

## まえがき

マイクロエーブの世界も 5GHz から上になって来ると使用するアンテナは主にパラボラのような開口面アンテナの出番となって来ます。1.2GHz や 2.4GHz と違ってこの周波数では 30cm ~ 1m 位の手ごろな大きさで、結構ゲインも取れて FB なアンテナです、またタワーの上にあげてもそれほど風の心配をする事の無い点も使い安いと言えます。しかしそれでも使うバンド毎にお皿を上げるとなると、風の強い日などは、やはり大丈夫かな？と思うこともありますし、移動運用では風の心配と共に方向合わせもバンド毎となって一寸した苦勞です。それやこれやで何とか一枚のお皿で多バンドでの運用が出来ないものかと考えているのは私だけでは無いと思います、それに数年後には Phase 3D のダウンリンクも 5GHz と 10GHz で運用されるとの事で、それも目標に入れて一枚のお皿で 5 / 10 の 2 バンドの運用が出来る放射器を考えて見ました。始めに WA3RMX が QST に発表したトライバンドフィードの、おしゃもじ型アンテナを 5 / 10GHz 用にスケールダウンしようと思いましたが、この形で 2.4 / 5GHz の物を作った経験から見て基板にテフロンを使ってみても、オリジナルなホーンよりもロスが多い事や、水平、垂直面のパターンがかなり違う事などを考えると気が進みません、円筒形のホーンはシングルバンドでは数種類作ってそれぞれに良い結果は得ているものの、多バンド化の良い方法が見つかりません、

プロの世界ではダブルリッジ導波管を使った電界測定用のマルチバンド角型アンテナが有ることは前から知って居ましたので、その資料を色々と探して見たら DUBUS の 1980 年の #2 に DL7QY が 1 ~ 12GHz 用に発表されたものがありました、それで今回はこれを基にして 5 / 10 の 2 バンドを作ってみることにしました。

このダブルリッジ導波管というのは第 1 図のように角型導波管の中央上下にある幅の導体を長さ方向に取りつけた物、通常の導波管は帯域が中心周波数の  $\pm 20\%$  位ですが、ダブルリッジでは 3 オクターブ近くまで広げる事が出来るものです、これは低い方に伸びてゆきますので、8.2 ~ 12.4GHz で使われる WRJ - 10 をダブルリッジにすると 5GHz でも使える様になりそうです、専断にして日本でのダブルリッジ導波管の規格を知りませんので、MDC 社のカタログからこのバンドに使えるような物を抜き出して見たのを第 1 表に乗せて措きました、これで見ても WRJ - 10 の改造で OK の様です。

## 製作について

これで導波管の大きさは決まりましたので、つぎはピラミッド型に広がったホーンの設定です、ここで前述の DL7QY の書いた物を読んでも、あまり詳しい事は分からず、(何しろ日本語以外は苦手なので) 只リッジの間隔を対数曲線で広げていった場合最低周波数はリッジの長さによって決まる様です(最小  $1/2$  波長)、50 オームラインからリッジへの結合は直接リッジの狭い面で行われます、リッジのインピーダンスはリッジの幅と対向するギャップの寸法で決まる様です、リッジと後板との間隔は 5mm 以上あれば影響はなく、また側面の広がりも低い周波数以外にはあまり影響がないとの事の様です。

これだけでは良く分からないので、とにかく第 2 図の様な物を一つ作って見る事にしました、第 3 図にこれの分解図を示します、これを見て頂ければそう難しい物はないと思いますが、只一つリッジが一寸変わった形をしていますので、作り方の説明をして見ます、材料としては幅 15mm 長さ 65mm 厚さ 5mm の、しんちゅう平角板を 2 枚用意してこれをハンダで厚さ 10mm になる様に張り合わせ、これにリッジの形を両面にケガキます、ここでフライス盤が使える方は問題無いのですが、私は万力とヤスリで削り出しました、この作業は大変な様ですが、やって見ると案外苦勞せず出来るものです、只一つコツは 25cm くらいの中目の新品のヤスリを使うことです、使い古しの切れなくなったヤスリはくたびれる丈ですから、余談ですが機械屋では“鉄を削ったヤスリでしんちゅうを削るな”と言うそうですから、出来上がったリッジはハンダを溶かして 2 つにして下さい。

あとはドリルで穴明け加工とタップ立てが終われば、組み立てに入りますが、その前に各部のバリを取って置いて下さい、ここで穴明けは出来る丈正確にしないと後で苦勞する

事になります。

#### 組み立てについて

組み立ては難しい所はないと思いますが、順序として先ず導波管にリッジを 2mm のビスで固定します、SMA 型のコネクタも同じように 2mm のビスで取り付けますが、このビスの先が導波管の中へ飛び出さない長さの物を使って下さい、コネクタのセンターピンは下側のリッジに芋ネジで固定して下さい、次にホーンになる梯形のしんちゅう板の大きい物をリッジに仮止めします、ここで小さい方の板を今仮止めした板の側面にあてがってホーンの形を整えて下さい、多少の出入りは後でヤスリで修正できます、形が整ったら数ヶ所をハンダで仮止めて置きます、板が曲がっていたり、ホーンの形が歪んでいなければ継目をハンダ付けして纏めます、注意する事は此の時ホーンの内側へハンダが入らない様にして下さい、最後に導波管の後から金具を取り付けて組み立てを終わります。

