

# 저온 소성 유전체 재료를 이용한 DCS 대역 방향성 결합기 개발에 관한 연구

이중근, 유찬세, 김경철, 이우성  
전자부품연구원

## The study on the development of directional coupler of DCS band using a Low Temperature Co-fire dielectric material

J.K. Lee, Joshua Yoo, Erick Kim, W.S. Lee,  
Korea Electronics Technology Institute

### Abstract

Nowadays, the study on the ceramic components and modules used in telecommunication system is being performed. Coupler is a microwave passive component used for power coupling or dividing and directional coupler is designed to be possible optional dividing percentage. In our research, We developed 14dB and 19dB directional couplers of DCS band. The good characteristics, the target insertion loss and high isolation, of couplers is obtained by LTCC processing using a ceramic material.

**Key Words** : LTCC, coupler, directional, DCS, 14dB, 19dB

### 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. 실험

#### 2.1 사용재료

사용재료는 크게 유전체와 도체, 그리고 저항체로 구분되어진다. 유전체는 상용재료로 유전율이 7.8이고 손실 값이 0.003(6GHz), 온도계수는 7ppm/°C 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

기판의 제작은 tape casting 된 green sheet 에 via hole을 형성하고 도체 패턴을 인쇄한 후 여러 층을 쌓아서 제작하게 되는 적층공정(multilayer process)을 적용하였다. top의 port와 bottom의 port를 연결하기 위해 side printing을 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 수~수십 GHz에서 tight coupling의 값을 지나나 900MHz에서 weak coupling을 얻는 방법을 택하였다. broadside coupled stripline 구조를 적용하였는데 그 모양은 아래 그림과 같다.

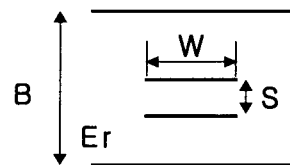


그림 1. Broadside coupled stripline의 단면도.

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

윗 식의 좌변, 즉  $V_3/V$  즉, target 주파수에서의 coupling 양을 나타내고 우변의 C는  $\lambda/4$ 에서의 coupling 양이 된다.  $\theta$ 에  $\lambda/4$  즉  $90^\circ$ 를 대입하면 우변과 좌변이 같아지게 된다. 따라서 일정한  $V_3/V$ 를 얻기 위한 C와  $\theta$ 의 조합은 많이 존재하게 되고 그렇기 때문에 이를 최적화할 필요가 있다. C를 결정하기 위해 그림 1에 주어진 각 변수들에 대한 C의 의존도를 조사해 보니 W, B가 클수록, S가 작을수록, coupling 양이 증가하고, Er은 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 1608 칩 크기를 중심으로 14, 19dB coupler 구조에 대한 3차원 simulation을 시행하였다.

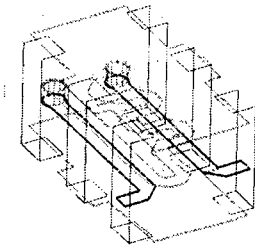


그림 2. The structure of DCS 14dB coupler.

윗 그림에서 via를 첨가하여 패턴의 길이를 증가시키는 구조를 적용하였다. 그 결과 구현해야 하는 tight coupling 값을 감소시킬 수 있었고 이로 인해 선폭과 패턴간 거리를 공정이 수월한 정도로 조절할 수 있었다.

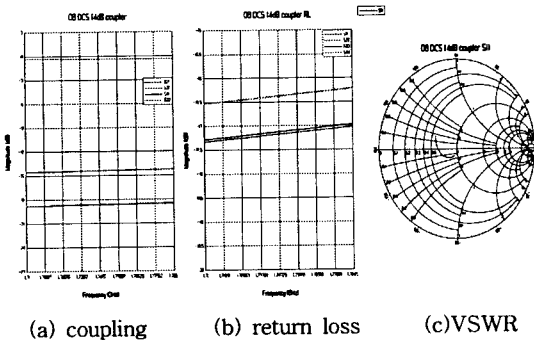


그림 3. The results of simulation of DCS 14dB coupler.

simulation 시에는 그 구조가 간단하고 층간의 두께가 30um 이상 확보되었기 때문에 전극 두께를 고려하여 시행할 수 있었고 이로 인해 simulation 결과도 target value와 잘 일치하였다.

