

極超短波測定装置とパルス発生装置

Microwave Equipment and Pulse Generator

南 野 幸 雄* 荷 口 康一郎** 宮 沢 健**
Yukio Minamino Koichiro Niguchi Takeshi Miyazawa

内 容 梗 概

最近製作した極超短波測定装置のうち二、三特色のあるものを選び、これについて参考となる資料とともに説明を行い、また大電力パルス発生装置について基本的な紹介を行った。

1. 緒 言

現在極超短波は超多重通信，テレビ中継，レーダ，マイクロ波分光，磁気共鳴吸収現象およびメーザなど各方面で実用化または研究されているが，これらの装置の製作保守に必要な測定器類については，われわれはすでに 500 Mc/s より 50,000 Mc/s にわたる周波数帯について，反射系数，電力，周波数などの基本的な測定器を始めとし，これらを組合わせた種々の測定装置を製作してきた。

これらの測定器類も極超短波の利用が近年ますます盛んになり，かつその性能もいよいよ高度なものを必要とし，また次々に新しい周波数帯が開発利用されてくる状況に伴って，測定器もまたますます精度に対する要求が高くなり同時にまた広帯域で信頼性が高く操作の容易なものが絶えず要求されてくる，これら極超短波測定装置のうち二，三のものについて紹介する次第である。

またパルス発生装置についてはマグネトロン，クライストロンの発振用，増幅用の電源として用いられるもので，近時その用途が耗波帯マグネトロン，クライストロン用，線形電子加速器用あるいは半導体のケル効果発生用などに使用されるため著しく良質の波形が要求されている現状である。

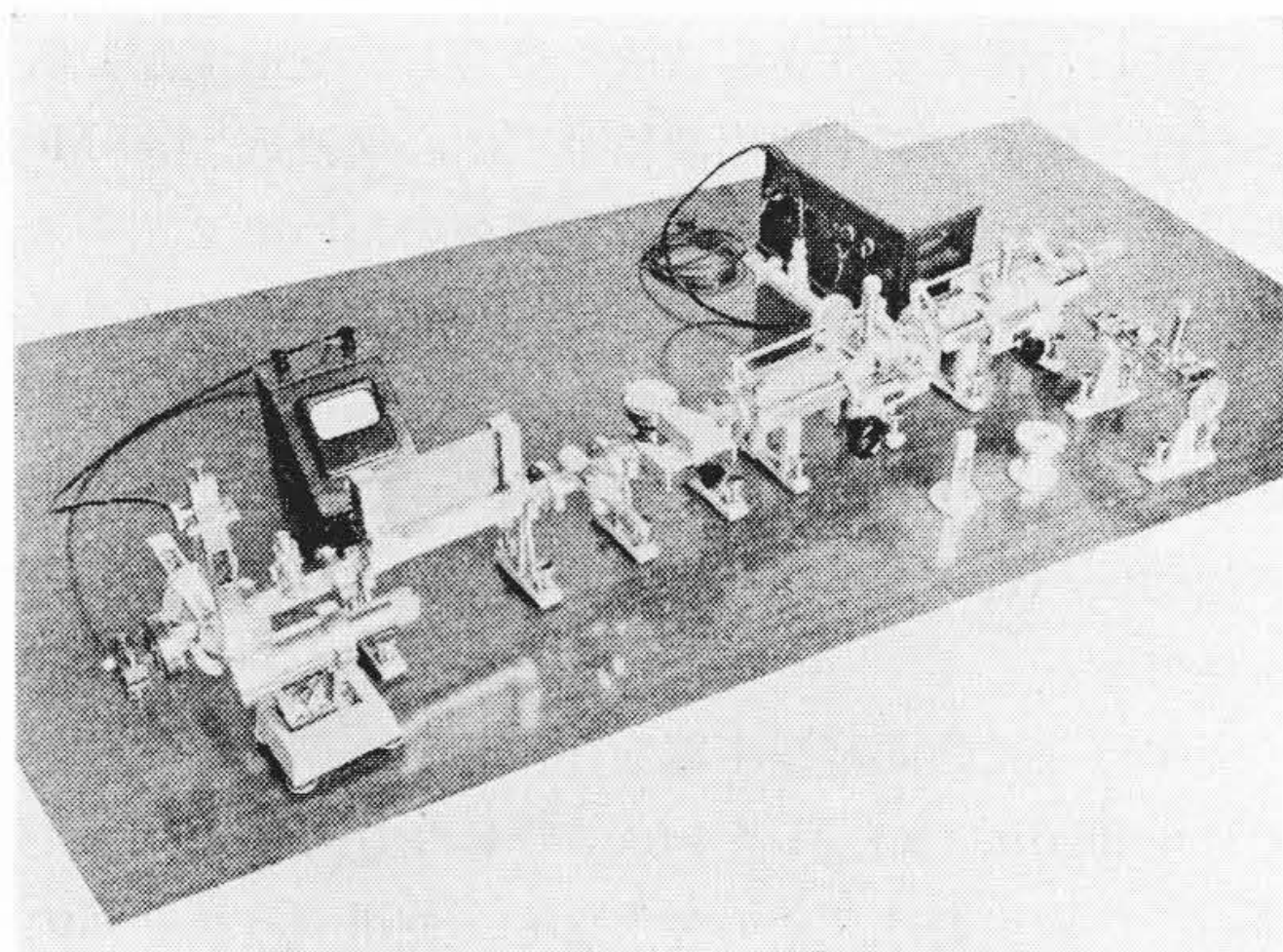
われわれはすでにライン形およびハードチューブ形パルス変調器について種々の出力のものを製作し，その一端をすでに本誌⁽¹⁾において発表してきたが，その後パルス発生装置については，さらに試作研究を進め従来のものより著しく特性の良いものを開発するとともに，その心臓部であるパルス変圧器についての基本的研究もすでに完了しその応用面の研究を進め，きわめて優秀な成果が得られつつある現状である。

本文においては，これらの成果の一端として特に線形電子加速器用マグネトロンパルス変調器，電子銃パルス変調器についてその概要を述べる。

2. 極超短波測定器

極超短波測定器のうち導波管回路を用いるものは，従来の低い周波数帯の測定器と異なり，その精度，あるいは操作の難易を決めるものは，ほとんど機械工作技術によって左右せられ，特に周波数が 10,000 Mc 以上のものについては精密機械工作を必要とするので，電気的設計においては常に機械工作技術との関連を念頭におかねばならないし，また現状においては特殊なものを除いては多種少量生産であるので電気的および機械的設計においても部品構造，治具などについて種々な工夫改善が常になされている。第1図は 15,000 Mc 帯の導波管回路測定装置で，これらの構成部分の組合わせにより反射系数，周波数，電力，減衰器など一般に必要とされるほとんどすべての測定を行うことができる。

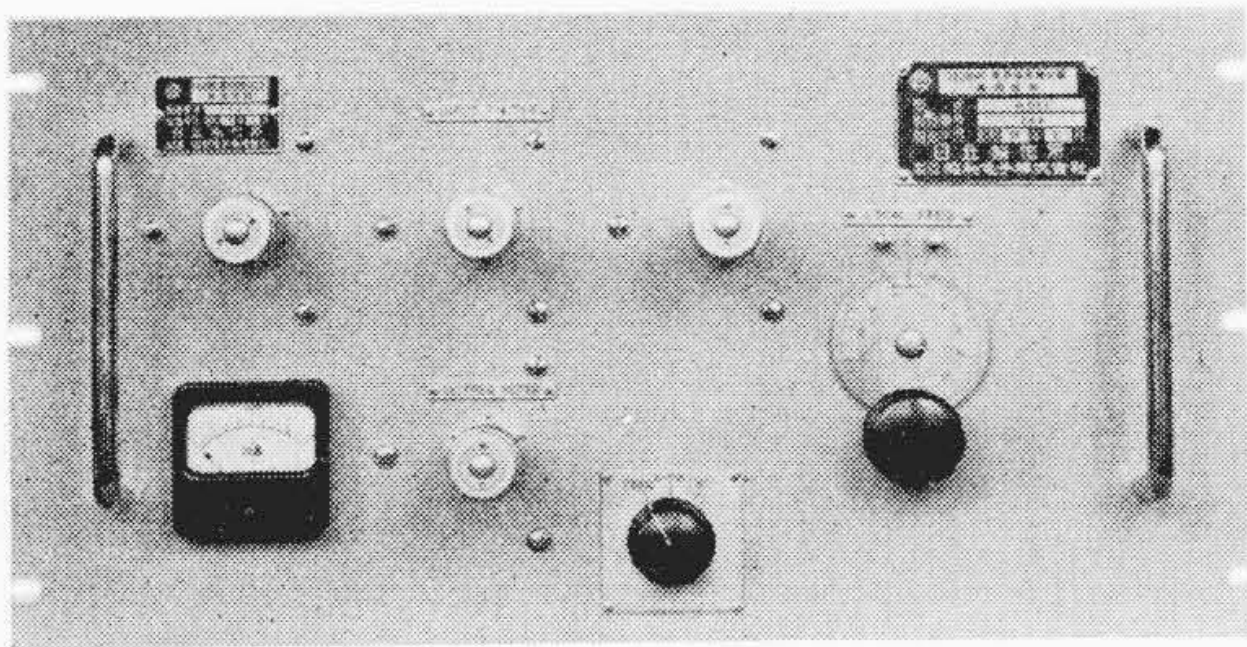
なお耗波として最近その利用が問題となっている波長 1 cm 以下の極超短波帯の測定器については，すでにその概要を発表⁽²⁾しているので参照いただきたい，またわれわれは現在上述の各周波数帯について微小反射系数の簡便な測定方法，各種測定器の広帯域化，小形化，直読化，価格の低減などについて絶えず努力を続けていることを付記する。



