

# 저온 소성 유전체 재료를 이용한 EGSM 대역 directional coupler 개발에 관한 연구

유찬세, 김경철, 이우성  
전자부품연구원

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

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 EGSM 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, EGSM, 14dB, 19dB

### 1. 서론

최근에 저온 소성 세라믹 재료를 이용한 수동소자 및 모듈을 개발하는 연구들이 많이 수행되고 있다. 특히 고주파에서 두 선로 간의 발생하는 coupling 현상을 이용하여 전력 합성 또는 분배하는 coupler에 대한 연구가 활발하다. 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 도체로 나누어진다. 유전체는 상용재료로 유전율이 7.8이고 손실 값이 0.003(6GHz), 온도계수는 7ppm/°C 정도 되는 Dupont사의 9599 재료를 직접 casting하여 사용하였고 도

체는 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 900MHz에서 weak coupling을 얻는 방법을 택하였고, broadside coupled stripline 구조를 적용하여 그 모양은 아래 그림과 같다.

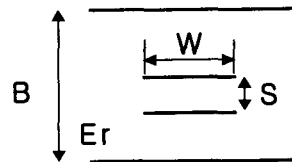


그림 1. Broadside coupled stripline의 단면도.

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

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.

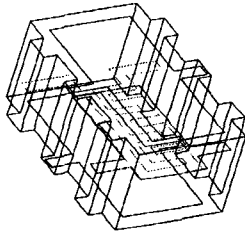


그림 2. The structure of GSM 14dB coupler.

위 그림과 같이 coupling이 일어나는 한쪽 패턴은 정확한 coupling을 맞추기 위해 설계한 선폭을 갖는 선으로 구현하였고 반대쪽은 넓은 면을 갖는 구조를 적용하였다. 이런 구조는 공정 작업시 발생하는 오차에 크게 영향을 받지 않고 원하는 coupling 값을 얻기 위함이었다. 아래 그림은 simulation 결과이다.

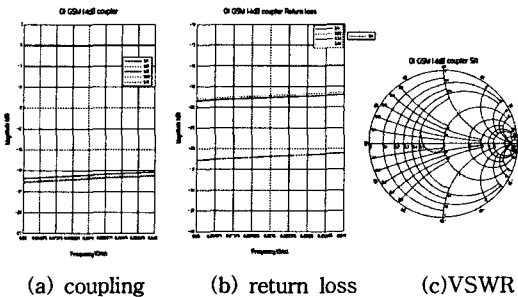


그림 3. The results of simulation of GSM 14dB coupler.

14dB보다 5dB 정도 작은 19dB정도의 coupling이 일어나고 있는데 simulation 시간을 단축하기 위해 전극 두께를 고려하지 않은 결과이다.

아래 그림은 패턴과 단면도를 보여준다.

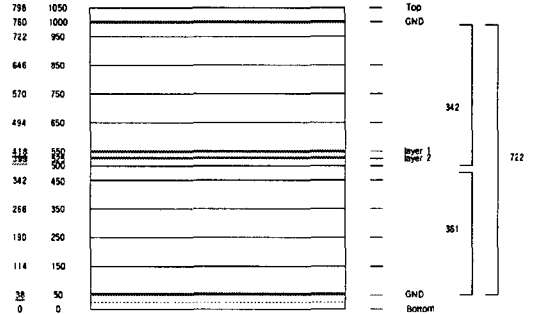


그림 4. The side view of GSM 14dB coupler

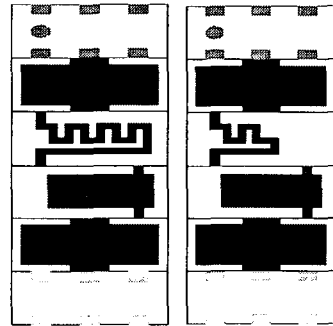


그림 5. The patterns of GSM 14dB and 19dB coupler.

14dB와 19dB의 세 번째 layer를 보면 19dB의 길이가 더 짧음을 알수 있는데 이는 14dB에서보다 tight coupling값이 작기 때문에 선폭과 패턴간 거리를 구현하기 쉽게 설계할 수 있었다. 만약에 tight coupling 값이 동일하다면 더 짧은 길이로 설계할 수 있음을 의미한다.

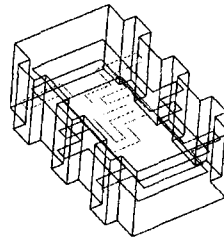


그림 6. The structure of GSM 19dB coupler.

GSM 19dB coupler도 14dB에서와 동일한 패턴을 사용하였고, 다만 dummy layer 수를 적게 사용하였기 때문에 전체 폭을 훨씬 줄여 구현하였다.