#### 調整について

調整と言っても放射器単体では SWR の調整丈です、これに必要な測定器としては 4~12GHz をカバーするネットワークアナライザがあれば言う事ない訳ですが、誰でもとは行きませんので、信号源としてトランスパーターとアッテネーターか、それに相当するものが有り、SWR 検出用としてパワーメーターが無ければ方向性結合器かサーキュレーター、と検出用ダイオードと直流電流計かテスターが必要です、

此等のセットアップを第 4 図の様にします、信号源を ON してメーターが適当に振れるようにパワーを調整して下さい。調整する箇所はリッジの後にある 2 本のビスです、上側のビスは 5GHz 用、下側は 10GHz 用です、このビスを回してメーターの指示が最小になる様にして下さい、2 本のビスは相互に影響するため周波数を変えて何回か之を繰り返します、この方法では SWR の絶対値は分かりませんが実用的には十分です。此等の機器も無い場合は信号を受信しながらそれが最大になる様にビスを回して下さい、位置が決まったら上下のビスで固定します。

私の場合のリターンロスの測定値を第 5 図に放射パターンを第 6 図に示して置きました、これから見てこの放射器は F/D 比 0.6 位のパラボラにマッチする様です。今一つのパラボラを両バンドで使う場合を計算すると、60cm F/D 比 0.4 のパラボラでは 5.7GHz で 28db、10GHz では 30db 程のゲインが取れます。

#### D U P L E X E R について

この放射器を使うにはコネクタが一つしか無い同軸リレーを介してバンドを切り変えることが必要で、これでは 2 バンドの同時運用が出来ず始めの目的の半分も行きません、そこで第 7 図の様な DUPLEXER を作りました。第 8 図に測定結果と第 9 図にパターン図を示して置きます、一応満足出来る物だと思っています。

参考までにこの回路の働きを説明しておきます。第 10 図でアンテナ端子 A から右側へ 5.7GHz で 1/4 波長離れた B 点に、同じく 5.7GHz で 1/4 波長のオープン・スタブが付いています。このためアンテナ端子から入った 5.7GHz の成分はオープン・スタブのため B 点でショート、A 点ではオープンとなり、インピーダンスは無限大となって右側へ入り込めません。同様に左側は 10GHz に対してオープンになります。A 点から入った 10GHz の信号は B 点までは 50 Ω のストリップ・ライン上を進みます。ここにあるオープン・スタブのため、インピーダンス (S22) は約  $54 + j18$  となります。あとはこれを 50 Ω に変換するマッチング回路を接続するだけです。この回路はいろいろ考えられますが、ストリップ・ラインで 0.265 波長回した点にパラレルに 132 Ω (10.24GHz で 0.058 波長) のオープン・スタブを付けてでき上がります。左側の 5.7GHz 用パターンも同じような要領で計算しました。私はこの計算を SuperStar でシミュレーションし、最終的にパターンをつくりました。

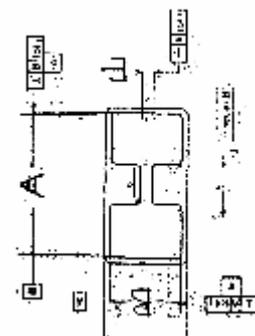
上の計算はスミス・チャートでもできますが、スミス・チャートではストリップ・ラインの継目にできる不連続の影響は計算に含まれないので、シミュレーションによる私の計算との違いはやむをえないところです。

この 2 バンド・ホーンとデユープレクサの部品は若干ありますので、興味のある方は筆者までご連絡ください。

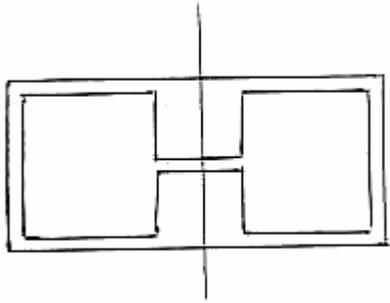
第 1 表 Standard Double-ridge Waveguide

Waveguide size MIL-W-2395  
Freq range GHz  
Dimensions (inches mm)  
Electrical resistivity: 6063 : 3.4 Ω.cm.  
6061 : 4.0 Ω.cm.

