

NEC 製の 12.5/37.5GHz パラクタてい倍器について

JA1EPK 大日方 悟朗

75GHz トランスバーターの局発を製作する時に最も苦労したのがハーモニックミキサーをドライブするのに必要な 37.5GHz で 10dBm 以上のパワーを作り出す事でした、この事については 75GHz トランスバーターの所で書きましたので詳しくはそちらを見て頂く事として、今回はその時使った NEC 製のパラクタてい倍器について調べて見た結果色々な事が分かりましたので何かの参考になるかと思い書いて見ました

このてい倍器には NEC 95887A MULT とマーキングがしてあり 1984 年製で、送信にはこの出力がフィルターを介して使われ、受信には局発としてミキサーをドライブしています、このような構成の送受信機で今から 15 年も前から 37 ~ 38GHz の運用が行われていた訳でこれは全く驚きでした、しかもその性能は入力 12.5GHz 20dBm で出力 13dBm 以上ですからてい倍損失は 7dB 以下のすばらしい物です

構造は第 1 図の様に L 型をしていて、入力側は同軸構造で出力側は導波管 (WRJ320) となっています、入力コネクタの芯線はテフロンスリーブで同軸回路の中心導体と絶縁され、この中心導体は入り口から順に芯線とのカップリング部分、入力周波数に対するローパスフィルター、及びダイオードとの結合部分を兼ねたマッチング部分で構成されています、更にコネクタに近い所にダイオードの直流帰路用の細い線がハンダ付けされケースに設けられた貫通コンに接続され、バイアス用の抵抗でアースされています

出力回路の導波管部分は WRJ320 (26 ~ 40GHz) ですが、3 段階に高さが小さくなっています、導波管の反対側にはバックショートは無く、その代わりに数ヶ所にマッチングビスが設けられています、この導波管の高さを減らしてマッチングを取りやすくする構造は良く見かけるのでお馴染みですが、今までと少し違う所は導波管の高さが小さくなると共に幅も狭くなりダイオードのついている所では 5mm でした

使用されているパラクタダイオードの規格は不明ですが、NEC のデータブックから探すと 1SV49 相当だと思えます、このダイオードはマイクロピル型と言って 10GHz や 24GHz で使われているガンダイオードよりも一回り小型の物です

このてい倍器には出力側に導波管型バンドパス型フィルターが付いていてスプリアスを減らす様になっていますが、驚いた事にフィルターを外しても入力周波数の 2 倍の 25GHz 成分が殆ど出てこない事でした、WRJ320 のカットオフ周波数は 21GHz ですから普通では 37.5GHz よりも多く出る筈ですが！.....

これは導波管に 5mm 幅の部分設けることでその部分のカットオフは 30GHz となり、この効果が出てきた様です、

更に今までのパラクタてい倍器ではダイオードの持つリアクタンスを取り除いてマッチングを取る為に導波管内のダイオードの上下位置を調整出来る様にする必要が有ると言われ、その為 47GHz のてい倍器では構造に苦労したのですが、このてい倍器ではその様な所は見当たらず、ダイオードの下側は導波管に直接ハンダ付けされています

その代わりと思いますが同軸型ローパスフィルターとダイオードの間に同軸構造のマッチングセクションが設けられ、3ケのマッチングビスがそれを取り巻いています、ここでバラクタダイオードのインピーダンスは数オームの抵抗分と、ジャンクション、及びパッケージの容量、ウイスカ、及びパッケージのインダクタンスで構成されています

これらのリアクタンスをキャンセル事でマッチング回路は成り立ちます、つまりフィルターを通った後50オームの同軸ラインに設けられたリングによって生じるCと続くダイオードまでのラインの長さによるLによって凡その所へ追いこみ更にマッチングビスで細かい調整をしている様です

考えて見ればこの様なマッチングの取り方はトランジスタアンプ等で何時も行っていた方法なのに、バラクタに対しても同じ考えで行ける事は気が付きませんでした

以上の考察からこのバラクタをい倍器をそっくりコピーして作ろうと思いましたが、問題は入力同軸構造で、これは精密機械加工の苦手なアマチュアの技術では到底真似する事は不可能です、此れに反して導波管部分はそう難しくは無く何とかなりそうです

