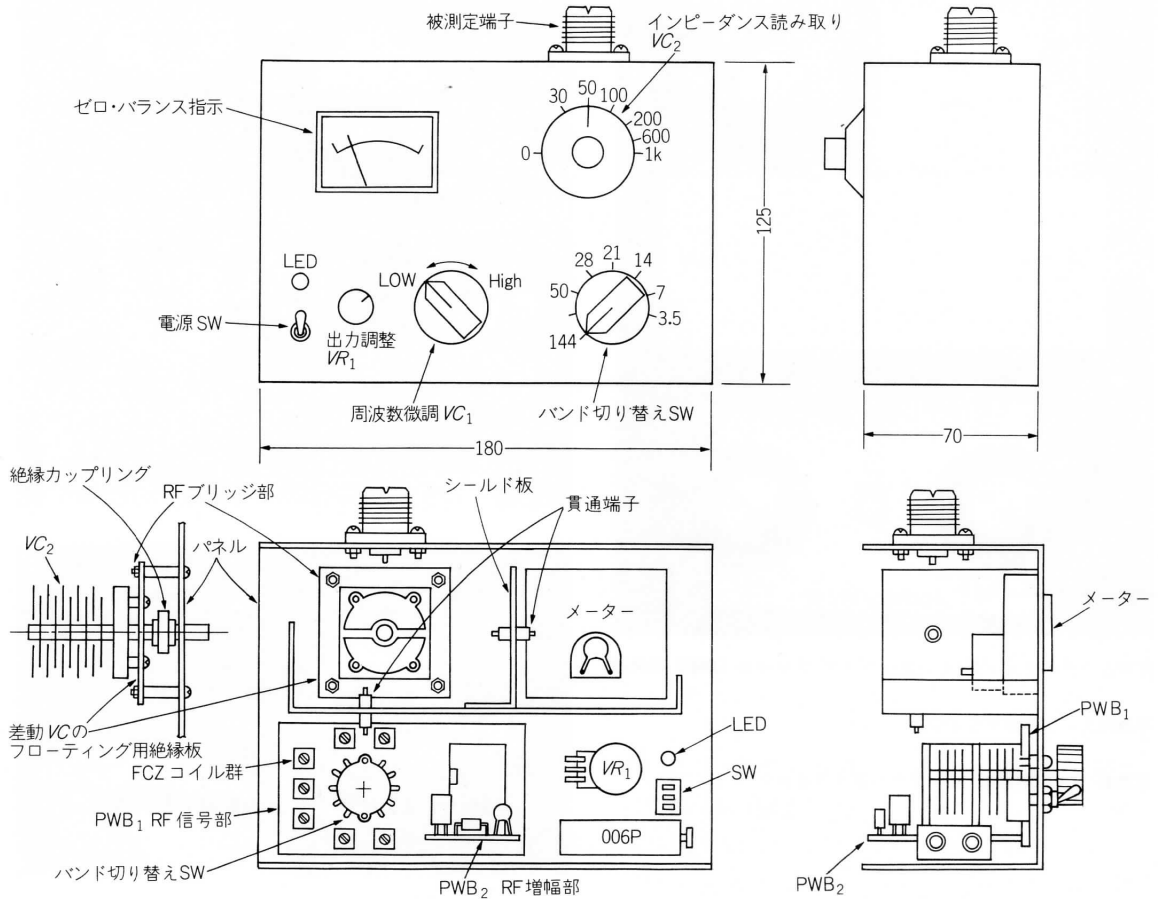


第4-7図 RF信号源内蔵アンテナ・インピーダンス・メーターの構造



ればなりません。

ブリッジ部は、他の部分との干渉を避けるために、シールド板を立て、貫通端子を通して接続するのです。

信号部とRF増幅部は、それぞれプリント基板でコンパクトにまとめました。

なお、校正要領については、第4-2表に準じます。

2-4-3 ダイナミック・インピーダンス・ブリッジ

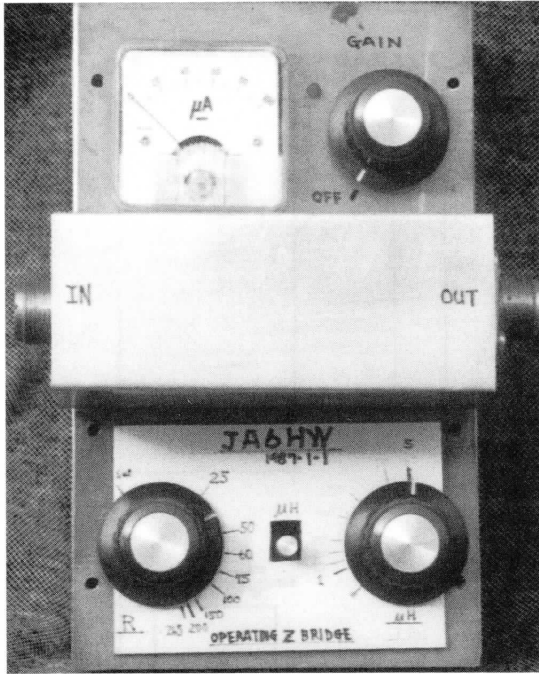
(a) 要求される性能

ダイナミックなインピーダンスを測定する operating impedance bridge^{*5}(以下OIBと略す)は、従来のインピーダンス・ブリッジが、ディップメーターや標準信号発生器、あるいは高調波成分を多く含んだノイズ発生器などを信号源としているのに比べ、SWRメーターのように、実際に使用される送信機の