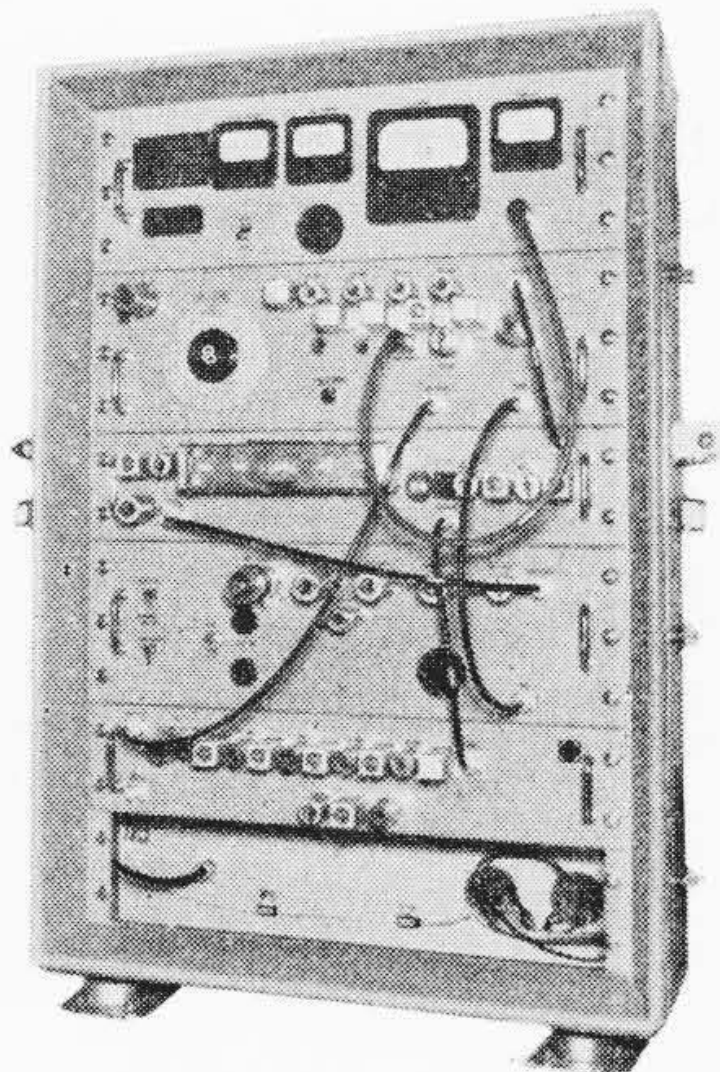
第1図 15,000 Mc 帯試験装置

* 日立製作所本社

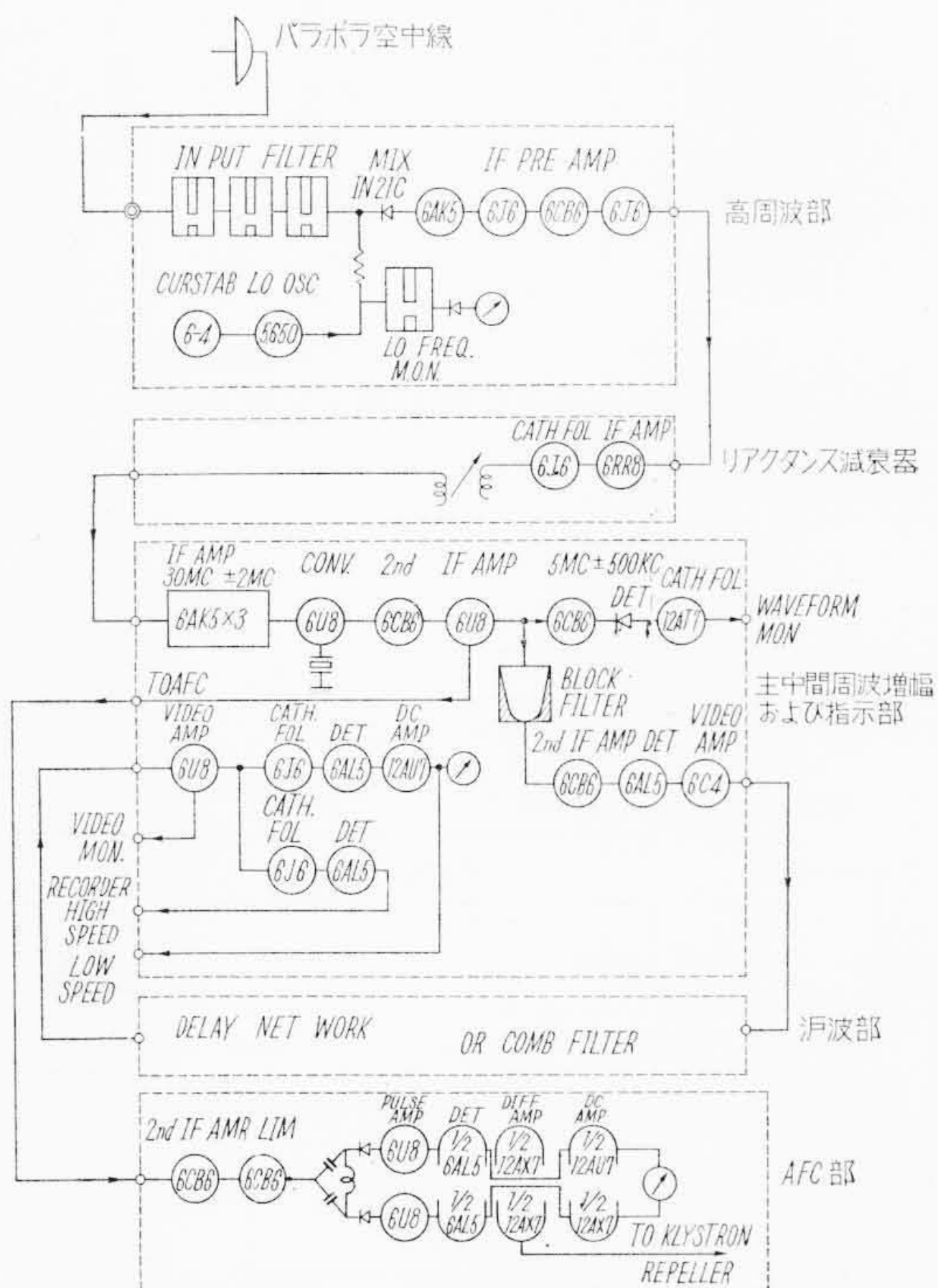
** 昭和電子株式会社



第2図 1,300 Mc 電界強度測定器高周波部



第3図 1,300 Mc 電界強度測定器受信部



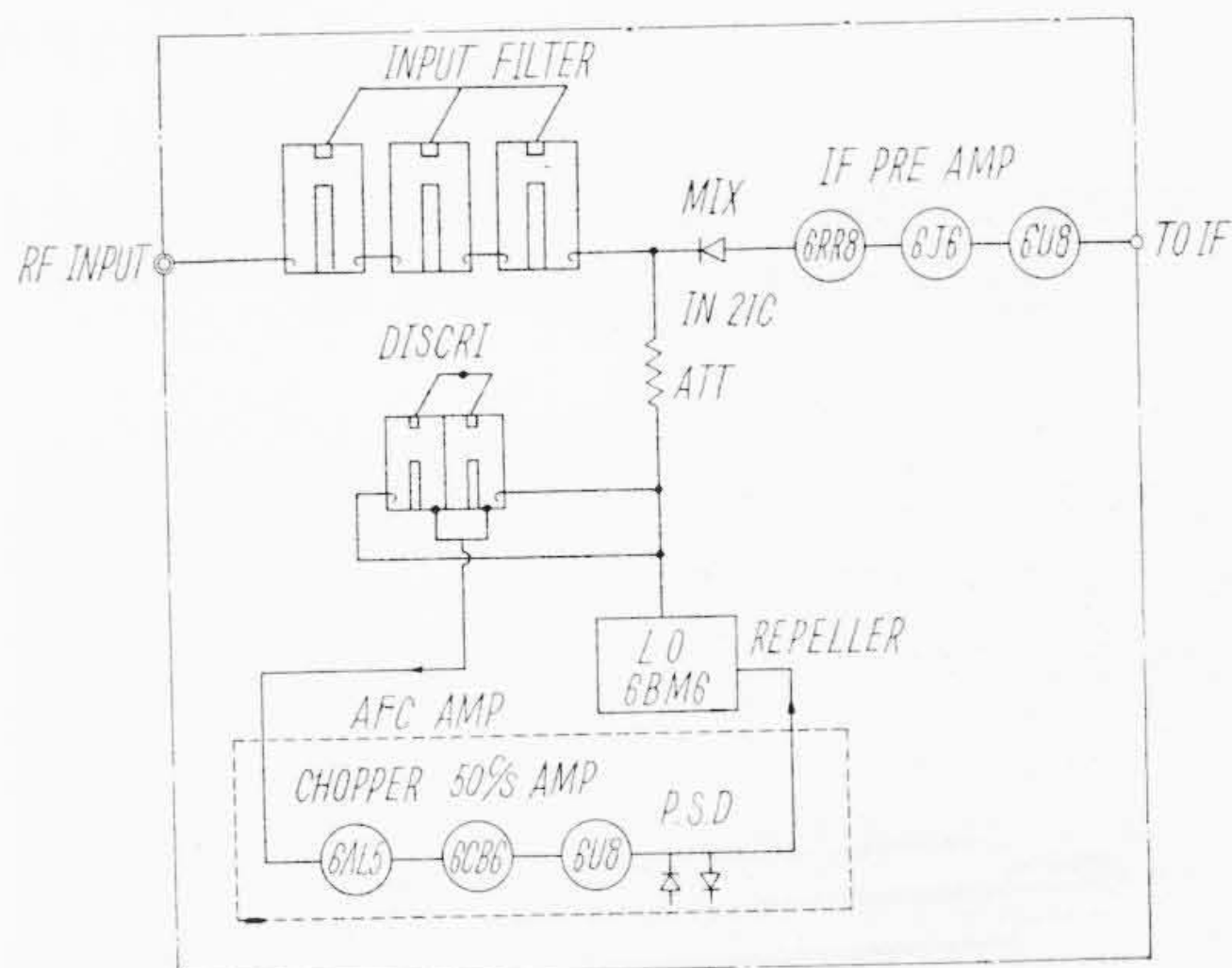
第4図 1,300 Mc 電界強度測定器系統図

3. 1,300 Mc 電界強度測定器

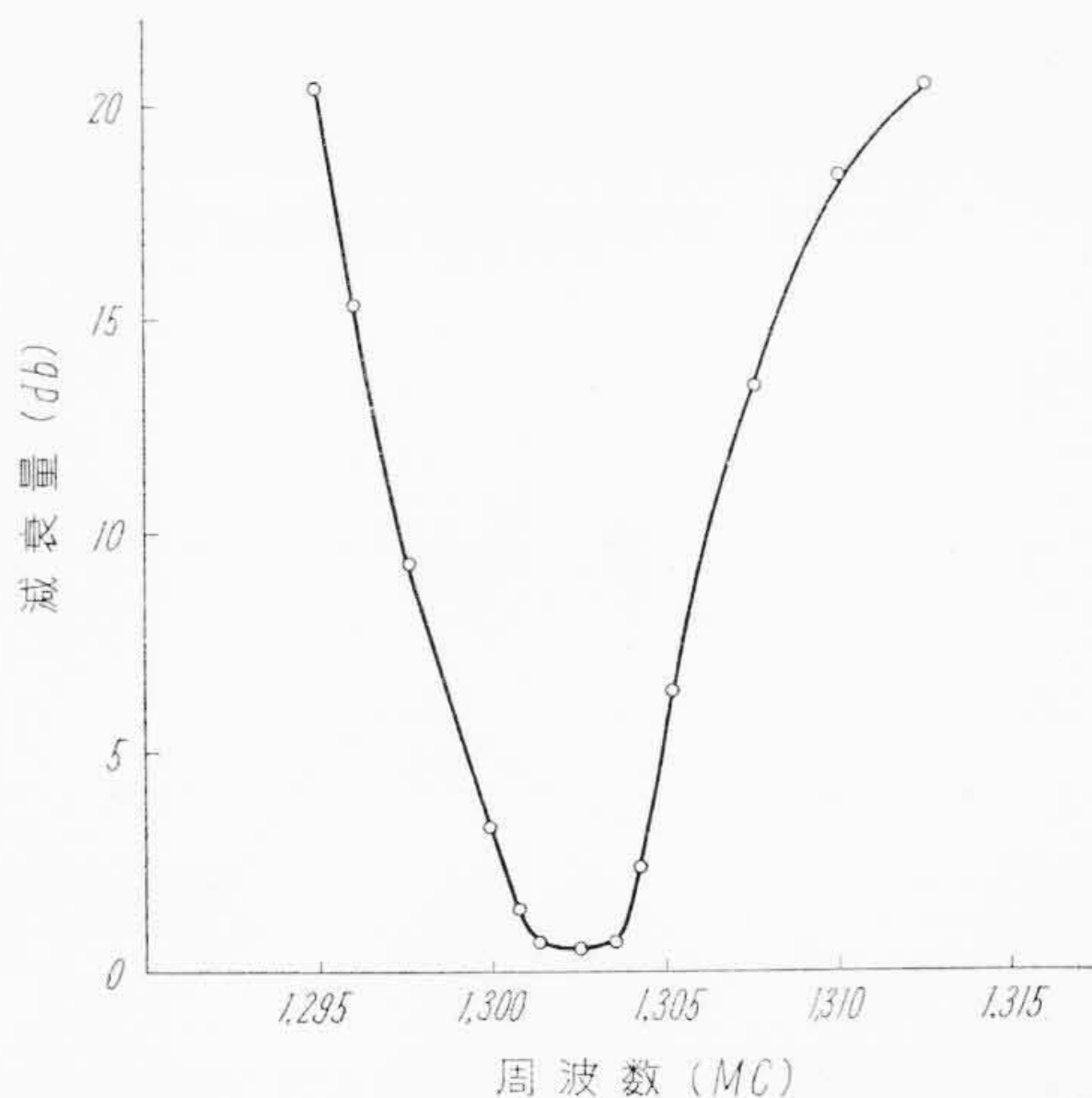
本測定器は 1,300 Mc 帯を使用した見透外伝播試験を行うために製作されたもので受信波形は $4\ \mu\text{s}$, くり返し 150 PPS のパルスである。第2図は受信機の高周波部, 第3図は主中間周波増幅器以降の外観写真である。

第4図および第5図にその回路構成を示す。

立体回路部は図に示すように二つの回路構成のものを製作した。受信帯域濾波器は半同軸形空洞共振器3段直接結合形で, その特性は第6図に示すようなものである。このおのこの空洞は3個連動してパネル面より操作し, その中心周波数を変えることができる。