それで考えを変えて第2図の様に同軸構造をストリップラインで代用する事を考えました、マッチング部分は原型の形を踏襲して基板とダイオードの間に挿入する事にして、ローパスフィルターとバイアス回路は基板上に作ります、唯その大きさを決定する為には原型のローパスフィルターの特性を実測しなければなりません、此れが問題でフィルター単体にするには分解しなくてはならず、其れでは原型に戻す自信が有りませんので、機械的な寸法を元に Eagleware 社の Superstar-PRO というソフトを使ってシュミレーションした結果が第3図です、これと同じ様な特性になる様に厚さ 0.4mm のテフロン基板を使ったプリントパターンの寸法をオプチマイズしたのが第4図となりました

これで見ると原型は 12.5GHz 付近にマッチングが取れている事が分かります、試しに 47GHz で使えないかと 1/3 の 15.7GHz を入力して見ましたが NG でした、此れはその周波数でリターンロスが -2dB と悪く殆ど全反射になっている事から頷けます、従って周波数を大幅に変えるにはこのローパスフィルターを作り直す必要が有る事が分かります

此処でこのストリップラインによる入力回路と原形のバラクタを取り付けた導波管部分を結合させて実験をするつもりでしたが、生憎バラクタ周りのマッチングビスを回し込み過ぎてバラクタを破損した為この実験はしばらくお預けとなってしまいました、何れ改めて報告する積もりです、その代わりという訳では有りませんが、ここでこのてい倍器の取り扱いについて気の付いた事を書き出して見ました

てい倍器の種類と調整について

私の入手したてい倍器には送信用と受信用の2種類有って、コネクタの形が違っている以外は全く同じですが、周波数が送信用は 38.5GHz、受信用は 37.5GHz 近辺と約 1GHz の差が有りました、幸いにも受信用は今回の 75GHz にはピッタリでしたので全く手を加えずに使いましたが、送信用はそのままでてい倍出力が少なく調整の必要が有ります

このてい倍器には調整の為のビスが同軸周り、導波管周りの2ケ所に有ります、この

内 37GHz 出力に大きく関係の有るのは同軸周りの物と、導波管のバラクタに近いバックシ
ョート用ビスです、導波管の出力側に有るビスは接続される負荷とのマッチングに関係が
大きい様です

この同軸周りのビスはバラクタに極めて近く、誤って回しすぎるとバラクタを横から押
して簡単にバラクタを破損します、それを防ぐ為かこのビスは簡単に回せない様にビスの
頭を切り取って有りました、今回の私の失敗はこの構造を知りながらも回し過ぎてしまっ
た事に有ります

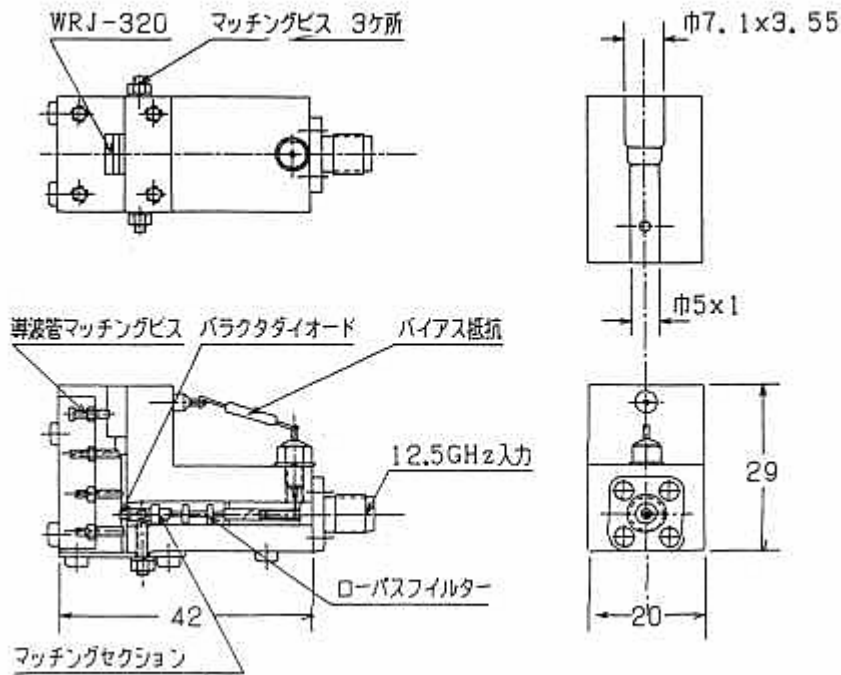
導波管周りのビスは特殊なナットで固定して有るので調整には対応した工具が必要です、
先の細いプライヤーや時計用のマイナスドライバーを使って回す事は出来ませんが細かい調
整には不向きです、それで調整用の工具を作る事にしました

