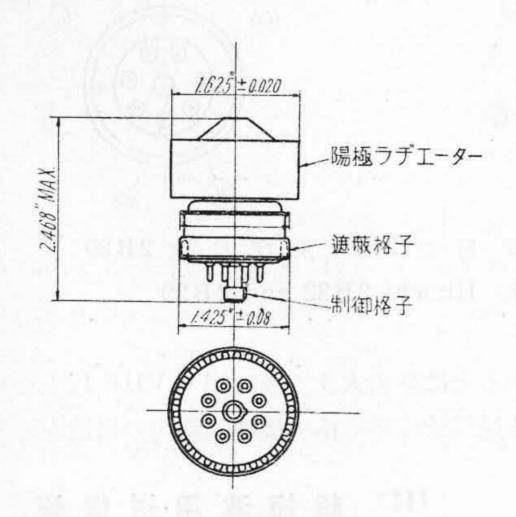
2B29 の成功は先づ構造的に従来の真空管の構造に全くとらわれることなく独特のボタンステム、ダブルユニット構造としてプッシュプルレッヘル線回路の構成に最も便利な形にしたこと及び従来の3極管をやめて酸化物陰極、低陽極電圧のビーム4極管としたことの二つに主としてもとづいている。

第7図は日立 2B29 及びこれと比較のために旧型超短波管の一例として医療用に現用されている日立 ST-734 AS を示した。ST-734 AS も電極間静電容量や導入線インダクタンスを相当切りつめた設計になつているが6 2B29 の圧縮された構造には及ばない。

超短波用としてのビーム 4 極管は遮蔽格子及びビーム 形成電極の遮蔽作用によつて出力回路より入力回路への 饋還が極めて少くなり回路の安定度を向上せしめ得るほ



第7図 日立 ST-734 AS 及び日立 2B29 Fig. 7. Hitachi ST-734 AS and 2B29



第8図 4X150 A Fig. 8. 4X150 A

か、遮蔽格子の電子加速作用によつて陽極電圧を低め真空管の等価抵抗を少くすることが出来外部イムピーダンスの下り易い超短波回路に有利であること、同じくその加速作用があるため陽極を格子から遠ざけ出力静電容量を減少せしめ得ること、励振電力が少く電力利得が大きいため増幅段が少くてよいこと等電気的には3極管より遙に優れた特長を持つている。

今日の新らしい VHF, UHF 送信管が構造的に同軸回路の一素子としての特異な形状を有するようになり、又4極管が増加しつ」ある方向は2B29に於て定まつたということが出来る。

2B29 は 200 MC 附近迄の周波数に於て 50 W 程度の出力を必要とする普通の FM 送信機等の用途には略理想的の性能を有していると思われる。しかし我国に於ても最近通信用として2B29より高い周波数でより大きな出力の得られる小型 VHF 送信管や TV 放送用として100 MC 前後に於て KW 級の出力の得られる送信管に対する要求があらわれ、次第に試作も進められついある情勢にある。又将来は当然米国のように UHF 範囲で動作する大電力送信管も必要になると考えられる。2B29

第 3 表 VHF 送信管の性能

Table 3. Characteristics of VHF Transmitting Tubes

					日 立 ST- 734AS	日 立 2B29	Eimac, RCA 4 X 150A
管 種			3極管	双ビーム 4 極管	4 極管		
陰	種			別	トリウム タングス テン	傍熱型 酸化物	傍熱型 酸化物
極	電		圧	V	7.5	6.3	6.0
	電		流	A	3.25	2.25	2.6
C級電信動作	陽	極電	圧	V	1,000	500	1,250
	第	2格子	電圧	V		200	280
	第	1格子	電圧	V	- 200	-50	- 115
	励(高	振 電周波尖		V	300	120	_
	陽	極フ	カ	W	100	90	250
	陽	極 拉	員 失	W	40	30	110
	出		カ	W	45*	55*	140‡
	围	波	数	MC	50	200	500
最	大陽	易極	損 失	W	50	40	150
最	大	周 波	数	MC	80	200	500