局部発振器はインバーで作られた標準空洞により独立の A. F. C (Automatic Frequency Control) がかけられてあり, その周波数安定度は温度 $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ の変化に対し 1.4×10^{-4} である。この場合信号に追従する A. F. C は第二局部発振器において行っている。



第5図 1,300 Mc 電界強度測定器高周波部



第6図 1,300 Mc 電界強度測定器入力濾波器減衰特性

中間周波増幅器以降は回路構成図からもわかるようにダブルスーパー方式で、第一中間周波数 30 Mc 第二中間周波数 5 Mc、帯域はそれぞれ $\pm 2\text{Mc}$ および $\pm 500\text{kc}$ である。

なおブロックフィルタを交換し帯域は可変で現在 $\pm 280\text{kc}$ にして使用している。

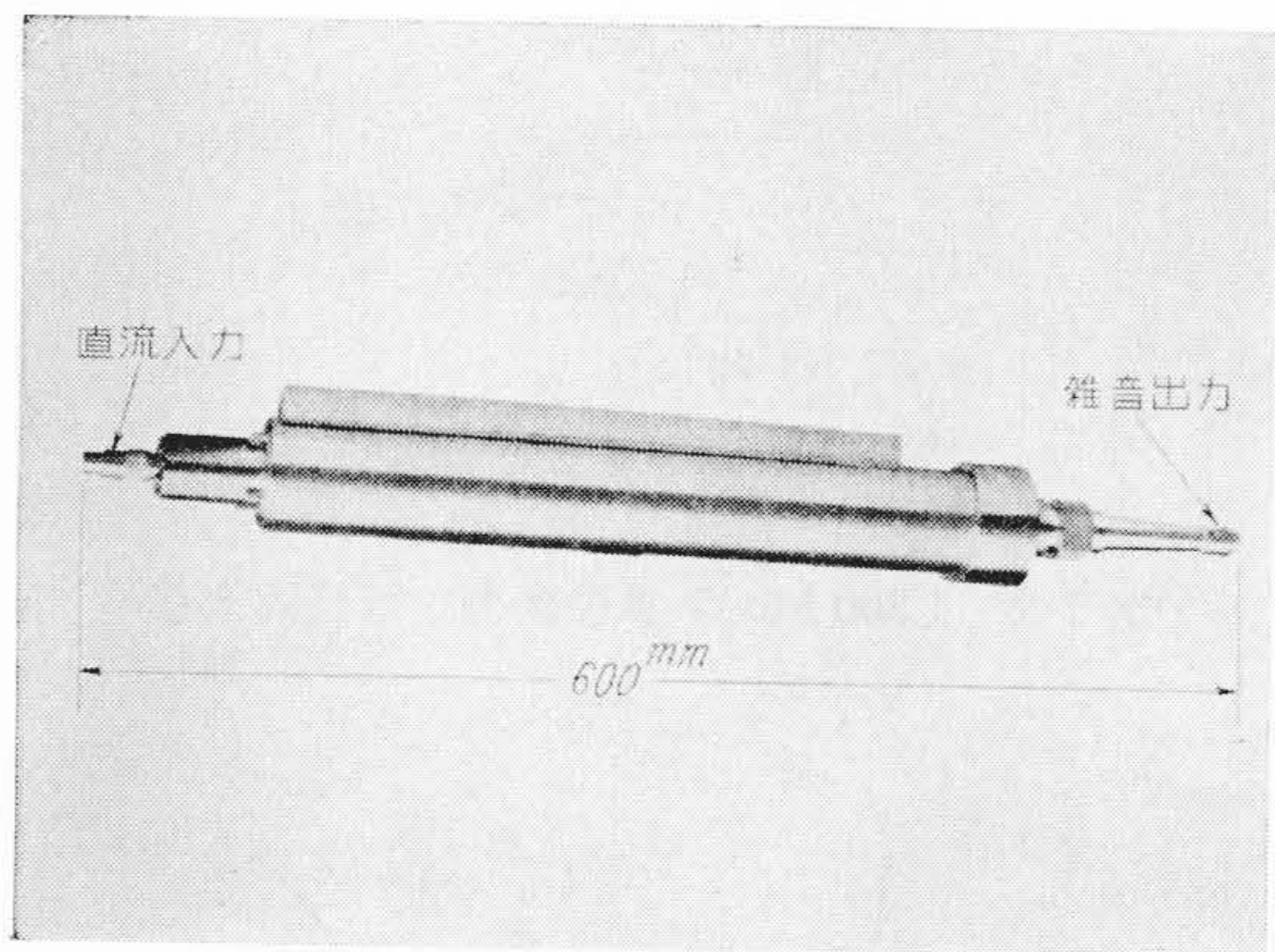
またこの装置は櫛形波器、あるいは遅延回路網により雑音中に埋ったパルス信号を検出できるように設計しており、総合雑音指数は約 10.5 db であり標準雑音源としては第7図に示すような同軸形の放電管マウントを用いた。

