

## (b) 実効比誘電率

偶モードの場合、適当な比誘電率  $\epsilon_{r1}$  を持つ基盤を選んで、奇モードの実効比誘電率 ( $\epsilon_{r2}$  よりわずかに小さいが近い値) に等しくしなければならない。そこでまず、偶モードの実効比誘電率を求めてみる。

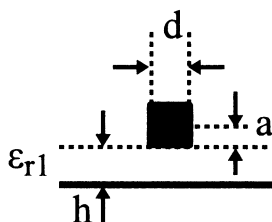


図 5.68 偶モードの等価断面図

偶モードの場合には、図 5.66(b) に於いて、接地と等価矩形棒との間に  $\epsilon_{r1}$  の誘電体が挿入されることになるから、図 5.68 の断面構造となる。いま  $a/h \ll 1$  の場合にはマイクロストリップ線路となり、また  $d \ll h$  の場合に

$$\epsilon'_{r,ev,eff} = \frac{\epsilon_{r1} + 1}{2} \quad (5.51)$$

となる。そこで図 5.68 の構造を形状シミュレーションで求めた実効比誘電率  $\epsilon_{r,ev,eff}$   $\epsilon_{r,eff}$  及びそれを (5.51) 式の  $\epsilon'_{r,eff}$  で除した値を示すと表 5.20(a)(a) 及び (b) の如くなる。

そこで、表 5.20(a)(b) の値を得るためのフィッティング式を求めた結果

$$\epsilon_{r,ev,eff} = \frac{\epsilon_{r1} + 1}{2} \frac{1}{\cosh \left[ 0.282 \epsilon_{r1}^{0.57} \cdot \left( \frac{a}{h} \right)^{0.22} \right]} \quad (5.52)$$

を得た。従って先述の手順 1, 2 で  $a/h$  の値が求まり、その時用いた  $\epsilon_{r,eff} (\simeq \epsilon_{r2})$  を (5.52) 式に用いると、所望の  $\epsilon_r$  が逆に求まり、これは計算機で求めることができる。

さて [註 5-5] の図 1 よりわかるように、同図の上部のエッジ容量  $C_{f2}$  のみ空気中の値となる。一方手順 1~3 で求めたものは全て  $\epsilon_{r,eff} = \epsilon_{r2}$  としているため、こうして求めた構造の実効比誘電率は  $\epsilon_{r2}$  よりわずかに小さくなる。一例を示すと、文献 [5-58] に示されているように  $\epsilon_{r2} = 2$  を使用して  $C = -3\text{dB}$  及び  $-1.6\text{dB}$  を使ったとき、それぞれ  $\epsilon_{r,eff} = 1.92$  及び  $1.98$  とわずかに減少している。そこでこれをより計算で精度を高くするには、手順 1~3 で得た寸法を用いて、 $\epsilon_{r,eff}$  の (5.53) 式に代入して得た値を再び  $\epsilon_{r,eff}$  として手順 1~3 の計算を行えばよい。

表 5.20 偶モードの実効比誘電率  $\epsilon_{r,eff}$  (形状シミュレーションによる値) 及び  $\epsilon_{r,eff}/\epsilon'_{r,eff}$  の値(a) 偶モードの実効比誘電率  $\epsilon_{r,eff}$  の値

$\epsilon_{r1}$ \ a/h	0.1	1	2	3	4	5	6	7	8
2.17	1.575	1.446	1.395	1.363	1.339	1.320	1.304	1.290	1.227
2.60	1.776	1.591	1.520	1.470	1.445	1.420	1.400	1.380	1.363
3.00	1.960	1.722	1.632	1.578	1.539	1.507	1.481	1.459	1.458
4.50	2.637	2.188	2.028	1.934	1.868	1.816	1.773	1.736	1.703
6.00	3.302	2.634	2.404	2.272	2.180	2.107	2.047	1.997	1.960
10.00	5.053	3.786	3.369	3.135	2.974	2.850	2.748	2.663	2.586

(b)  $\epsilon_{r,eff}/\epsilon'_{r,eff}$  の値

$\epsilon_{r1}$ \ a/h	0.1	1	2	3	4	5	6	7	8
2.17	0.994	0.912	0.880	0.860	0.845	0.823	0.823	0.810	0.800
2.60	0.987	0.883	0.840	0.820	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760
3.00	0.980	0.860	0.820	0.790	0.770	0.750	0.740	0.730	0.720
4.50	0.960	0.800	0.740	0.700	0.680	0.660	0.650	0.630	0.620
6.00	0.940	0.750	0.690	0.650	0.620	0.600	0.580	0.570	0.560
10.00	0.920	0.690	0.610	0.560	0.540	0.520	0.500	0.480	0.470

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_{r2} \frac{a}{d} + \frac{\ln 2}{\pi} + \frac{\epsilon_{r1}}{\pi} \ln \left( 1 + \coth \frac{h}{a} \right)}{\frac{a}{d} + \frac{1}{\pi} \left\{ 1 + \ln \left( 1 + \coth \frac{h}{a} \right) \right\}} \quad (5.53)$$

