

Interdigital 커패시터를 이용한 높은 지향성의

방향성 결합기 설계

오준석^{*} · 정태훈^{**} · 최영식^{**} · 한대현^{**}

동의대학교 전자공학과

Design of high directivity directional coupler

with interdigital capacitor

Jun-seok Oh^{*} · Tae-hoon Jeong^{**} · Young-sik Choi^{**} · Dae-hyun Han^{**}

^{*}Dong-Eui University Dept. of electronics Eng.

Email: ojs0167@hanmail.net

요 약

이 논문에서는 800MHz 대역에서의 interdigital 커패시터를 이용한 높은 지향성의 방향성 결합기를 설계하였다. 본 논문에서는 20dB 방향성 결합기 설계에 있어 interdigital 커패시터의 파라미터 W, G, Ge, Lo, Wt에 따른 결합도와 격리도의 변화를 분석하여 최적화 함으로써 30dB이상의 지향성을 얻도록 설계하는 것을 목적으로 하였다.

I. 서 론

마이크로스트립 방향성 결합기는 간단하고 크기가 작아 MMIC/MHMIC에 쉽게 결합되기 때문에 마이크로파 시스템에 광범위하게 적용되어진다. 그러나 일반적인 마이크로스트립 방향성 결합기는 마이크로스트립 라인이 균일하지 못한 유전율을 가지므로 지향성이 좋지 못하다. 즉, 짝모드와 홀모드 전파는 위상속도가 달라지고 그 결과 다른 전기적 파장길이의 결과를 갖게된다. 만약에 짝모드와 홀모드 전파가 결합되어지는 포트에서 서로 상쇄될 수 없다면 지향성은 나빠질 것이다. 지향성을 개선하기 위한 전통적인 방법은 홀모드의 실효유전율을 개선하고 홀모드와 짝모드의 위상속도를 동일하게 하는 것이다. 이 논문에서는 결합기의 각 종단에 보상 커패시터를 연결함으로써 지향성을 개선시키는 방법을 선택하였다. 이 방법은 짝모드에서 보상 커패시터는 거의 보이지 않고 홀모드에서 전기적 길이를 증가시켜 간접적으로 홀모드와 짝모드의 전기적 길이를 보상해 준다. 그 결과 결합되어지는 포트에서 짝모드와 홀모드 전파는 상쇄된다. 이러한 기술은 [1][2]에서 연구되었다. 이

논문에서는 HP EESOF software을 이용하여 보상 커패시터를 interdigital 커패시터로 대체하여 방향성 결합기에 연결하고 설계 및 시뮬레이션 하였다.

II. 이론 및 설계

마이크로스트립 선로를 이용하여 전력을 임의로 분배할 수 있는 마이크로파 분배기/합성기를 실현하는데 사용하는 가장 유용한 구조중의 하나는 두 전송선로를 물리적으로 충분히 접근시킴으로써 두 선의 전압, 전류에 의한 전자계의 결합이 이루어지도록 구성하는 4-포트 회로망인 방향성 결합기이다. 이러한 4-포트 방향성 결합기를 설계하기 위해 본 논문에서는 유전율 (ϵ_r) 이 4.6이고 기판의 두께(d)가 0.8mm인 기판을 사용하여 20dB의 방향성 결합기를 설계하였다. 전송선로의 넓이(Wt)를 결정하기 위하여 실효유전율을 구해야 한다. 실효유전율은 식(1)으로 정의된다.

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{d}{W}}} \quad (1)$$

임피던스는 50옴이고 실효유전율이 결정되고 나면 전송선로의 넓이를 결정한다. Wt 는 식(2)으로 정의된다.

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d} \right) \quad \frac{W}{d} \leq 1 \text{ 일 때} \quad (2)$$

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e \left[\frac{W}{d} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W}{d} + 1.444 \right) \right]}}$$

$$\frac{W}{d} \geq 1 \text{ 일 때}$$

특성임피던스 Z_0 와 결합계수 C 가 주어지면 이를 만족하는 짝모드와 홀모드 특성임피던스는 식(3)으로 구할 수 있다.

$$Z_{oe} = Z_0 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$Z_{oo} = Z_0 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} \quad (3)$$

방향성 결합기의 전체길이는 $\lambda/4$ 일때 최대값을 가지게 되고 interdigital 커패시터를 사용한 경우 일반적으로 L_0 는 $\lambda/8$ 의 길이를 가지게 된다. 그림1에서는 interdigital 커패시터를 이용한 방향성 결합기의 회로도를 보인다. 이러한 방법을 이용하여 원하는 결과값을 얻기 위해 III에서는 L_0 , W , G , G_e 의 변화에 따른 특성을 파악하여 사용 가능한 구조를 찾아 각각의 파라미터 값을 찾아보도록 하겠다.