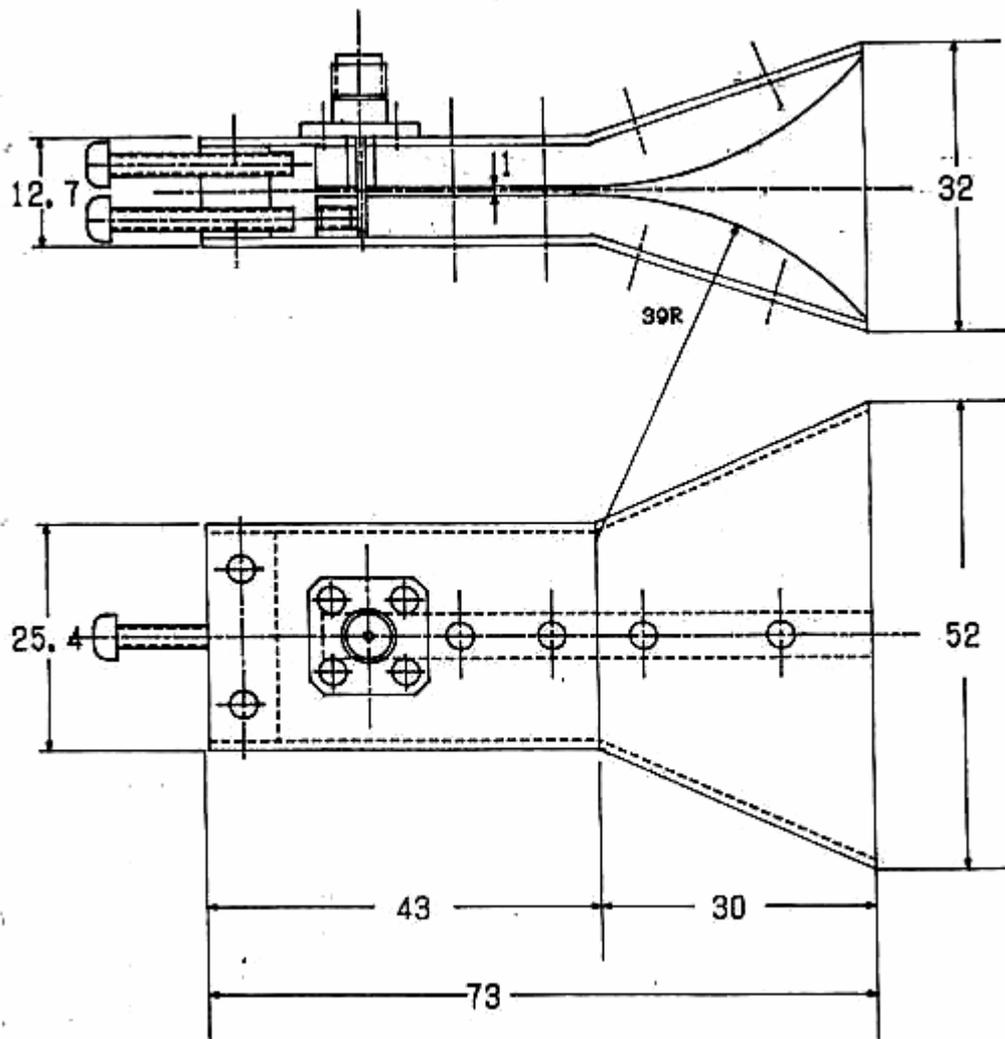
Waveguide size	Dimensions (inches mm)	7	B	C	D	E	F (max)	G (± 10%)	H	J	K	L	Surface finish (Rz) μm	Surface finish (Ra) μm
2.00-4.80	WRD 200D 24A 4B	2.59 ± .004	1.205 ± .004	2.750 ± .004	1.365 ± .004	5.12 ± .002	.05C	.102	.648 ± .002	.004	.002	.002	25	4270
3.50-8.20	WRD 350D 24A 4B	55.78 ± .10	30.81 ± .10	69.85 ± .10	34.57 ± .10	13.00 ± .05	1.27	2.59	16.46 ± .05	10	.05	.05	1.0	168
4.75-11.00	WRD 475D 24A 4B	1.460 ± .003	.686 ± .003	1.608 ± .004	.816 ± .004	2.820 ± .002	.039	.088	.3700 ± .002	.003	.002	.002	25	4270
4.75-11.00	WRD 475D 24A 4B	1.280 ± .003	.506 ± .003	1.190 ± .003	.606 ± .003	2.15 ± .002	.03C	.043	.272 ± .002	.003	.002	.002	25	3050
4.75-11.00	DR 19	27.89 ± .08	12.85 ± .08	30.23 ± .08	15.39 ± .03	5.46 ± .05	.76	1.09	6.91 ± .05	08	.05	.05	1.0	120
5.00-18.00	WRD 500D 28 2B	1.325 ± .003	.475 ± .003	1.123 ± .003	.575 ± .003	1.81 ± .003	.030	.002	.256 ± .003	.003	.003	.003	25	3050
5.80-16.00	WRD 580D 28 2B	26.04 ± .08	12.06 ± .08	28.58 ± .13	14.60 ± .13	4.85 ± .08	.76	1.57	6.50 ± .08	08	.08	.08	1.0	120
6.50-18.00	WRD 650D 28 4D	.752 ± .003	.323 ± .003	.852 ± .004	.423 ± .004	.663 ± .002	.020	.013	.188 ± .002	.003	.002	.002	25	3050
7.50-18.00	WRD 750D 24A 4B	19.10 ± .06	8.20 ± .08	21.54 ± .10	10.74 ± .10	1.60 ± .05	.51	.33	4.78 ± .05	08	.05	.05	1.0	120
11.0-26.50	WRD 110C 24A 4B	.78 ± .003	.37 ± .003	.86 ± .003	.467 ± .003	.12 ± .001	.020	.043	.2 ± .001	.003	.002	.002	25	3050
13.0-40.00	WRD 130C 24A 4B	16.81 ± .06	9.398 ± .08	22.352 ± .10	11.86 ± .10	3.048 ± .025	.51	1.09	5.08 ± .025	08	.05	.05	1.0	120
	WRD 130C 24A 4B	.72 ± .003	.32 ± .003	.82 ± .003	.42 ± .003	.101 ± .001	.020	.022	.173 ± .001	.002	.002	.002	25	3050
	WRD 130C 24A 4B	16.29 ± .064	8.13 ± .064	20.83 ± .08	10.67 ± .08	2.57 ± .025	.51	.51	4.39 ± .025	05	.05	.05	1.0	120
	WRD 130C 24A 4B	.691 ± .003	.32 ± .003	.791 ± .003	.421 ± .003	.136 ± .002	.020	.027	.173 ± .002	.003	.002	.002	25	3050
	WRD 130C 24A 4B	17.55 ± .06	8.15 ± .08	20.09 ± .08	10.69 ± .08	3.45 ± .05	.51	.69	4.39 ± .05	08	.05	.05	1.0	120
	WRD 130C 24A 4B	.471 ± .003	.29 ± .003	.551 ± .003	.299 ± .003	.0630 ± .002	.015	.019	.118 ± .002	.003	.002	.002	25	3050
	WRD 130C 24A 4B	11.96 ± .06	5.56 ± .06	14.00 ± .08	7.59 ± .08	2.562 ± .05	.38	.48	2.997 ± .05	08	.05	.05	1.0	120
	WRD 130C 24A 4B	.290 ± .003	.194 ± .003	.360 ± .003	.214 ± .003	.0170 ± .002	.015	.011	.0720 ± .002	.003	.002	.002	25	3060
	WRD 130C 24A 4B	7.32 ± .08	3.40 ± .08	9.35 ± .08	5.44 ± .08	1.448 ± .05	.38	.28	1.829 ± .05	08	.05	.05	1.0	120