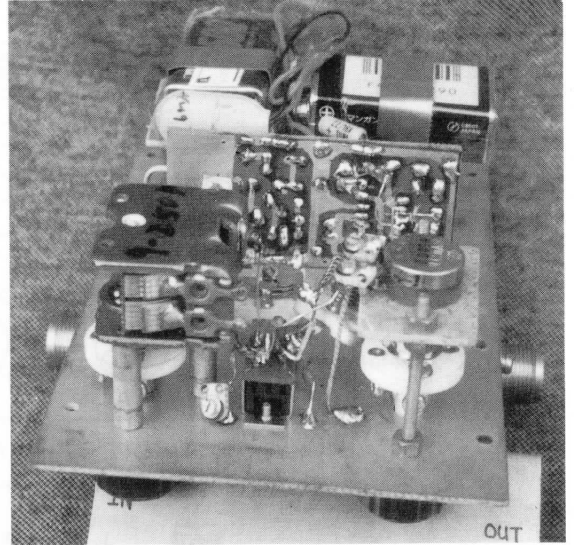
電波を直接使っているところが異なります。

すなわち、従来型では微弱な信号を使っているため、ブリッジのバランス検出電流も微小でした。検出電流が少ないために、検波に使うダイオードの特性上、下側の非直線部分で動作することになり、電流がゼロに近い領域では、検出能力が鈍い欠点を持っているので

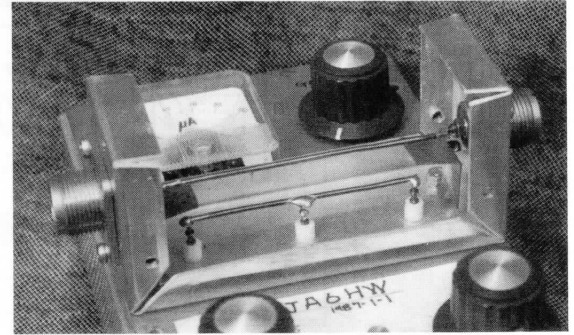
* 5 Delta Electronics INC 社の登録商標です



写真上：ダイナミック・インピーダンス・ブリッジ (OIB) の外観

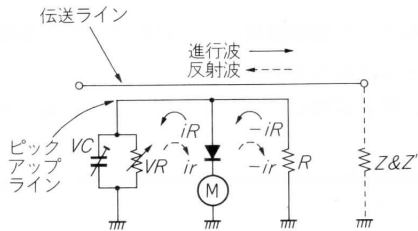


写真右上：OIBのブリッジ部



写真右：OIBの伝送、ピックアップ・ライン

第4-8図 ブリッジの動作原理



- 整合したインピーダンス Z の時、検出回路の電流が $|iR| = -|iR|$ と、バランスすると、M には、電流が流れない。
- 非整合インピーダンス Z' が接続されると、検出回路の電流に $|iR| \neq -|iR|$ とアンバランス成分が誘起され、M が振れてしまう。

* 6 輻射器に接近したエレメントの影響や負荷の非直線性のため、動的インピーダンスは変化する

* 7 QST 1979年11月号 p.11 “Building an Operating Impedance Bridge” K9 ZLU

す。

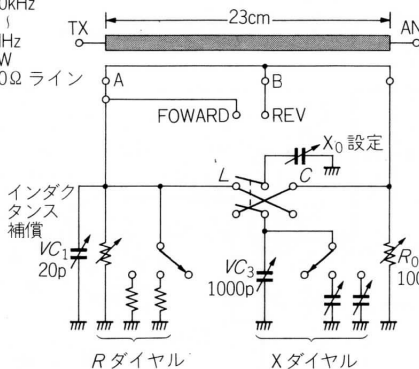
さらに従来型では、アンテナの調整時にインピーダンスを測定しますが、実際にアンテナへ電力を送り込んだ状態ではインピーダンスの変化*⁶が見えません。つまり、静的なインピーダンスはわかっても、動的なインピーダンスはわからないという欠点を持っているのです。