は通常の短波用真空管と殆ど変りのない電極を使用し、 導入線構造の新機軸等によつて成功を収めたが、2B29 より高い動作周波数又は大電力ということになれば送信 管は小さい形状に比して大きな電力を処理せざるを得な くなり、従来の設計、製作技術では成功することは出来な い。勿論性能によつて区々であるが米国に於ける VHF, UHF 送信管の製作技術は、送信管製作技術の先端を行 きつゝあるものと思われる。以下注目すべき点を列挙す る。

- (1) 小型送信管も銅陽極強制空冷型である。陰極は VHF 送信管にはトリウムタングステン使用のものも多いが、次第に陰極の発熱量減少と電子流密度増加のため酸化物陰極へ移行しつ」ある。銅陽極管に於ける酸化物陰極の使用には先に記したトリウムタングステンの使用より更に高度の製作技術が必要で陰極コアメタルの海綿状化等特殊の技術が使用され、又格子にも格子よりの電子放射防止のため材料的構造的に考慮が払われている。
- (2) 同軸円筒、格子接地型回路に適合する形状をとり、各電極ターミナルも同軸円筒リング形とし段状に配置されている。
- (3) 4極管化の傾向にある。4極管は超短波用として先に記した利点のほかに電力利得が大きく専ら格子変

調の行われる TV 送信管に適する。円筒形電極配置となるためビーム形成電極は置き得ないが、その設計にはビーム 4 極管の原理が取入れられて能率を高めている。

(4) VHF 送信管ではファーニコ封止が多く行われているが、UHF 送信管ではガラスが動作中の温度上昇と高周波誘電体損失に耐え得ないため更にセラミック封止に移りつムある。これはガラスの代りにアルミナ磁器を用い低膨脹係数金属と特殊な方法で接着するもので熱的には理想的な組合せと思われる。

第8図は 2B29 より更に小型で、しかも 500 MC に 於て出力 100 W 以上という 2B29 より遙に高い性能を 有し最近我国に於ても注目されている小型強制空冷 4極管 4X150 A の外形を示している。 6年前より米国で量産されているが酸化物陰極、ファーニコ封止でステムベースはファーニコリングに粉末ガラスをうめ込んで作られている。電気的にもビーム形成板は無いがビーム 4極管と同様の特性を有している。

[IV] 結 言

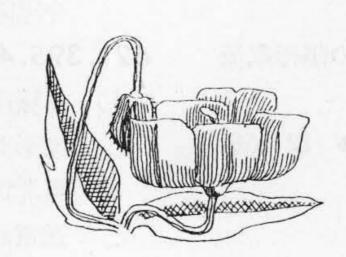
以上記したような最近の進歩に於ける一つの特長として設計技術よりも材料をも含めた製作関係の技術が進歩の主導権を握りついあることがあげられる。米国に於ける最近の著しい進歩も TV その他の各種放送事業、工業的用途の拡大等による旺盛な需要と新製品に対する要

求が外からの促進力として大きく仂いているわけであるが、一方材料、製作機械器具、測定器等に関する基礎的工業が充実していることが極めて有利な条件となつている。

我国の送信管もその水準を急速に高めて行かなければならない。我国の諸条件は上に記した米国のそれよりも遙かに不利のように思われるが吾々も箇別的には優れた技術及びその研究改善の能力を有しており、それ等の力をあつめて吾々に適した態勢をつくり、同時に先進の諸技術を能率的に消化して行くならば現在の送信管の性能的間隙も忽ち縮少し得ると思われる。

参考文献

- (1) E. E. Spitzer: "Grounded Grid Power Amplifiers" Electronics Vol. 19, pp. 138~141;
 April 1946
- (2) W. G. Wagner: "500 MC Transmitting Tetrode Design Considerations" I.R.E. Vol. 36, pp. 611~619; May 1948
- (3) R.B. Ayer: "Use of Thoriated Transsten Filaments in High-Power Transmitting Tubes"
 I.R.E. Vol. 40, pp. 591-594; May 1952
- (4) W. P. Bennett and H. F. Kazanowski: "One Kilowatt Tetrode for UHF Transmitters"
 I.R.E. Vol. 41, pp. 13-19; Jan. 1953



a a a a a a a 電子工学に関する日立評論既刊論文集

第12頁より続く

(その二).