아래 그림은 패턴과 단면도를 보여준다.

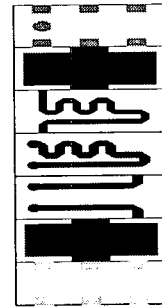
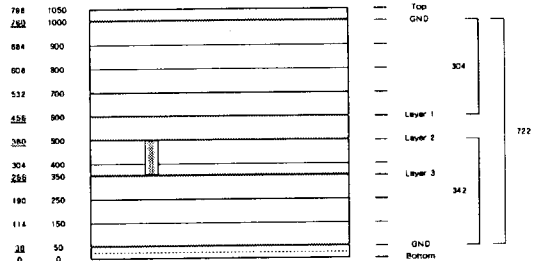


그림 4. The patterns and side view of DCS 14dB coupler.

앞서 언급한대로 한쪽 패턴이 두개의 층으로 구분됨으로써 충분한 길이를 확보하였고, 단면도 구조를 DCS 대역과 비교할 때 층간, 즉 패턴간 거리가 충분히 구현되어 있음을 알 수 있고 이는 제작 시 적용하는 세라믹 쉬트의 두께가 일정 두께를 갖기 때문에 via punching 과 screen printing을 진행하기 용이함을 의미한다.

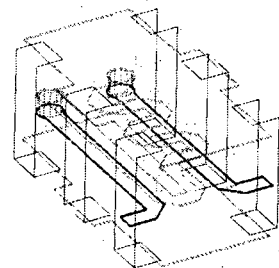


그림 4. The structure of DCS 19dB coupler.

DCS 19dB coupler도 14dB에서와 동일한 패턴을 사용하였고, 역시 via를 포함한 구조를 적용하면서 tight coupling 값을 줄여 19dB를 맞출 수 있도록 하였다. 그림 5의 side view를 보면 DCS 14dB에서보다 층간이 훨씬 증가되어 있음을 알 수 있다.

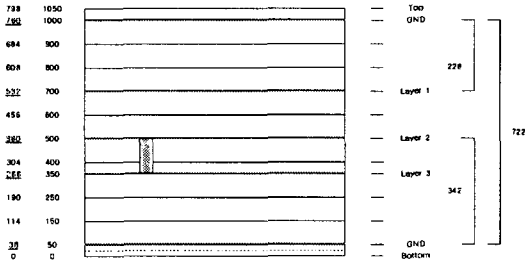


그림 5. The side view of DCS 19dB coupler

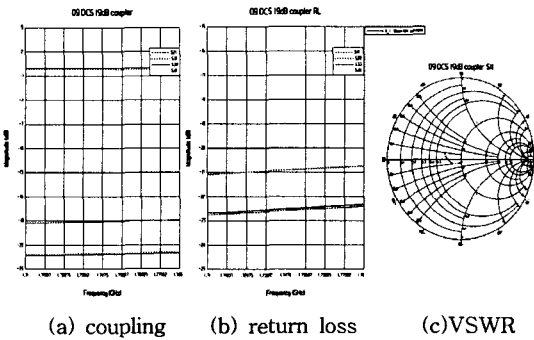
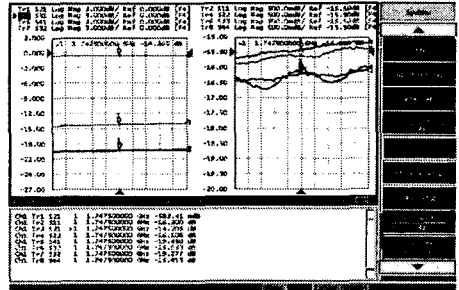


그림 6. The results of simulation of DCS 19dB coupler.

