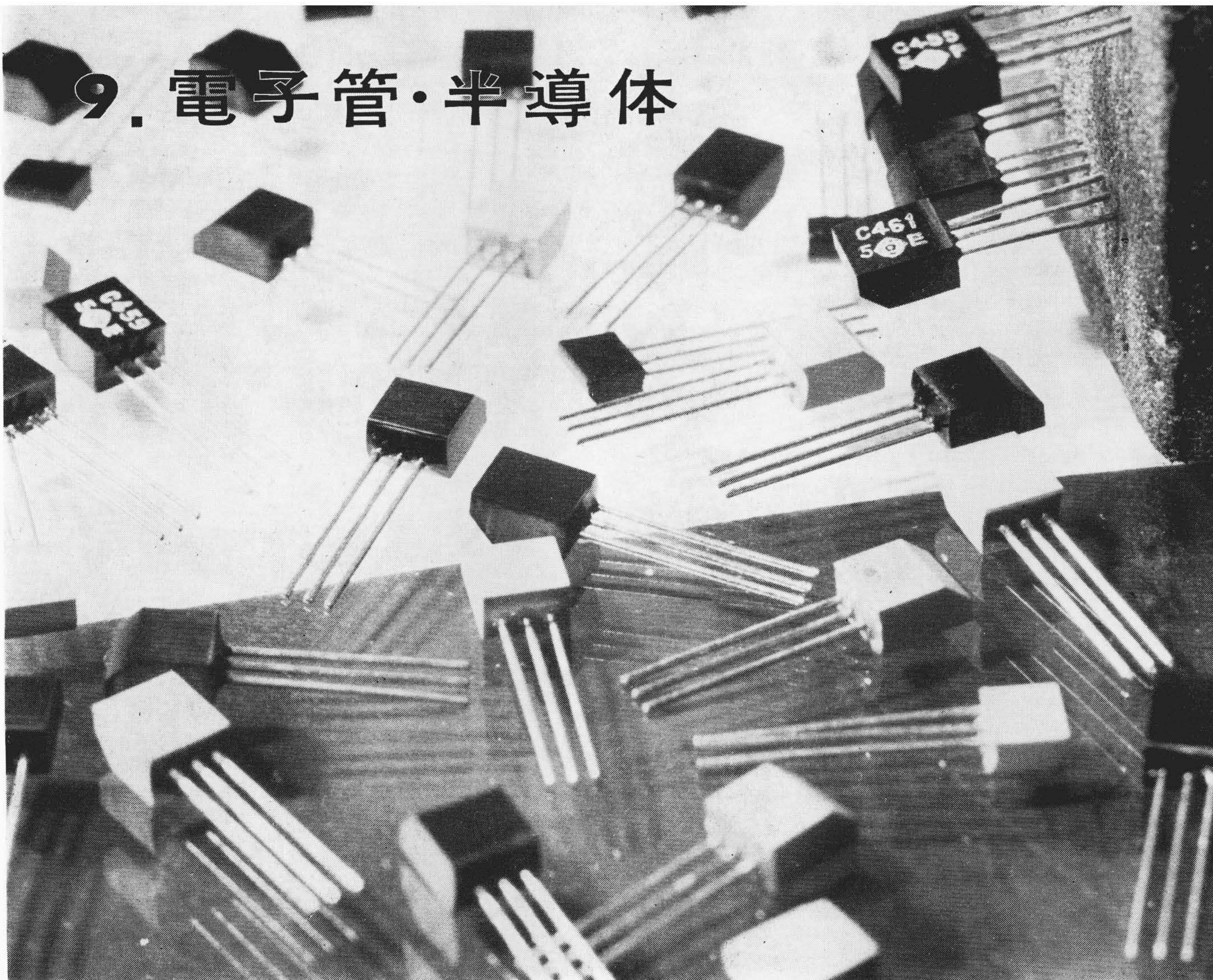


9. 電子管・半導体



40年度も新製品の開発、改良が活発に行なわれたが、電子管関係で特筆大書すべきは90度偏向19形カラーブラウン管の性能向上および量産技術の確立である。

受信管、白黒テレビ用ブラウン管の新製品開発も依然として活発であり、輸出の比重は今後ますます高まる傾向にある。

またテレビ用ブラウン管は補強形の開発を積極的に行ないこれを製品化した。一方わが国を含めて、世界的に半導体関係の生産は主材料がゲルマニウムによるものが大半であったが、近年に至りシリコンの精製、加工について種々の新技術が開発され、比較的低コストで高性能のシリコントランジスタ、ダイオードの生産が可能となった。特に昭和40年度はその傾向が大きく現われ、汎用、通信工業用の各分野にシリコントランジスタ、ダイオードが急速に伸びつつある。日立製作所においてもこの傾向をいち早くは握し、数年前よりシリコン化についての準備をすすめてきたが、40年度はその成果としてUHF発振用シリコントランジスタの量産を開始、またレジスタモールドシリコントランジスタを一般用に完成、量産を開始した。そのほかテレビ、ラジオ用のシリコンパワートランジスタ、低雑音シリコントランジスタの完成、MOS形FETの量産化、高速度スイッチング用シリコントランジスタの量産化などを行なった。

電子応用部品として、電子計算機用メモリコア、スタックの開発および製品化が急速に進み、またマイクロモジュールについてはフリップフロップを含む各種論理回路素子の量産技術を確立するとともに、薄膜技術の応用によって小形、高性能化が著しく進んだ。

