

マイクロ波反射計のための新方式クオドラチャー位相検出器の製作

Fabrication of New Type Quadrature Phase Detector for Microwave Reflectometer

小川 健一郎 近木 祐一郎 間瀬 淳

Kenichiro Ogawa Yuichiro Kogi Atsushi Mase

九州大学 産学連携センター

Art, Science and Technology Center for Cooperative Research, Kyushu University

1. はじめに

近年、マイクロ波—ミリ波帯電磁波を用いた計測の応用が盛んになっている。この領域の電磁波には、誘電体等の媒質を透過するため、反射波あるいは透過波から物体内部の情報が得られるという性質があり、これをうまく利用したものとして、イメージングレーダ、プロフィールメータなどがある。電磁波を利用した計測では、振幅変化あるいは位相変化を求めることが一般的である。特に反射波を利用する場合 1/200 フリンジの位相変化を測定することも可能で、優れた空間分解を期待することができる。位相変化の検出は、反射波ないし透過波と参照波を干渉させることにより行われる。現在、プラズマ計測や生体計測における反射計にクオドラチャー方式位相検出器が用いられている。本研究では、位相検出の信頼度向上を目的としたクオドラチャー検出器の製作と評価を行ったので報告する。

2. 実験装置—位相検出の概要

クオドラチャー検出とは、反射波信号と参照波信号間の位相差 $\Delta\phi$ を干渉法により評価する際、 $\sin\Delta\phi$ および $\cos\Delta\phi$ を取り出し、 $\Delta\phi$ を計算機処理等により得る方法である。このとき振幅成分はキャンセルされるため、その影響は原理的には受けないはずであるが、振幅の変化が大きい場合は、クオドラチャー位相検出が正常に働かないことが考えられる。そこで、システムの安定動作のため、位相検出器に輸入される振幅を制御する自動ゲイン調整 (AGC) 機構を付加したクオドラチャー検出器の製作を行った。

本研究に使用するヘテロダイン方式マイクロ波反射計のブロック図を図1に示す。入射波および参照波に用いる二台のマイクロ波発振器、伝送回路、送信アンテナ、反射波信号を受信するための受信アンテナ、干渉測定のためのミキサ、および位相検出器で構成される。入射波と参照波間の周波数差は 110 MHz で、ミキサにより中間周波数に変換した後クオドラチャー位相検出を行うが、本システムでは、AGC 装置でゲイン調整を行った後、ミキサに入力される。一方、2つの発振器からの信号をミックスし、中間周波数へ変換された参照信号は、直接ミキサユニットへ入力される。ミキサユニットで処理を行った後に、 $E_r \cos \Delta\phi$ および $E_r \sin \Delta\phi$ の両者が得られ、

$$\Delta\phi = \tan^{-1} \left(\frac{E_r \sin \Delta\phi}{E_r \cos \Delta\phi} \right)$$

により、位相成分 $\Delta\phi$ に直接比例する成分が求まる。 $\Delta\phi$ は反射面の位置変動量に対応しているため、対象物の微小変位を求めることができる。

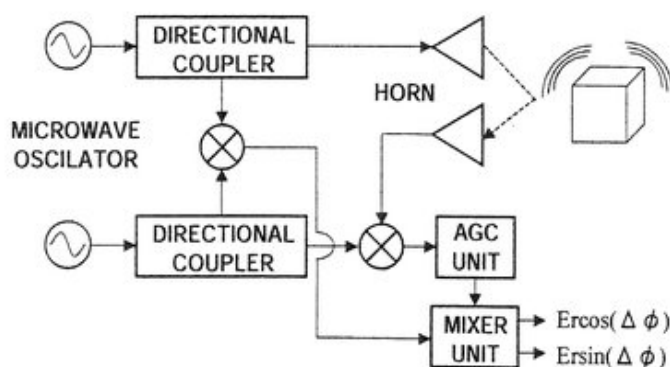


図1. システムのブロック図

3. 結果

今回 AGC 部分の性能を評価するテストを行った。動特性の測定結果を図2に示す。上段の波形は AGC ユニットへの入力波形、中段の波形は出力波形を示したものである。入力波形は、97MHz の信号に下段に示す 6.1kHz の矩形波を重畳して振幅を変化させた。出力波形に見られるように、振幅が急激に変化する場合においても、出力レベルを一定に保つように追従できていることが分かった。時間応答は 20 μ s であった。静特性のテストを行ったところ、-57~0dBm の入力信号レベルに対応しており、57dB のダイナミックレンジを持つことが分かった。

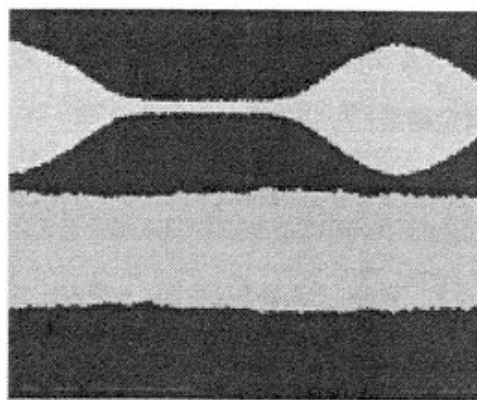


図2. AGC の動特性の測定結果