この特性は第8図に示すようなものであり、鉍石検波器による雑音指数のばらつきを第9図に示す。

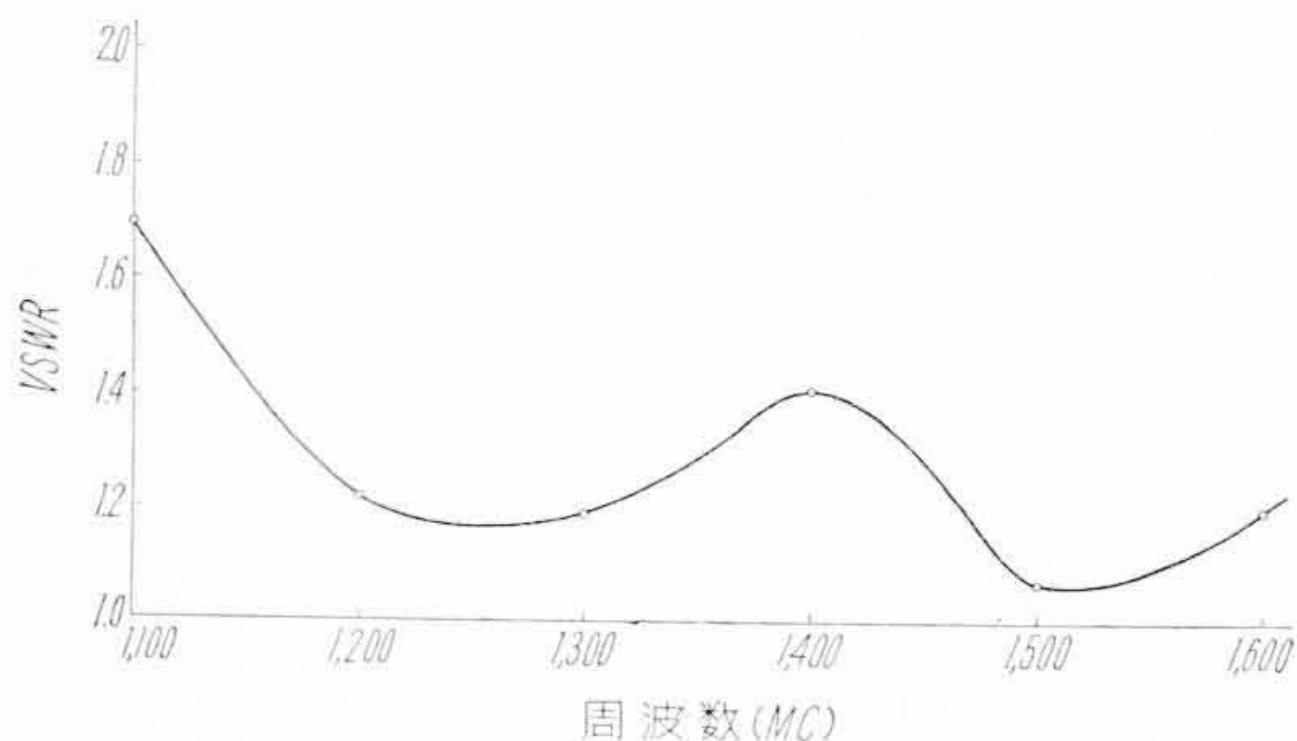
4. 10,000 Mc 周波数安定化発信器

この装置は常磁性体磁気共鳴吸収測定装置用として製作されたもので、この装置の回路構成は第10図に示すようなものである。図の送信部および局部発振部が周波数安定回路をもち、その回路構成は第11図に示すようになっており、方式は Pound 氏⁽³⁾のものに準拠している。

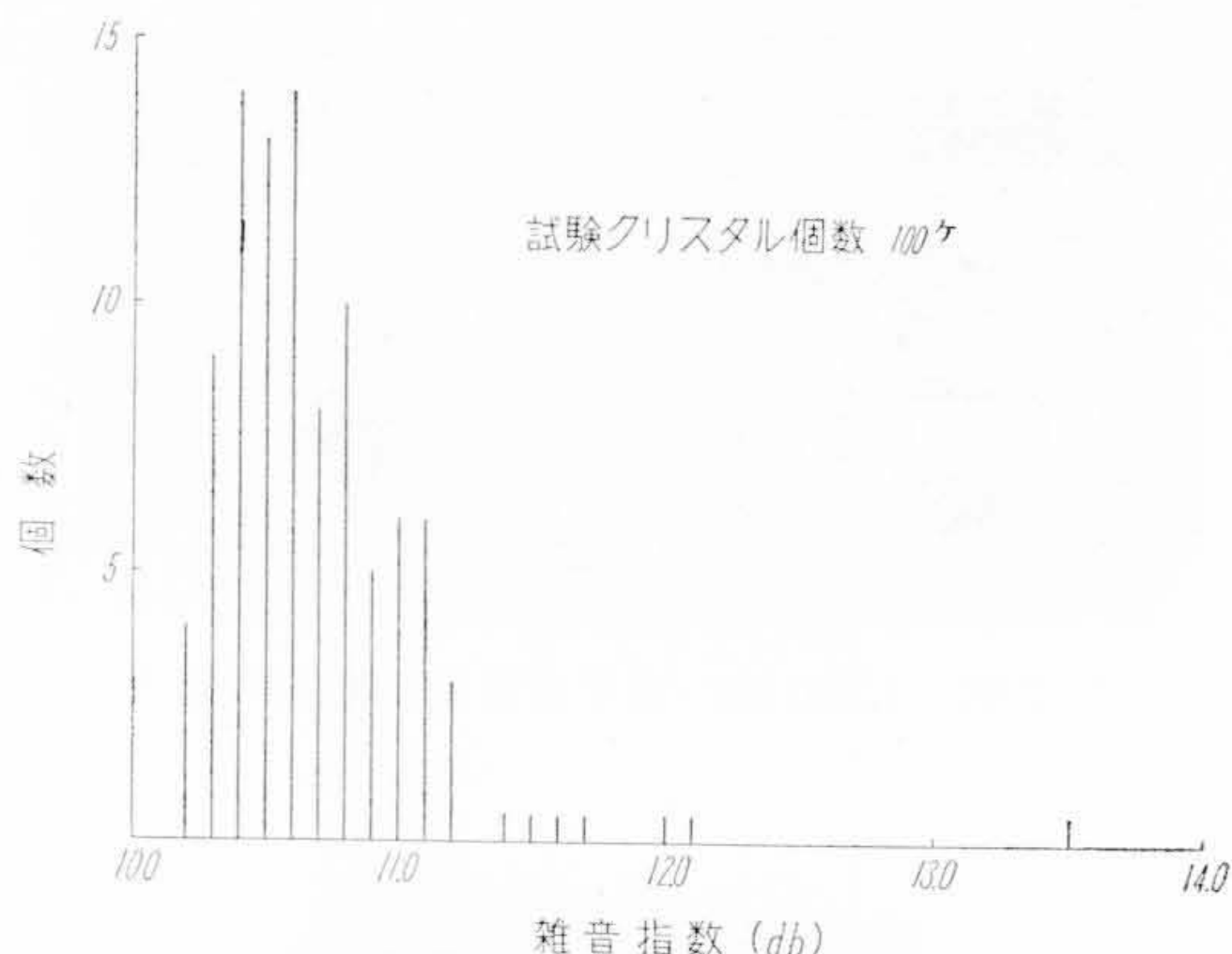
第12図は全装置の外観、第13図は周波数制御をかけた送信部の構造を示す写真である。