この特殊ナットに合うナット回しの製作は難しそうなので、ナットは市販の物を使う事
で考えました、ビスの径は 1.4mm でしたので、ナット回しを探したのですが市販品には有
りません、調べた結果直径 4mm の 6 角穴付きボルトの 6 角部分がピッタリと合う事が分か
りました、そこでこのボルトの中心にドライバーの入る穴を明けました、外側には補強と
回し易くする為を兼ねてローレットの切った丸棒に 4mm の穴を明けた物をハンダ付け
しました、これと 1.4mm のプラスドライバーとの組み合わせで調整が確実に出来ます

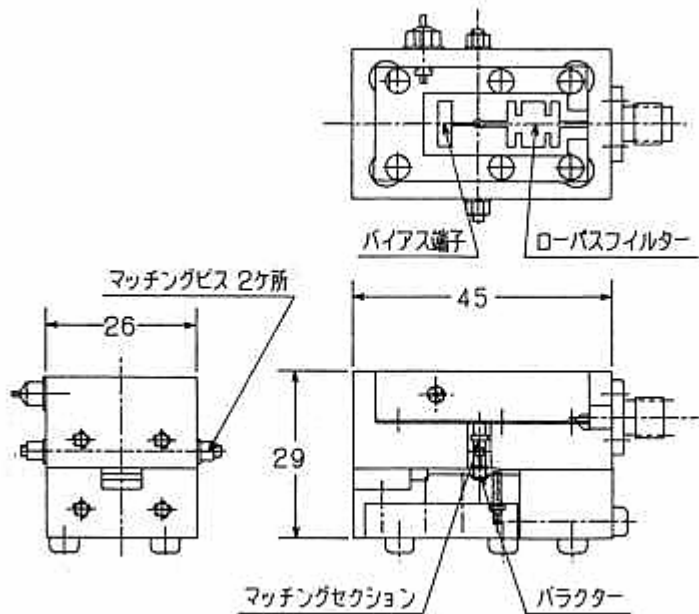
更にてい倍器に付いているマイナスビスを使う時、ビスの頭を破損しない様にマイナス
ドライバーに被せるスリーブも作りましたのでプラス、マイナス両用となりました、この
工具はこのてい倍器だけでなくフィルターの調整にも大いに役立っています、これらの詳
細を第 5 図に示しましたので参考にして下さい

