

(5.39) 式と (5.40) 式の公式から求めた値と、形状シミュレーション (グリーン関数などで求めた値を含む) で求めた値を比較すると、表 5.16 の如くよく一致している事がわかる。

表 5.16 w/b と s/b を誘導した公式の値と形状シミュレーションで求めた値の比較

モデル	W/b と S/b		W/b		S/b	
	公式	シミュレーション	公式	シミュレーション	公式	シミュレーション
$\epsilon_r = 2.17, Z_{ev} = 120.914$ ($C = -3\text{dB}$) $Z_{od} = 20.676$	0.36	0.364	0.081	0.080		
$\epsilon_r = 2.6, Z_{ev} = 86.74$ ($C = -6\text{dB}$) $Z_{od} = 28.822$	0.42	0.435	0.18	0.176		
$\epsilon_r = 2.17, Z_{ev} = 178$ $Z_{od} = 45.4$	0.129	0.134	0.092	0.087		

公式で求める場合の簡単な方法は、まず $C'_{fe} = C_{fo} = 0$ (ふち効果を見逃した値) として w/b と s/b を求め、この値を初期として再び (5.39) 式に代入して w/b を求め更に w/s を求める。これより $s/b = s/w \cdot w/b$ とし s/b が求まる。勿論 (5.39)(5.40) 式の連立方程式を計算機で求めようことは云うまでもない。

(3) 製作例と注意事項

$b/a = 0.5$ の製作例の写真及び特性を写真 5.1 及び図 5.56 に、また $b/a = 1.0$ の製作例の写真及び特性を写真 5.2 及び図 5.57 に示す。

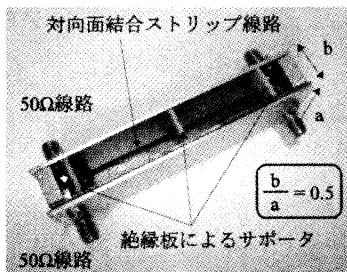
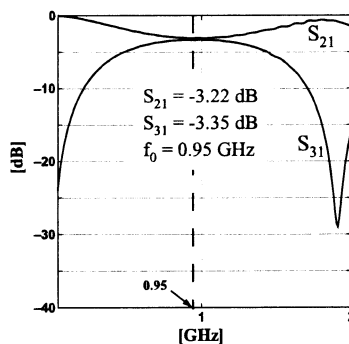
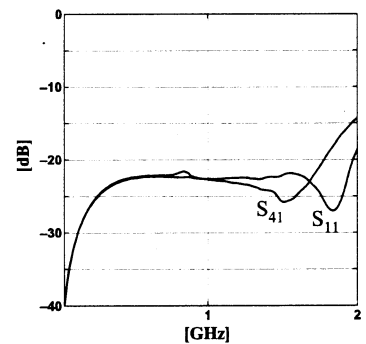


写真 5.1 $b/a = 0.5$ の製作例



(a) S_{21} と S_{31}



(b) S_{11} と S_{41}

図 5.56 写真 5.1 の周波数特性

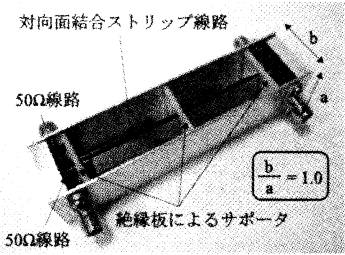
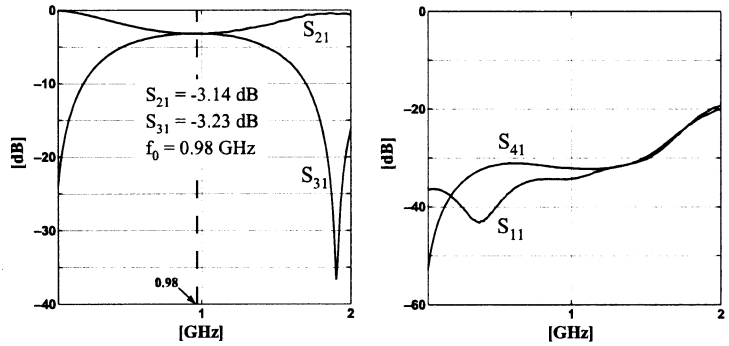