第 1 図 ダブルリッジ導波管

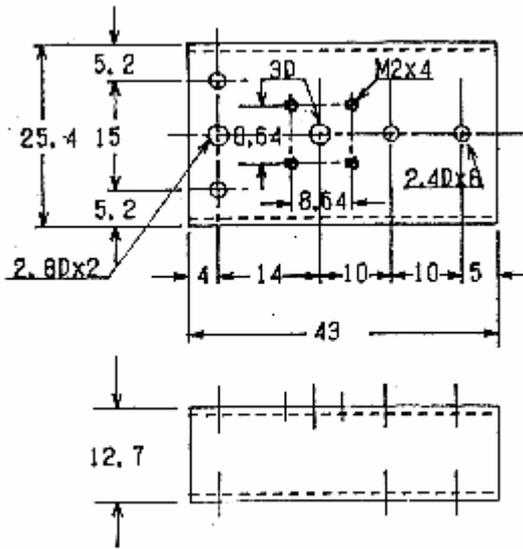


第 2 図 5/10GHz 2BAND 放射器

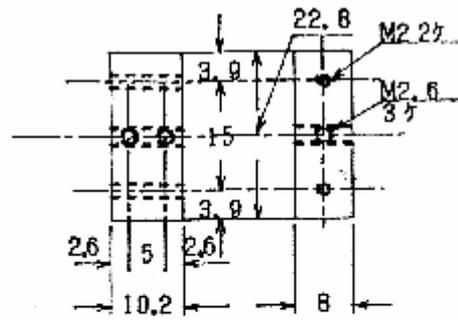


第3図 部品図(材質 しんちゅう)