このほか、静的な測定においては測定用信号レベルが微弱であるため、ローカルの強力な放送局や、接近するアマチュア局からの誘起電圧による誤差も避けられません。

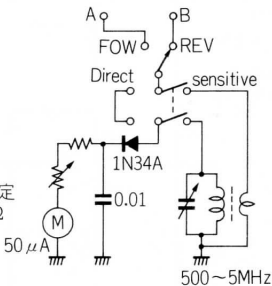
いわば、測定時の S/N が悪いのです。

OIB はこれらの欠点を改良した測定器で、アマチュア向けにアレンジした*⁷、ダイナミックなインピーダンス・ブリッジです。

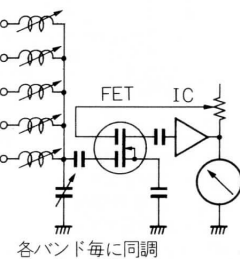
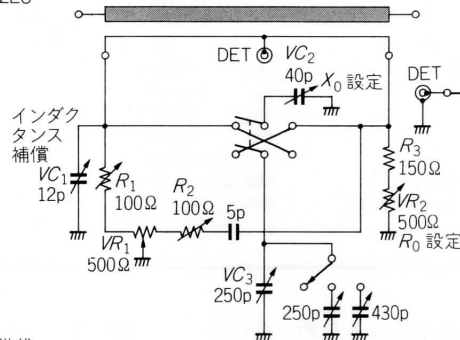
第1世代
 Electronics Feb22,1963
 C. S. WRIGHT
 • 500kHz
 • 5MHz
 • 5kW
 • 150Ω ライン



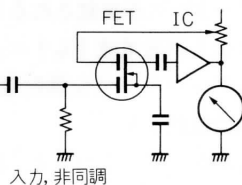
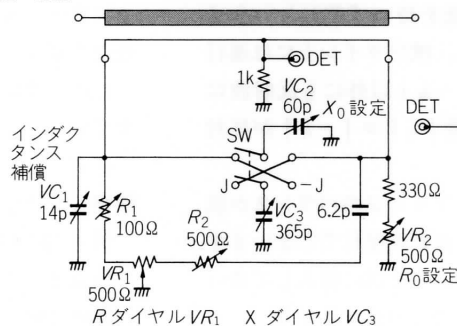
試験用負荷として
 75W電球を使った場合、
 インピーダンスは、20.8~162Ω
 に変化する！



第2世代
 QST Nov 1979
 K9ZLU



第3世代
 The ARRL Amateur H·B
 1982~1988



第4-9図

第1世代から第3世代に至る
 OIBの変遷

測定レンジは、10 MHzにおいて±jが0~350Ω、Rが0~300Ω、使用可能な周波数帯は1~54 MHzですが、使用部品の高周波特性を選択したり、ブリッジ部をコンパクトにすることによって、144 MHzまでのばすことが可能です。

