

6.1.4 $\lambda/2$ 共振器を隣接共振器を結合させる方法 [6-1][6-3]

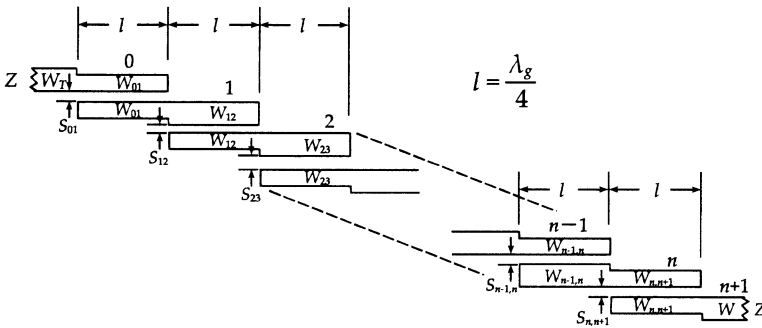


図 6.10 $\lambda/2$ 共振器を $\lambda/4$ 結合線路で結合した帯域通過フィルタ

[手順 1]

$$\left. \begin{array}{l} \text{帯域外減衰量} \rightarrow n \\ \text{帯域内減衰量} \rightarrow A_{\max}(\text{リップル}) \end{array} \right\} \rightarrow k_{ij}, Q_e \quad \text{表 6.6}$$

[手順 2]

$$\frac{Z}{K_{i,i+1}} = \frac{\pi}{2} k_{i,i+1} \quad (6.1)$$

$$\frac{Z}{K_{01}} = \sqrt{\frac{\pi}{2Q_e}} \quad (6.2)$$

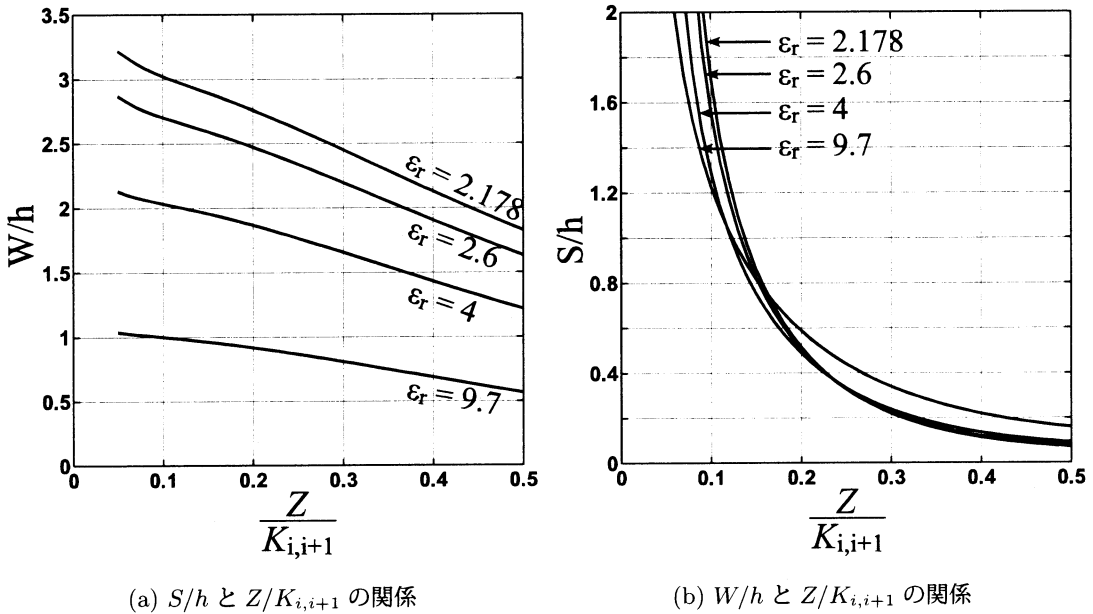
[手順 3]