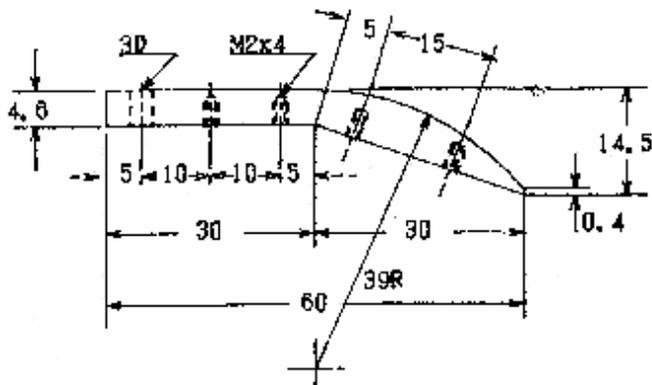
A 導波管



B 終端金具



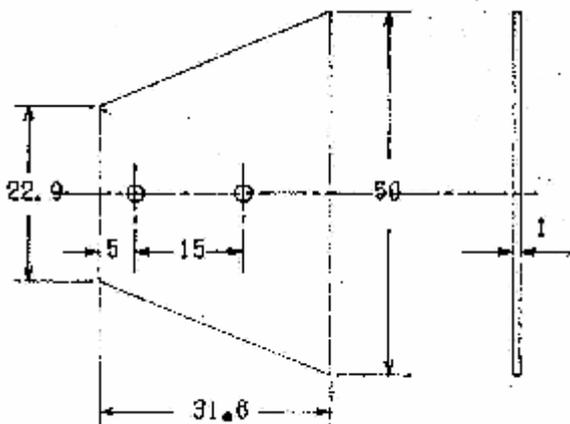
C リッジ A



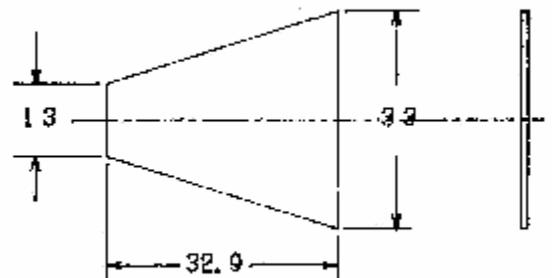
D リッジ B



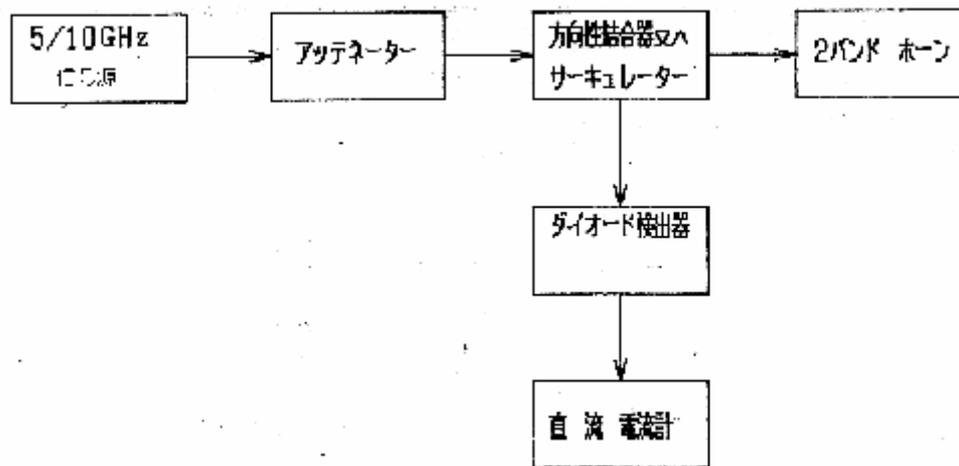
E フレヤー-A



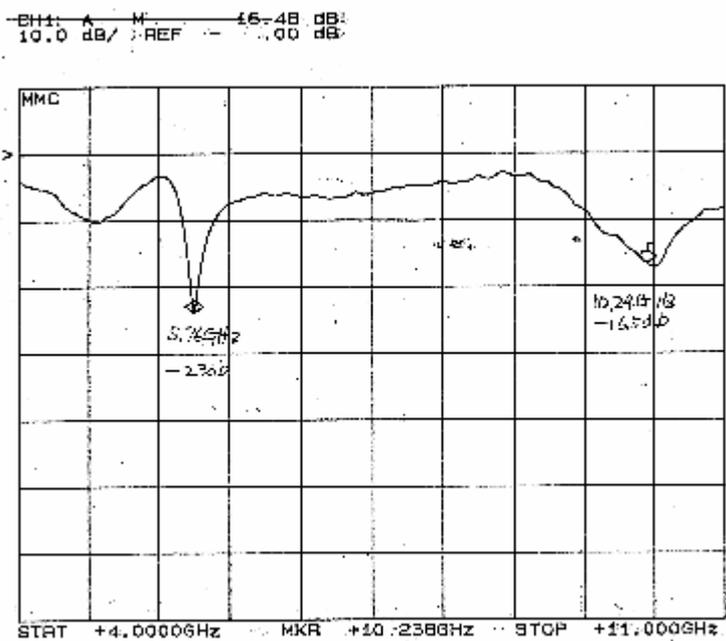