OIBは極めて少ない挿入損失であるため、SWRメーターのように常時、伝送ラインに組み込んで使って

もよいといわれています。

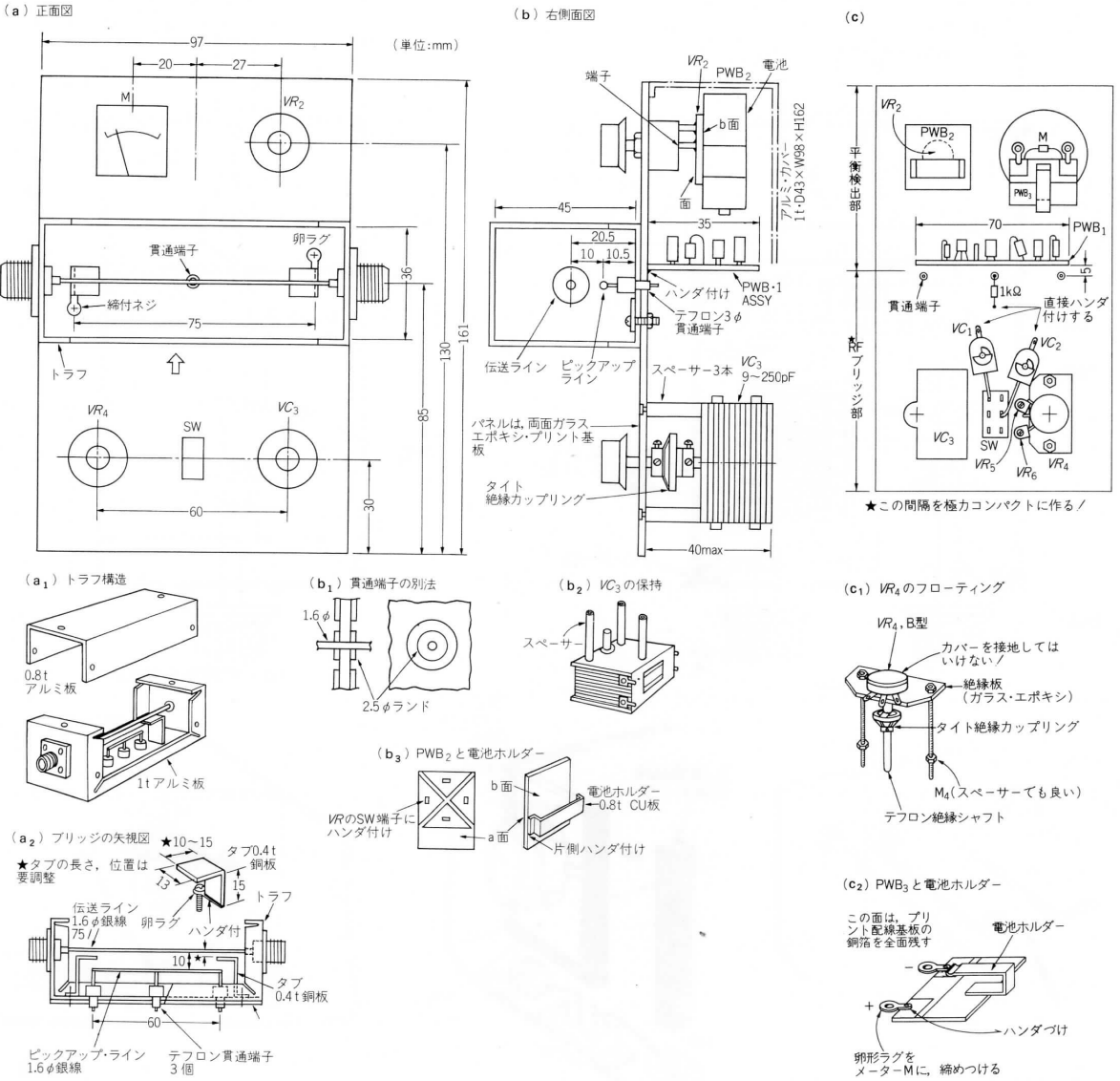
(b) 原理

第4-8図をご覧ください。

これはブリッジの動作原理図です。

いま、負荷ポートに「Z」のインピーダンスが接続され、整合がとれていれば、メーターMには等量で、

第4-11図 HF帯用OIBの1号機の構造



スイッチで入れ替えることによって、インダクティブか、キャパシティブであるかを判別するのです。

実用回路では、残留インダクタンスを補償するためのVC₁やX₀, R₀, ゼロ調整用のVC₂, VR₃, さらにRダイヤル位置のシフト用VR₅, VR₆などが追加されています。

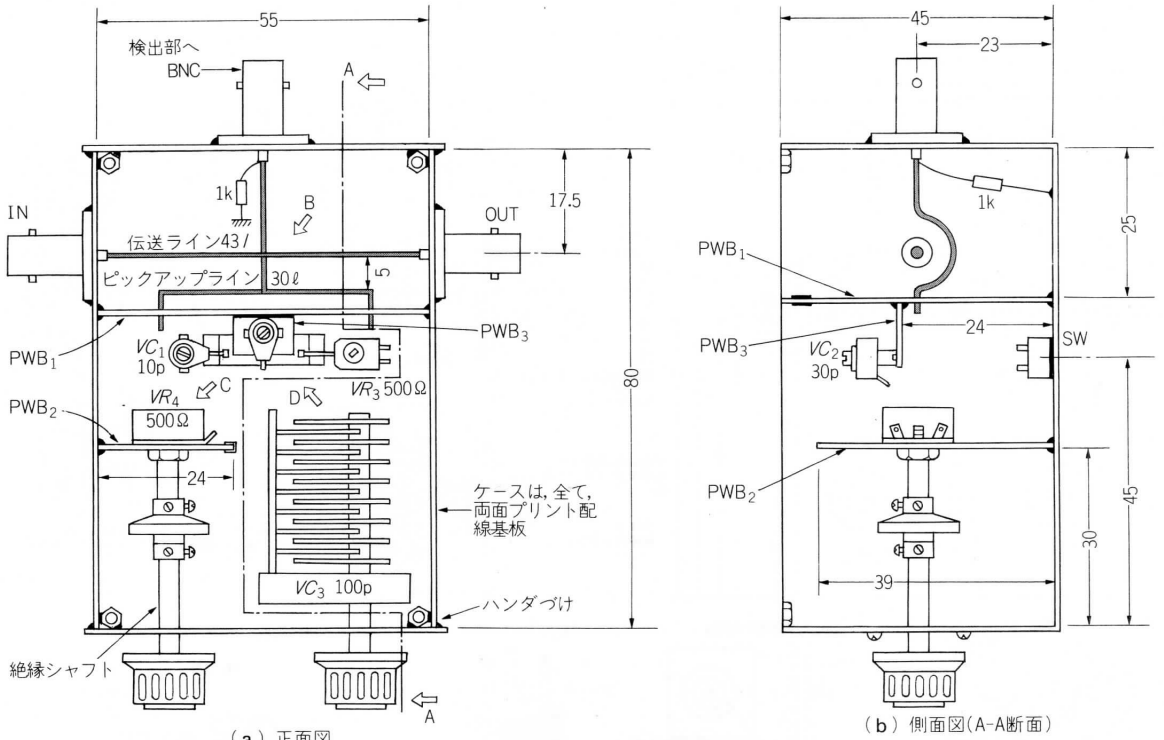
さて、平衡検出部は、微小な検出電圧をFETで高周波増幅した後、ダイオードで検波し、オペアンプで

