

저온 동시소성 기술을 이용한 Dual band 방향성 결합기 개발에 관한 연구

유명재, 유찬세, 박성대, 이우성, 강남기
전자부품연구원

Development of dual band directional coupler utilizing Low Temperature Co-fired ceramics technology

Myong jae Yoo, Joshua Yoo, Seong dae Park, Woo S. Lee, Nam K. Kang
Korea Electronics Technology Institute

Abstract

A coupler is a microwave passive component used for power coupling or dividing. Regarding the trend of current telecommunication systems it is highly desirable for monolithic integration of passive components as such LTCC(Low temperature cofired ceramics) technology offers potential advantage in size, cost and performance. Utilizing LTCC technology a 2012 size type dual band coupler for DCS and EGSM band was fabricated. Its characteristics such as coupling, insertion loss, isolation and directivity was measured and compared with simulation results

Key Words : LTCC, dual band, coupler

1. 서 론

부가가치가 높은 RF 응용 부품의 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 재료를 이용한 적층 Ceramic chip Coupler를 개발하여 소형 단말기에 적합한 부품 개발을 목표로 하였다.

2. 실 험

2.1 사용재료

사용재료는 크게 유전체와 도체, 그리고 저항체

로 구분되어진다. 유전체는 상용재료로 유전율이 7.8이고 손실 값이 0.003(6GHz), 온도계수는 7ppm/℃ 정도 되는 Dupont사의 9599 재료를 직접 casting 하여 사용하였고 도체는 도체 손실 값을 줄이기 위해 전기전도도가 좋은 metal content 86%의 Ag 전극을 사용하였다.

2.2 제작 공정 및 측정

샘플 제작은 tape casting 된 green sheet 에 via hole을 형성하고 via hole에 도체를 채운 후 도체 패턴을 인쇄하고 각 층을 적층하여 제작하는 다적층 공정(multi-layer process)을 적용하였다. 적층한 샘플을 cutting한 후 belt 로를 이용하여 소성 공정을 거쳐서 최종 샘플을 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 수~수십 GHz에서 tight coupling의 값을 지나나 0.9GHz(EGSM)와 1.8GHz(DCS)에서 weak coupling을 얻는 방법을 택하였다. 이를 위해 broadside coupled stripline 구조를 적용하였는데 그 모양은 아래 그림과 같다.

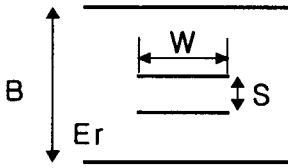


그림 1. Broadside coupled stripline의 단면도.

$$\frac{V_3}{V} = \frac{jC \tan \theta}{\sqrt{1 - C^2 + j \tan \theta}}$$

윗 식의 좌변, 즉 V_3/V 즉, target 주파수에서의 coupling양을 나타내고 우변의 C 는 $\lambda/4$ 에서의 coupling양이 된다. θ 에 $\lambda/4$ 즉 90° 를 대입하면 우변과 좌변이 같아지게 된다. 따라서 일정한 V_3/V 를 얻기 위한 C 와 θ 의 조합은 많이 존재하게 되고 그렇기 때문에 이를 최적화할 필요가 있다. C 를 결정하기 위해 그림 1에 주어진 각 변수들에 대한 C 의 의존도를 조사해 보니 W , B 가 클수록, S 가 작을수록, coupling양이 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.

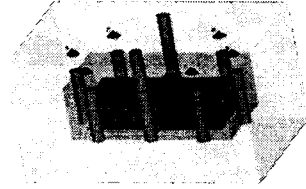


그림 2. The structure of dual band coupler.

그림 2는 dual band coupler의 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 output, port 6이 EGSM output가 되도록 하였다. 또한 3차원 simulation을 할 시 공정을 감안하여 각 layer 두께는 일정하게 설정하였으며 또한 전체 샘플의 크기 B 는 900um 이하로 설정하여 실시하였다.

Coupler에서 coupling 값이 변화에 주는 구조적 변수의 영향성을 파악하기 위하여 주어진 패턴으로 그림1에서의 변수 W , S , B 에 변화를 주면서 simulation을 하였고 아래 그림은 그 결과들 중 최종의 simulation 결과를 보여 주고 있다.

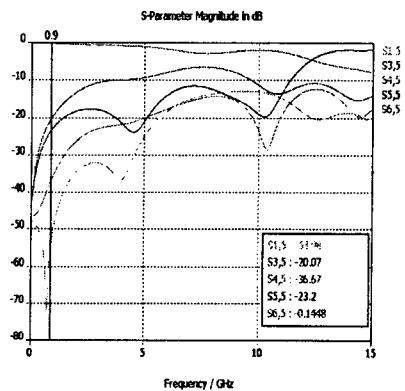


그림 3. EGSM 대역 simulation 결과.

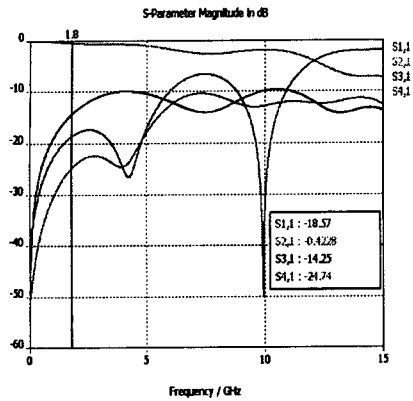


그림 4. DCS 대역 simulation 결과.

