

全固体化 150 Mc 10 W FM 無線電話装置

All Solid State 150 Mc Band 10 W FM Radio Equipment

菱 田 吉 彦*
Yoshihiko Hishida

内 容 梗 概

最近日立製作所が製作した全固体化 150 Mc, 10 W, FM 無線電話装置を紹介し、あわせて全固体化の問題点について簡単に述べた。

1. 緒 言

最近数年来の半導体技術の進歩、特に VHF 帯大電力トランジスタ、バラクタの急速な発展によって VHF はもとより UHF, SHF 帯無線機器の全固体化も可能となってきた。ここに述べる 150 Mc 帯 10 W 移動無線機 (SEM-1022) も VHF 帯, UHF 帯無線機器の全固体化の一環として製作されたものである。

一般に無線機器の全固体化によってもたらされる利益は、第一に装置の信頼性の大幅な向上であり、そのほかに小形軽量化、消費電力の低減化などが期待され、現在の技術のすう勢に適合したものであるといい得る。移動無線機の場合、上記条件はとりわけ要求されるところであり、さらに必要条件として耐震性の大なること、過酷な温度条件に耐えることがあげられる。耐震性は真空管よりも良好であり、温度特性は真空管より劣るが、自動車内の温度上昇 (50℃ 以下) 程度では半導体素子も十分実用できる。すなわち全固体化の問題点は送信部高周波高出力段に使用する素子とそれに対する回路技術であるということができる。

2. 無線機の概要

本装置の特色は送信終段部にバラクタダイオードによる周波数 2 通倍器を用いたことである。これは現状におけるトランジスタの信頼度、価格などを検討した結果、75 Mc 帯までトランジスタによって増幅し、それをバラクタダイオードで 2 通倍して、150 Mc 帯で所要の出力を得るのがいちばん得策であると考えたからである。本装置の標準仕様⁽¹⁾を第 1 表に示したが、その他一般的特長を列記すると次のとおりである。

2.1 ダッシュマウント構造

車載使用の場合、セットの設置場所としては車内温度上昇、振動などの立場からダッシュマウント設置⁽²⁾が望ましいとされており、このため機器の小形化を図り、ダッシュマウント装着可能とした。この場合セットの厚みが問題であり、これが大き過ぎると助手席を狭くすることになるのでこれを 60 mm に押えた。このためセット内に大形スピーカを収めることができないので、特に騒音の多い場所では音量の不足を感ずることもあるが、このような場合にはセット本体とは別の大形のスピーカ箱を用意し、1 W 以上の出力が得られるようにした。なお、これらのスピーカの切換えはジャックによって容易に行なわれる。

2.2 車載、可搬両用構造

移動無線通信の最大の特徴は、移動体相互に、または移動体と固定体間で通話できることである。従来の車載無線の場合にはその行動範囲は自動車の通行可能な地点に限られており、それ以外の場所で通話の必要があるときは、ほかの手段たとえば携帯無線機を使用する必要があった。今回、全固体化したため、従来の真空管式に比べて小形軽量化、低消費電力化に成功し、1 台のセットで車載、可