増幅しています。

この部分は、オリジナルではFETの入力側に測定バンドごとに同調回路を設けてありましたが、改良されたものでは省略されています。

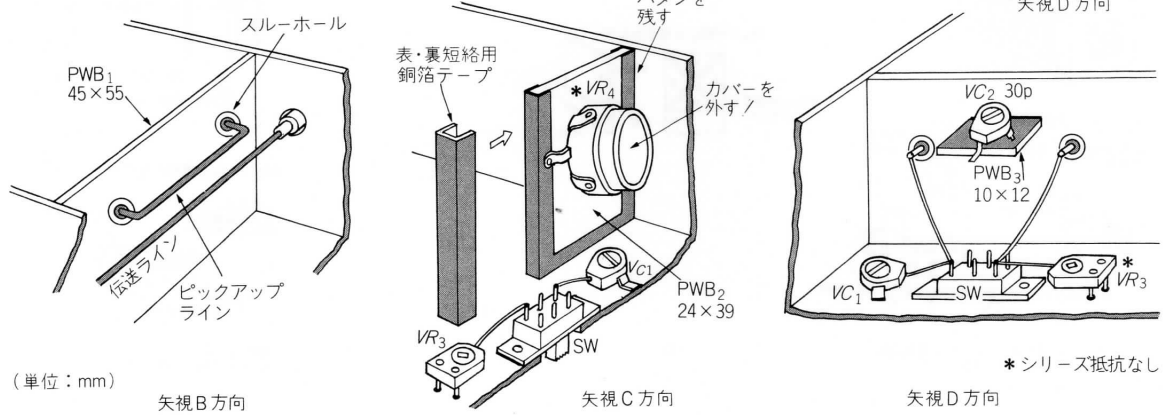
平衡検出部の理想的なモノは、「受信機」であり、原典には検出電圧の入力部に「外部測定端子」を並列に設け、受信機を検出器として使えるようにしてあります。

第4-12図 VHF帯用OIBの2号機の構造



(a) 正面図

(b) 側面図(A-A断面)



(単位: mm)

矢視B方向

矢視C方向

矢視D方向

(d) 製作例

OIBを試作するに際し、まず第3世代の回路と構造をほぼ忠実に再現した1号機を作り、その後、改良、省略を行い、2号機として、セパレート・タイプのもので試作してみました。

前者は、RFブリッジ部と平衡検出部とが一体となったもので、1.9~54 MHzをカバーします。

後者は、それらがセパレートになったもので、RFブリッジ部を一層、対称的にかつ、短く配置したもので、144 MHz帯で使用できます。

・HF帯用1号機

1号機の工作については、第4-11図をご覧ください。

伝送ラインとピックアップ・ラインを収納する部分

は、(a₁) のようにトラフ*⁸構造とし、アルミ板を使っています。パネルには、部品の接地を直接したいため、ガラス・エポキシ・プリント配線基板の両面ものを使いました。

RFブリッジ部分は、なるべくコンパクトに作り、配置も対称に、配線は最短距離で、かつストレージ・キャパシティが少なくなるよう工夫するのが成功の秘訣です。

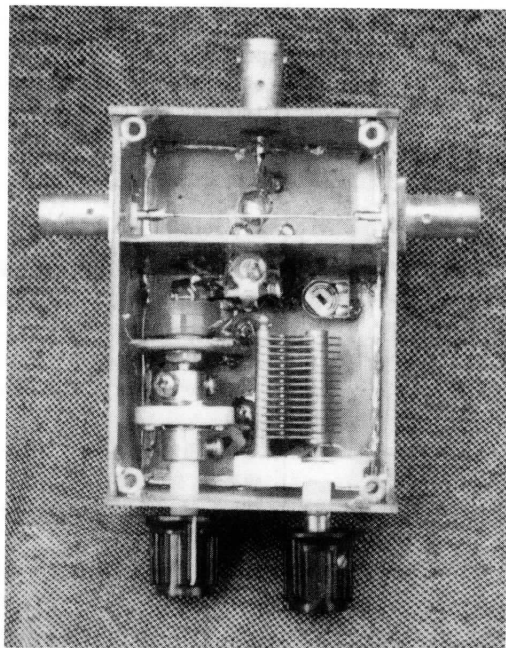
図には、主要な方法のみを示してありますので、あとは皆さんが工夫なさってください。