これらの値を次式に代入して i 番目の結合線路の偶モード及び奇モードインピーダンス $Z_{e,i,i+1}$ 及び $Z_{o,i,i+1}$ が求まる。

$$\left. \begin{array}{l} \frac{Z_e}{Z} = 1 + \frac{Z}{K} + \frac{Z^2}{K} \\ \frac{Z_{od}}{Z} = 1 - \frac{Z}{K} + \frac{Z^2}{K} \end{array} \right\} \quad (6.3)$$

[手順 4]

この $Z_{e,i,i+1}$ 及び $Z_{o,i,i+1}$ を満たすマイクロストリップの幅 $W_{i,i+1}$ 及び結合線路間のギャップ $S_{i,i+1}$ を基板の厚み h で割った値が求まる。この値は種々求められており [6-4], (6.1) 式の $Z/K_{i,i+1}$ が与えられると直ちに S/h と W/h が読み取れる図表を図 6.11(a) 及び (b) に示した。特に $\epsilon_r = 9.7$ のアルミナの場合には文献 [6-4] で求められており、図 6.11 とよく一致している。

図 6.11 S/h 及び W/h を $Z/K_{i,i+1}$ より求める図

この方法は狭帯域近似の条件のもとに求められたものであるので、 $w \leq 0.05$ では比較的良好合うが $w \geq 0.05$ では下記の如くずれた値となる。

[例題 1] $n = 2$, w (比帯域幅) = 0.05, A_m (帯域内最大減衰量 [dB]) = 0.01 [dB], $R_o = 50[\Omega]$ の例

表 6.6[6-5] より $Q_e = 8.978$, $k_{12} = 0.11686$ となるので、手順 2 より

$$Z_{e,01} = 79.665 [\Omega], \quad Z_{o,01} = 37.835 [\Omega]$$

$$Z_{e,12} = 60.865 [\Omega], \quad Z_{o,12} = 42.5 [\Omega]$$

となり、これらの値を用いてシミュレーションで求めると $A_m = 0.01$ [dB], $w = 0.051$ となる。

[例題 2] $n = 3$, $w = 0.05$, $A_m = 0.01$ [dB], $R_o = 50[\Omega]$ の例

表 6.6[6-5] より $Q_e = 12.584$, $k_{12} = k_{23} = 0.064$, $Z_{e,01} = 73.90$, $Z_{o,01} = 38.576$, $Z_{e,12} = 55.78$, $Z_{o,12} = 45.48$ となりシミュレーションでは $A_m = 0.014$ [dB], $w = 0.06$ となる。

[例題 3] $n = 3$, $w = 0.1$, $A_m = 0.01$ [dB], $R_o = 50[\Omega]$ の例

表 6.6[6-5] より $Q_e = 6.292$, $k_{12} = k_{23} = 0.128$ となるので手順 2 より, $Z_{e,01} = 87.5$,

* $Z_{o,01} = 37.5$, $Z_{e,12} = 62.07$, $Z_{o,12} = 41.97$ となりシミュレーションでは $A_m = 0.0052$ [dB], $w = 0.092$ となる。

更に帯域幅も広い範囲まで求めるには、図 6.10 の $\lambda/4$ 結合線路部分を付録 2 の付図 2.3(イ)で置き換えて Q_e と k_{ij} を求め、その連立方程式を解くことにより求めることができる。