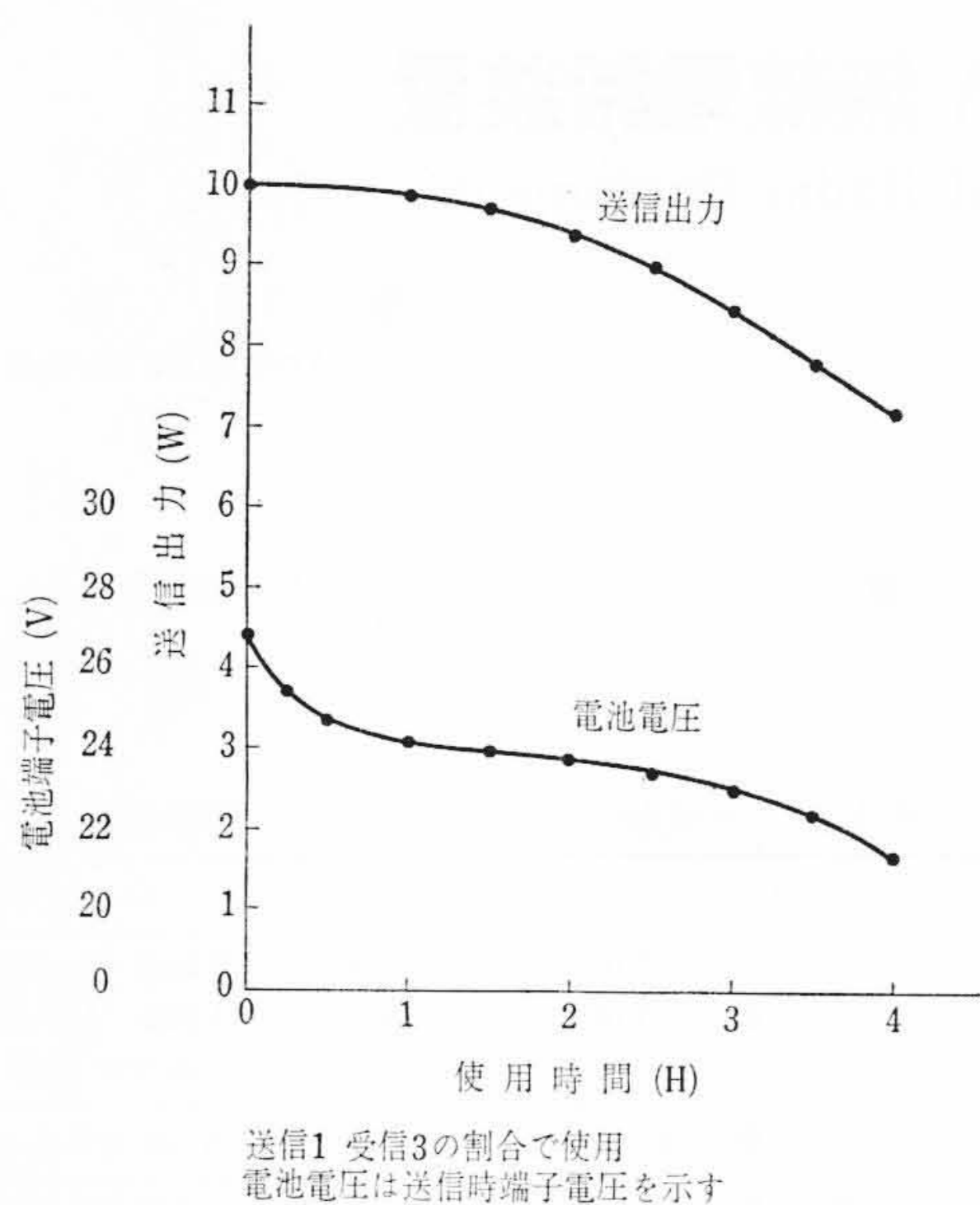
* 日立製作所戸塚工場

第 1 表 形式検定規則および日立標準仕様

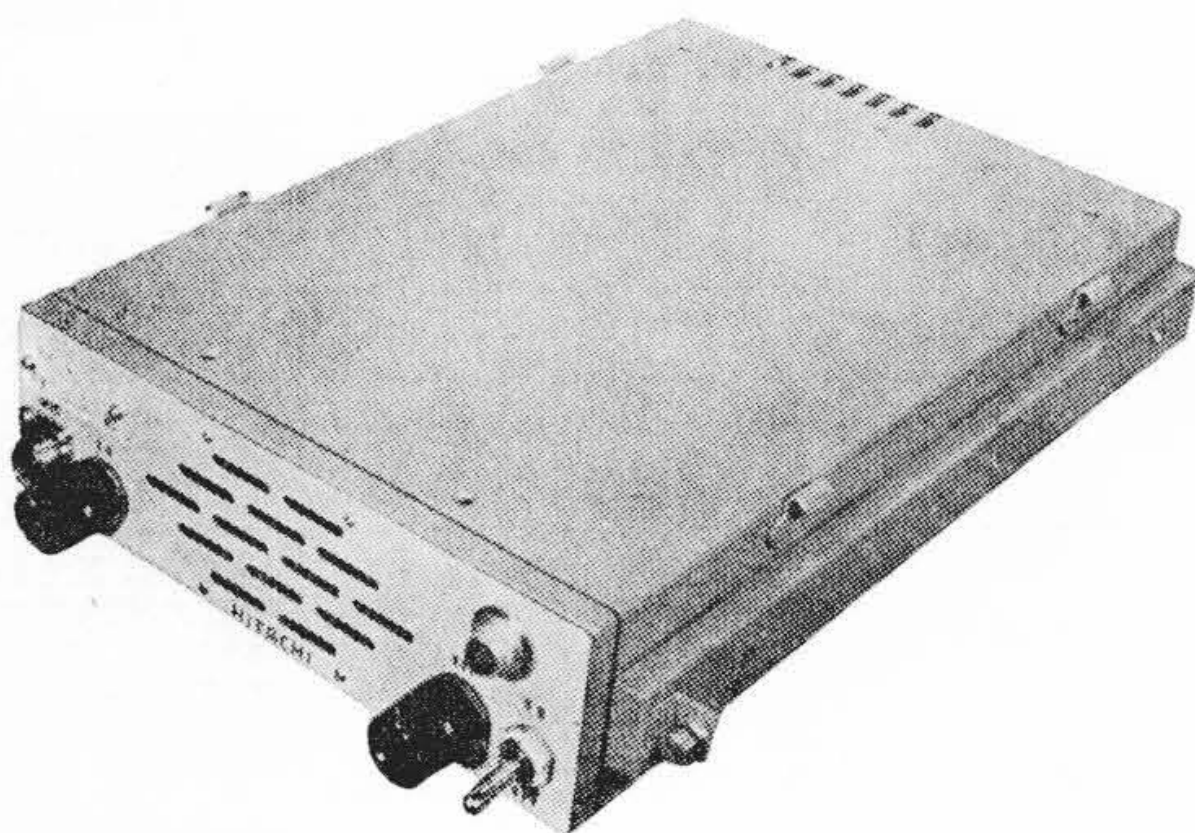
	項 目	形 式 検 定 規 則	日 立 仕 様
環 境	振 動	3 mm 0~500 cps 1 mm 500~1,800 cps 各方向 30 分	3 mm 0~500 cps 1 mm 500~1,800 cps 各方向 30 分
	衝 撃	5 cm の高さより落下 3 回	5 cm の高さより落下 3 回
	連 続 動 作	1 分送信 3 分受信で 8 時間	1 分送信 3 分受信で 8 時間
	温 度	0~40℃ -10~50℃ -20~50℃ いずれか 1 時間放置	-10~50℃ 1 時間放置
条 件	湿 度	+35℃ 95% 4 時間放置	+35℃ 95% 4 時間放置
	電 源 電 圧 変 動		25.2(12.6)V -10~+20%
送 信 部	周波数許容偏差	20×10 ⁻⁶	20×10 ⁻⁶
	空 中 線 電 力	-50~+20% 以内 (電源電圧 ±10% 温湿度)	-50~+20% 以内 (電源電圧 -10~+20% 温湿度)
	スプリアスふく射	1 mW 以下でありかつ搬送波の平均電力に対して帯域内 -80 dB 以下帯域外 -60 dB 以下	1 mW 以下でありかつ搬送波の平均電力に対して帯域内 -80 dB 以下帯域外 -60 dB 以下
	ひ ず み	1 kc 70% 変調で 20 dB 以上	1 kc 70% 変調で 20 dB 以上
	S/N		1 kc 70% 変調で 40 dB 以上
	最大周波数偏移	±12 kc	±12 kc
受 信 部	感 度	20 dB QS 6 dBμ 以下 (電源電圧 ±10% 温湿度)	20 dB QS 3 dBμ 以下 (電源電圧 -10~+20% 温湿度)
	S/N		1 kc 70% 変調 30 dBμ 入力にて 40 dB 以上
	通 過 帯 域 幅	6 dB 低下で 20 kc 以上	6 dB 低下で 20 kc 以上
	選 択 度	70 dB 減衰で 50 kc 以内	70 dB 減衰で 50 kc 以内
	スプリアス感度	-80 dB 以下	-80 dB 以下
	感 度 抑 圧	±40 kc で 80 dBμ 以上	±40 kc で 80 dBμ 以上
	相 互 変 調	同方向 ±40 kc ±80 kc を加えて 65 dBμ 以上	同方向 ±40 kc ±80 kc を加えて 65 dBμ 以上
	低 周 波 出 力		1 kc 70% 変調 20 dBμ 入力で 1 W (外付スピーカ)
	ひ ず み	20 dB 以上	20 dB 以上
	局発周波数許容偏差	20×10 ⁻⁶	20×10 ⁻⁶
外 形	本 体 寸 法		300×200×60 *
	本 体 重 量		4.7 kg *

* +24V 電源の場合で 12V 電源の場合に使用する DC コンバータは含まず。

搬両用にすることが可能となった。すなわち、車載時はダッシュボードに装着しておき、電源としては自動車のバッテリーを使用し、可搬時には専用の蓄電池電源、アンテナを準備して、容易に車載→可搬構造に変更できるようにしてある。これにより通常の携帯無線機が出力 1 W 以下であるのに対し、10 W の送信ができ、利用範囲の拡大が期待される。また車載、携帯 2 種を用意する場合に比べてセット数の経済化も可能となった。可搬電源としては密閉形ニッケルカドミウム電池を使用し、アンテナにはたわみ性の大きい λ/4 板バネホイップアンテナを用いた。



