Journal of the Microelectronics & Packaging Society
Vol. 11, No. 2, p. 43-47. 2004

다층 구조를 적용한 Dual band 방향성 결합기 개발에 관한 연구

유명재* · 유찬세 · 박성대 · 이우성 · 강남기
전자부품연구원

Development of Dual Band Directional Coupler Applying Multi-layer Structure

Myong Jae Yoo*, Joshua Yoo, Seong Dae Park, Woo S. Lee, and Nam K. Kang
Korea Electronics Technology Institute

초 록: 전력 결합기 및 전력 배분기는 마이크로파 수동 소자의 일종으로 전력을 결합하거나 나눌 때 쓰이는 것이다. 최근의 정보통신 시스템의 추세를 보아 수동 소자의 집적화 및 소형화가 요구된다. 본 연구에서는 이러한 추세를 감안하여 2012 크기의 다층 구조를 적용한 양대역 방향성 결합기를 저온 동시 소성 기술을 활용하여 제작하였다. DCS(Digital communication system)와 EGSM(European global system for mobile) 대역에서 각기 원하는 커플링을 얻기 위해서 수직 결합 패턴들을 다층 구조에 적용하였다. 제작된 방향성 결합기의 결합성, 삽입 손실, 격리성 및 방향성 등의 특성들을 측정하였고 시뮬레이션 결과들과 비교 고찰하였다.

Abstract: A coupler or divider is a microwave passive component used for power coupling or dividing. Regarding the trend of current telecommunication systems monolithic integration of passive components is highly desirable. In this study by the LTCC(Low temperature co-fired ceramics) technology a 2012 size type dual band coupler with multi-layer structure was fabricated. To achieve the desired coupling values for both DCS and EGSM bands, broad side coupled patterns were used with multi-layer structure. Its characteristics such as coupling, insertion loss, isolation and directivity values were measured and compared with simulation results.

Keywords: Multi-layer, LTCC, Dual Band, Coupler, DCS, EGSM

1. 서 론

부가가치가 높은 RF 응용부품의 상품화가 선진국에 비해서 떨어지는 현 시점에서 고주파 부품의 개발에 필요한 재료 및 회로 설계 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 PCB 기판의 유전율이 낮음으로 인해 기판 상에서 coupler가 차지하는 면적이 크게 되어 단말기의 소형화에는 제약이 따르기 때문에 Glass/Ceramic 유전체 재료와 전극 물질로서 Ag paste를 활용하는 저온 동시 소성 기술을 이용한 다층 양대역 방향성 결합기로 ceramic chip coupler를 개발하여 소형 단말기에 적합한 부품 개발을 목표로 하였다.

2. 실험방법

2.1. 사용 재료

사용재료는 크게 세라믹인 유전체 재료와 금속

*Corresponding author
E-mail: jsayoo10@keti.re.kr

물질인 도체를 사용하였다. 유전체 재료는 상용재료로 유전율이 7.8이고 손실 값이 0.003(6GHz), 온도계수는 7 ppm/°C 정도 되는 Dupont사의 9599 재료를 직접 tape casting 공정을 통하여 세라믹 그린 쉬트를 제작하였다. 도체는 도체 손실 값을 최소화하기 위해 전기전도도가 우수한 은 분말로 제작된 Ag 페이스트를 사용하였다.

2.2. 제작 공정 및 측정

시뮬레이션은 다층 구조를 적용하는 수직 결합 패턴들을 활용하여 2012 크기에 두께는 1000 μm 이하의 조건에서 실행하였고 tool로는 CST사의 MWS(Micro wave studio)를 활용하였다. 다층 구조에서 각 층은 일정한 두께가 되도록 설계하여 실제 샘플 제작 시 tape casting 공정에서 그린 쉬트 제작에 용이하도록 하였다. 제작된 그린 쉬트에 층간 연결을 위한 via hole을 형성하고 via hole에 도체를 채운 후 각 층에 도체 패턴을 인쇄하고 각 층을 적층하여 제작하는 다적층 공정(multi-layer process)을 적용하였다. 적층한 샘플을 cutting 한 후 belt 로를 이용하여 소성 공정을 거쳐서 최종 샘플을 제작하였다. 제작된 샘플은 HP사의 8753D network analyzer와 측정 지그를 이용하여 2 port 측정을 실시하고 시뮬레이션 결과와 비교 고찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 수~수십 GHz에서 tight coupling의 값을 지니나 0.9GHz(EGSM)와 1.8GHz(DCS)에서 weak coupling을 얻는 방법을 택하였다. 또한 주어진 크기에 적정한 coupling 값을 구현하기 위하여 다층 구조를 적용함에 있어서 broadside coupled stripline 구조를 적용하였는데 그 모양은 아래 Fig. 1과 같다.