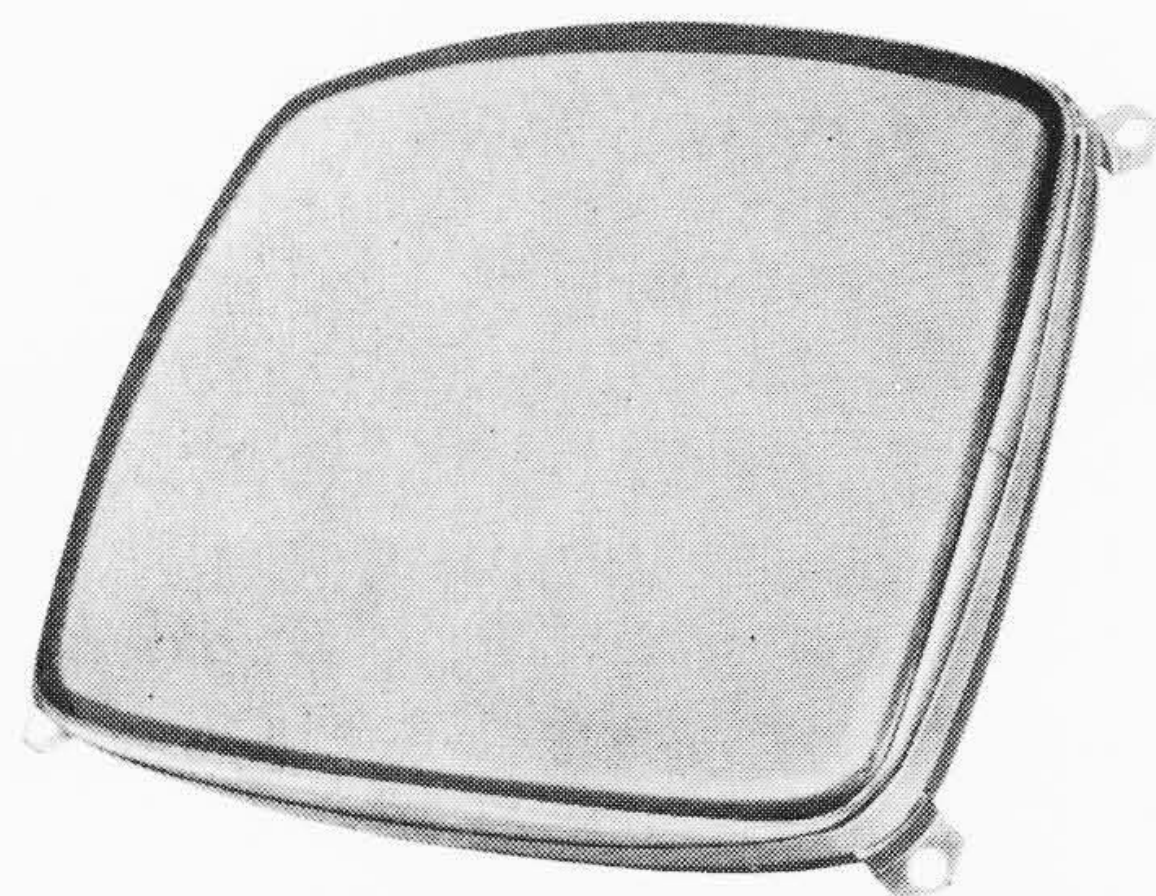


図1 19形テレビ用ブラウン管 470 JB 4- 補強形

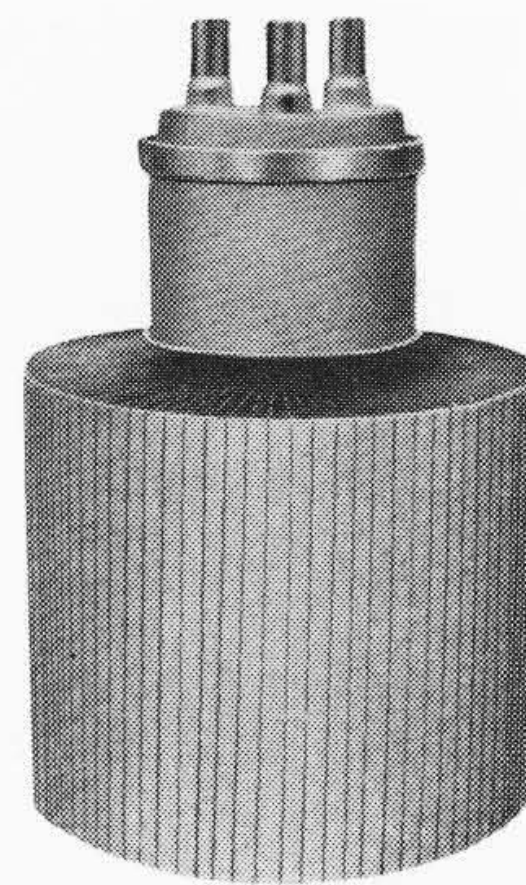


図2 工業用セラミック封止送信管 7T-33R

■ 19形カラーブラウン管量産開始

シャドウマスク方式90度偏向の19形カラーブラウン管はきたるべきカラーテレビ時代の標準管種になるものと考えられているが、これに該当する管種として日立490EB22を開発し、その本格的量産を開始した。

この19形カラーブラウン管490EB22は従来の16形90度偏向管の単なる大形化だけではなく、種々の問題点について根本的に改良がなされている。すなわち独自のカソード構造の採用により長寿命化すると同時に動作を安定化し、管内放電によるヒータ断線を絶無にすることができた。また電子レンズ系、磁極系の改良および製作精度の向上によって画質特に周辺解像度を改善した。一方シャドウマスク形カラーブラウン管ではピュリティ、コンバーゼンスの調整の難易、動作中の安定度が実用上重要な問題であるが、ピュリティに関しては適正なマスク寸法と独自の露光法によって良好なランディング特性が得られるようにし、またコンバーゼンスについても使用中ずれが起こらぬよう配慮がなされている。また蛍光面の輝度についても改良が行なわれている。

19形カラーブラウン管として490EB22とともに490EB22Aの生産も行なっているが490EB22Aは希土類けい光体の採用によって赤発光色を改善したものである。

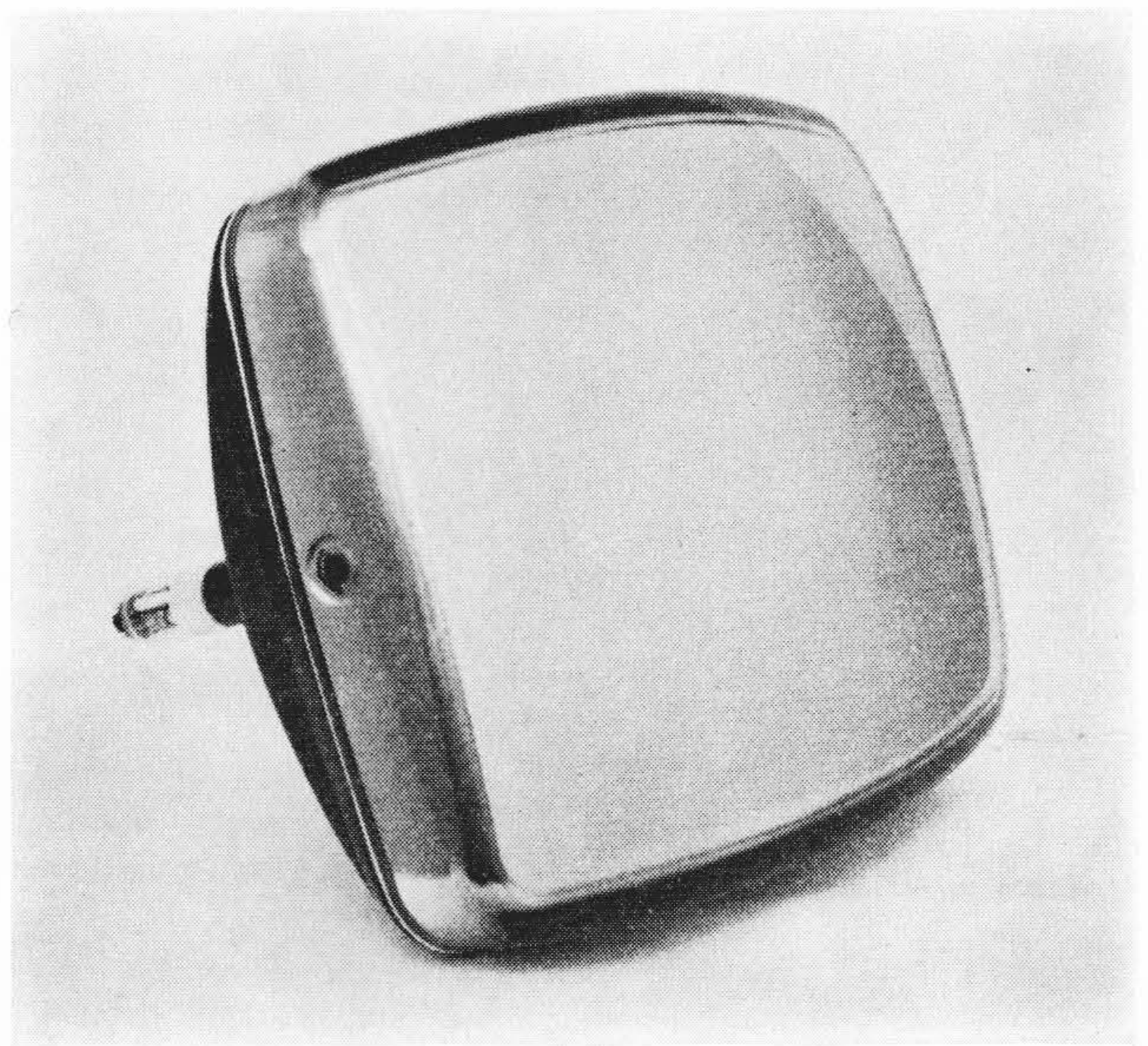


図1 19形カラーブラウン管490EB22

このように改良された19形カラーブラウン管は国内向けはもとより輸出用としても大いに期待がもたれる。

■ 核燃料要素非破壊検査用高速回転陽極X線管の開発

原子力研究用核燃料要素のX線撮影を行ない、内部の変形や寸法などを調べるために用いる回転陽極X線管H7041を開発した。核燃料要素のX線写真を撮影する際は、燃料要素自体から発生する強い放射線によるフィルムのかぶりを極力少なくするために、大X線量によって短時間に写真撮影を行なう必要がある。そのため本X線管H7041は、大容量形の陽極を高速度で回転し、しかも最高150kVpの高電圧で使用して、短時間に大X線量を出すことを特長としている。