第1図 可搬電源放電特性



第2図 SEM-1022 形 FM 無線電話装置

2.3 電源

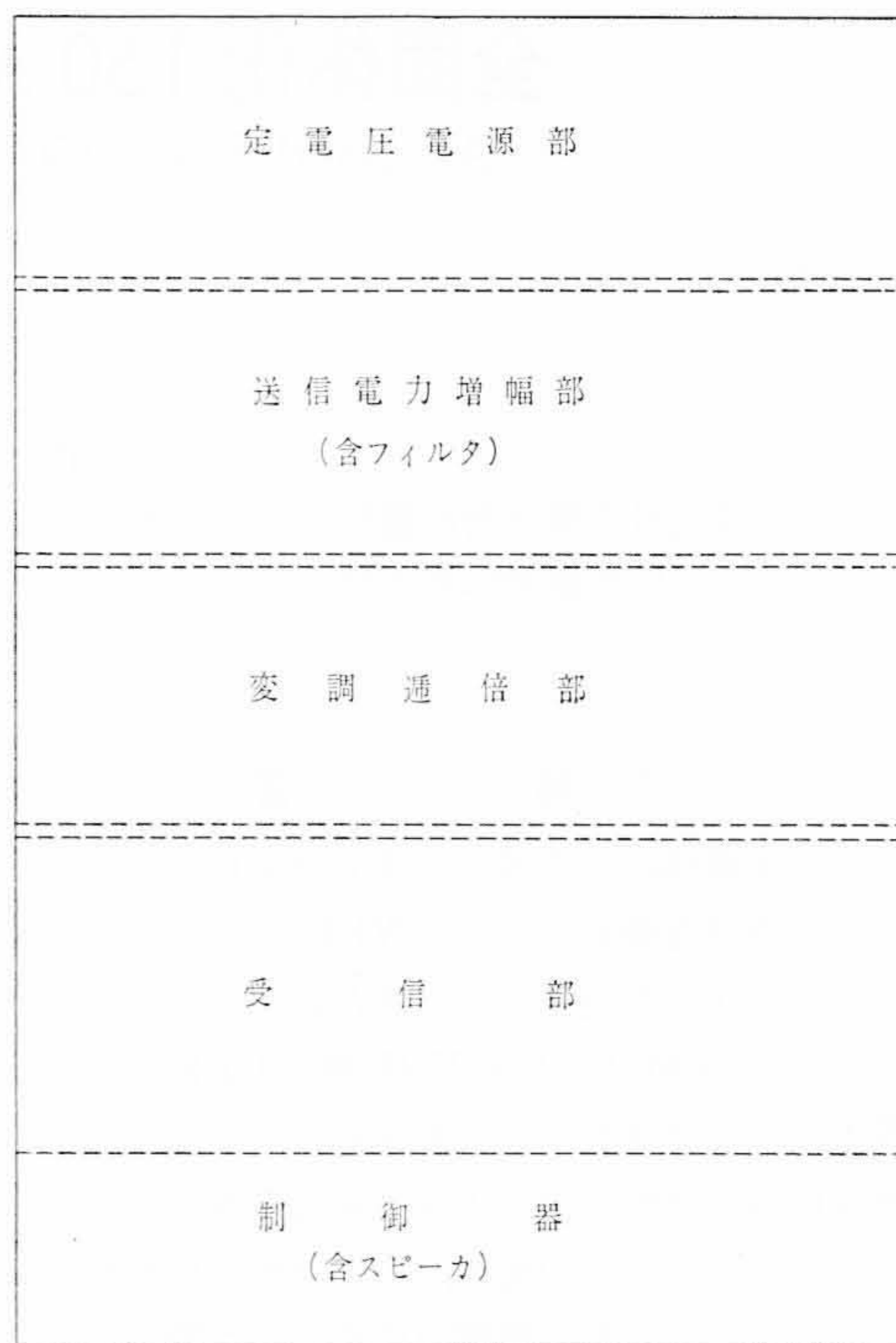
電源としては送信部 24V、受信部 13.8V が定格であり、自動車の 12V 電源を使用する場合は DC-DC コンバータによって昇圧する必要がある。一方、可搬時にはニッケルカドミウム電池に大容量のものが無い現状から、極力電圧を高くし電流を減らす必要があること、および、消費電力、重量を低減するためには DC-DC コンバータは可搬時には使用しないことが望ましいので、可搬電源として 3AH ニッケルカドミウム電池を 21 個直列接続し、定格電圧 26V として使用した。使用時間は送信 1、受信 3 の割合で約 4 時間である。車載時に使用する 12.6V→25.2V 昇圧 DC-DC コンバータは、出力が 25.2V 一種のみとなったため、フィルタ回路その他を単純化することができた。本電源部は本体とは別きょう体となっているので、可搬時にはそのまま車に置いておけばよい。

2.4 新セパレーションに対する考慮

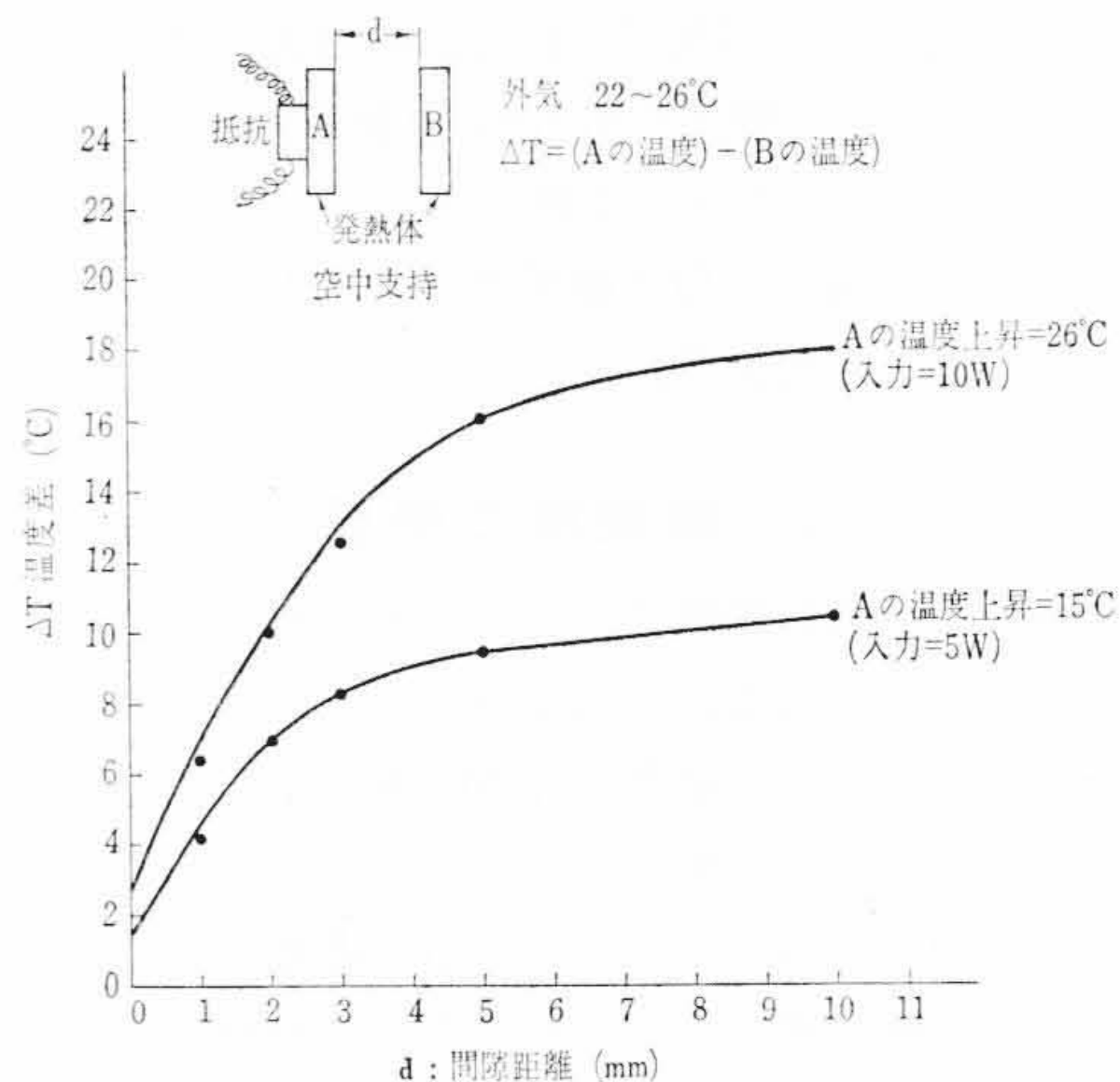
150 Mc 帯の周波数割当ては現在の 40 kc セパレーションから近い将来に 15~20 kc セパレーションに変更されることが予想されるが、この場合現用無線機に要求される変更点は次のとおりである。