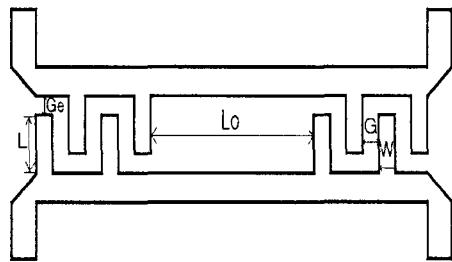


그림1 Interdigital 커패시터를 가진 결합기

그림2는 상대유전율 (ϵ_r)이 4.6이고 기판의 두께 (d)가 0.8mm인 기판을 사용하여 설계한 마이크로 스트립 방향성 결합기의 회로도이다.

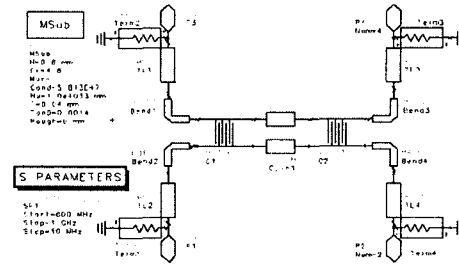


그림2 회로도

III. 시뮬레이션 및 결과 분석

그림3은 회로도의 레이아웃이다. 그림4와 5는 시뮬레이션 결과이다. 결합도는 거의 20dB이고 격리도는 거의 50dB이다. 그리고 interdigital 커패시터를 사용함으로써 30dB의 지향성을 얻었다.