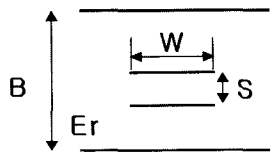


Fig. 1. Side view of broadside coupled stripline.

$$\frac{V_3}{V} = \frac{jC\tan\theta}{\sqrt{1-C^2}+j\tan\theta} \qquad \text{(Eq. 1.)}$$

윗 식1에서 V_3는 coupling port에서의 전압, C는 coupling 양, θ는 전기적인 길이를 의미하며 윗 식의 좌변, 즉 V_3/V은 target 주파수에서의 전압 coupling 비를 나타낸다. 우변의 C는 λ/4에서의 coupling 양이 된다. θ에 λ/4 즉 90°를 대입하면 우변과 좌변이 같아지게 된다. 따라서 일정한 V_3/V를 얻기 위한 C와 θ의 조합은 많이 존재하게 되고 그렇기 때문에 이를 최적화할 필요가 있다. C를 결정하기 위해 Fig. 1에 주어진 각 변수들에 대한 C의 의존도를 조사해 보니 W, B가 클수록, S가 작을수록, coupling 양이 증가하고, 재료의 유전율(Er)은 높을수록 line의 길이를 작게 할 수 있기 때문에 구조적 이득을 볼 수 있다. 그러나 특성 임피던스는 반대되는 효과를 가지고 있으므로 구조적 변수들을 가지고 C 값을 고려할 때는 동시에 특성 임피던스도 고려해야 한다. 앞서 추출한 구조를 검증하기 위해 2012 칩 크기를 중심으로 dual band 즉 각각 EGSM과 DCS 대역에서 각기 19, 14dB coupler 구조에 대한 3차원 simulation을 시행하였다.

Fig. 2는 dual band coupler의 시뮬레이션 구조를 보여주고 있다. simulation 설정 시 실제 측정 port와 마찬가지로 port를 설정하여 port 1이 DCS input, port 5가 EGSM input이 되도록 설정하였고 port 2가 DCS outuput, port 6이 EGSM output가 되도록 하였다.

3차원 simulation을 할 시 공정을 감안하여 각

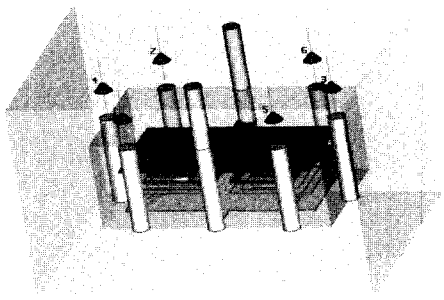


Fig. 2. Structure of dual band coupler.

layer 두께는 일정하게 설정하였으며 또한 전체 샘플의 크기 B는 900 μm 이하로 설정하여 실시하였다.

Coupler에서 구조적 변수에 따른 coupling 값의 영향성을 파악하기 위하여 spiral pattern을 설정하여 주어진 패턴으로 Fig. 1에서의 변수 W, S 변화를 주면서 simulation을 하였고 아래 Fig. 3과 4는 그 결과들 중 최종의 simulation 결과를 보여 주고 있다. 시뮬레이션을 통하여 주어진 2012 칩 크기에서 w 즉 선폭에 따른 coupling 변화보다 s 즉 spiral pattern간의 간격에 따른 coupling 값의 변화가 더 영향이 큼을 확인하였다. 시뮬레이션을 통하여 EGSM 대역에서 -19.82dB DCS 대역에서 -14.25 dB coupling 값을 가지는 구조를 설계하였다.

앞서 simulation 구조로 sample을 제작하여 2 port vector network analyzer(8753D)를 이용하여 직접 제작한 측정 지그 상에서 수행했다.

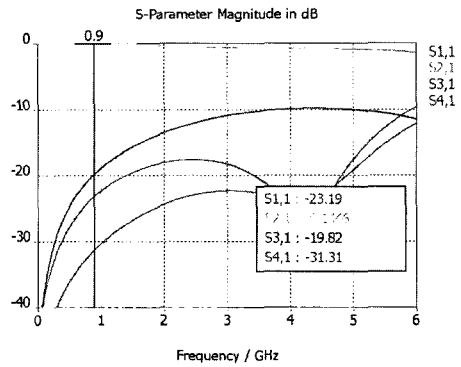


Fig. 3. Simulation results for EGSM band.