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

아래 그림은 측정 지그를 보여주고 있다. 각 선로는 termination이 50Ω이 되도록 설계하였다.

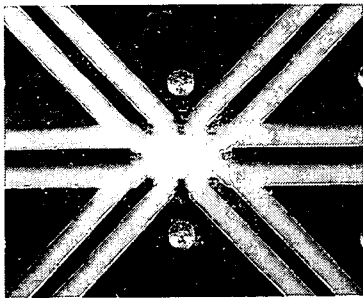


그림 5. 측정 지그.

아래 그림은 제작한 시편의 사진을 보여 주고 있다.

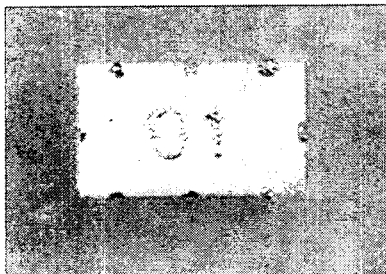
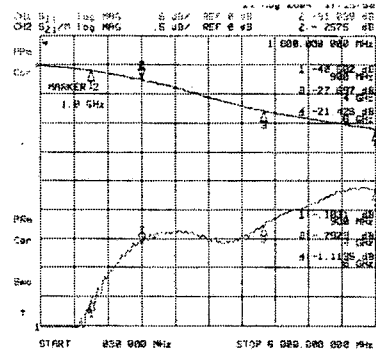
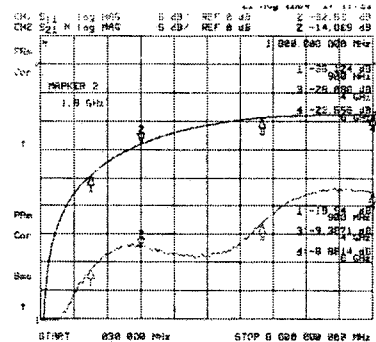


그림 6. Dual band coupler sample.

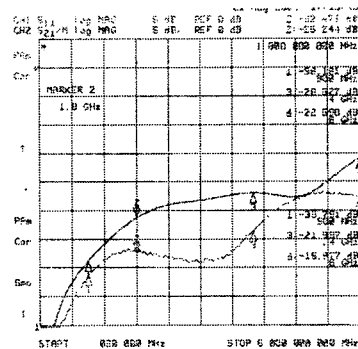
다음은 실제 제작한 시편의 특성을 측정 한 결과들이다. 2 port network analyzer를 사용하였기에 2 port에 관하여 측정 시 나머지 port들은 50Ω termination 시켰다.



(a)



(b)



(c)

그림 7. DCS 대역의 측정 결과 (a) insertion loss (b) coupling (c) isolation.

4. 결론

Dual band coupler를 설계하여 simulation 후 제작하여 특성을 비교 고찰하여 보았다.

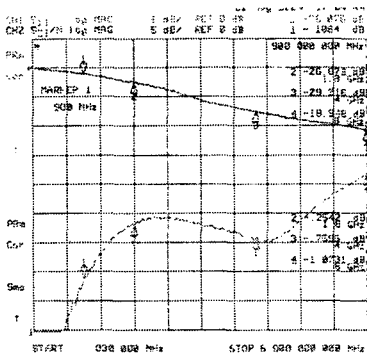
EGSM 대역	simulation	측정 결과
R.L.(dB)	23.2	39.47
I.L.(dB)	0.1448	0.10
Coupling(dB)	20.07	19.48
Isolation(dB)	36.67	34.49

DCS 대역	simulation	측정 결과
R.L.(dB)	18.57	32.48
I.L.(dB)	0.4228	0.26
Coupling(dB)	14.25	14.87
Isolation(dB)	24.74	26.24

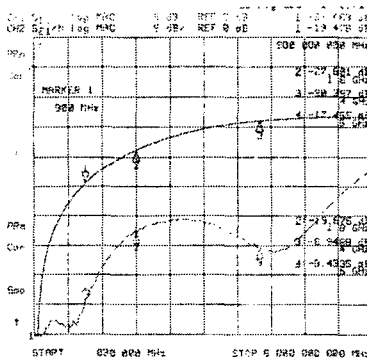
위 결과로 보아 simulation하여 추출한 특성을 가진 샘플을 실제로 제작하여 매우 유사한 특성을 가진 것을 얻을 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

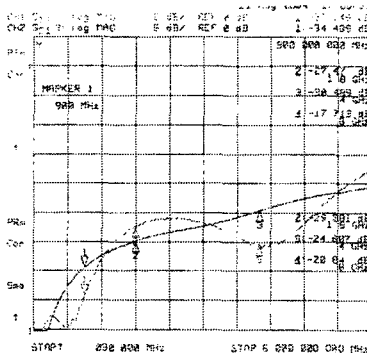
- [1] Rajesh Mongia, "RF and Microwave Coupled-Line Circuits" Artech House, 1999
- [2] David M. Pozar, "Microwave Engineering" John Wiley & Sons, 1998
- [3] Raghu, K. Settaluri. "Design of compact multilevel folded line RF couplers," IEEE Trans. Micro. Theory and Tech., vol 47, No 12, pp. 2331-2339, Dec 1999.



(a)



(b)



(c)

그림 8. EGSM 대역의 측정 결과 (a) insertion loss (b) coupling (c) isolation