- (i) 送受信部水晶発振器の周波数高安定化
- (ii) 受信部通過帯域幅の変更
- (iii) 送信変調側帯波の規定以上の広がりを防止するためのフィルタの新設

これらの要求に対して (i)、(ii) に関してはそれぞれ水晶発振ユニット、水晶フィルタ、セラミックフィルタを取り換えることによって、(iii) については IDC 回路出力部にローパスフィルタを追加することによって、新セパレーション規格に対処できるよう考慮した。



第3図 SEM-1022 構造図

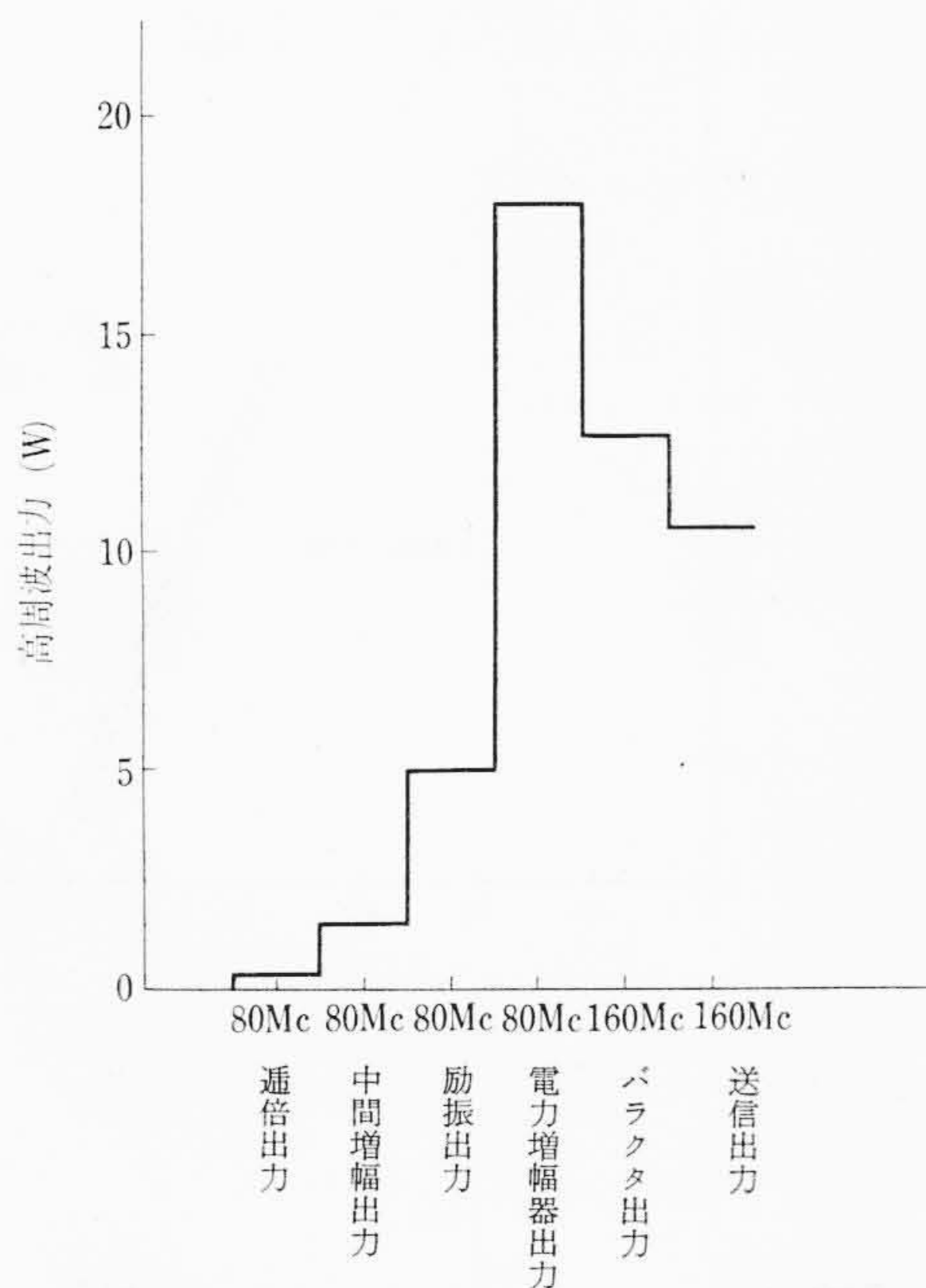


第4図 ブロック間けき距離によるブロック間の温度差

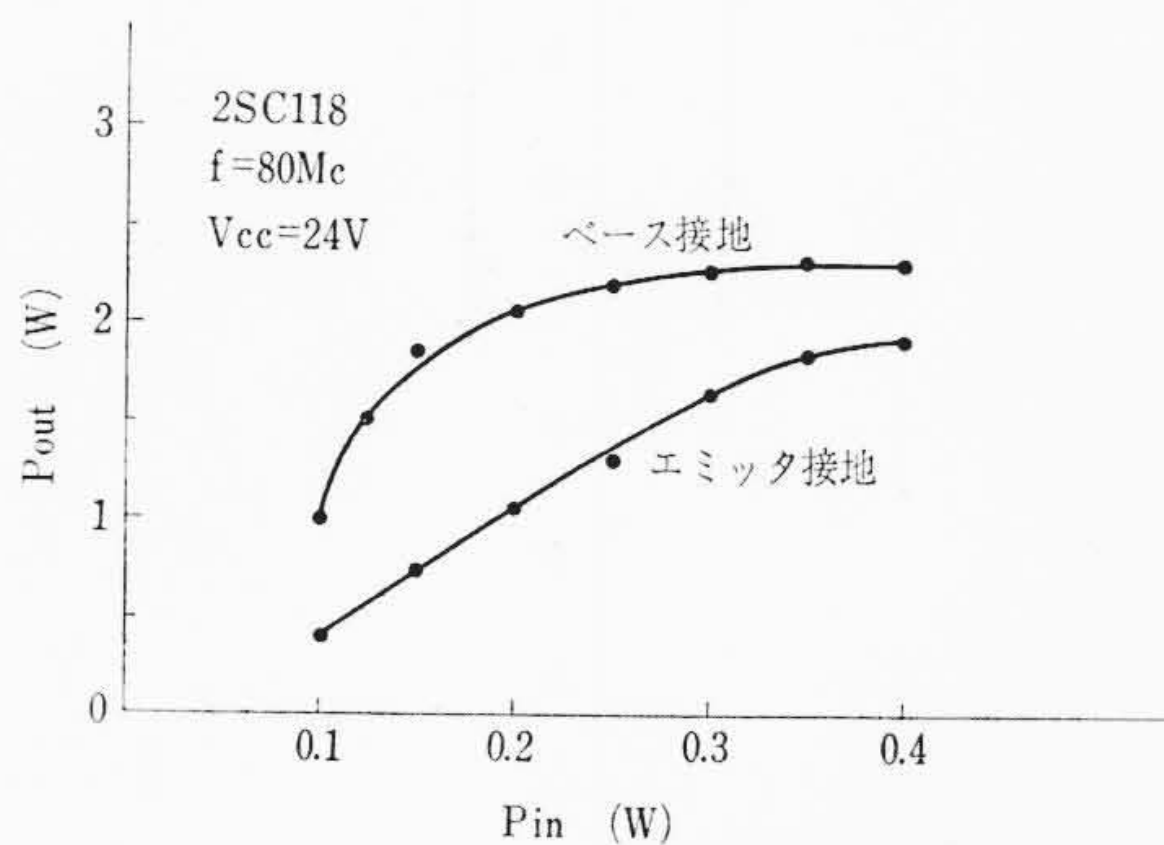
3. 各部の詳細説明

3.1 構造

全固体化によって半導体素子の真空管に対する長寿命化や機器内発熱量の減少による部品の負荷率の低下などにより、信頼度の向上が期待され、また使用上の要求より機器を小形化したため、保守に対する考え方も従来の部品単位の交換からプリント板またはブロック単位の交換に移りつつあると考えられる。本機の構造は制御部、受信部、変調通倍部、電力増幅部、電源部よりなる第3図のようなブロック別構造を採用した。