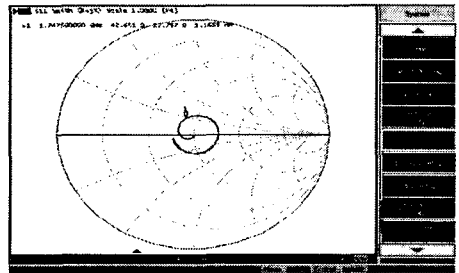
그림 6에서 19dB coupler 역시 전극 두께를 고려했기 때문에 원하는 주파수에서 19dB정도의 coupling이 잘 구현되고 있음을 알 수 있다. 앞서 simulation 한 2개 대역에 대해 sample의 변수를 설정하여 제작 및 측정을 진행하였다. 측정은 4 port vector network analyzer(agilent)를 이용하여 직접 제작한 측정 지그 상에서 수행했다. 5종의 길이 변수를 주어 측정한 결과 길이가 짧아질수록 coupling 값은 작아지는 가운데 isolation 특성은 개선되는 경향을 보였고 전극의 길이가 감소했기 때문에 insertion loss도 계속 감소해가는 양상을 나타내었다. 각 변수에 대한 coupling 값이 아래 표에 정리하였고, 다음 그림은 원하는 값을 얻은 1번 sample에 대한 측정그림이다.

표 1. Coupling values in the variation with length of patterns(DCS)

	1	2	3	4	5
C(dB)	14.2	15.482	18.43	20.228	22.5



(a) coupling



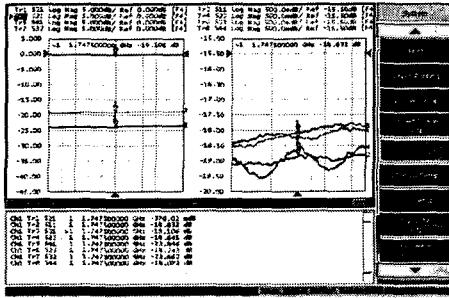
(b) VSWR

그림 7. The characteristics of DCS 14dB coupler.

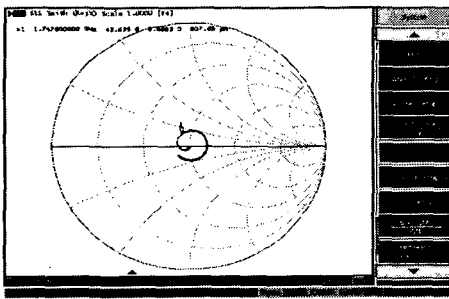
14dB coupler에 대해 insertion loss 0.58dB, return loss 16.2dB, isolation 19.45dB로 선진사 sample 이상의 특성을 얻었다. 다음은 6종 sample의 DCS 19dB 측정 결과이다. 즉, insertion loss 0.376dB, return loss와 isolation 18dB 근처의 우수한 특성을 보이고 있다.

표 2. Coupling values in the variation with length of patterns(DCS).

C	1	2	3	4	5	6
dB	18.23	19.46	20.83	22.20	23.40	25.10



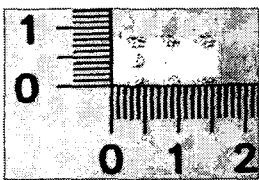
(a)coupling



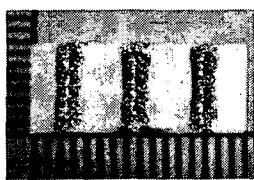
(b) VSWR

그림 8. The characteristics of DCS 19dB coupler.

아래 그림은 제작한 시편의 사진을 나타내었다.



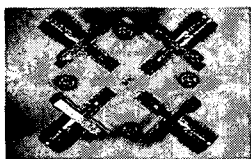
(a)top view



(b)side view



(c)Internal structure of coupler



(d) The shape of measurement board

#### 4. 결론

공정의 영향이 작은 구조로 설계하면서 길이를 최소화하여 insertion loss의 개선에 초점을 맞추었다. 아래는 DCS 대역의 최종 결과 spec.이다.

	DCS, 14dB	DCS, 19dB
R.L.(dB)	16.2	18.4
I.L.(dB)	0.583	0.378
Coupling(dB)	14	19
Isolation(dB)	19.5	24.3

#### 참고 문헌

- [1] Rajesh Mongia, "RF and Microwave Coupled-Line Circuits" Artech House, 1999
- [2] David M. Pozar, "Microwave Engineering" John Wiley & Sons, 1998