一般に回転陽極X線管の短時間許容負荷は、陽極の回転数の平方根に比例する。普通の回転陽極X線管の回転数は約3,000rpmであるが、H7041はその3倍の約9,000rpmで回転するので、短時間許容負荷は $\sqrt{3}=1.7$ 倍に増加する。このように大容量の陽極を真空中で高速度で回転するX線管を製作するには、陽極の回転から起こる振動に対して、特に設計上の注意が必要である。すなわちH7041の場合は、使用回転数付近に回転体の固有振動数がないこと、また回転体のダイナミックバランスを良くとることなどの一般的注意のほかに、特にガラスの封止部分が振動に対して強いような構造にするなどの注意が必要である。また軸受についても、高真空中高温度でしかも高速回転に適する特別のものを使用した。回転起動は150c/sのモータゼネレータより出る電源により急速に行なわれるが、使用後回転が下がる場合は制動をかけて、回転体の固有振動数の部分をすみやかに通過するようにした。

本X線管の仕様定格の概要はつぎのとおりである。焦点は2mm

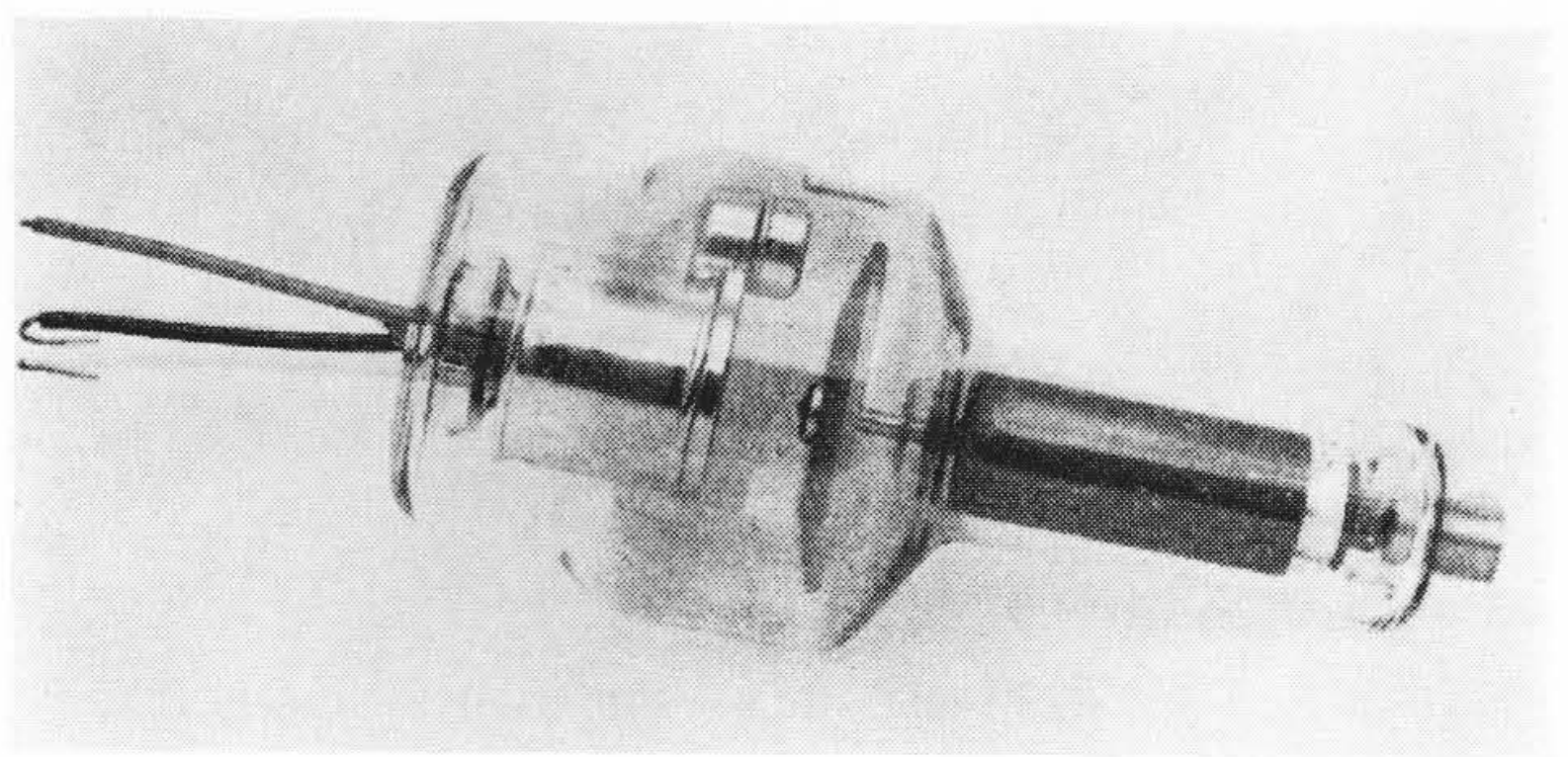


図1 高速回転陽極X線管H7041

と1mmの二重焦点。最大許容負荷は、連続の場合400HU/s、短時間使用の場合は、焦点2mm、全波整流回路において、150kVpでは500mA、0.1sおよび300mA、1s、80kVpでは950mA、0.1sおよび560mA、1sである。これを普通の回転陽極X線管と比べると、焦点1mmを用いても、普通の中容量形回転陽極X線管の焦点2mmと同程度の短時間許容負荷を持ち、また焦点2mmでは、その約2倍の短時間許容負荷を持つ。このため本X線管は国内外を通じ最大級の短時間許容負荷を持つX線管といえる。このX線管の主要寸法は、ターゲット用タングステン板の直径90mm、X線管の最大径120mm、全長268mmである。

本X線管は装置に組み込んで、すでに日本原子力研究所東海研究所に納入されている。なお今後さらに大X線量を必要とする場合は、焦点寸法を3mmとすれば、短時間許容負荷を150kVp、400mA、1sまで増加することができ、その製品もすでにでき上がっている。

■ テレビサテライト局用送信管の開発

昭和39年に日本放送協会との共同開発に成功したセラミック封止小形3極管2T72および2T72Rがいよいよ実用段階にはいった。2T72(R)は精密な放電加工によるグリッドと、サテライト動作条件に適合した特性設計とによって、きわめて良好な直線増幅特性と、

安定な寿命が保証されている。小電力サテライトの出力管、大電力サテライトの励振管として多数使用され好成績をあげている。

VHFサテライト装置に従来使用されてきた4F15Rの特性、寿命を改善するため4F64(陽極損失150W)および4F64R(陽極損失180W)を完成した。セラミック同軸封止と放電加工グリッドを採用し、きわめて良好な直線増幅特性と高い信頼度を得ている。VHF用送