これらのブロックは両側の取付板にネジ止めして簡単に組み立てることができ、各ブロックは金属シャシまたはプリント板より成り立っている。ブロック別構造のもう一つの利点はブロック間の熱的遮へいが可能なことである。全固体化により真空管式に比べてセット全体の発熱量は減少したが、温度上昇に対する制限は真空管式の場合より厳格にする必要があり、特にゲルマニウムトランジスタとシリコントランジスタを混用している現在、セット温度はゲルマニウムトランジスタの使用温度によって制限されるため、放熱には特に考慮を払う必要がある。各ブロック間



第5図 送信部レベルダイヤグラム



第6図 接地方式による高周波出力の比較

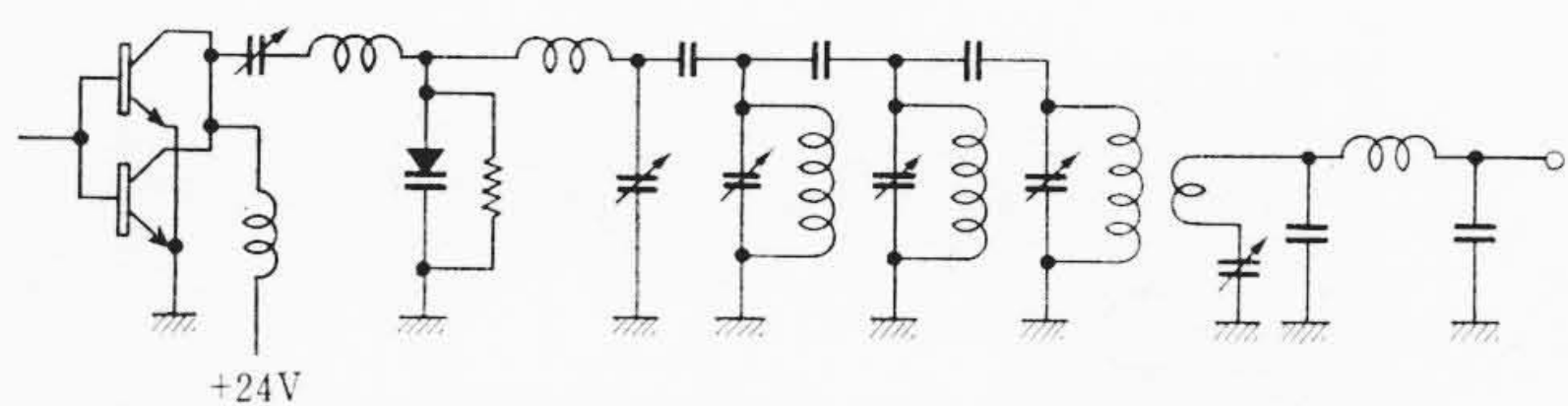
の間隔を一定以上に保てば、隣接ブロックの温度上昇はかなり低減できることを実験的に示したのが第4図であり、発熱体Aに10 Wの電力を消費させた場合、物体Bとの間隔を5 mmに保てばAB間の温度差は約16°Cであることを示している。すなわち、ブロック間に一定間隔を与えておけば受信部のような発熱の小さいブロックを他の発熱の大きなブロックによる温度上昇からまもることができる。