写真 5.2 $b/a = 1.0$ の製作例



(a) S_{21} と S_{31}

(b) S_{11} と S_{41}

図 5.57 写真 5.2 の周波数特性

注意事項を以下に述べる。

- (1) コネクタ端子への接続線路は、壁面上に沿って 50Ω になるように接続線路中を設計する。それを確かめるには、2 導体を取り去って対抗する端子を接続線路で結び、相手側の端子に 50Ω を接続した時のほかの端子からの整合を取る。
- (2) 真ん中の 2 導体は、2 導体を通す窓のついた薄い C_r の小さい絶縁版と、間隔には C_r の小さな絶縁体で保つ。絶縁体は、 $C_r = 2.17$ のプリント基板をエッチングして作成した。

(4) 誘電体装荷型対向面結合ストリップ線路方向性結合器

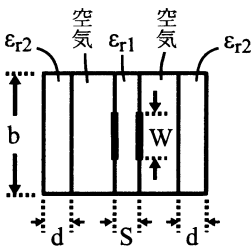


図 5.58 誘電体装荷型対向面結合ストリップ線路方向性結合器の構造

結合が大きな場合、両ストリップ線路の間隔が狭くなるので、図 5.58 のように、両ストリップ線路を比誘電率 ϵ_{r1} 、幅 S の誘電体基板の両面に作成して作る事ができる。その時、真ん中の基板以外を空気にする、偶モードの速度が奇モードよりも速くなるため、 ϵ_{r1} よりも大きな値 ϵ_{r2} をもつ幅 d の誘電体基板を空气中に一部分満たして、両モードの位相速度を一致させることができる。

いま、 d を調整することによって、実効誘電率 $\epsilon_{r,eff} = \epsilon_{r2}$ とすると、 w/b 及び s/b は表 5.14 で $\epsilon_r = \epsilon_{r1}$ として決定すればよい。この d は当然 ϵ_{r2} が大となれば小さくなり、この関係を種々の ϵ_{r2} について求めると表 5.17 のようになる。

(5) 容量性窓を付加した対向面結合ストリップ線路方向性結合器

(4) の誘電体装荷は、線路の軸方向に一様に偶モードにのみ作用する分布容量を加えたものと等価であるので、これを図 5.59 のように数ヶ所に集中させたものである。いま、結合分布定数線

表 5.17 図 5.58 の装荷誘電体の比誘電率と誘電体の幅 d の関係

i) $c = -3\text{dB}$				ii) $c = -6\text{dB}$				iii) $c = -10\text{dB}$			
$b = 0.5a$		$b = a$		$b = 0.5a$		$b = a$		$b = 0.5a$		$b = a$	
$W/b = 0.443,$		$W/b = 0.364,$		$W/b = 0.608,$		$W/b = 0.494,$		$W/b = 0.626,$		$W/b = 0.540,$	
$S/b = 0.098$		$S/b = 0.080$		$S/b = 0.229$		$S/b = 0.179$		$S/b = 0.390$		$S/b = 0.306$	
ϵ_{r1}	d/b	ϵ_{r1}	d/b	ϵ_{r1}	d/b	ϵ_{r1}	d/b	ϵ_{r1}	d/b	ϵ_{r1}	d/b
4	0.354	4	0.386	4	0.288	4	0.338	4	0.221	4	0.280
6	0.324	6	0.362	6	0.262	6	0.315	6	0.200	6	0.259
10	0.305	10	0.344	10	0.245	10	0.298	10	0.185	10	0.243

路の長さを $\lambda/4$ とし、この長さの区間に負荷される容量の合計を $C_{ad}[\text{F}]$ とすると、

$$C_{ad} = \frac{\lambda_g}{4Z_{ev}v_o} \left(\sqrt{\epsilon_{r1}} - \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{r1}}} \right) \quad [\text{F}] \quad (5.41)$$

となる [註 5-3].