しかしながら図 6.10 の構造は、簡単な平面回路で比較的狭帯域なフィルタに用いられることが多いので、以上述べた S.B.Cohn の公式を紹介した。

図 6.10 の構造で 3 段 BPF を製作したものを写真 6.1 に示す。

表 6.6 (a) 最大平坦特性をもつ BPF の Q_e と k_{ij} 及び w との関係 [6-5]

n	wQ_e	$\frac{k_{12}}{w}$	$\frac{k_{23}}{w}$	$\frac{k_{34}}{w}$	$\frac{k_{45}}{w}$	$\frac{k_{56}}{w}$	$\frac{k_{67}}{w}$	$\frac{k_{78}}{w}$	$\frac{k_{89}}{w}$	$\frac{k_{910}}{w}$
1	2.0000									
2	1.4142	0.707								
3	1.0000	0.7071	0.7071							
4	0.7654	0.8409	0.5412	0.8409						
5	0.6180	1.0000	0.5558	0.5558	1.0000					
6	0.5176	1.1688	0.6050	0.5176	0.6050	1.1688				
7	0.4450	1.3424	0.6671	0.5268	0.5268	0.6671	1.3424			
8	0.3902	1.5188	0.7357	0.5537	0.5097	0.5537	0.7357	1.5188		
9	0.3473	1.6969	0.8079	0.5893	0.5158	0.5158	0.5893	0.8079	1.6969	
10	0.3129	1.8761	0.8825	0.6299	0.5330	0.5062	0.5330	0.6299	0.8825	1.8761

表 6.6 (b) 等リップル特性をもつ BPF の Q_e と k_{ij} 及び w との関係

n	wQ_e	$\frac{k_{12}}{w}$	$\frac{k_{23}}{w}$	$\frac{k_{34}}{w}$	$\frac{k_{45}}{w}$	$\frac{k_{56}}{w}$	$\frac{k_{67}}{w}$	$\frac{k_{78}}{w}$	$\frac{k_{89}}{w}$	$\frac{k_{910}}{w}$
0.01dB リップル										
1	0.0960									
2	0.4489	2.3372								
3	0.6292	1.2798	1.2798							
4	0.7129	1.0810	0.7940	1.0810						
5	0.7563	1.0066	0.8970	0.6970	1.0066					
6	0.7814	0.9701	0.6597	0.6209	0.6597	0.9701				
7	0.7970	0.9493	0.6410	0.5918	0.5918	0.6410	0.9493			
8	0.8073	0.9363	0.6301	0.5773	0.5662	0.5773	0.6301	0.9363		
9	0.8145	0.9276	0.6232	0.5689	0.5535	0.5535	0.5689	0.6232	0.9276	
10	0.8197	0.9214	0.6185	0.5635	0.5462	0.5419	0.5462	0.5435	0.6185	0.9214

n	wQ_e	$\frac{k_{12}}{w}$	$\frac{k_{23}}{w}$	$\frac{k_{34}}{w}$	$\frac{k_{45}}{w}$	$\frac{k_{56}}{w}$	$\frac{k_{67}}{w}$	$\frac{k_{78}}{w}$	$\frac{k_{89}}{w}$	$\frac{k_{910}}{w}$
0.03dB リップル										
1	0.1665									
2	0.6016	1.8064								
3	0.7872	1.0871	1.0871							
4	0.8681	0.9504	0.7215	0.9504						
5	0.9090	0.8988	0.6499	0.6499	0.8988					
6	0.9322	0.8733	0.6224	0.5921	0.6224	0.8733				
7	0.9465	0.8588	0.6086	0.5702	0.5702	0.6086	0.8588			
8	0.9560	0.8497	0.6006	0.5592	0.5506	0.5592	0.6006	0.8497		
9	0.9626	0.8436	0.5955	0.5529	0.5410	0.5410	0.5529	0.5955	0.8438	
10	0.9673	0.8393	0.5921	0.5488	0.5354	0.5321	0.5354	0.5488	0.5921	0.8393