3.2 送 信 部

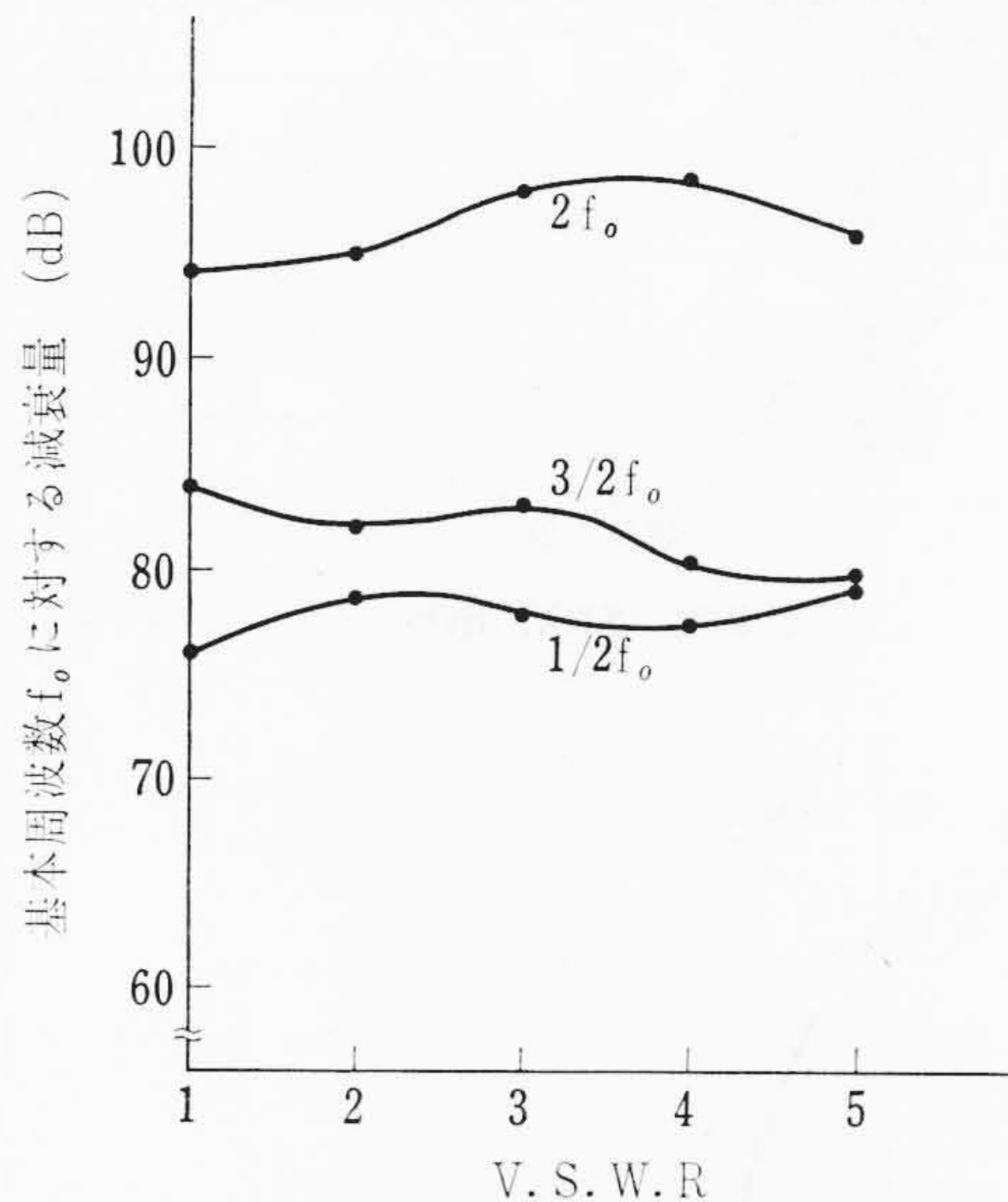
(i) 電力増幅部

送信部固体化の技術的要点は高周波高電力増幅および、通倍である。前述のように使用可能なトランジスタの関係から75 Mc帯までトランジスタによって増幅し、そのあとバラクタダイオードによって2通倍する方式をとっている。第5図のレベルダイヤグラムに示すように、各段の利得を5.5~7 dBと比較的小さくとり、十分に飽和した領域で使用するよう選定している。終段トランジスタに要求される性能としては、バラクタの通倍損失-1.5 dB、フィルタ損失-0.8 dBとして出力10 W以上を得るには、18 W以上の高周波出力が必要となる。このほかに終段トランジスタとしては負荷の開放、短絡および調整中の過負荷に対しても耐え得ることが要求され、このためには正常な使用条件に比べてかなり大幅な余裕が必要となる。

各増幅段の回路方式としては基本的にはベース接地回路、エミッタ接地回路の2種類が考えられる。ベース接地回路は実験によ



第7図 送信出力部フィルタ回路図



第8図 空中線不整合によるスプリアス変動

ればエミッタ接地回路に比べて利得、出力ともにすぐれているが、安定度の点ではエミッタ接地のほうがすぐれており、調整の容易さ、負荷インピーダンスの変動に対する安定性などを考慮してすべてエミッタ接地回路を用いた。エミッタ接地、ベース接地両回路の出力特性を第6図に示す。

(ii) 通倍回路

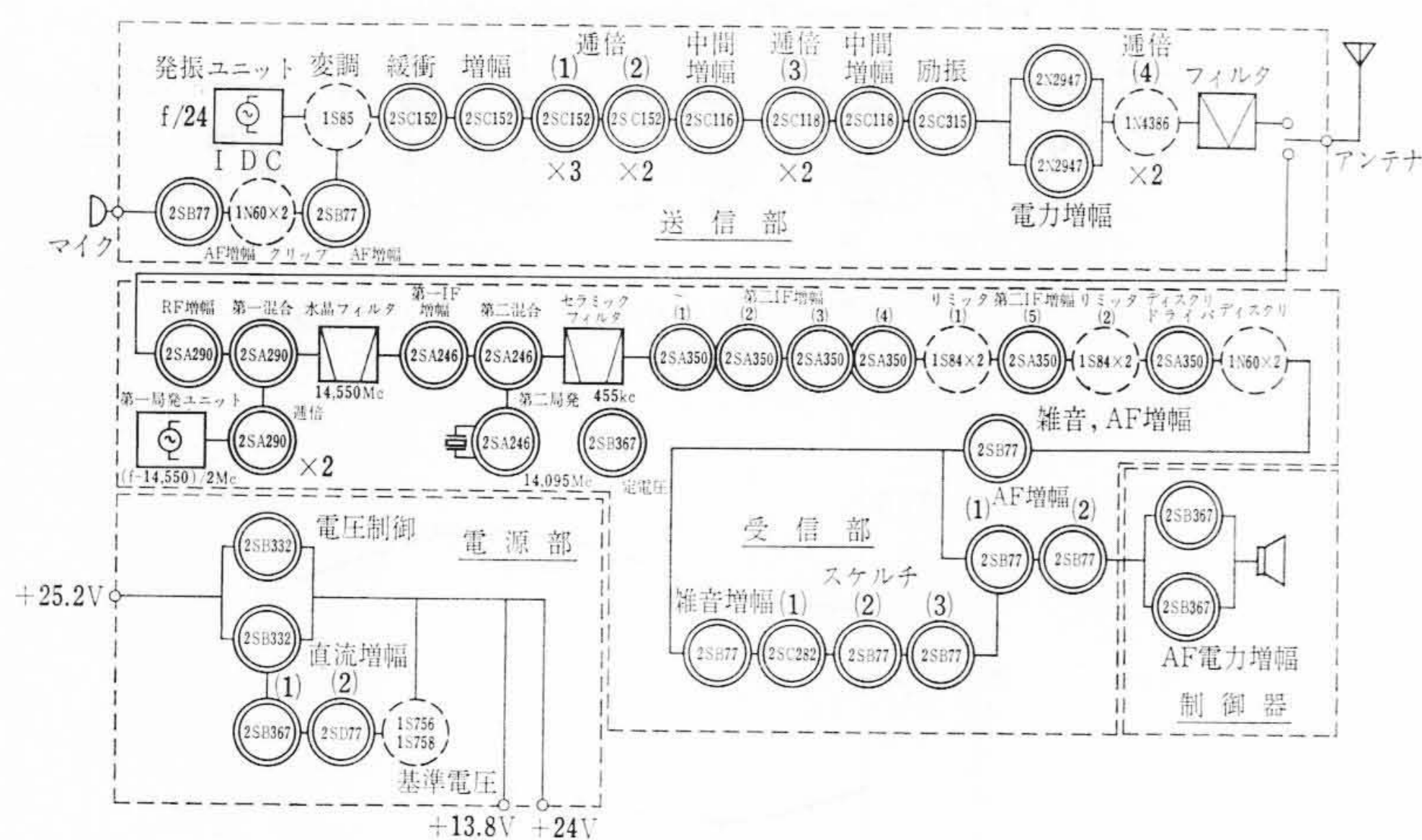
バラクタ通倍回路は種々研究されているが、本装置では熱的に安定な、バラクタの一方の極を接地した直列同調形を採用した。バラクタ通倍器はその理論値よりはるかに大電力に耐え得るとされており、実験的にも確かめられているが⁽³⁾⁽⁴⁾、移動無線機の出力量に用いる場合には、負荷のSWRが変動しても(短絡から開放まで含めて)ダイオードに加わる最大逆電圧がダイオードの逆耐圧を越さないように、十分耐圧の高いダイオードを用いなくてはならない。