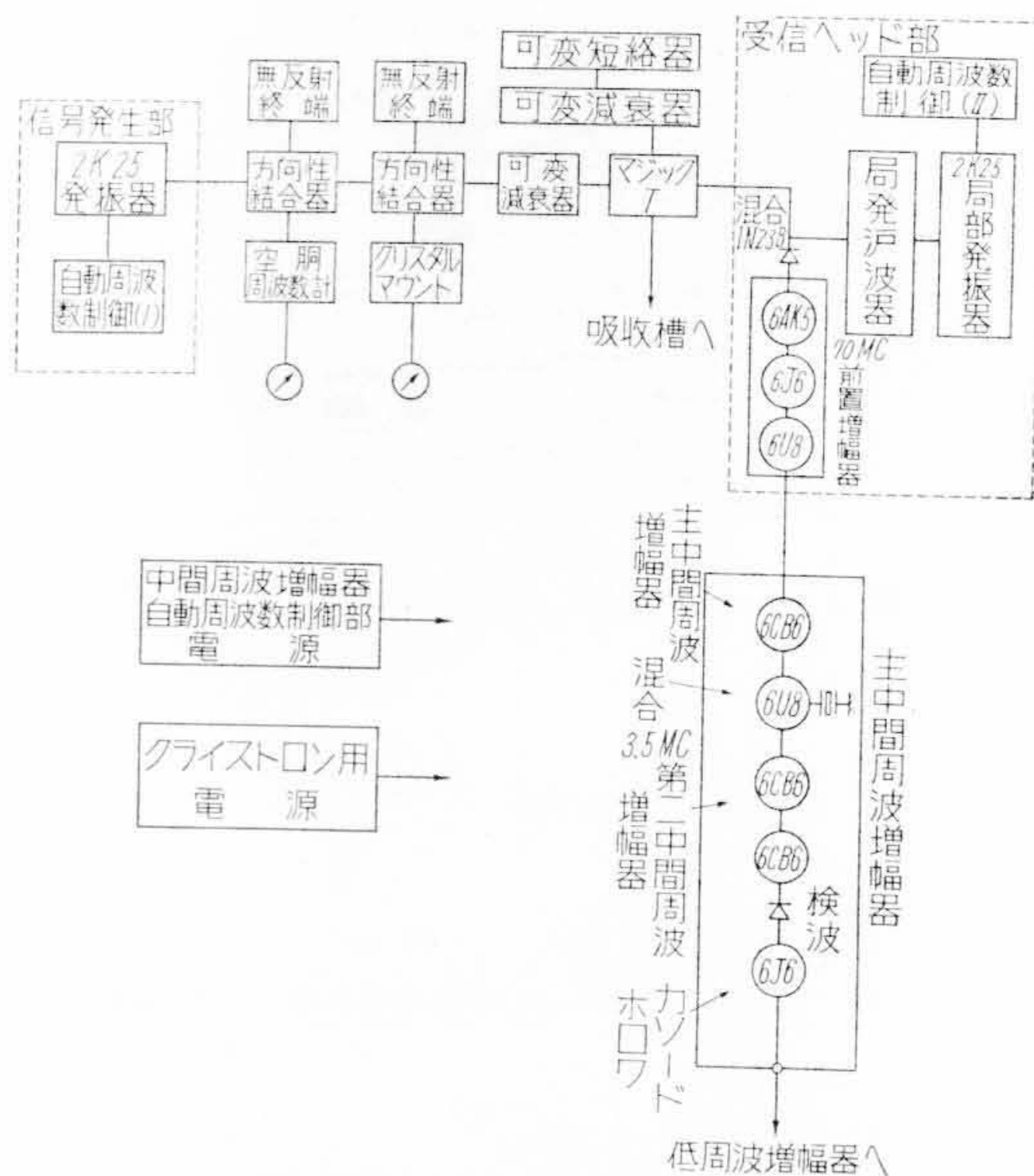
第7図 同軸形放電灯雑音発生器



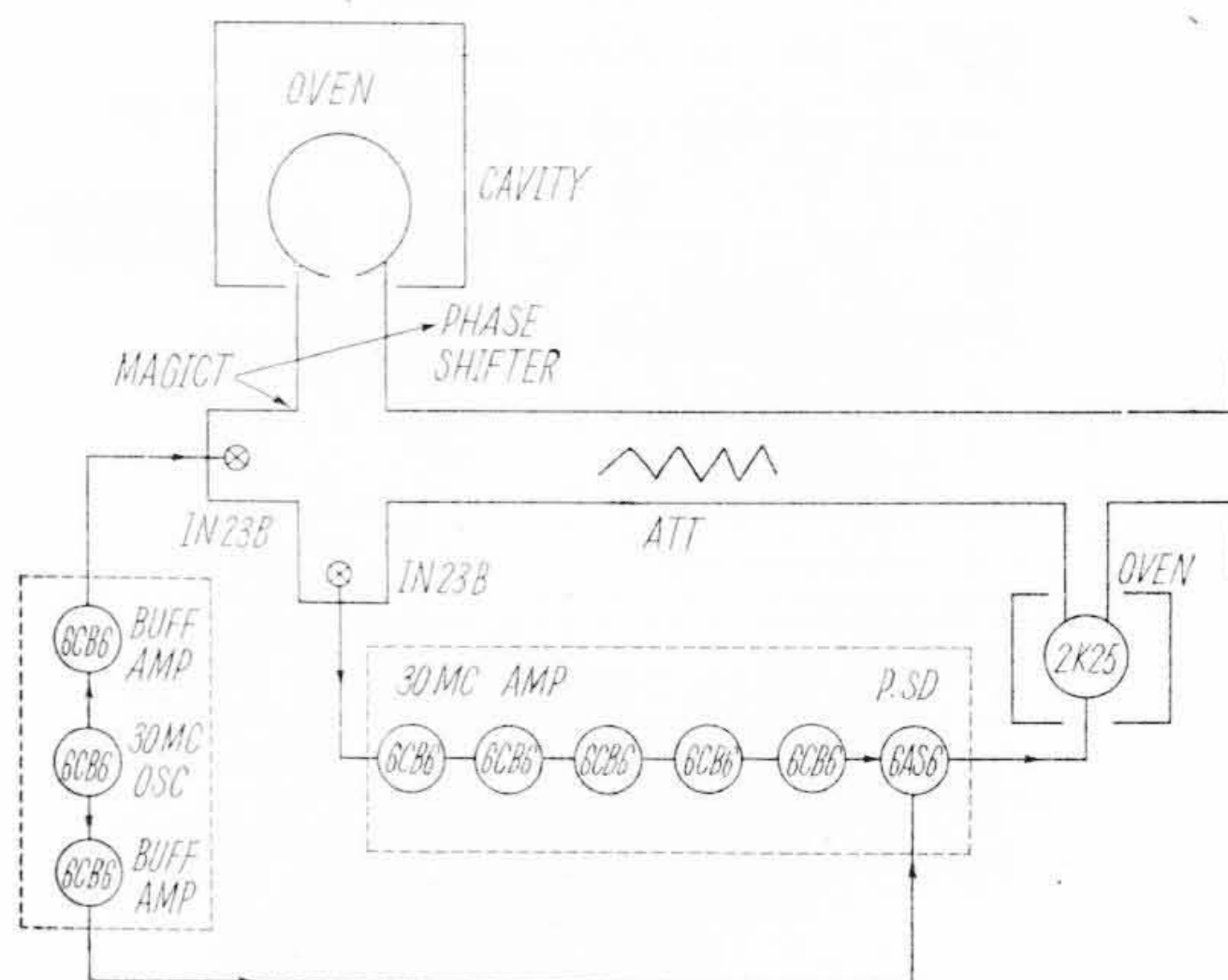
第8図 同軸形放電灯雑音発生器入力 VSWR-周波数特性



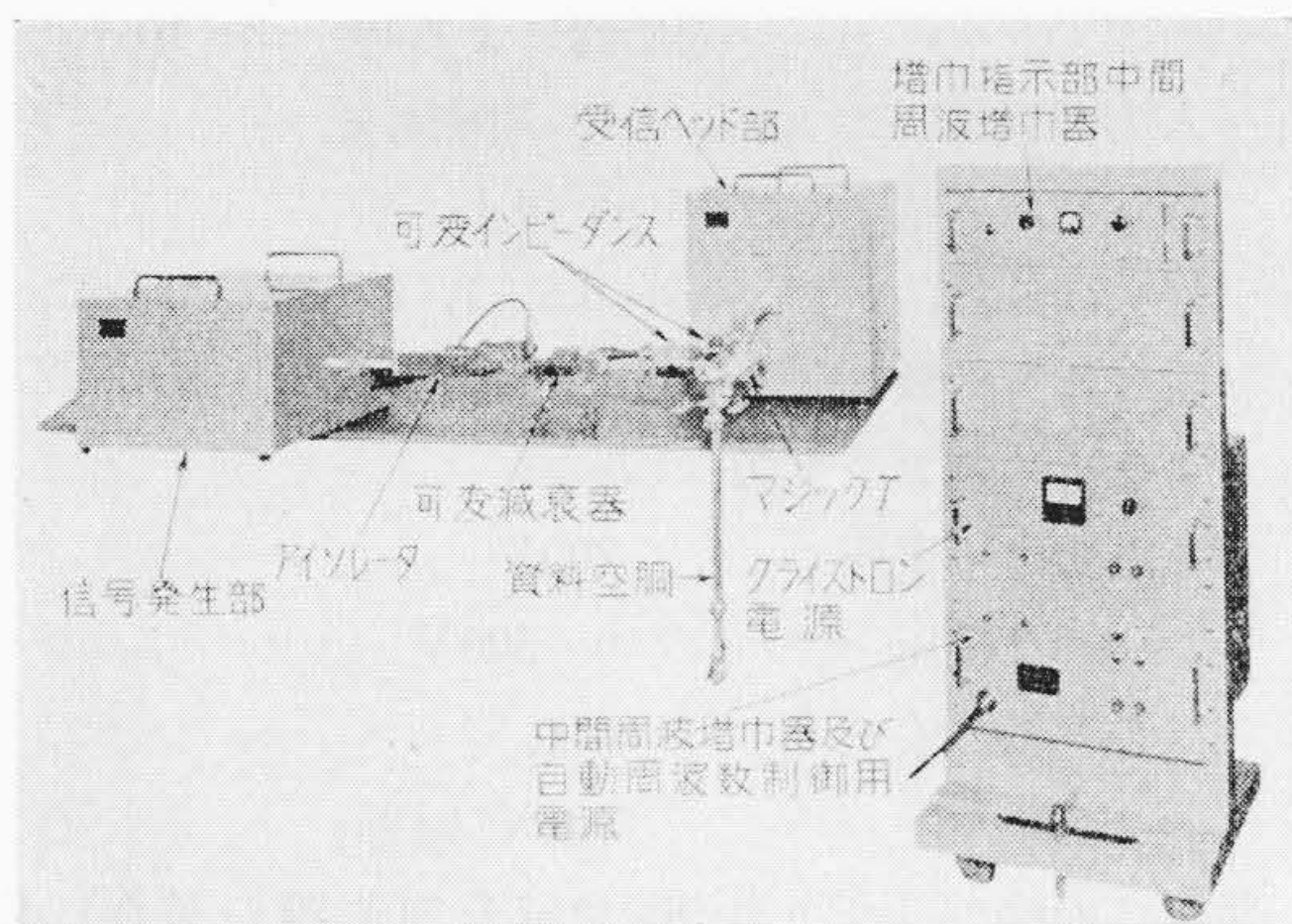
第9図 1,300 Mc 電界強度測定器雑音指数の X'tal によるばらつき分布