伝送とピックアップ・ライン (a₂) には、少し、ぜいたくをして、手持ちの1.6φ銀線を使っていましたが、もちろん銅線でもかまいません。貫通端子には、3φのテフロン材を使いましたが、両面基板をスルーホールにする別法 (b₁) もあります。

VC₃の保持 (b₂) には、スペーサー3本を使い高くしてありますが、本来の目的は、ブリッジの一边となるVR₄と、レベルを合わせるためですから、絶縁カップリングは不要で、普通の“つなぎシャフト”でもOKです。

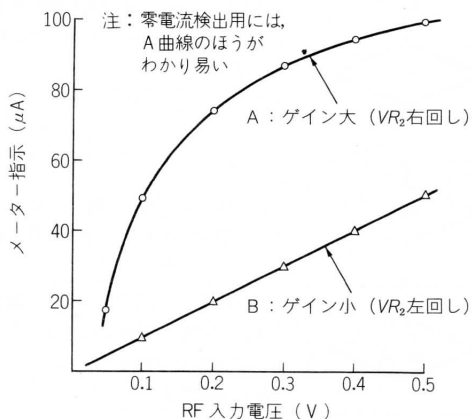
VR₄はブリッジの一边ですから、ボディ・イフェクトやストレージ・キャパシティから逃れるために、絶縁シャフトを介して取り付けます。

同時に、抵抗体とパネルとのストレージ・キャパシティを避けるために、(c₁) のように絶縁板でフローティング*⁹させています。VR₄のカバーが金属の場合には、接地してはいけません。



VHF 帯用 OIB 2号機

第4-13図 OIBの入出力特性



アンプ部にオペアンプを使うので、9Vの電池2個が必要ですから、簡単なホルダーPWB₂、PWB₃を(b₃)、(c₂)のように作り、VR₂とMの背中に背負わせてしまうと、スペース・ファクターがよくなります。

平衡検出部のFETとオペアンプを中心とした回路は、PWB₁のように組み付けますが、パターンと工作については、皆さんが工夫されてください。

・VHF 帯用 2号機

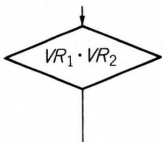
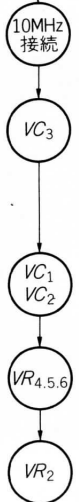
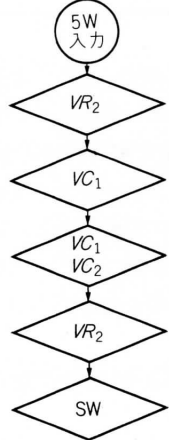
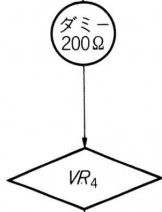
2号機の工作については、第4-12図をご覧ください。

1号機との違いは、先に述べたように、RFブリッジ部と平衡検出部をセパレートにし、かつブリッジ部の配線が最短距離となるようなレイアウトにしてあるところです。

このため、接地がやりやすいように、ケースや仕切りは、両面プリント配線基板で作りました。

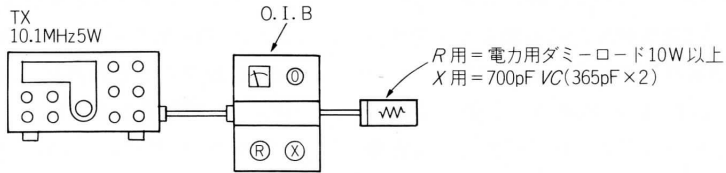
伝送、ピックアップ部は、矢視Bに示すように、PWB₁をスルーホールしてあります。