スプリアス抑圧フィルタとしては終段で2通倍を行なうため、希望周波数の1/2, 3/2, 2に大きなスプリアスを生ずるのでバンドパスフィルタが必要となる。必要条件としてはそう入損失1 dB以下、70 Mc離れて-70 dB以上の減衰が要求される。本装置では、調整が容易で生産性も良好なC結合3重同調フィルタを用いた。第7図は回路を、また第8図は負荷を不整合させた場合のスプリアスの変動を示している。

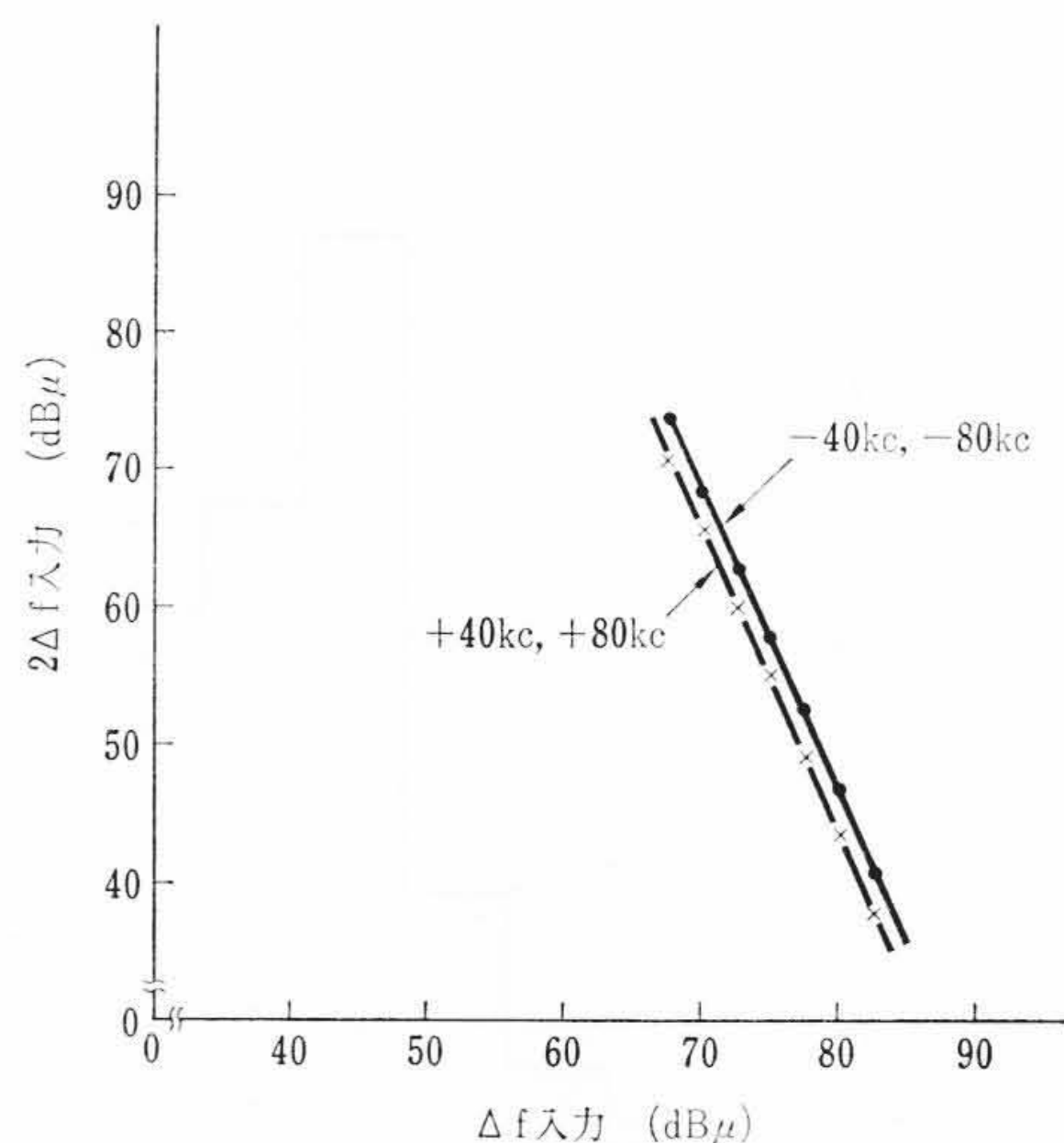
3.3 受 信 部

第9図のブロックダイヤグラムに示すように第一中間周波数14.55 Mc、第二中間周波数455 kcの二重スーパーヘテロダイン式である。全体を3枚のプリント板に分けており、第二中間周波以後はディスクリミネータトランスを除いて無調整回路としてある。

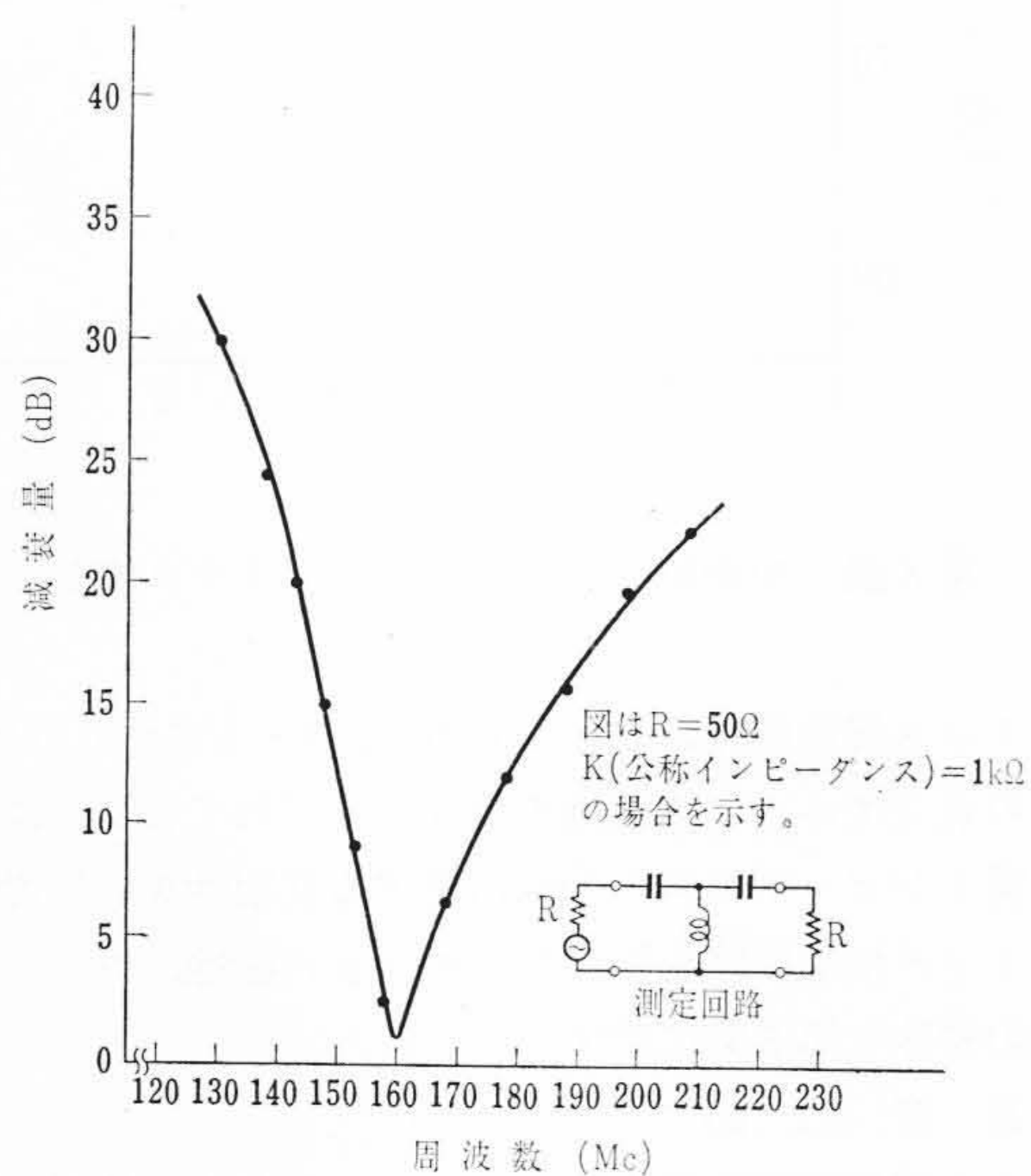
受信部の高周波フィルタとしては、従来多重同調回路を必要な段数だけ用いるのが普通であり、所要選択度を得るには素子数が増加し、かつ損失も大きくなるのが欠点であった。ここでは定K形ハイパスフィルタを不整合終端して、大きな選択度を得、かつそう入損失を減少させることができた。第10図に公称インピーダンス $K=$