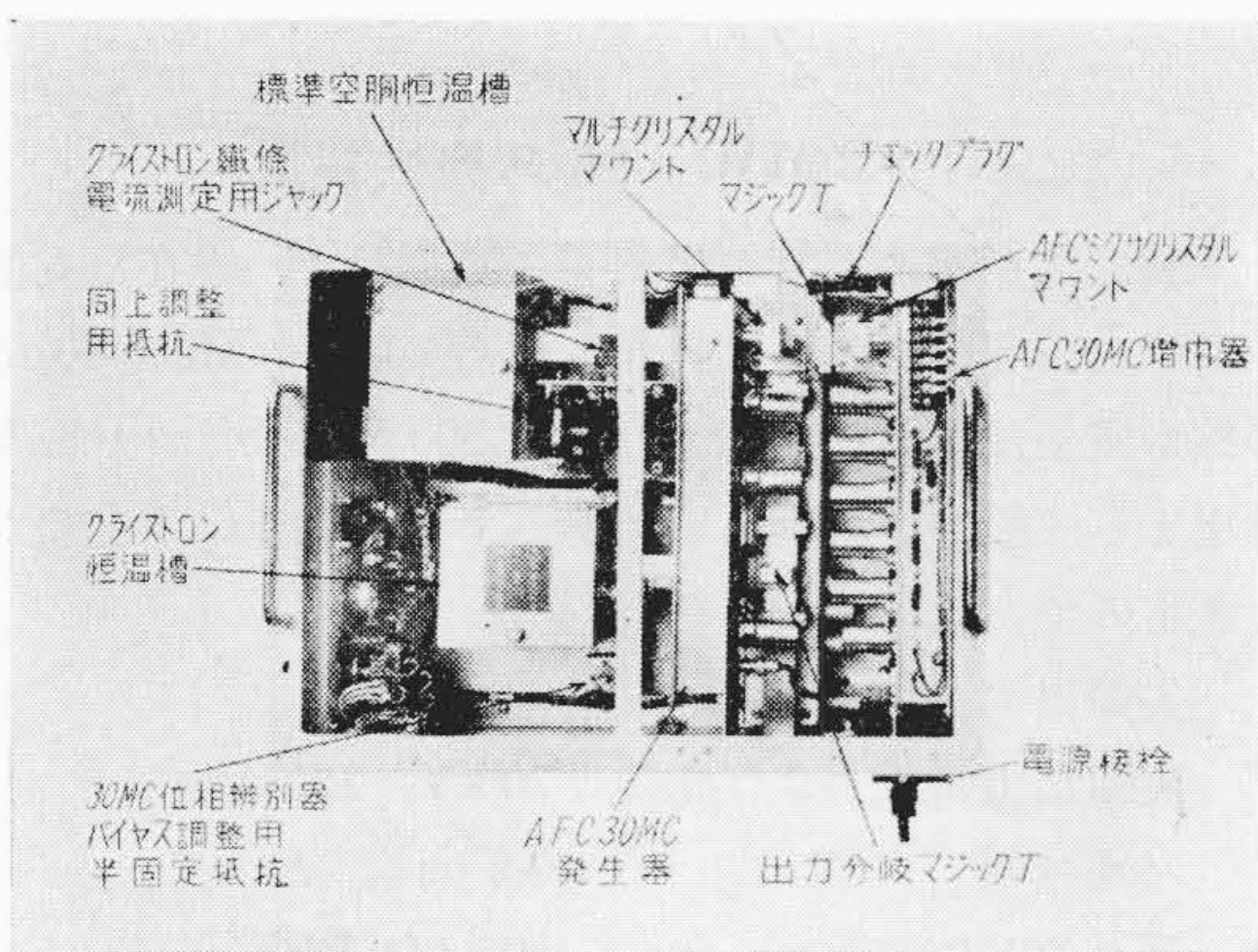
第10図 磁気共鳴吸収測定装置系統図



第11図 10,000 Mc 自動周波数制御回路



第12図 10,000Mc 常磁性体磁気共鳴吸収測定装置



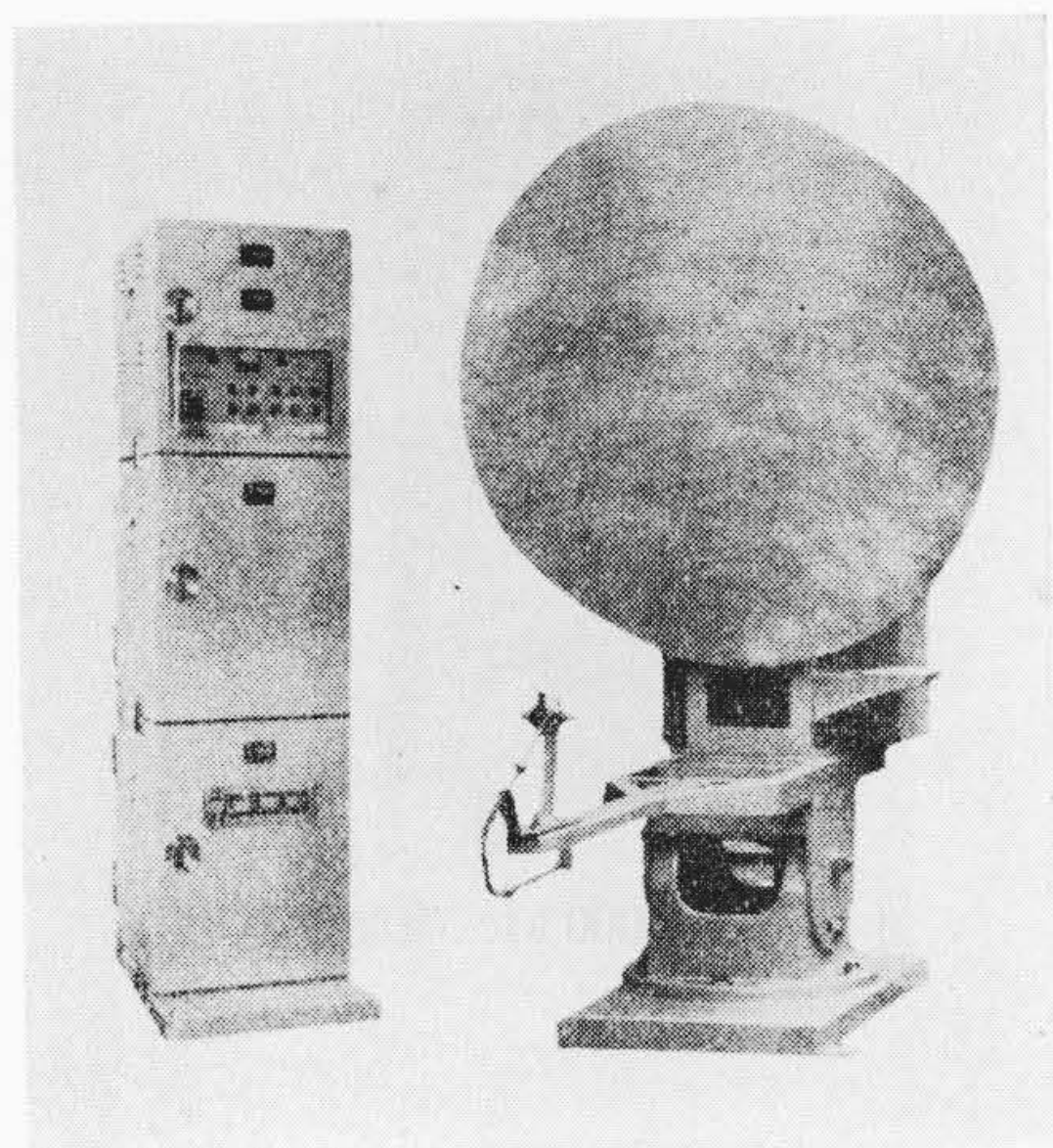
第13図 10,000 Mc 常磁性体磁気共鳴吸収測定装置 送信部周波数安定回路

標準空胴は円筒形空胴共振器でその共振状態は Ho_{12} を用い、材質はインバーでこの空胴がさらに恒温槽の中におさまられており、その温度を $53^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ におさえてある、なお空胴は全密閉形にしてかつシリカゲルを封じ込んで湿度の変化による周波数変動の生じるのを防止している。発振管はクライストロン 2 K 25 を用いこれもまた恒温槽に入れて槽内温度 $85^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に常時保っている。

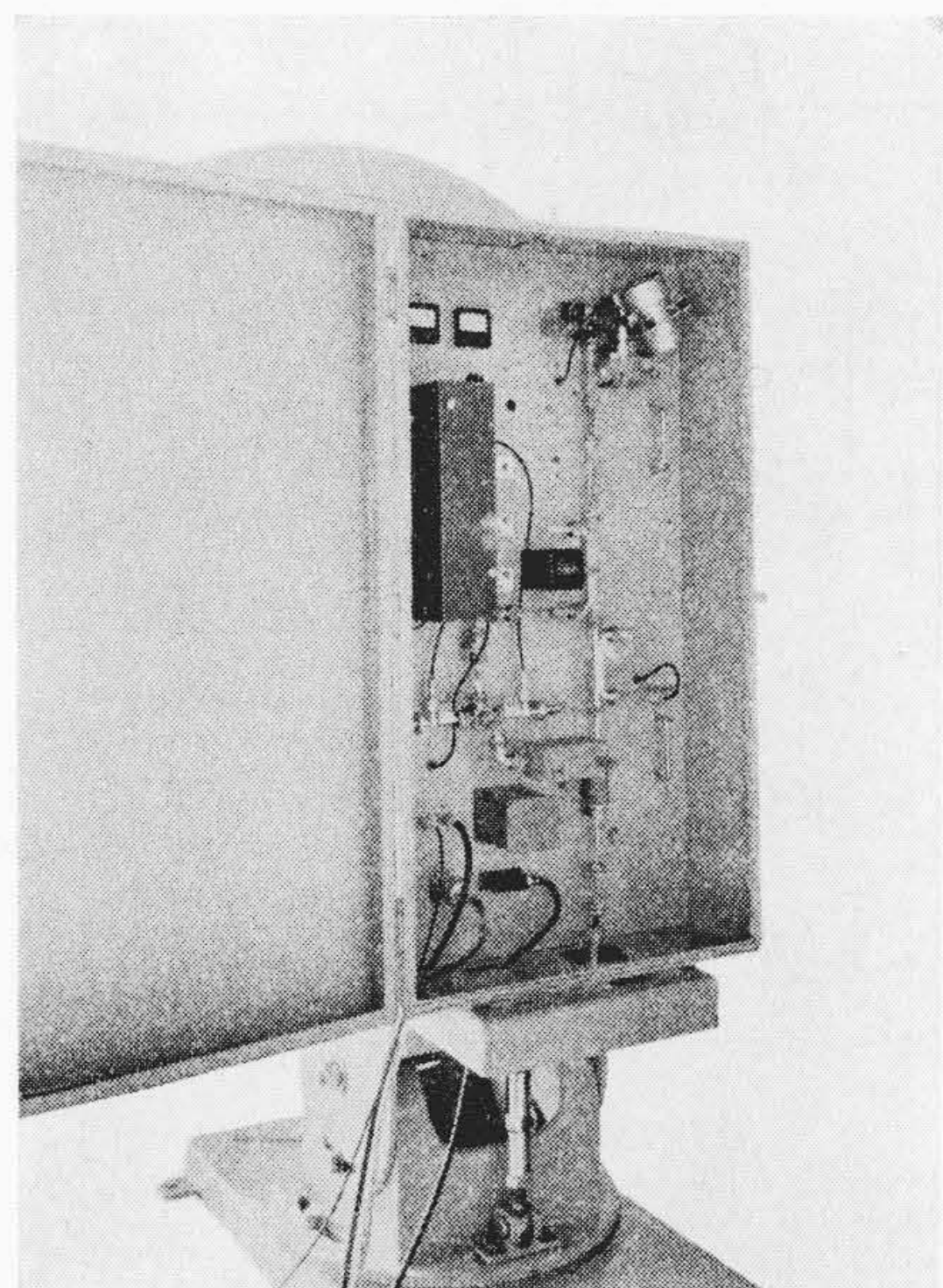
この発振器の周波数安定度は Pound 氏と同様な方法で測定した。すなわち同一方式の A. F. C 回路をもつ送信部および受信局発振部によって得られる中間周波数 70 Mc を測定することによって求めたが、10 時間連続試験を行った結果短時間安定度 10^{-7} 長時間安定度 10^{-6} が得られている。