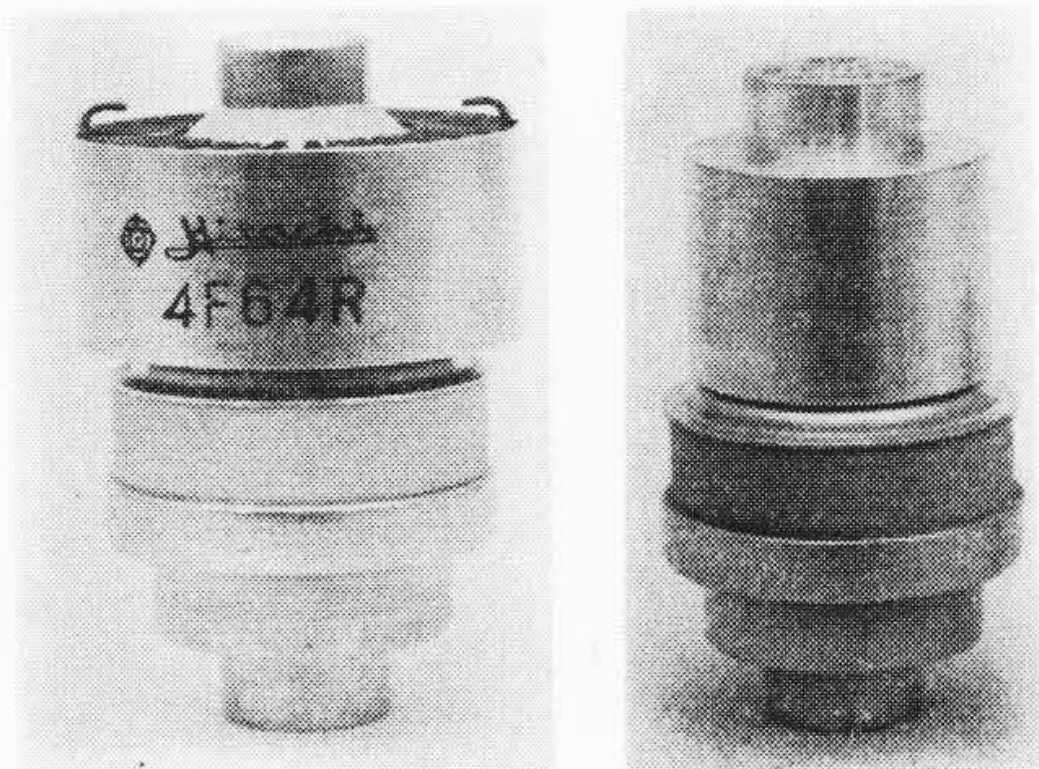


図 1 4F64, 4F64R

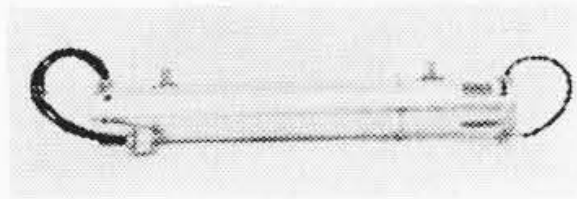


図 2 H3016

信管に放電加工グリッドを用いることは初めての試みであったが、高性能かつ均一な品質の実現に成功した(図1)。

多数設置されるテレビサテライト装置の保守を容易にするため、無調整で利用できる進行波管 H3016* を開発した。公称電力 10 W の UHF サテライトに適するように設計されたもので 660 Mc より 770 Mc まで使用できる。電力利得が高いので励振段まで全固体化が可能となった。また、特に過酷な使用条件に耐えるように金属—セラミック封止を採用し過負荷に対する安全性を高めることに成功した(図2)。

日立製作所はテレビサテライト装置用送信管の開発に力をそそぎ、テレビ難視聴区域の解消のため進められたサテライト置局計画に大きな貢献をしてきた。現在ほとんどすべての要求をみたす品種をそろえるに至ったが、これらはすべてセラミック封止を採用し、高性能、高信頼度のセラミック送信管をわが国に普及する端緒ともなった。表1にサテライト装置に使用されている日立送信管およびその開発年度を示した。

表 1

形 名	管 種	適用サテライト装置	開発年度
2T72(R)	3 極管, 伝導冷却(強制空冷)	UHF 3 W ⁽¹⁾ , 励振 ⁽²⁾	39 年
4F16R	4 極管, 強制空冷	UHF 10 W, 励振	34 年
4F64(R)	4 極管, 伝導冷却(強制空冷)	VHF 10 W, 30 W, 励振	40 年
5F60R	4 極管, 強制空冷	VHF 100 W (並列) ⁽³⁾ UHF 30 W, 励振	35 年
6F62R	4 極管, 強制空冷	VHF 100 W	37 年
7F13R	4 極管, 強制空冷	UHF 100 W, 300 W (並列)	36 年
7F60RA	4 極管, 強制空冷	VHF 250 W	39 年
7F70R	4 極管, 強制空冷	UHF 300 W	38 年
H3016*	進 行 波 管	UHF 10 W	40 年

注 (1) 装置公称電力
(2) 中間増幅, 励振用としても使用されるもの
(3) 2 管並列で使用するもの
(4) 旧形管種は省略してある

* JIS 名称登録次第正式名に変更する。

■ 測定器用ニュービスタの開発

シンクロスコープをはじめとして、各種測定器に使用する真空管としては、安定性、低雑音、グリッド電流の小さいこと、小形なこと、機械的にじょうぶなことなどが要求される。従来はミニチュア管が用いられていたが、マイカやガラスを用いているため雑音、グリッド電流特性、小形化に限界があった。近時テレビのチューナに使用されているニュービスタはその構造が単純で、マイカやガラスも用いておらず、かつ小形であり量産性もよく測定器用としての基本条件を満足している。しかし測定器用として上に述べた諸要求を満たすためにはテレビ用として作られたものでは不十分であるので、新たに 7586, 8056, 8393 を加え、6CW4 については測定器用としての性能を満足するようにした。

シンクロスコープのように直流増幅を行なうものでは低陽極電圧で高利得が得られることが望ましく、7586 は陽極電圧 27~40 V でも相互コンダクタンスは約 10 M Ω くらい得られるようにした。pH メータなどには高入力抵抗と後段のトランジスタ化も考えて 12~24 V を基準とした 8056 を開発した。さらに安定な動作を得るため 8393 ではヒータを 13.5 V 60 mA としヒータ電源の安定化を容

表 1 測定器用ニュービスタ

品 種 名	用 途	構 造	使 用 例
6CW4	増幅, 発振	高増幅率 3 極管	アナログコンピュータ
7586	増幅, 発振	中増幅率 3 極管	シンクロスコープ
8056	増幅, 高入力抵抗	低増幅率 3 極管	pH メータ
8393	増幅, 発振	中増幅率 3 極管	

易にしている。

ニュービスタは製作途中に全体を 1,000°C 近くで丸焼されるため残留ガスが少ないのであるが、さらに非気化性ゲッタを用いることによりいっそう性能が向上する。たとえば陽極電流 1 mA におけるグリッド電流はミニチュアの 12AU7 では約 10^{-10} A であるが 7586 では 10^{-11} A である。また低周波帯での等価雑音抵抗は 100 c/s においてミニチュア管の 12A×7 で約 30 k Ω に対しニュービスタでは約 10 k Ω である。

このほか耐熱、耐衝撃性もすぐれており、直流から UHF 帯にまで広く使用することができる。なおこれらニュービスタは国内のみならず、アメリカやヨーロッパ方面にも多量に輸出されている。

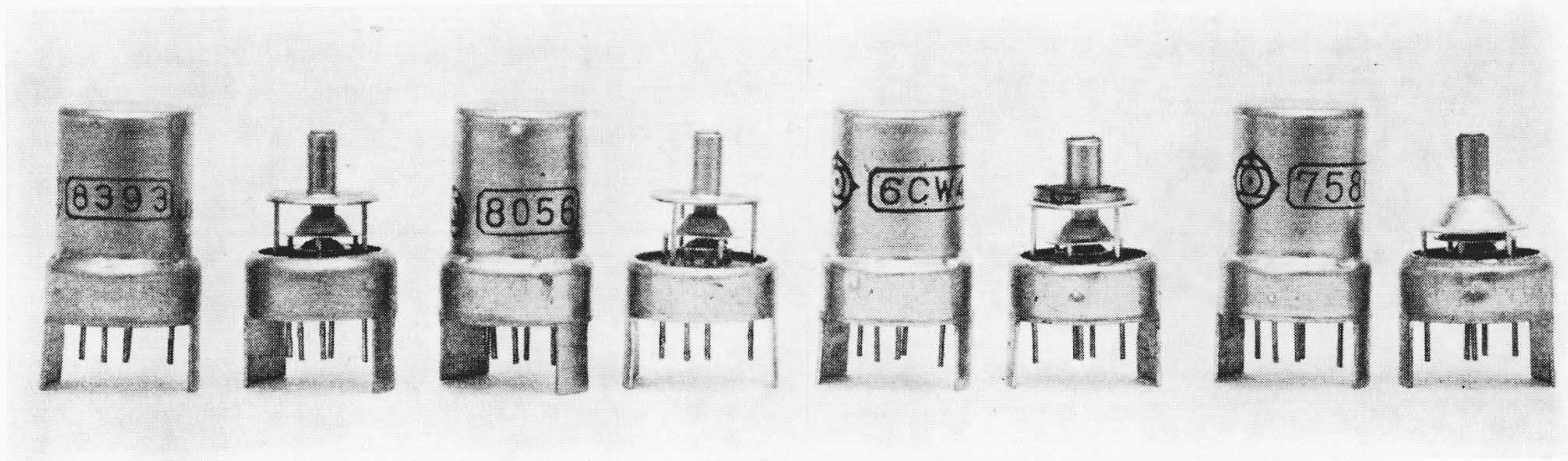


図 1 測定器用ニュービスタ (各右側は内部構造を示す)