F フレヤー-B



第 4 図 VSWR 測定ダイアグラム

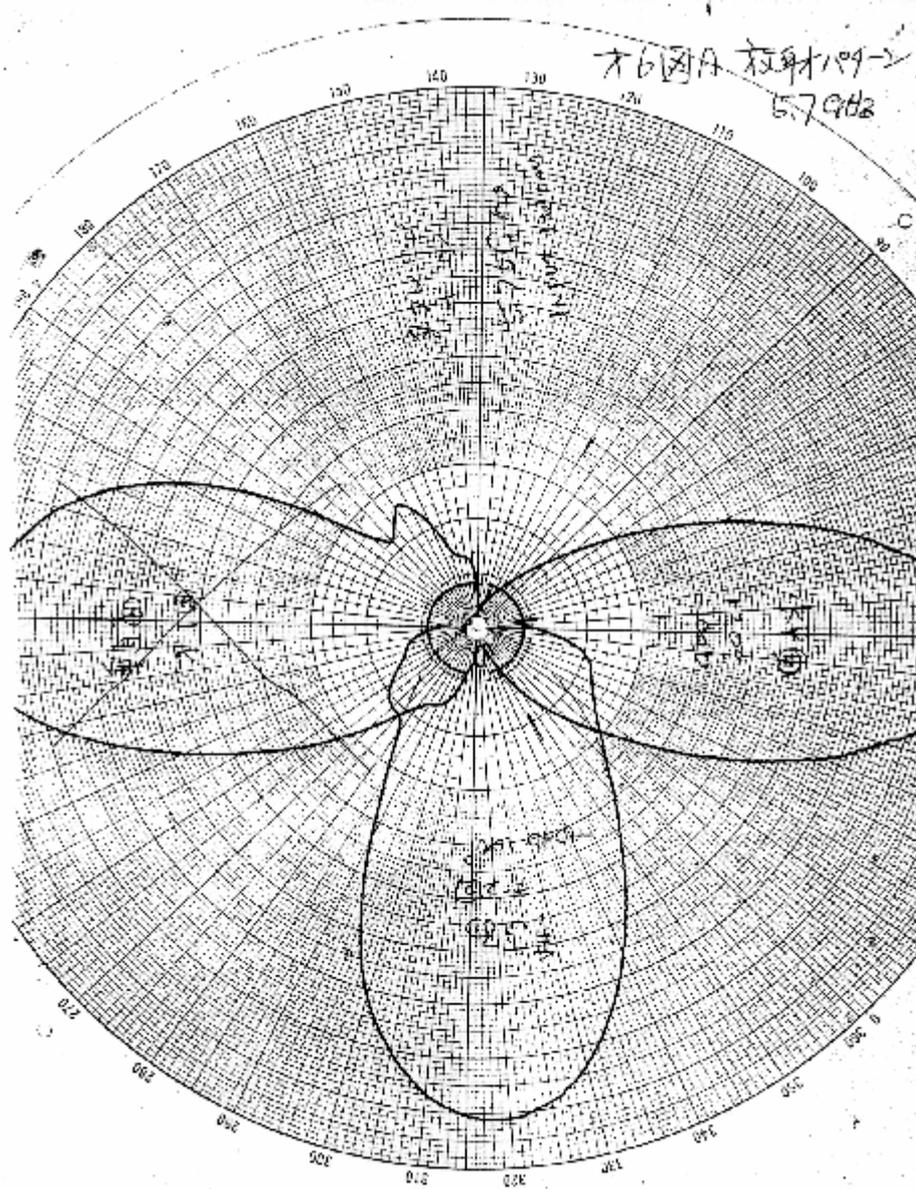


第 5 図 リターンロス特性

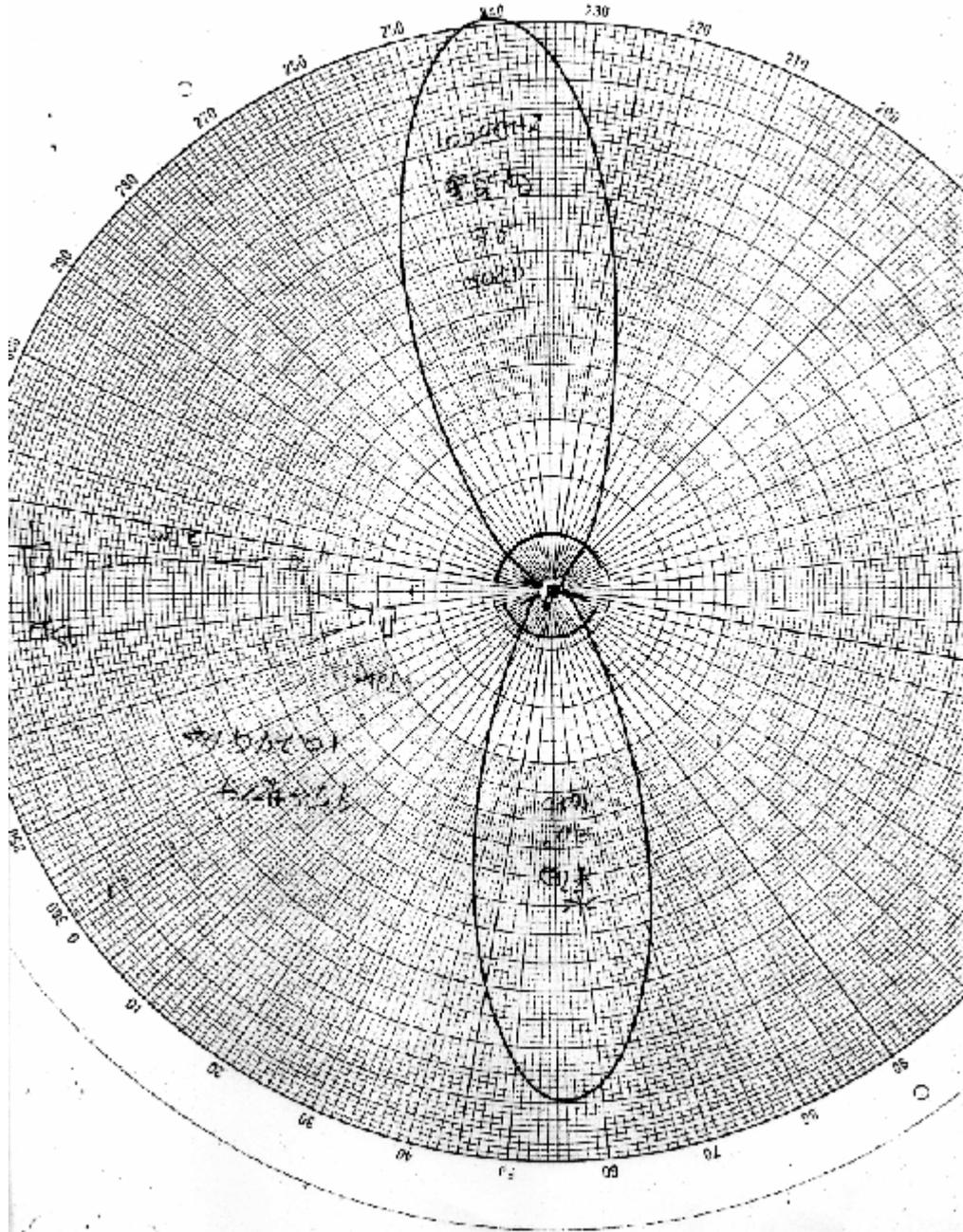


第 6 図 放射パターン

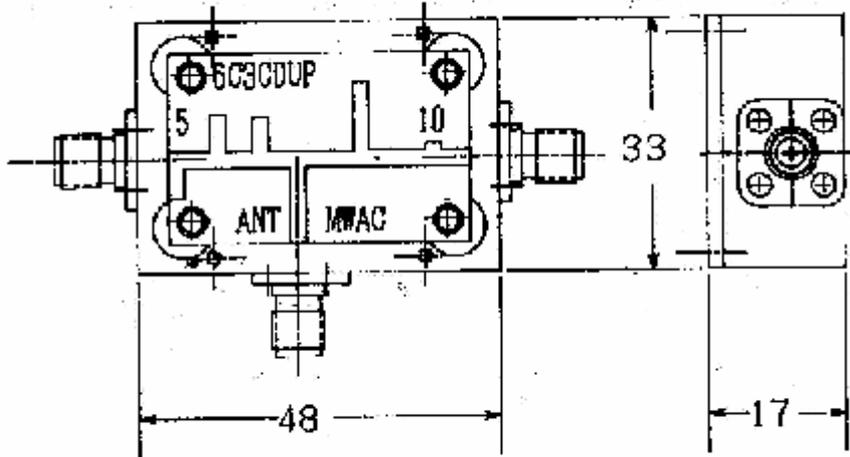
5.7GHz



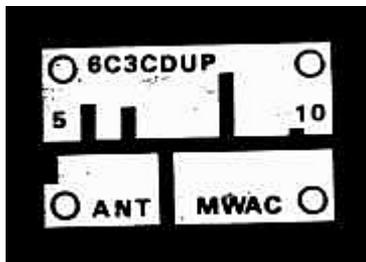