* 8 Trough * 9 floating=浮いている

		要 領	調 整 ス テ ッ プ	要 領
1. AMP部 零調整		<ol style="list-style-type: none"> 1. VR_2を中央にセット 2. VR_1で、メーターの零バランスをとる. 3. VR_2でゲインを上げて、VR_1を再調整する. 	4. タブによる バランス調整	<ol style="list-style-type: none"> 3. 2個のタブによって、メーターがさらに下がるよう調整する。 (VR_4と2個のタブのくり返し.) 4. タブの位置は、双方とも対称的でないといけない. 5. 200Ωダミーのリード・インダクタンスも含めて、零バランスしていることになる. 6. I/Oポートを入れかえても、零バランスが変わらぬことも確認する.
2. 測 定 準 備		<ol style="list-style-type: none"> 1. OUTPUTポートに50Ωダミーを接続し、INPUTポートに、10MHz帯で、5W入力ができるよう接続準備. 2. X検出用、VC_3を、20pF付近にセット。(Xダイヤル目盛で、“0”に相当する位置となる.) 3. X_0設定用VC_2と、インダクタンス補償用VC_1をMAXにセット. 4. R測定とシフト用$VR_{4,5,6}$を、夫々、中央付近にセット。 (Rダイヤル目盛の50Ω以下に相当する.) 5. ゲインVR_2はMAXにセット. 	5. レジスタ スタンス 零調 VR_3 の調整	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rダイヤル用VR_4を、目盛の零付近にセット. 2. Rダイヤル・シフト用VR_5を中央にセット。(VR6も中央にセット.) 3. OUTPUTポートを、短絡. 4. R零調用VR_3を回し、メーターが零を指すよう調整. 5. $VR_3 \sim VR_4$と交互に調整しVR_4が目盛の“零”付近でメーターの“零”を指すよう、VR_3を固定.
3. インダクタンス 補償 VC_1 の調整		<ol style="list-style-type: none"> 1. 10.1MHz 5Wを入力する. 2. メーターが振り切れる時は、VR_2を絞る. 3. VC_1を調整し、メーターを零に近づけ 4. $VC_1 \sim VC_2$と交互に調整し、メーターを零に近づける. 5. VR_2のゲインを上げて、④のくり返し. 6. SWを$X_L \sim X_C$に切り替えても“零”が変わらぬことを確認する. 	6. Rダイヤル 200Ω 調整	<ol style="list-style-type: none"> 1. OUTPUTポートに200Ωを接続. 2. RダイヤルVR_4を、200Ωの位置にセット. 3. ダイヤル・シフト用VR_5でメーターが零を指すよう調整.
4. タブによる バランス調整		<ol style="list-style-type: none"> 1. 50Ωダミーを200Ωダミーに変更. 2. Rダイヤル(VR_4)を、200Ωの位置付近に動かすと、(VR_4MAXの80%位の位置)メータが下がるので、ここで止める. 	7. 微 調 整	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rバランスの調整後、再度、Xバランスを微調する. 2. シフト用VR_6は、高い周波数帯での、Rダイヤル零バランス微調用である. 3. R・Xバランスに、タブの影響が大きいため、ここまでのくり返しが、数回必要. その後、タブは動かさない.
			8. Rダイヤル 校正	<ol style="list-style-type: none"> 1. OUTPUTポートに25Ω飛びにダミーロードを接続し、Rダイヤルを目盛る.
			9. Xダイヤル 校正	<ol style="list-style-type: none"> 1. OUTPUTポートに150Ωダミーと直列にVCを接続し、SWはX_Cのポジションで、VC_3を目盛る。 (第4-14図b参照)

第4-3表 OIB 校正のステップ

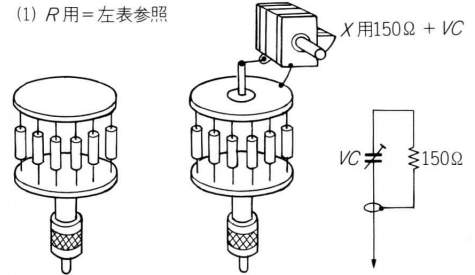
(a) 校正回路



(b) 校正用インピーダンス

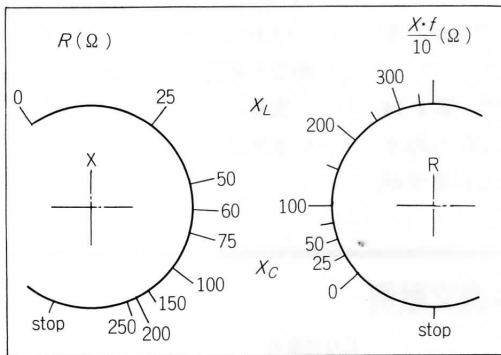
レジスタンス(R) 目盛用	リアクタンス(X) 目盛用	
ダミーロード R (Ω)	リアクタンス X (Ω)	キャパシタンス VC(pF)
25	25	637
50	50	318
75	75	212
100	100	159
150	150	106
200	200	79.6
250	250	63.7
	300	53.1

(1) R用=左表参照



- (2) $X = \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot C}$ $X = \Omega$
 $f = \text{MHz} \cdots 10.1\text{MHz}$
 $C = \text{pF}$
- (3) Cは、キャパシタンス・メーターであらかじめセットしておく
- (4) VCへの、リード・インダクタンスは、誤差分となる
- (5) SWは X_C の位置で校正する
- (6) $X_C = X_L$ と仮定しているが、SWの X_L ポジションで、念のために、VCの替りにインダクタンスを挿入し、3点のみチェックする