■ TV UHF チューナ用シリコン トランジスタ 2SC313 の開発

テレビ普及に伴い特定地域への放送とチャンネル数の増加を目的とする UHF 放送が実施されている。UHF 電波を受信するためには、軽くて消費電力が小さく、不要ふく射の少ないトランジスタ式チューナが実用的である。このために安定に動作する局部発振用シリコントランジスタの開発が要求された。すなわち、(1)外部のショックによって異状発振を起こさないこと、(2)チューナ電源電圧が変動したり、周囲温度が変化したりしても発振周波数変動が小さいこと、(3)発振出力が大きいことなどが要求される。異状発振に関しては発振条件を解析した結果、所要周波数において共振回路からトランジスタ側をみた負抵抗が最大値に近い周波数のとき最も安定であることがわかった。これ以外の周波数に最大値をもつ場合には、寄生素子による他の共振条件が成立することもあり、発振周波数がほかに移動する。これを防ぐにはトランジスタ定数を適当に設定し、所要周波数 400~1,000 Mc/s での負抵抗を最大点に近づける必要がある。すなわちベース幅によって決まる遮断周波数、ベース抵抗およびエミッタ、コレクタ間帰還容量などの比率を適当な値に決めることによってその特性を実現した。

電源電圧が変動するとトランジスタ定数が変わり発振周波数も変動する。一般に印加電圧の増大につれコレクタ接合容量が低下し、このため発振周波数が増す影響が現われる。一方電圧の増大に伴いコレクタ電流の増加をきたし、コレクタ広がり抵抗による電圧降下のため、真のコレクタに加わる電圧比は低下する。このため前者の影響を相殺し発振周波数変動が小さくなる。設計的にはコレクタ結晶比抵抗を高くし、同時にコレクタ接合容量をも小さくした。

周囲温度の変動によりチューナの発振周波数は変動する。これはトランジスタ定数の変動がおもな原因である。温度が高くなると直流的な定数の変化と高周波的な定数の変化とが同時に起こり、いずれも発振周波数を下げる方向に変動する。直流的定数の変化は動作点の移動となって発振周波数を下げ、高周波的定数の変化は遮断周波数の低下と、寄生容量の増大がおもな原因となって発振持続条件が変わり発振周波数を下げる。この対策には実用上支障のない程度に遮断周波数を定め、温度依存性の大きな帰還容量を小さくするな