10GHz



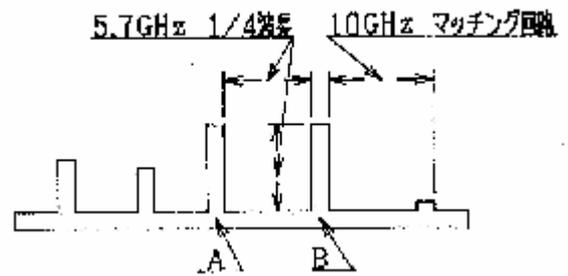
第7図 Duplexer の外形図



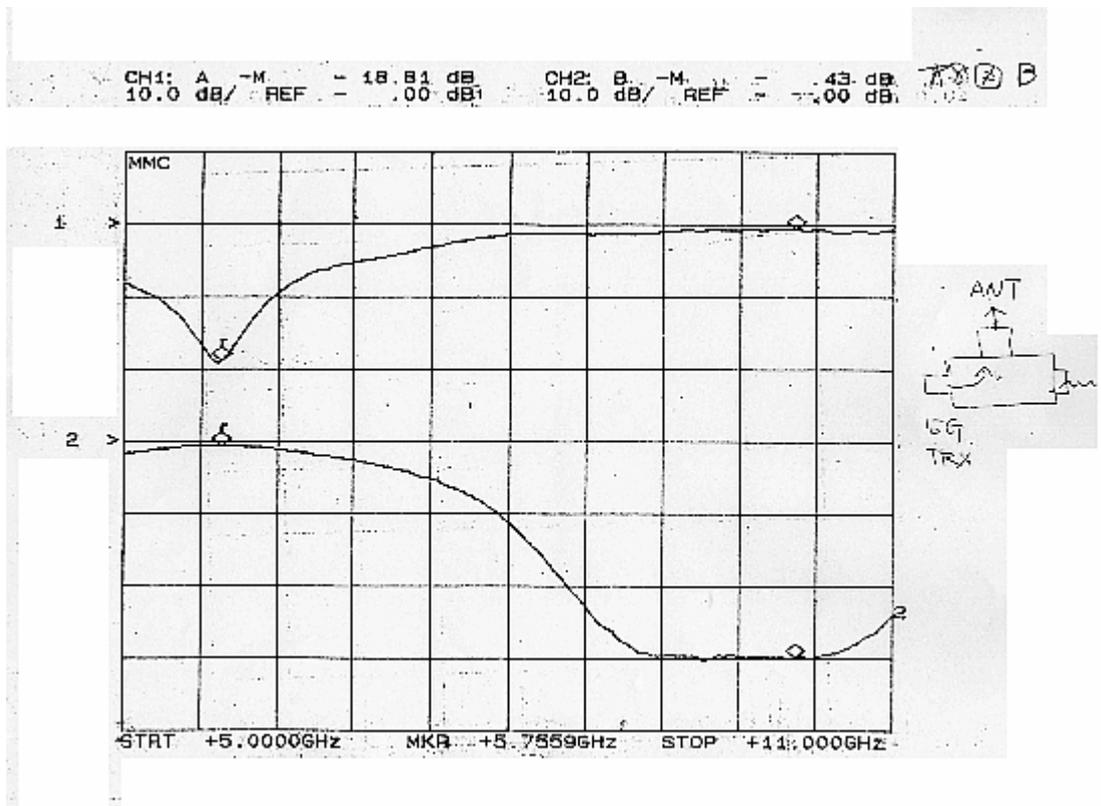
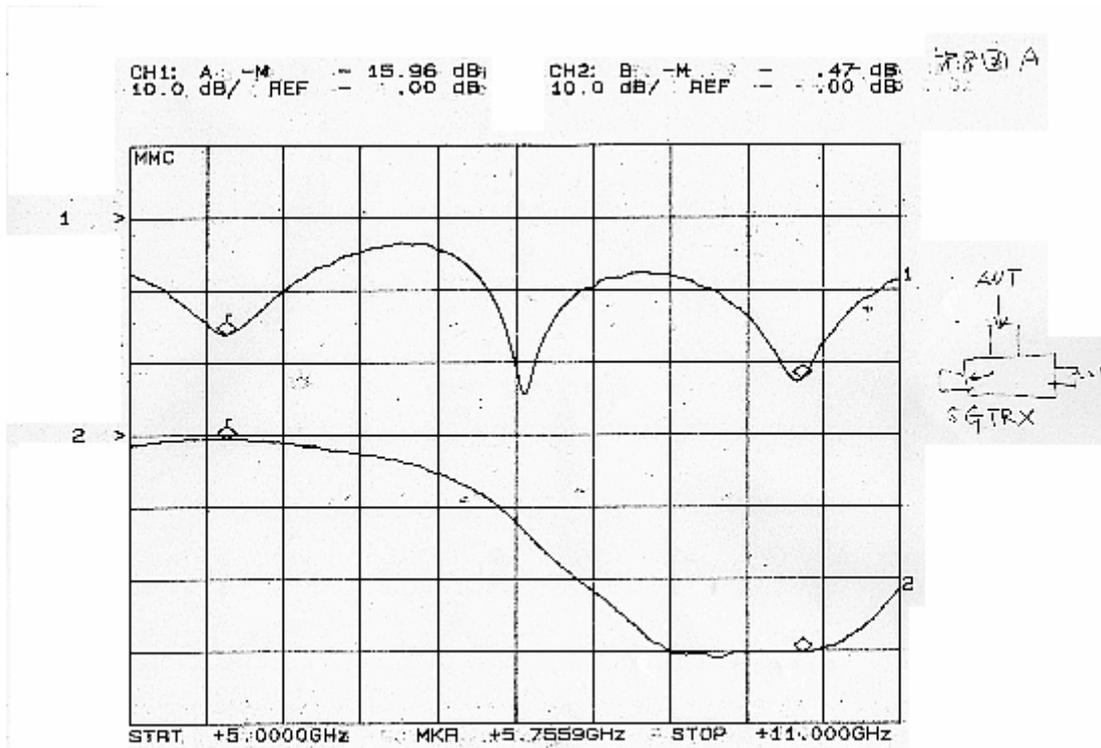
第9図 Duplexer パターン図



第10図 Duplexer の動作

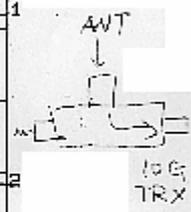