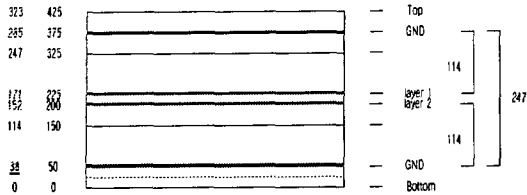
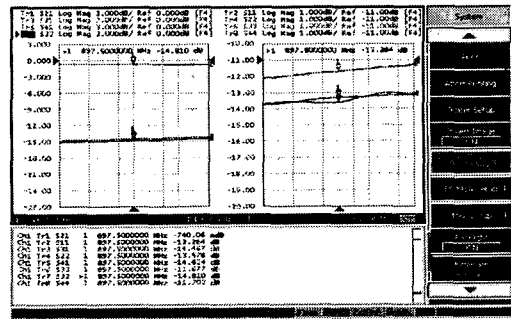
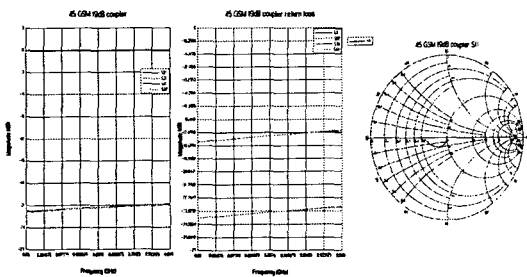


그림 7. The side view of GSM 19dB coupler



(a) coupling



(a) coupling (b) return loss (c) VSWR

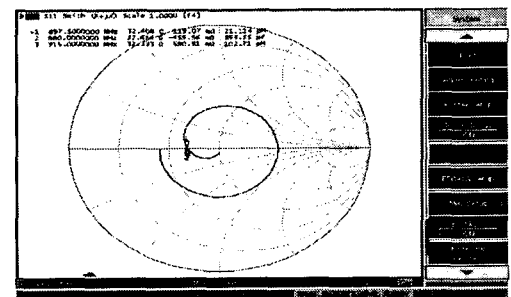
그림 8. The results of simulation of GSM 19dB coupler

그림 6에서 19dB coupler 역시 14dB에서와 같이 더 작은 coupling 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 후에 전극 두께를 고려할 경우 coupling 값이 증가하여 19dB 정도의 coupling을 나타낼 수 있을 것이다.

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. 6종의 길이 변수를 주어 측정한 결과 길이가 짧아질수록 coupling 값은 작아짐을 알 수 있는데 이는 tight coupling이 일어나는 주파수가 target 주파수와 멀어지기 때문이다. 또한 isolation은 길이가 짧아지면서 향상되고 있다. 각 변수에 대한 coupling 값이 아래 표에 정리하였고, 다음 그림은 원하는 값을 얻은 GSM 14dB coupler 1번 sample에 대한 측정그림이다.

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

C	1	2	3	4	5	6
(dB)	14.467	15.357	15.717	17.259	18.608	27.588



(b) VSWR

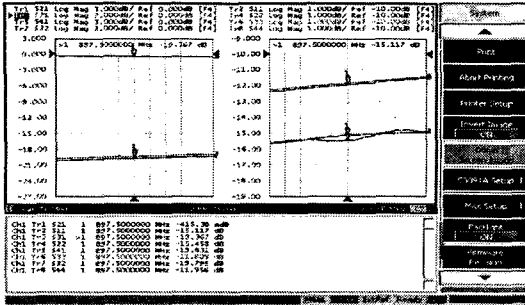
그림 9. The characteristics of GSM 14dB coupler.

14dB coupler에 대해 insertion loss 0.7dB, return loss 13.6dB, isolation 15dB로 이는 선진사 샘플에 상응하는 결과이다.

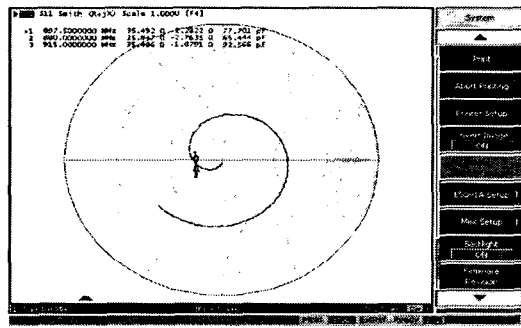
다음은 6종 sample의 GSM 19dB 측정 결과이다. 즉, insertion loss 0.4dB, return loss 15dB isolation 19.8dB로 14dB coupler에 비해 우수한 특성을 보이고 있다.

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

C	1	2	3	4	5	6
(dB)	15.349	15.769	18.159	19.367	20.039	20.43



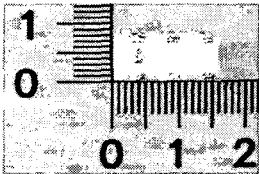
(a)coupling



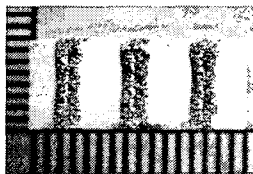
(b) VSWR

그림 10. The characteristics of GSM 19dB coupler.

아래 그림은 제작한 시편의 사진을 나타내었다.



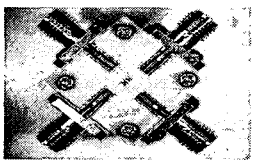
(a)top view



(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 GSM 대역의 최종 결과 spec.이다.

	GSM, 14dB	GSM, 19dB
Return loss(dB)	13.3	15.1
Insertion loss(dB)	0.74	0.42
Coupling(dB)	14	19
Isolation(dB)	14.8	19.8

#### 참고 문헌

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