n	wQ_e	$\frac{k_{12}}{w}$	$\frac{k_{23}}{w}$	$\frac{k_{34}}{w}$	$\frac{k_{45}}{w}$	$\frac{k_{56}}{w}$	$\frac{k_{67}}{w}$	$\frac{k_{78}}{w}$	$\frac{k_{89}}{w}$	$\frac{k_{910}}{w}$
0.1dB リップル										
1	0.3052									
2	0.8430	1.3810								
3	1.0315	0.9190	0.9190							
4	1.1088	0.8310	0.6576	0.8310						
5	1.1468	0.7975	0.6077	0.6077	0.7975					
6	1.1681	0.7809	0.5886	0.5662	0.5886	0.7809				
7	1.1811	0.7714	0.5790	0.5506	0.5506	0.5790	0.7714			
8	1.1897	0.7654	0.5734	0.5428	0.5365	0.5428	0.5734	0.7654		
9	1.1956	0.7615	0.5699	0.5383	0.5296	0.5296	0.5383	0.5699	0.7615	
10	1.1999	0.7586	0.5675	0.5355	0.5256	0.5232	0.5256	0.5355	0.5675	0.7586

n	wQ_e	$\frac{k_{12}}{w}$	$\frac{k_{23}}{w}$	$\frac{k_{34}}{w}$	$\frac{k_{45}}{w}$	$\frac{k_{56}}{w}$	$\frac{k_{67}}{w}$	$\frac{k_{78}}{w}$	$\frac{k_{89}}{w}$	$\frac{k_{910}}{w}$
0.2dB リップル										
1	0.4342									
2	1.0378	1.1952								
3	1.2275	0.8408	0.8408							
4	1.3028	0.7731	0.6277	0.7731						
5	1.3394	0.7473	0.5876	0.5876	0.7473					
6	1.3598	0.7345	0.5723	0.5539	0.5723	0.7345				
7	1.3722	0.7272	0.5647	0.5412	0.6015	0.5647	0.7272			
8	1.3804	0.7226	0.5602	0.5350	0.5298	0.5350	0.5602	0.7226		
9	1.3860	0.7195	0.5574	0.5313	0.5242	0.5242	0.5313	0.5574	0.7195	
10	1.3901	0.7173	0.5554	0.5290	0.5209	0.5189	0.5209	0.5290	0.5554	0.7173

n	wQ_e	$\frac{k_{12}}{w}$	$\frac{k_{23}}{w}$	$\frac{k_{34}}{w}$	$\frac{k_{45}}{w}$	$\frac{k_{56}}{w}$	$\frac{k_{67}}{w}$	$\frac{k_{78}}{w}$	$\frac{k_{89}}{w}$	$\frac{k_{910}}{w}$
0.5dB リップル										
1	0.6986									
2	1.4029	1.0040								
3	1.5963	0.7558	0.7558							
4	1.6703	0.7085	0.5953	0.7085						
5	1.7058	0.6905	0.5658	0.5658	0.6905					
6	1.7254	0.6815	0.5545	0.5404	0.5545	0.6815				
7	1.7372	0.6764	0.5489	0.5310	0.5310	0.5489	0.6764			
8	1.7451	0.6731	0.5456	0.5263	0.5224	0.5263	0.5456	0.6731		
9	1.7504	0.6710	0.5435	0.5236	0.5182	0.5182	0.5236	0.5435	0.6710	
10	1.7543	0.6694	0.5420	0.5219	0.5157	0.5142	0.5157	0.5219	0.6694	0.6694

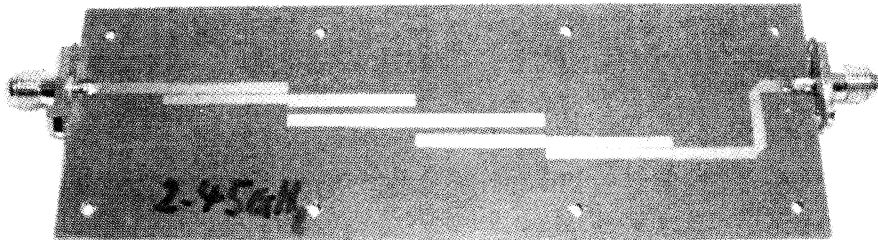


写真 6.1 図 6.10 の構造で 2.5 [GHz] の 3 段 BPF を製作した写真