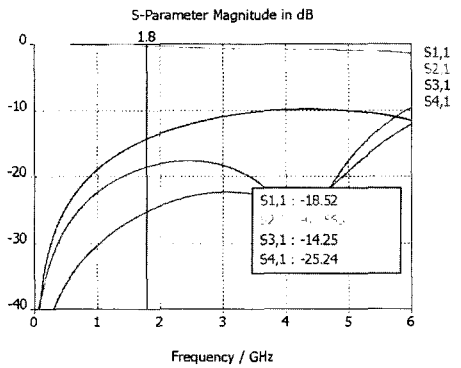


Fig. 4. Simulation results for DCS band.

아래 Fig. 5는 제작한 시편의 사진을 보여 주고 있다.

다음 Fig. 6과 7은 실제 제작한 시편의 특성을 측정한 결과들이다. 2 port network analyzer를 사용하였기에 2 port에 관하여 측정 시 나머지 port들은 50Ω termination 시켰다.

EGSM 대역에서 실제 제작한 샘플 측정 시 삽입손실은 0.1dB가 나왔으며 격리성은 34dB 이하 그리고 coupling은 19.48dB로 목표로 하였던 19dB와 유사한 값을 가짐을 확인하였다. DCS 대역에서의 측정 결과는 주파수 대역이 높아짐에 따라 삽입손실이 커졌고 측정치는 0.26dB가 나왔으며 격리성은 26dB 이하 그리고 coupling은 14.07dB로 목표치와 0.07dB의 매우 근소한 차이를 보였다.

4. 결과 및 고찰

EGSM과 DCS 대역의 Dual band coupler를 다층 구조를 적용하여 설계하였다. 공정 상의 용이성을 감안하여 simulation 후 LTCC 기술을 활용하여 샘플을 제작하여 특성을 비교 고찰하여 보았다.

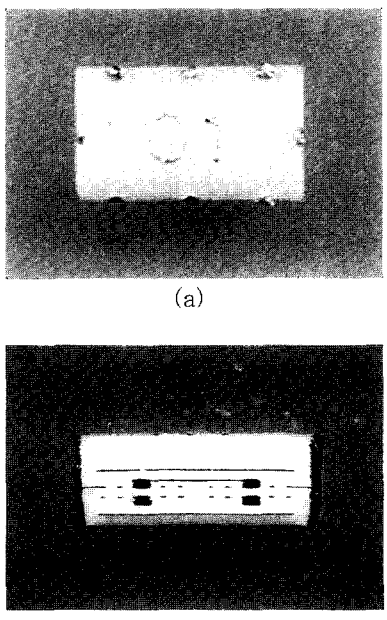
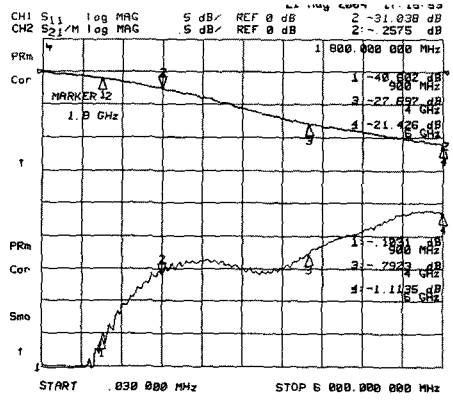
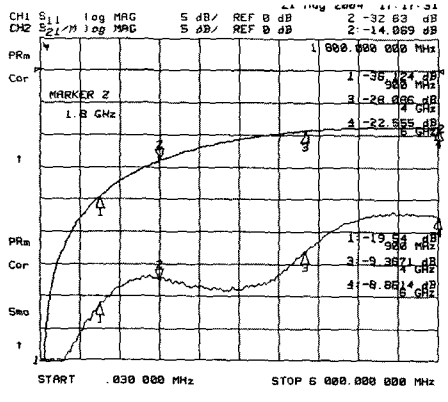


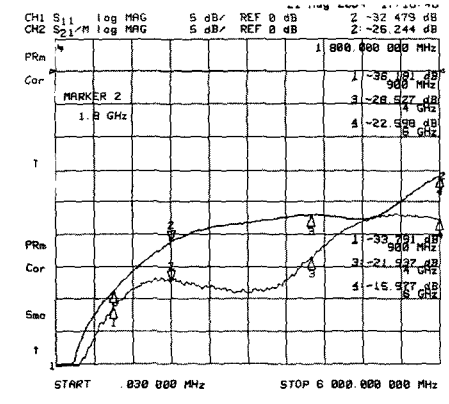
Fig. 5. Dual band coupler sample (a) top view (b) side view.