U.D.C. 621.38 (048.1)

創刊号(大正7年1月)~ 第35卷 第6号(昭和28年6月)

621.383 光 電 管

光電管の増幅法

佐藤千里: 日立評論 19 3 (昭11.3) 201

621.385.004.1 電子管の応用

1) 真空管の強電工学への応用 和島藤助: 日立評論 19 3 (昭11.3) 181~

2) 日本国有鉄道山辺発電所水力発電所に於ける電子 管の応用 島田稔、比良清一; 日立評論 33 6 (昭26.6) 475~484

621.385.1.032.2 電子管の電極格子

1) 真空管陰極絶縁物としてのアルミナの電気的諸性

千秋英一: 日立評論 34 7 (昭27.7) 892~902

2) グリッドエミッションに就いて 北川賢次: 日立評論 35 6 (昭28.6)

621.385.3/5 多極電子管

1) 真室管増幅率の計算式に就いて(第1報) 沢田良嘉: 日立評論論文集 1 2 (昭 23) 36~42 **621.386 X線装置**

2) 真空管増幅率の計算式に就いて(第2報) 1) X線の工業的応用 沢田良嘉: 日立評論論文集 2 6 (昭 24) 80~84

3) 格子支持線の影響を考慮した三極真空管の特性計 2) 診療用大型 X 線装置の撮影時の電圧変動 算式

沢田良嘉: 日立評論 33 3 (昭26.3) 207~217

4) 通信管の製造に就いて 高橋忠夫: 日立評論 33 11 (昭26.11) 935~ 942

5) 中短波送信用五極管及びビーム四極管の陽極電流 621.395.44 搬送電話 特性 中原富士朗、内田淳美: 日立評論 34 12 (昭

621.385.832 ブラウン管 →621.317.755

残光性ブラウン管

27. 12) 1407~1417

武藤寛: 日立評論 33 10 (昭26. 10) 857~863

621.385.833 電子顕微鏡

1) 電子顕微鏡の試作とこれに関する二三の実験 1) 無線電信電話の現状(その一) 只野文哉、白神毅: 日立評論 25 8 (昭17.8) 431~440

2) 電子超顕微鏡の近況と応用 只野文哉: 日立評論 26 7 (昭18.7) 413~420 3) 電子顕微鏡によるカーボンブラックの形態的研究 只野文哉: 日立評論論文集 1 1 (昭 23) 1~5

4) 電子顕微鏡に於けるレプリカ法 土倉秀次: 日立評論 33 8 (昭26.8) 619~625

5) 電子顕微鏡に於けるシャドウインが法 土倉秀次: 日立評論 33 8 (昭26.8) 663~666

6) HS-2 型日立電子顕微鏡に就いて 大沼嘉郎: 日立評論 別冊 2 (昭28.2) 21~31

7) 検鏡法の発達を中心として見た電子顕微鏡の応用 研究

土倉秀次: 日立評論 35 2 (昭28.2) 483~499

621.385.842 ガイガ、ミユラ計数管

1) ガイガ、ミュラ計数管の性能 橋本一二、高野静夫: 日立評論 25 7 (昭17.7) 390~394

2) 計数管に関する二三の改良 今井宗丸、荻原平一、米谷冠治、橋本一二: 日立 評論 32 10 (昭25. 10) 889~898

久保俊彦: 日立評論 18 2 (昭10.2) 109

小林長平、草谷晴之: 日立評論 別冊 2 (昭 28. 2) 47~54

621.394.645 電子管増幅器

直結型増幅器とその応用

今尾隆: 日立評論 19 3 (昭11.3) 207

1) 保線用電力線搬送電話装置

家形秀夫: 日立評論 33 2 (昭26.3) 151~161

2) 東北電力株式会社納 PH-1 型給電指令用電力線搬 送電話装置 中谷信夫: 日立評論 34 9 (昭27.9) 1091~

621.396 無線工学

1098

八木秀次: 日立評論 2 12 (大8.12) 491

2) 無線電信電話の現状 (その二)

八木秀次: 日立評論 3 1 (大9.1) 1

(第46頁に続く)