5. 34Gc (波長 8.6 mm) 電波伝播試験装置

この装置はいわゆる耗波と呼ばれる周波数帯の電波の大気中の伝播損失を測定する目的をもって製作されたもので、送受信方式は FM レーダ方式を採用している。



第14図 34 Gc 電波伝播試験装置外観図



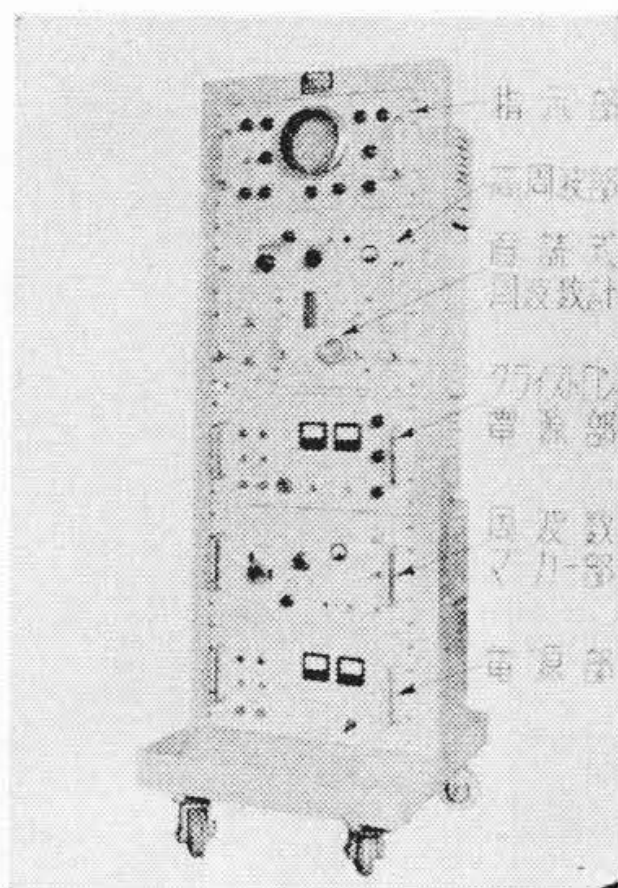
第15図 34G 電波伝播試験装置 受信部

この装置の大要はすでに発表してあるのでここにはその外観写真を第14、15図に示す。

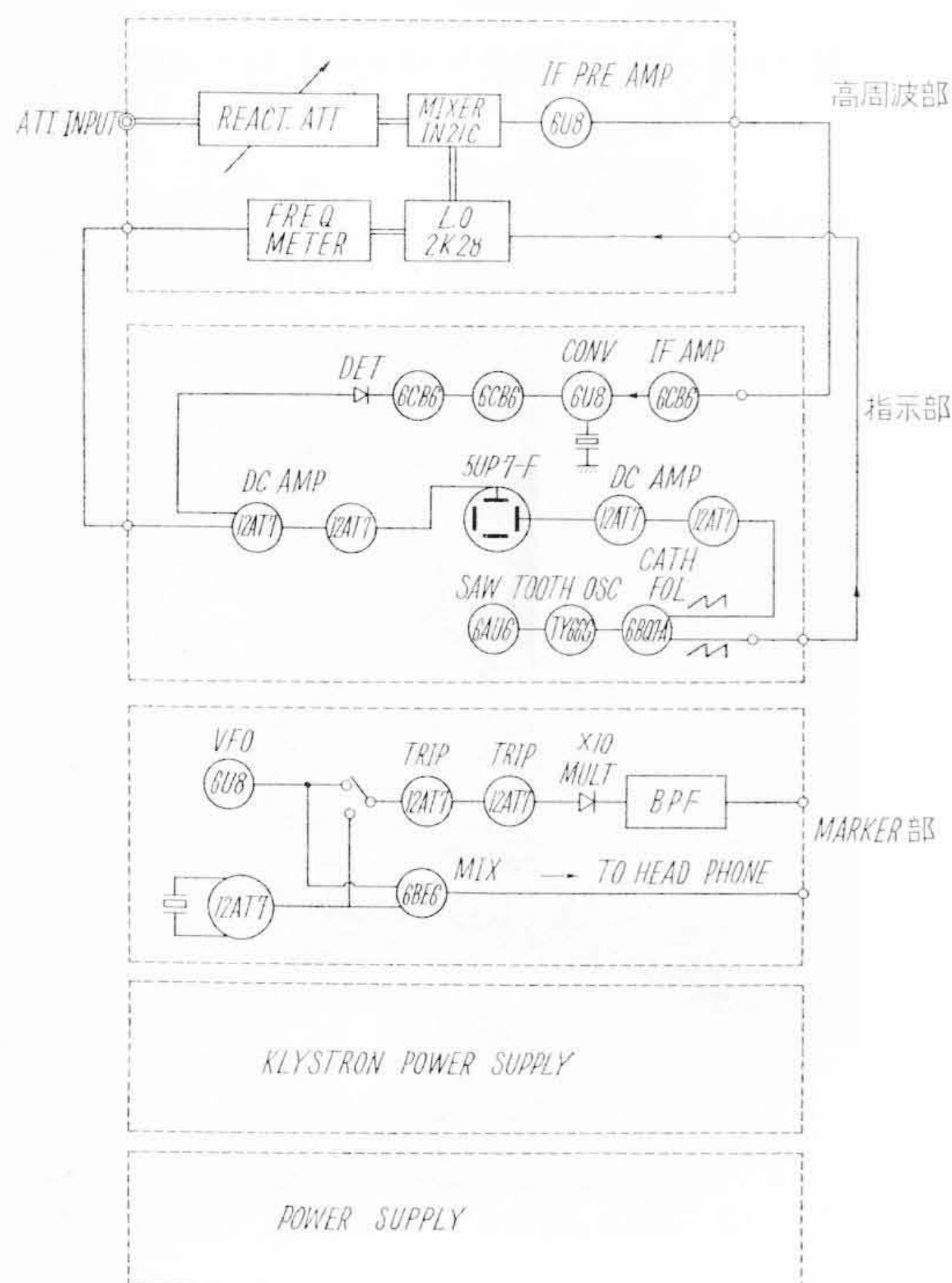
6. 3,000 Mc 波長 (10 cm) 周波数分析器

最近放射線科学の方面で問題となってきた線形電子加速器、あるいはレーダなどにおいて用いられる 3,000 Mc 帯の高出力のパルス発振器においてはその波形分析を行うことがその能率、動作の解析のために不可欠のものである。この装置はこの目的のために製作されたもので後述のパルス発生装置とともに線形電子加速器用に製作した一連のものである。

第16図はその外観図で、第17図は回路構成図である。



第16図 3,000 Mc 周波数分析器



第17図 3,000 Mc 周波数分析器系統図

前述のように本装置は線形電子加速器用として設計されており、周波数通倍器を有し $2,800 \pm 10$ Mc の範囲において、マーカを加え周波数の測定精度を上げている。

また直読式の周波数計を有し測定範囲内において周波数マーカを加えることができるとともに、クライストロン電源は精密級のものであって単体としても使用できる。

主なる性能は次のとおりである。

周波数範囲	2,600~3,400 Mc
周波数測定確度	周波数計による時 2×10^{-4}

通倍器による時	3×10^{-5}
入力減衰器	100 db 連続可変
測定パルス幅	0.1 μ s 以上
掃引周波数	0.2, 0.5, 1, 3, 10, 30 c/s
総合雑音指数	9.5 db
クライストロン電源	
キビティ電圧	300 V
リペラ電圧	0~500 V
各電圧の安定度	0.01 %
リップル	3 mV 以下

なおこのほかに高出力の線形電子加速器の製作に際し、必要な測定器および加速器本体の導波管回路部品についても製作中であるがこれについては次の機会にゆずる。

7. 9.2 MW パルス発生装置

本装置はマグネトロン用パルス変調器で、現在日立製作所中央研究所において試作を進めている 6MeV, 80 μ A の線形電子加速器に使用される 2,800 Mc マイクロ波電源用として製作されたものであり、その性能は下記のごときものである。