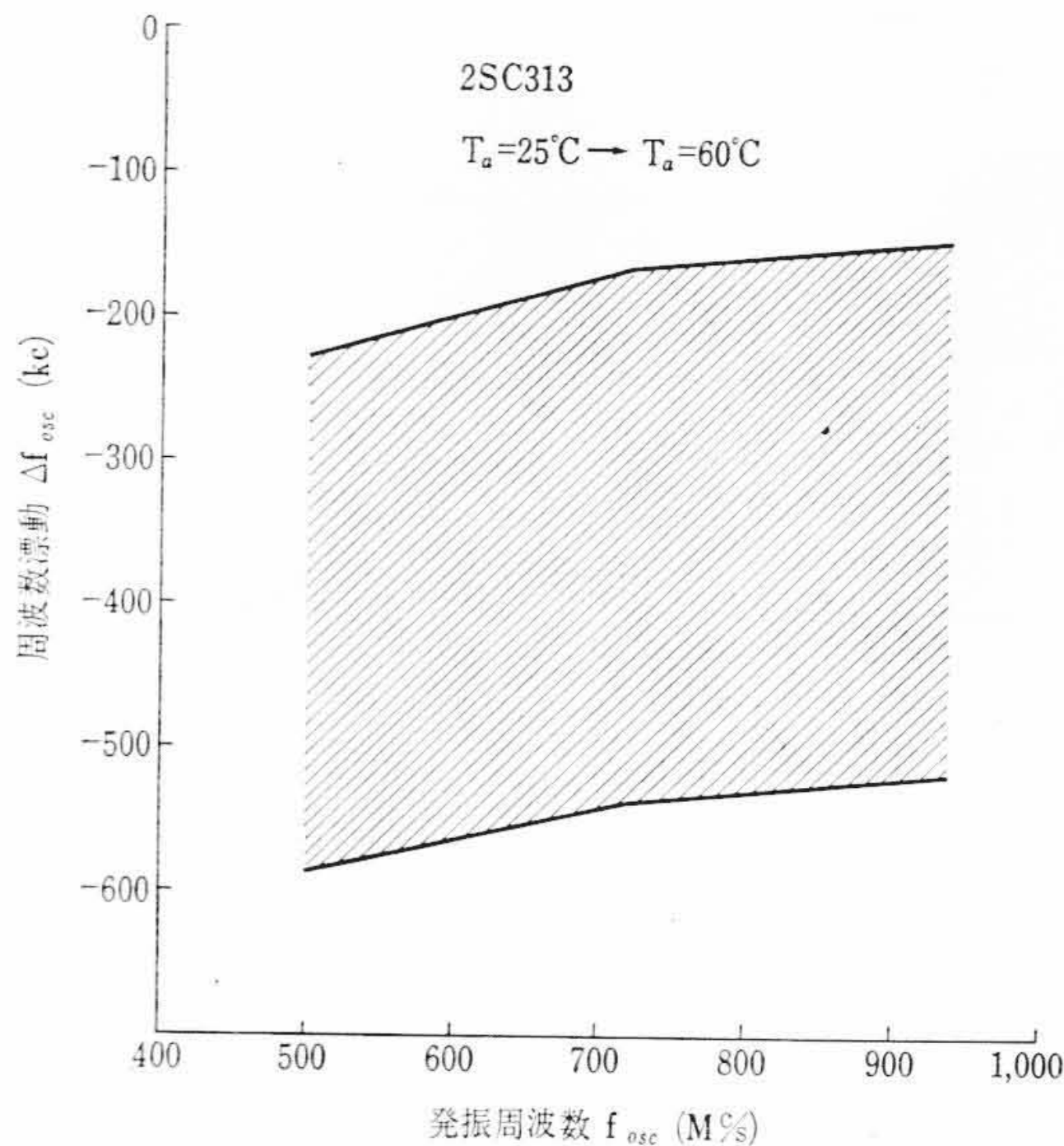


図1 +35℃の周囲温度上昇に対する発振周波数の安定度のバラッキ

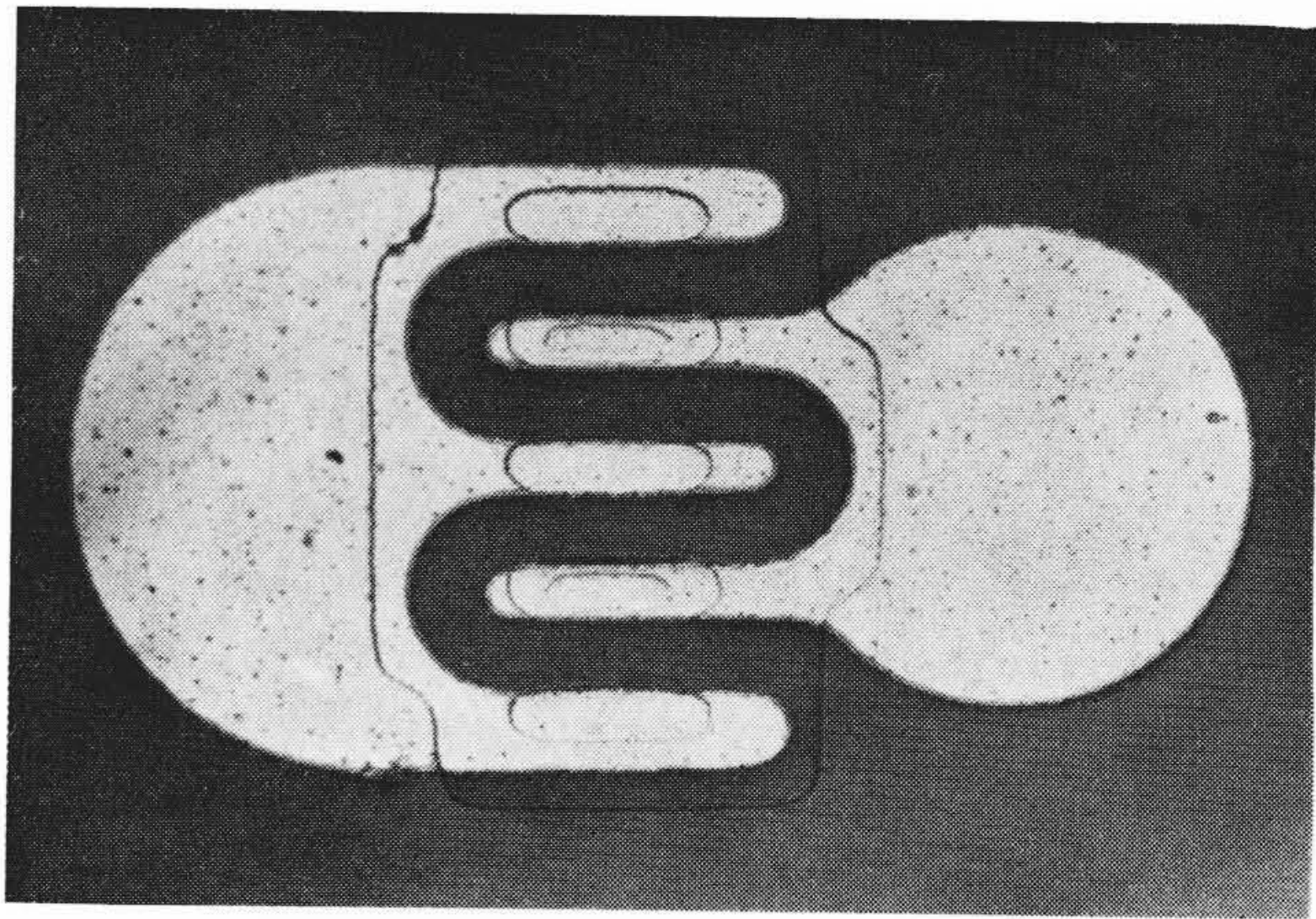


図2 2SC313 電極形状

どの手段を用いた。この結果常温から 60℃ に上昇したときの発振周波数変動は +200 kc/s から -600 kc/s とすることができた (図1 参照)。

■ ホームラジオ用高逆耐圧 PM シリ コントランジスタ 2SD190 の開発

ホームラジオの出力段用として、PM 形シリコントランジスタ 2SD190 を開発した。このトランジスタは高逆耐圧三重拡散形のバ

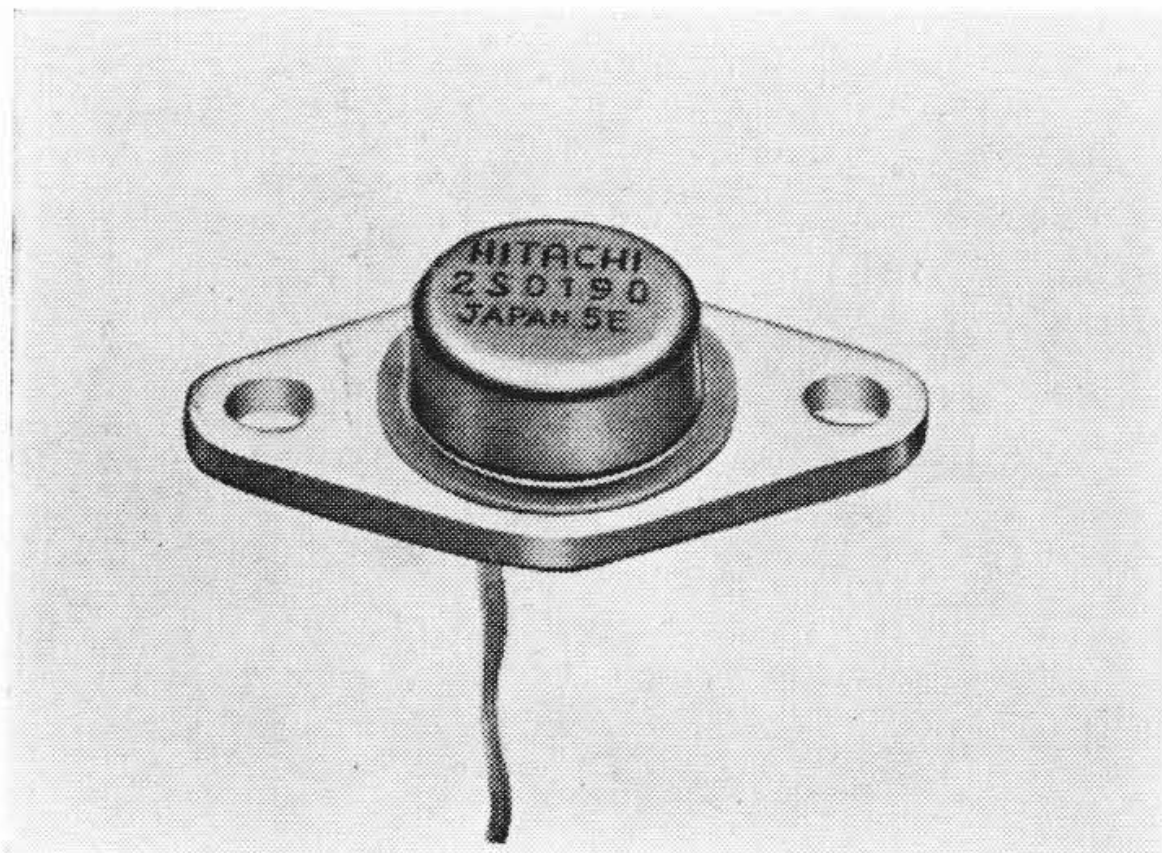


図1 PM シリコントランジスタ 2SD190

ワートランジスタで、特に高逆耐圧素子を日立独自の低温酸化により表面被膜を施し、いわゆる Surface Passivation をした点、きわめて独自なものである。このため耐圧劣化が少なく外囲の使用条件に影響されることが少ない。

このトランジスタは特に AC100V 整流電源での動作が可能でひずみ率 10% で 1 W の出力を取り出すことができる。また B 級プッシュ動作を行なえば、ひずみ率 10% で 4 W の出力を取り出すことが可能となり、中出力オーディオ増幅用としても最適である。最大定格は下記のとおりである。

表1 最大定格				
項 目	記 号	定 格	単 位	
コレクタ・ベース間電圧	V_{CB0}	300	V	
コレクタ・エミッタ間電圧 ($R=3\text{ k}\Omega$)	$V_{CE R}$	300	V	
エミッタ・ベース間電圧	V_{EB0}	3	V	
コレクタ電流	I_C	100	mA	
許容コレクタ損失	P_C	4	W	
接合部温度	T_j	150	℃	
保存温度	T_{stg}	-65~150	℃	