上記は物理的な意味に基づいて近似的に設計を行う手法を述べ、実用的には問題のないことを述べたが、基本的には (5.48)(5.49)(5.53) 式及び (5.52) 式より以下の如く数値計算で求めることである。即ち (5.48)(5.49) 及び (5.53) 式の 3 つの連立方程式に  $Z_{ev}$ ,  $Z_{od}$ ,  $\epsilon_{r1}$  及び  $\epsilon_{r2}$  を与えたとき、3 つの未知数  $a/h$ ,  $d/h$  及び  $\epsilon_{r,eff}$  ( $= \epsilon_{r,od,eff}$ ) を求め、こうして求めた  $a/h$  を (5.52) 式に代入して得た  $\epsilon_{r,ev,eff}$  の値を (5.44-c) 式の  $\epsilon'_{r,eff}$  に代入して負荷容量  $C_{ad}$  を求めることである。しかしながら本稿のように容量負荷形の場合には、その容量を僅か調整することにより、偶モードの実効誘電率を調整して奇モードのそれと併せることができる。

## (5) 設計例と製作

(4) で述べた手順をフローチャートで図 5.69 に示す。また製作したものを写真 5.4(a) 及び (b) に示し、写真 5.4(a) の特性を図 5.71 に示す。図 5.69 で (カッコ) 内は設計数値を示す。こうして求めた値は  $\epsilon_{r2} \simeq \epsilon_{r,eff}$  として求めたが、得られた値を再度 (5.52) 式に代入して  $\epsilon_{r,eff}$  を求め、更に一度上記フローチャートで繰り返せばより精度が得られる。

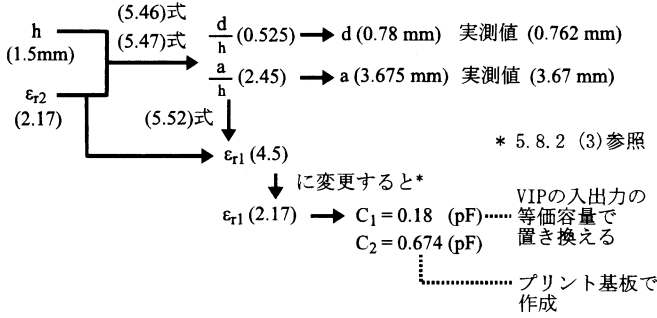


図 5.69 フローチャート

しかし実際には最初のフローチャートでの設計で十分に間に合う。次に  $\epsilon_{r1}$  を  $\epsilon_{r,eff}$  より小さい適当な値の水平基板に置き換えて (5.44-c) 式により  $C_{ad}$  を決め、次に  $C$  (入出力の  $E$  波に基づく等価容量) を測定したのち  $C_{ad} - (C/4)$  の負荷容量を入出力に、また  $C_{ad}/2$  の容量を入出力の中間にマイクロストリップなどで挿入する。なお  $C_{ad} - C/4 = 0$  になるようにテーパー等で  $C$  を調整すれば入出力の負荷容量は不要である。

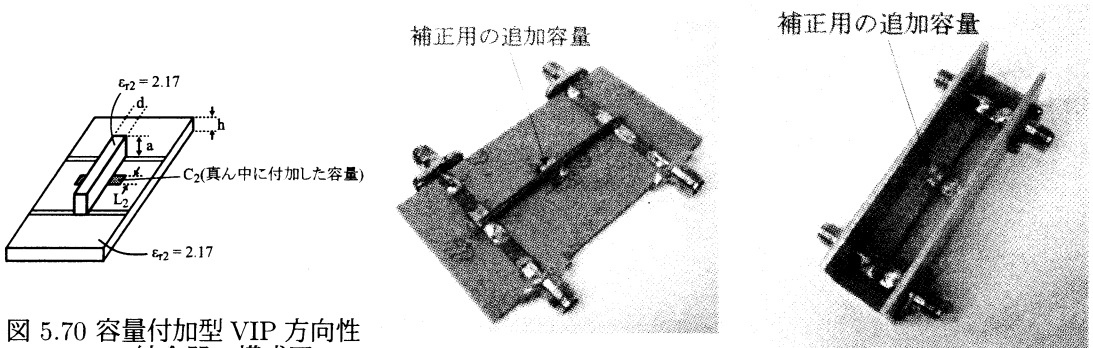
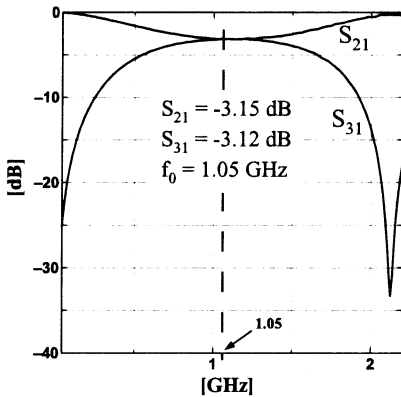


図 5.70 容量付加型 VIP 方向性結合器の構成図

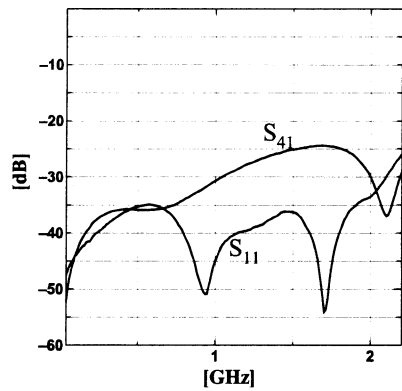
(a) 遮蔽箱なし

(b) 遮蔽箱あり

写真 5.4 VIP 結合線路を用いた 3dB 方向性結合器



(a)  $S_{21}$  と  $S_{31}$



(b)  $S_{41}$  と  $S_{11}$

図 5.71 写真 5.4 の周波数特性