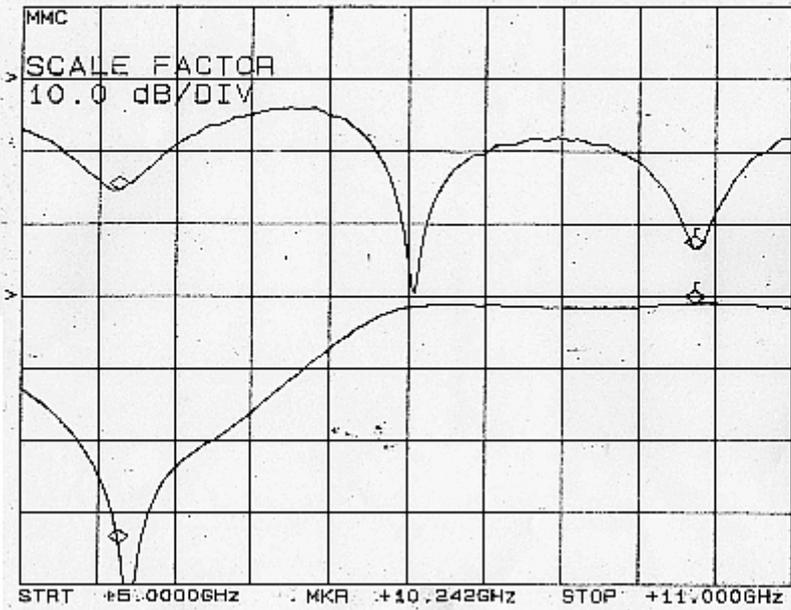


第 8 図 Duplexer 測定データ



CH1: A: -M: -23.94 dB; CH2: B: -M: -32 dB  
 10.0 dB/ REF: -0.00 dB; 10.0 dB/ REF: -0.00 dB

※8.13c



CH1: A: -M: -16.54 dB; CH2: B: -M: -97 dB  
 10.0 dB/ REF: -0.00 dB; 10.0 dB/ REF: -0.00 dB

※8.13D