■ オーバレイ形高周波高出力 トランジスタの開発

最近、エピタクシャル技術、プレーナ技術、フォトレジ技術などの進歩により、シリコントランジスタの電気的特性および信頼性の向上は著しいものがある。特に高周波高出力の領域において顕著で、従来真空管の分野であった無線通信装置の電力増幅部まで半導体化が可能となりつつある。

オーバレイ形トランジスタ HS 634 は上記シリコントランジスタの最も進んだ技術を基礎に開発したものである。その特性は、入力 1 W のとき、100 Mc で 7.5 W 以上、400 Mc で 3 W 以上の出力がとれ、VHF から UHF 領域における A-B-C 各級増幅、周波数通倍、発振などに用いられる。

この HS 634 の開発にあたって、精度の高いエピタクシャルウェファ、精密なフォトレジ用マスク、高濃度で 1 ミクロン以下の精度の拡散などの技術が確立された。特に HS 634 の特長は、ベースに普通の低濃度拡散をし、その周囲に格子状の高濃度拡散を行ない、入力インピーダンスを低減させて出力電力の増加を図ったことである。また図 1

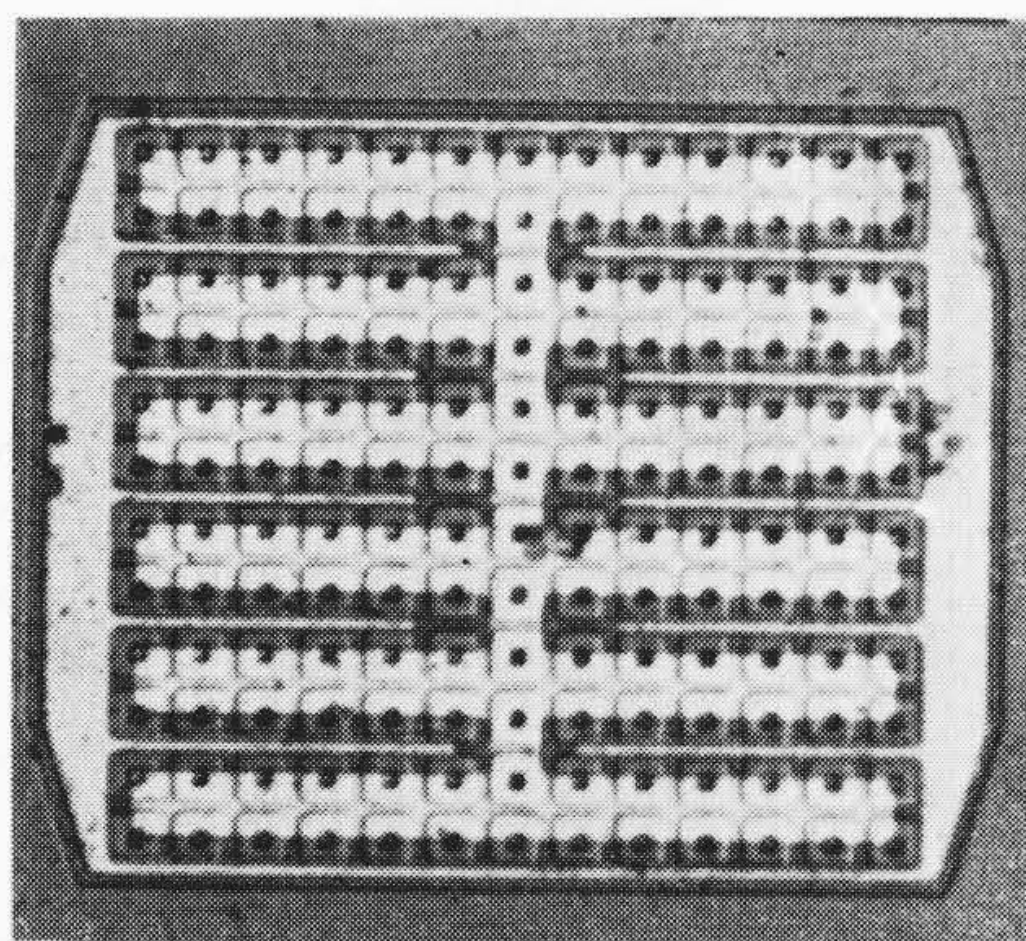


図1 HS 634 の電極構造

に示すように 12 ミクロン四角のエミッタ 156 個をシリコン酸化膜を介して並列に結合したいわゆるオーバレイ構造をとった。このオーバレイ構造により、従来のくし形電極に比べ同じエミッタ面積に対し 4 倍以上の周辺長がとれる。このため高周波における高能率が実現できた。さらに高周波の出力を十分に出すため、図 2 に示すスタッド形システムを開発した。このシステムは高周波特性および熱放散のために、図 2 の左側に見られるように銅製スタッド上に、およそ Al の半分、Fe の 1.5 倍の熱伝導性をもつベリリア磁器を絶縁板および放熱板として用い、エミッタ、ベース、コレクタ各端子はそのベリリア磁器から上向きでキャップから取り出され各端子ともシステムから絶縁されている。