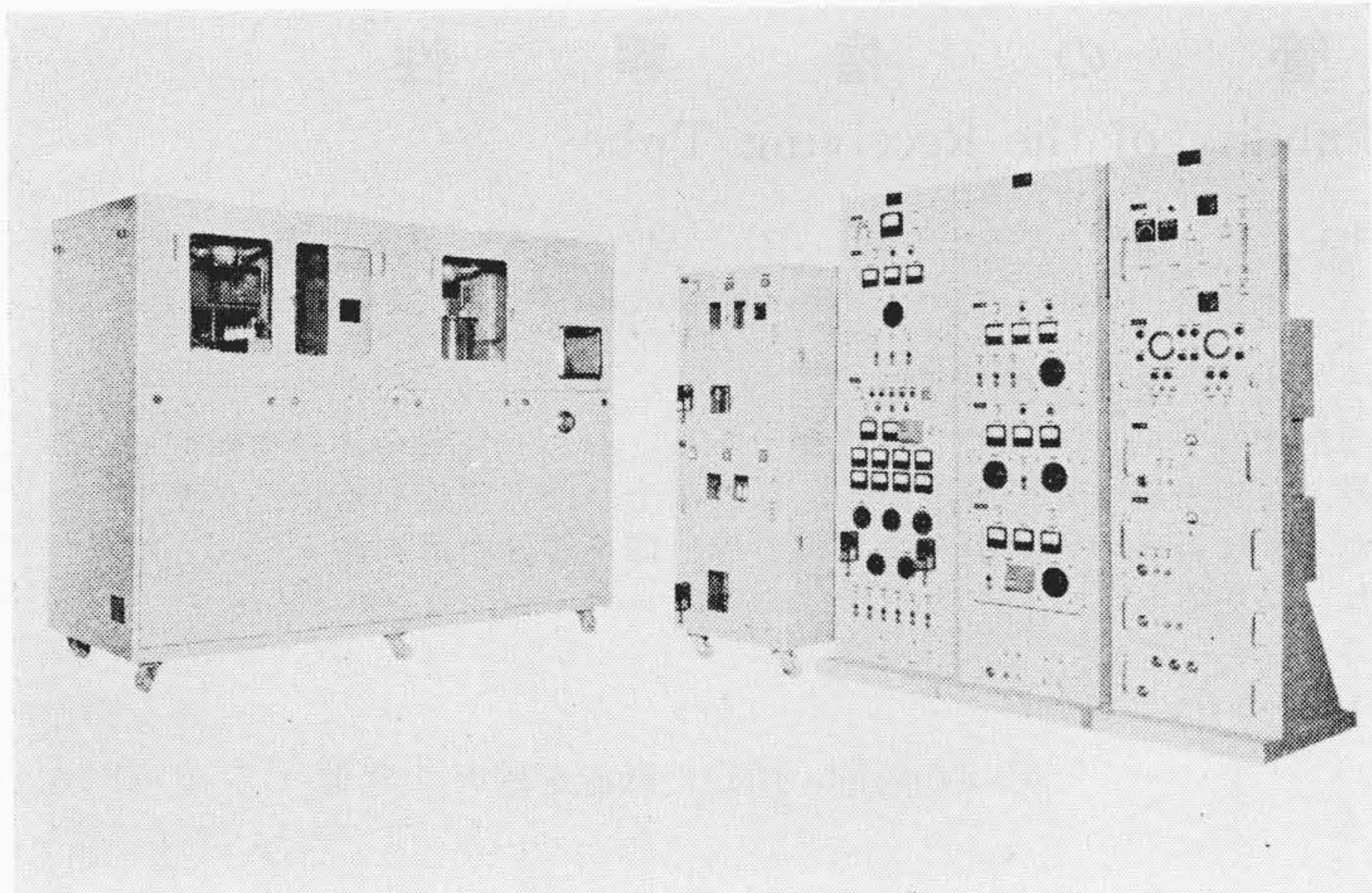
尖頭出力	9.2 MW
尖頭出力電圧および電流	70 kV, 130 A
パルス幅	2.2 μ s
繰り返し周波数	50~500 PPS
パルス立上り時間	0.2 μ s 以下
パルス平坦度	3 % 以下
リップル	3 % 以下

第18図はその外観で、使用用途より放射線の影響を考慮して、すべて遠隔制御が可能になっている。この制御盤にはパルスのくり返し、出力調整のほか各部の波形観測用シンクロスコープ、マイクロ波出力および周波数反射係数などを監視する装置も実装できるようになっている。

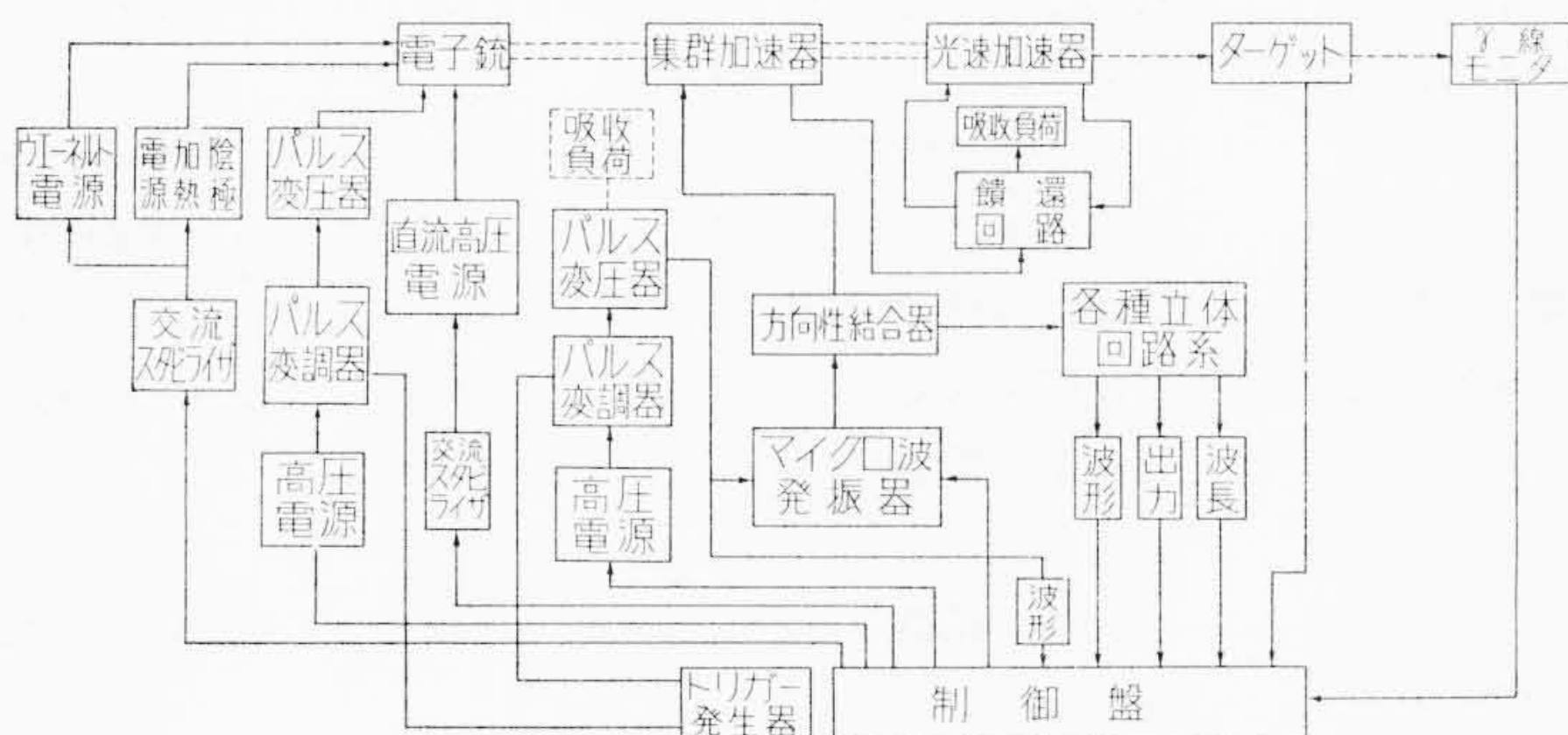
8. 電子銃用パルス発生装置

本装置は線形電子加速器電子銃用パルス変調器で、格子変調方式を採っており、かつ電子銃用であるためその波形はきわめて厳しい要求を満たす必要がありその主要なる性能は次のとおりである。

尖頭出力	128 kW
尖頭出力電圧	8 kV
出力抵抗	500 Ω (ただし波形成形用を含む)
パルス幅	2 μ s
繰り返し周波数	50~500 PPS
パルス立上り時間	0.15 μ s 以下



第18図 線形電子加速器用パルス電源



第19図 線形加速器電源部系統図

パルス立下り時間 $0.35 \mu\text{s}$ 以下
 パルス平坦度 2% 以下
 リップル 2% 以下

第19図は第7章マグネトロン用および第8章電子銃用の二つのパルス変調器の系統図を示したものである。

9. 結 言

以上は極超短波測定装置およびパルス発生装置の一端を紹介してきたが、これらの研究進歩の歩調はきわめて早くそのためここに紹介した機器の性能がいつまで特記できるものかは予測し得ない、したがってこれらの研究のためには日夜努力いたしつつあり、パルス発生装置に関して、またその心臓部たるパルス変圧器について基礎的な研究を進めており、すでに 20 MW の大出力のものについて設計を行っており、これについても次の機会に発表したい考えである。

擱筆するにあたり終始御指導を賜わった国際電信電話株式会社極超短波研究室および日立製作所中央研究所の各位ならびに御援助をいただいた昭和電子株式会社、土屋、石井、小野田の諸君に厚く御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 土屋、南野：日立評論 40, 633 (昭 33-5)
- (2) 荷口、石井：耗波測定装置 日立評論 40, 729 (昭 33-6)
- (3) Frequency Stabilization of Microwave Oscillators, December 1947
- (4) 34 Gc 帯 FM レーダ方式による伝播試験装置について 昭 33 電気学会連合大会

Vol. 20

日 立

No. 12

目 次

◎巻 頭 言……………奥 む め お
 ◎冬 の 赤 城 山 ケ ー ブ ル カ ー
 ◎ア イ ロ ン の 話
 ◎暮 し の 科 学
 ◎日 本 最 大 の し ゅ ん せ つ ポ ン プ
 ◎シ ョ ー ル ー ム (お 歳 暮 の し お り)
 ◎明 日 へ の 道 標 (セ ン ジ マ ー ミ ル)

◎生 活 と 金 属 [V] (自 動 車 部 品 の 話)
 ◎ビ デ オ コ ン ト ロ ー ル の で き る テ レ ビ
 ◎粉 末 冶 金 "ニ ッ カ ロ イ"
 ◎ポ ン プ を 利 用 し た ジ ェ ッ ト 船
 ◎日 立 だ よ り
 ◎新 し い 照 明 施 設

誌 代 1 冊 ￥ 60 (〒 16)

発 行 所 日 立 評 論 社 東 京 都 千 代 田 区 丸 ノ 内 1 丁 目 4 番 地 振 替 口 座 東 京 71824 番
 取 次 店 株 式 会 社 オ ー ム 社 書 店 東 京 都 千 代 田 区 神 田 錦 町 3 丁 目 1 番 地 振 替 口 座 東 京 20018 番