그림3 회로도에 따른 layout

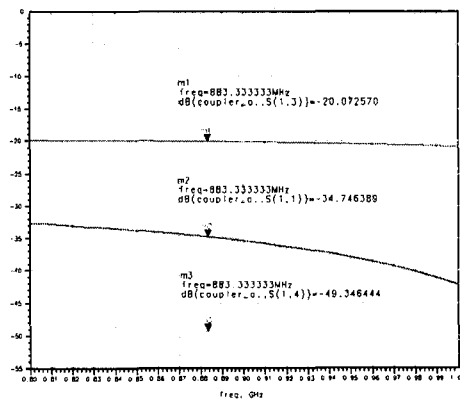


그림4 S파라미터 시뮬레이터 결과

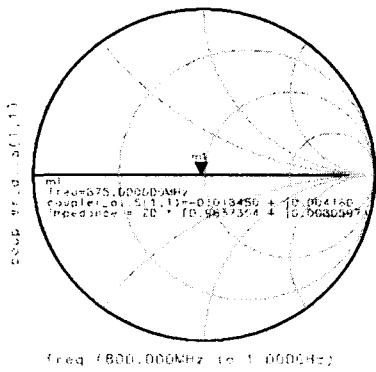
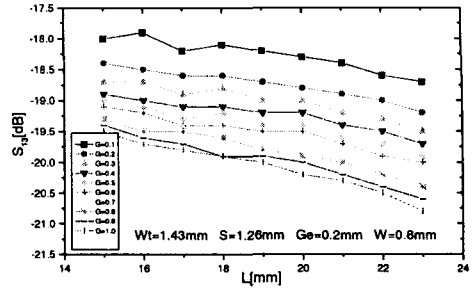
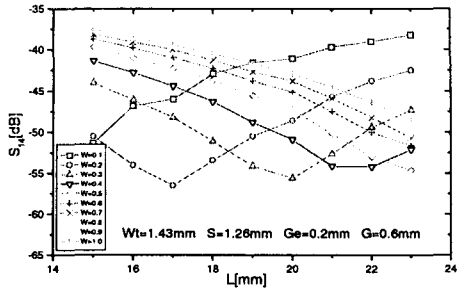
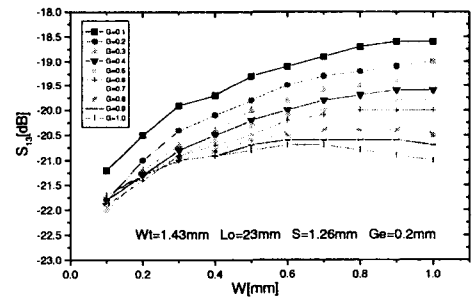
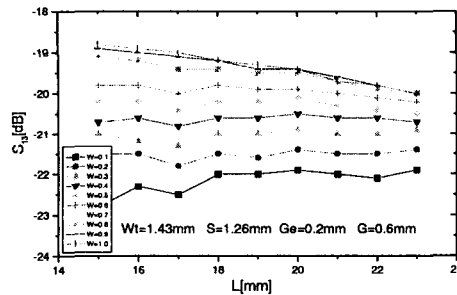
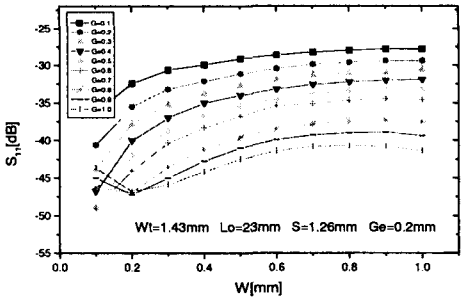
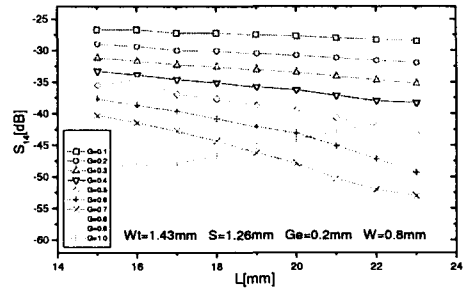


그림5 S11 스미스차트

그림6은 interdigital 커패시터의 파라미터 W, G, Ge, Lo, Wt가 변화 할 때 S파라미터 S11, S13, S14의 변화를 보여준다. 이로써 interdigital 커패시터가 결합도와 격리도에 어떻게 영향을 주는 지를 관찰 할 수 있다. 이 결과를 이용하여 20dB의 결합도와 50dB의 격리도, 30dB이상의 지향성을 갖는 방향성 결합기를 제작할 수 있다.



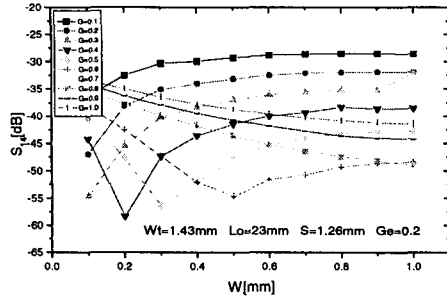


그림6 Interdigital 커패시터 파라미터 W , G , Ge , Lo 의 변화에 따른 S 파라미터

IV. 결론 및 고찰

본 논문에서는 높은 지향성의 방향성 결합기를 설계하기 위해 interdigital 커패시터를 이용하였고, interdigital 커패시터를 분석하기 위한 방법으로 파라미터 W , G , Ge , Lo , Wt 를 변화시켜 결합도와 격리도를 측정하여 30dB의 지향성을 갖는 20dB 방향성 결합기 얻을 수 있었다. 앞으로 이러한 결과를 토대로 interdigital 커패시터 파라미터 W , G , Ge , Lo , Wt 의 변화에 따른 커패시터 값의 변화를 측정할 계획이고, 30dB의 결합도와 60dB 이상의 격리도를 갖는 높은 지향성의 방향성 결합기를 제작할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] Kajfez, d. Raise Coupler Directivity With Lumped Compensations, Mar. 1978 : Vol.17. No.3 : 64-70
- [2] Bhartia, P. and I.J. Bhi. Millimeter Wave Engineering and Applications, New York : Wiley. 1984 : 358-382
- [3] G.D. ALLY, Interdigital Capacitor and Application to Lumped Element Microwave Circuit. IEEE TRANS. 1970 MTT-18 : 1028-1033
- [4] "A study of microstrip coupler with high directivity" JIN LIN, 1988. IEEE
- [5] Michael Dydyk. "Microstrip Directional Coupler with Ideal Performance via Single-Element Compensation" senior Member, IEEE
- [6] David M. Pozar, "Microwave Engineering"