なお表 1 に特性概略を示す。

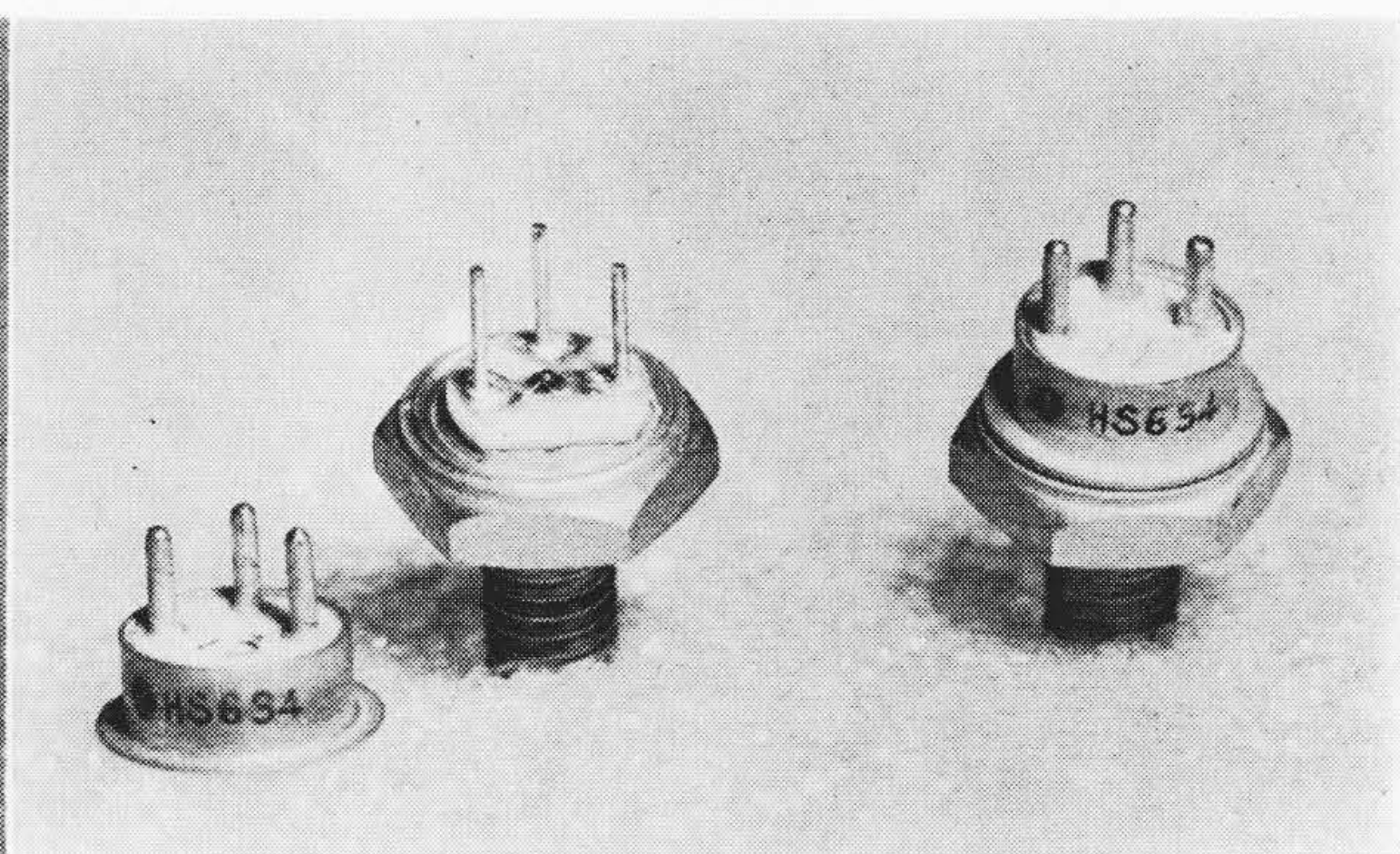


図2 HS 634 組立後(左)および封止後(右)システム

表1 HS634 電 気 的 特 性

項 目	記 号	測 定 条 件	単 位	最 小	標 準	最 大
コレクタ遮断電流	I_{CBO}	$V_{CE}=30V$ $I_B=0$	mA			0.1
コレクタ・ベース間電圧	BV_{CBO}	$I_C=0.1mA$ $I_E=0$	V	65		
コレクタ・エミッタ間電圧	BV_{CEO}	$I_C=0\sim 200mA$ $I_B=0$	V	40		
エミッタ・ベース間電圧	BV_{EBO}	$I_E=0.1mA$ $I_C=0$	V	4		
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	$I_C=0.5A$ $I_B=100mA$	V			1
コレクタ出力容量	C_{ob}	$V_{CB}=30V$ $I_E=0$ $f=1Mc$	pF			10
ベース広がり抵抗	$r_{bb'}$	$V_{CE}=28V$ $I_C=250mA$ $f=400Mc$	Ω		10.0	
利得帯域幅積	f_T	$V_{CE}=28V$ $I_C=150mA$	Mc		500	
高周波出力電力	P_{out}	$V_{CE}=28V$ 100 Mc	W	7.5		
		400 Mc	W	3		
		500 Mc	W		2.5	

■ レジンモールドトランジスタ

量産性に富み、汎用性のあるレジンモールド形シリコントランジスタを開発した。レジン単に封入された素子を機械的に保護するだけでなく、完成したトランジスタの特性および信頼度（特に動作中の劣化および耐湿性）を左右する。重要な材料であるアミン硬化エポキシレジンと無水酸硬化エポキシレジンと比較実験し、日立製作所日立研究所において新たに開発したレジンを用いている。これは耐湿性、耐温度性についても十分検討され、吸湿率 (0.52%) が低く、熱変形温度 (137°C) が高い専用の無水酸硬化エポキシ系のレジンである。なおシリコン素子の表面安定はこの種のトランジスタにとってきわめて重要である。シリコンプレーナ形の素子を組み立て、新しく開発したレジンでモールドし、特性劣化のないすぐれた性能をもたせることができた。

原価低減と製造工程の能率化をはかるため、従来のシステムによる素子組立方式を改め、治具化されたリード線に直接連続的に多数の素子を組み立て、同時にモールドができる量産的な製造方式を開発した。連続してモールドされたトランジスタはレジン硬化後、同時

大量に特性検査、マークなどが可能である。

完成したレジンモールドトランジスタ 2 SC 454 系、2 SC 530 系、2 SC 455 系および 2 SC 531 系は BC バンドから FM バンドの高周波増幅、周波数変換、中間周波増幅および低周波増幅などの回路に適するよう設計されている。また金属封止トランジスタにくらべて小形化されているので小形機器への応用も容易である。

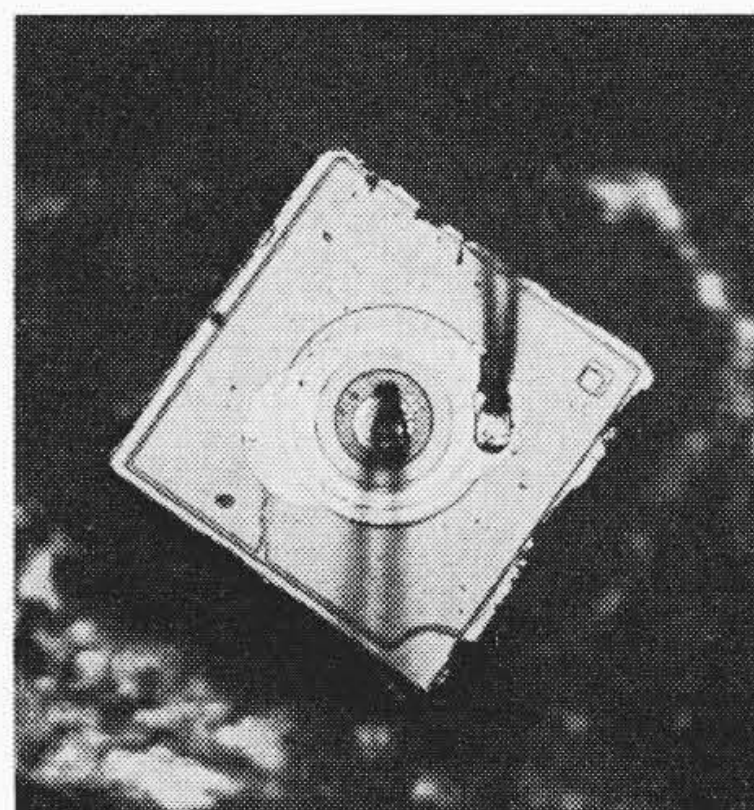


図1 組立後レジンモールドトランジスタ

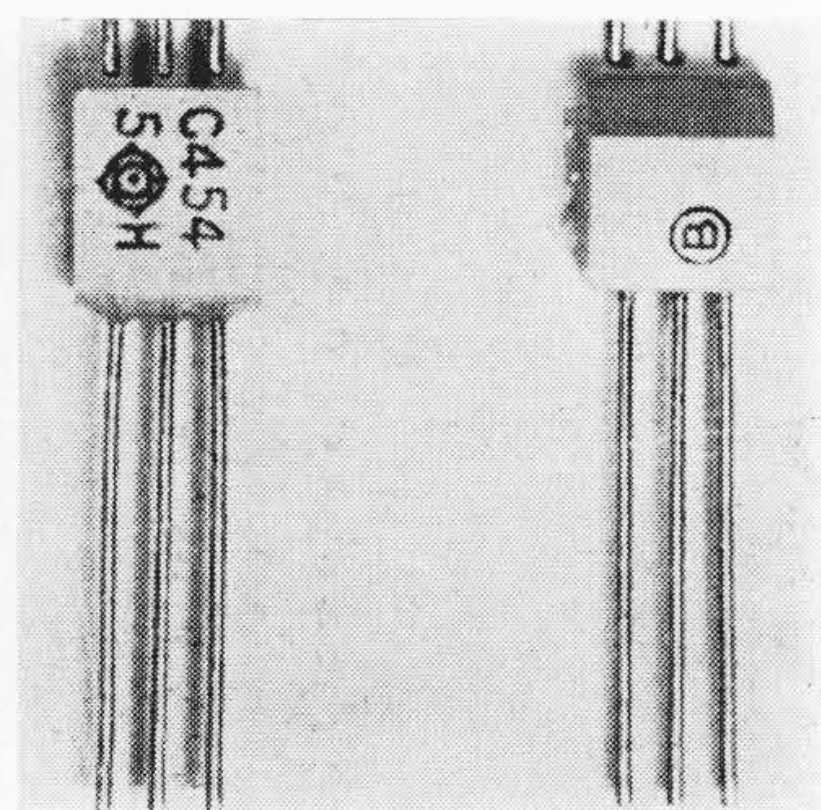


図2 レジンモールドトランジスタ