(a)

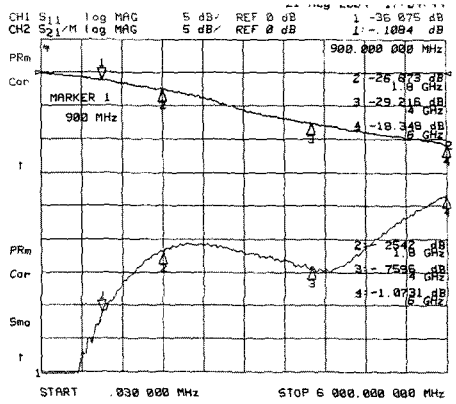


(b)

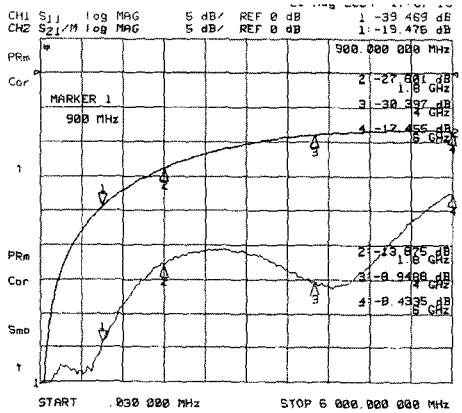


(c)

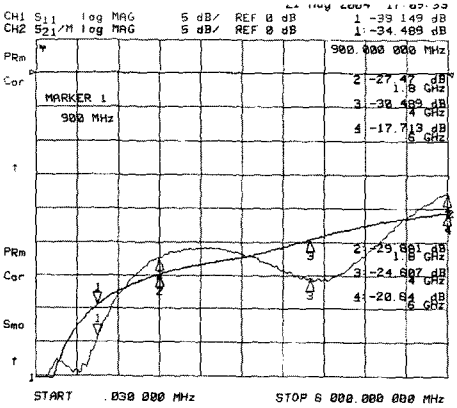
Fig. 6. Measurement values for DCS band. (a) insertion loss (b) coupling (c) isolation.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. Measurement values for EGSM band. (a) insertion loss (b) coupling (c) isolation.

Table 1. Comparison of simulation and measured values for dual band coupler (a)EGSM band (b) DCS band

EGSM 대역	simulation	측정 결과
R.L.(dB)	23.19	39.47
I.L.(dB)	0.1446	0.10
Coupling(dB)	19.82	19.48
Isolation(dB)	31.31	34.49

(a)

DCS 대역	simulation	측정 결과
R.L.(dB)	18.52	32.63
I.L.(dB)	0.3563	0.26
Coupling(dB)	14.25	14.07
Isolation(dB)	25.24	26.24

(b)

위의 결과들에서 보이듯이 시뮬레이션을 통하여 설정된 구조를 통하여 구현된 dual band coupler와 실제 제작한 샘플과 결합성 특성 및 격리성 등의 특성에서 매우 유사한 값을 가짐을 확인하였다. 이로서 다층 구조를 적용한 2012 칩 크기의 양대역 방향성 결합기의 개발에 사용한 시뮬레이션과 이를 통하여 LTCC 기술을 활용한 방향성 결합기 개발이 매우 적합함을 알 수 있었고 향후 크기는 더 작아지면서 유사한 특성을 지닌 제품 개발에 매우 유용할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Rajesh Mongia, "RF and Microwave Coupled-Line Circuits" Artech House, (1999).
2. David M. Pozar, "Microwave Engineering" John Wiley & Sons, pp. 383-397, (1998).
3. Raghu, K. Settaluri. "Design of Compact Multilevel Folded Line RF Couplers," IEEE Trans. Micro. Theory and Tech., vol 47, No 12, pp. 2331-2339, Dec (1999).
4. 이중근, 유찬세, 김경철, 이우성, "저온 소성 유전체 재료를 이용한 DCS 대역 방향성 결합기 개발에 관한 연구," 한국전기전자재료학회 추계학술대회, Nov 2003.