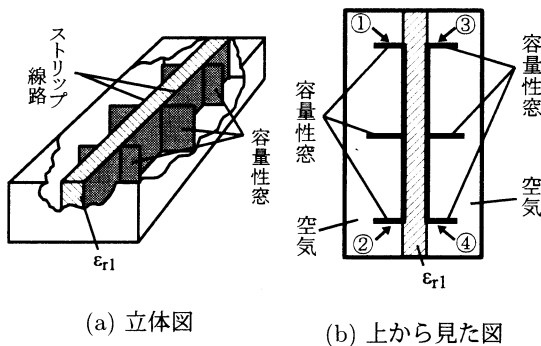


図 5.59 容量性窓を付加したストリップ線路方向性結合器の構造

従って、この C_{ad} を 2 本の結合線路に分布させるには、両端の容量をそれ以外のものの半分にするのが好ましい。この理由は、分布定数線路を CLC の π 回路の縦続接続で表したときの等価回路からわかる。従って、図 5.59 のように 3ヶ所に分ける時には、両端の容量は $C_{ad}/4$ となり、真ん中の容量は $C_{ad}/2$ にすればよい。この分布がもっとも広帯域な S_{11} (入力整合) と S_{41} (アイソレーション) が得られることが回路シミュレーションでも確かめられる。

[註 5-3]

全て ϵ_{r1} で充填された構造では、線路の偶モード領域の容量 C は、

$$C = l \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{Z_{ev}v_o}$$

である。ここで l は線路の長さである。次に図 5.59 のように偶モードの電界が主として存在する領域が空気である場合には、偶モードインピーダンスは $\sqrt{\epsilon_{r1}}$ 倍になるのでその容量 C' は、

$$C' = l \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{r1}}v_o}$$

となる。故に、線路に付加する容量 C_{ad} は、図 5.61 となる。ここで $l = \lambda_g/4$ [λ_g は全領域が ϵ_{r1} の媒質で満たされたときの方向性結合器中心周波数に於ける管内波長] である。

[例題] 図 5.59 の構造で 3dB 方向性結合器を作るにあたって、 $\epsilon_{r1} = 2.17$ 、 $\lambda_g/4 = 0.05[\text{m}]$ の場合につき求める。 $Z_{ev} = 120.914$ であることを考慮して、(5.41) 式より

$$C_{ad} = \frac{10^{12} \times 0.05}{120.914 \times 3 \times 10^8} \left(\sqrt{2.17} - \frac{1}{\sqrt{2.17}} \right) [\text{pF}] = 1.098 [\text{pF}]$$

となる。故に、両端の容量は $1.098/4=0.275$ [pF]、中央の容量は 0.55 [pF] となる。さて、これらの容量を持たせる一つの方法は、図 5.59 のようにストリップ線路用の容量窓を用いる事である。この窓は、磁束と平行に挿入されるから線路のインダクタンスを変化させない。従って偶モードの実効誘電率が奇モードのそれと一致した時には、均一媒質中の設計に一致するので、最初の手順で求めた w/b と s/b の値がそのまま用いられる。この構造を作成した写真を写真 5.3 に示し、その特性を図 5.60 に示す。

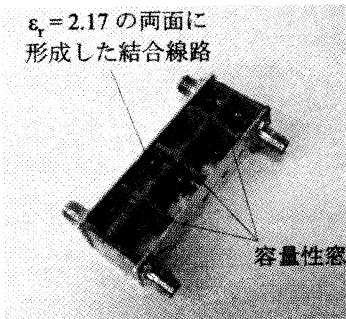


写真 5.3 容量性窓装荷形ストリップ線路方向性結合器

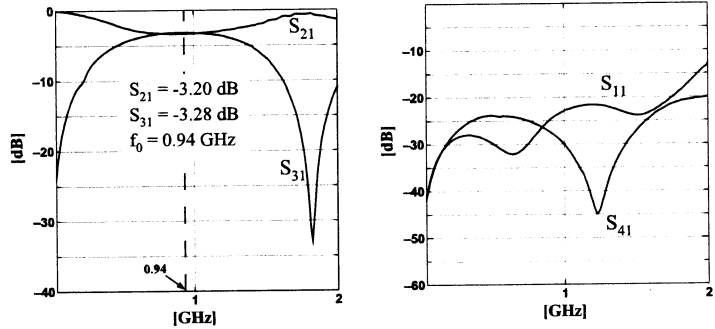


図 5.60 写真 5.3 の周波数特性