以上

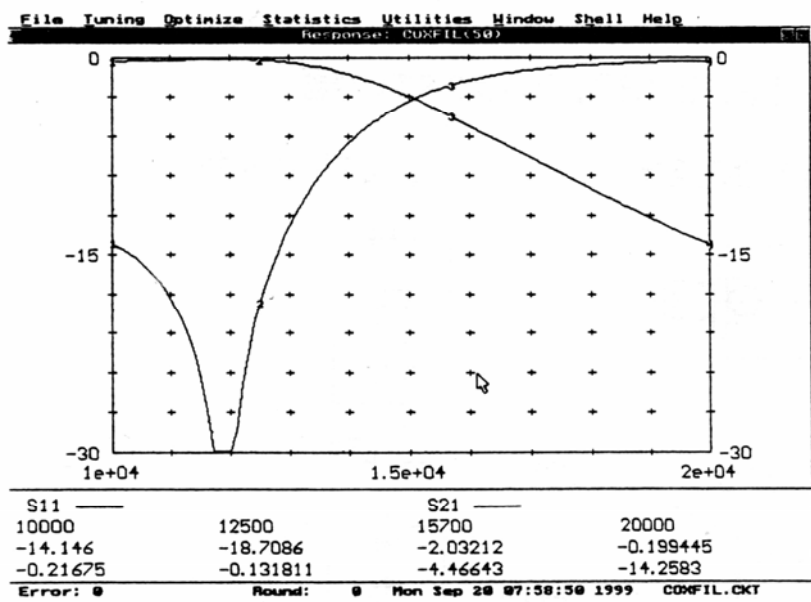
第 1 図 NEC 製 12.5 / 37.5 バラクタてい倍器



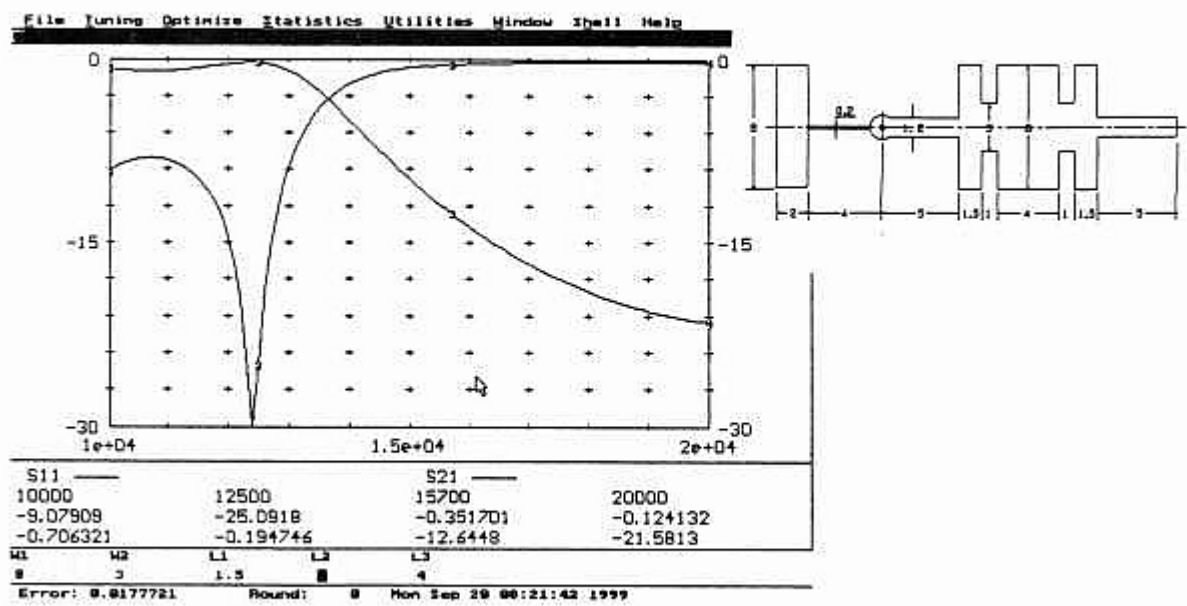
第 2 図 ストリップラインによるローパスフィルター型てい倍器



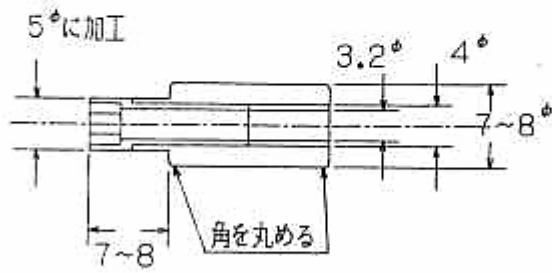
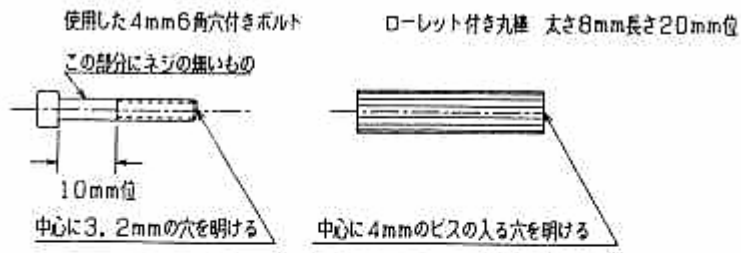
第 3 図 同軸型ローパスフィルターの特性



第 4 図 ストリップラインによるローパスフィルターの特性



第 5 図 マッチングピス 調整工具



組み立て図