(c) 目盛例と、読みかた



インダクタンス L (μH)	リアクタンス X (Ω)
1	62.8
2	125
4	250

- (1) レジスタンス(R)ダイヤルは、直読する
- (2) リアクタンス(X)ダイヤルは、周波数に依存するため、10MHz帯以外では目盛の値(X)に係数を乗じる
- リアクタンス $= X \cdot \frac{f}{10.1}$ $f = \text{MHz}$
 $X = \Omega$
- 例 28MHzで、SWが X_C のポジションで、50を示せば、キャパシティブなリアクタンスが
 $50 \cdot \frac{28}{10.1} \approx 139\Omega$ がある。

第 4-14 図
OIB の校正方法

VR_4 は、矢視Cのように周辺部のみに銅箔を残したPWB₂に取り付け、さらにカバーも外してしまい、極力カストレー・キャパシティから逃れるように考えました。

バランス用の VC_1 、 VR_3 および VC_2 は、矢視Dのように、プリント基板を使った立体配置とし配線の最短化を狙っています。

VR_3 、 VR_4 にも、*印のようにシリーズ抵抗を省略し、配線の最短化を狙いました。このため、目盛の位

置は若干、見にくくなります。

平衡検出部は、第 4-10 図の平衡検出部を参照してください。ゼロ電流の検出ができればよいので、リニアリティはあまり問題となりません。

むしろ、ゼロ電流付近でメーターの振れがクリチカルなほうがよい訳です。

第 4-13 図に本器の入出力特性を示しました。

ゲイン VR_2 の位置によっては、Aのような飽和曲線になったり、Bのように直線になったりします。

OIBでは、A曲線になるように VR_2 をセットして使います。

余談ですが、A曲線はほぼ対数曲線に近似していますので、このアンプは電界強度計にも使えそうです。

B直線は、高周波電圧計に使うとFBです。

なお、平衡検出部は、私の実験パートナーであるJA6AUIの作品ですが、プリント・パターンは省略します。

(e) 較正

OIBの較正には、たいした測定器はいりませんが、10 WのRF電力に耐えるダミーロードを用意しなければなりませんし、リアクタンス分を作るには、工夫が必要です。

較正のステップを要約したものを第4-3表に示し、較正回路と較正用インピーダンスを第4-14図に示しますので、同時に見てください。

調整、較正のステップは、大別すると9ステップに分かれます。

実際にやってみて気づいた点は「RFブリッジ」ですから、頑丈に作らないとゼロ・バランスをとるのがむずかしいと、今さらながら実感しました。

レジスタンス目盛の較正は、比較的簡単ですが、リアクタンス目盛の較正は面倒です。

原典には詳しく述べられていませんので、第4-14図(b)の要領でやってみました。この場合、 VC へのロード・インダクタンスは誤差分となってしまいますが、

やむを得ません。

基準リアクタンスとして、インダクタンスを使う方法とキャパシタンスを使う方法がありますが、後者のほうが VC をキャパシタンス・メーターであらかじめ任意に設定できるために、後者を採用しSWの X_C ポジションで較正しました。

SWの X_L ポジションについては、バランスがとれていれば、 $X_C = X_L$ ですから、そのままよいのですが、念のため手持ちの標準インダクタンスを挿入して、目盛がほぼ合致しているか確認しています。

較正後の目盛の様子を、参考までに第4-14図(c)に示します。

実際には使う VR_1 と VC_3 の特性によって変わって来ますので、皆さんがたはこの目盛そのままでは使えません。

目盛の読み方は、Rダイヤルはそのまま直読できますが、Xダイヤルのほうは周波数依存性があるため、較正周波数と使用周波数との比を係数として乗じて読み取ります。

このほか使用上の注意として、負荷インピーダンスが著しく変化した場合に大きな電力のまま使うと、過大入力によって破壊する危険があります。

OIBはアメリカでは市販されているようですが、かなり高価なもの聞いています。

実際に使ってみて、とても便利な測定器と実感しています。

参考になる国内のアンテナ関連文献例

アマチュアのアンテナ設計	岡本次雄	CQ出版社
アマチュアの衛星通信	日本AMSAT編	CQ出版社
アマチュアの工作技術	角居洋司	CQ出版社
アマチュアの八木アンテナ	飯島徹	CQ出版社
アンテナ工学ハンドブック	電気通信学会編	オーム社
アンテナハンドブック	吉村裕光、角居洋司	CQ出版社
キュービカル・クワッド	鈴木 肇	CQ出版社
グリッドティップメータの使い方	茨木悟	CQ出版社
電気工学ハンドブック		電気学会
電気実験（電子編）		電気学会
電気物理・電気回路・電磁測定	大岡茂	無線従事者教育協会
電波伝搬ハンドブック	和多田作一郎	CQ出版社
電波は危なくないか	徳丸 仁	講談社
トロイダルコア活用百科	山村英穂	CQ出版社
ネットワークアナライザ入門	田代正二	YHP