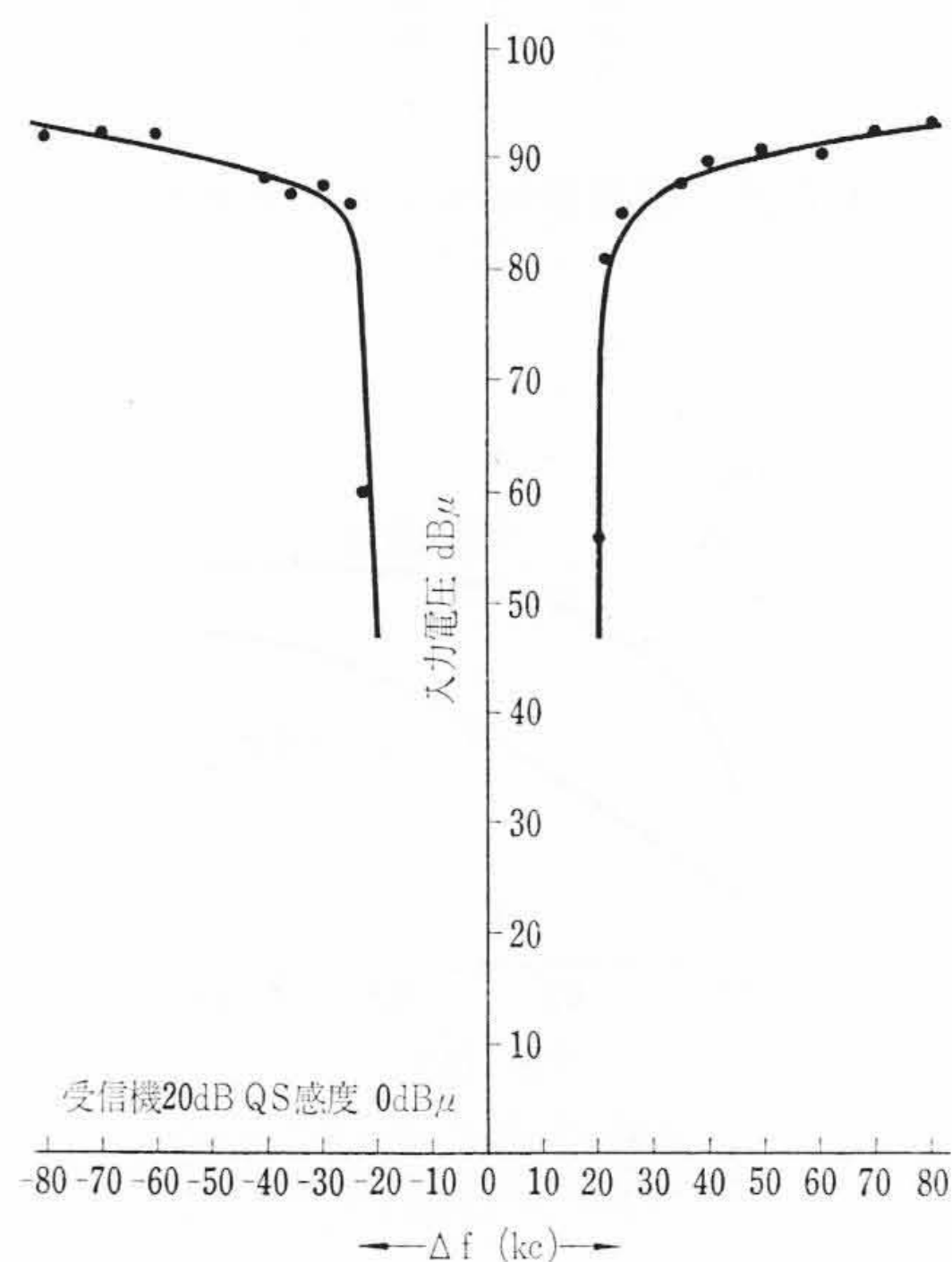
第9図 SEM-1022 ブロックダイアグラム



第11図 相互変調特性



第10図 受信機入力フィルタ選択特性



第12図 感度抑圧特性

1 k Ω , 終端抵抗 $R=50\Omega$ として設計した場合の一例を示す。この方式の欠点は終端抵抗が変動するとそれにしたがって帯域, そう入損失ともに変動してしまうことであるが, 受信機の段間のように終端インピーダンスがほぼ一定に保たれる場合には問題ない。フィルタ損失を減少させた結果, 高周波増幅段は一段で十分となり, かつ相互変調, 感度抑圧などの2信号特性も第11, 12図のように向上した。

4. 結 言

以上, 今回製作した 150 Mc 帯 10 W 全固体化移動無線機の概要を簡単に説明したが, なにぶんにも高周波高出力用素子は開発されてから日が浅く, かつ現在急速に発展しており, 新しい素子の開発にしたがってセットのほうも変化してゆくものと考えられる。今後の移動無線の方向としては, 電源に DC-DC コンバータなどを全然

使用せずに車両用電源(12V)で直接駆動すること, および総合電源能率の点で難点のあるバラクタ通倍方式によらずに, 直接トランジスタ増幅器によって出力を取り出す方向に向かうべきであり, われわれもその方向に向かって努力すべきであろう。

最後に本装置の製作にご指導, ご協力いただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 検定要領: (昭 37-2) 電波研究所
- (2) 鈴木, 奥野: 日立評論 44, 1025 (昭 37-7)
- (3) 清水, 古川, 今井: 全固体化 150 Mc 帯超短波無線電話装置 (昭 38) 信学会全国大会 549
- (4) 磯部, 宮川: 周波数通倍の許容入力の改善 (昭 39) 信学会全国大会 499