

## Dual band Antenna Switch Module의 LTCC 공정변수에 따른 안정성 및 특성 개선에 관한 연구

이중근\* · 유찬세 · 유명재 · 이우성  
전자부품연구원

### Improving Stability and Characteristic of Circuit and Structure with the Ceramic Process Variable of Dualband Antenna Switch Module

Joong-Keun Lee\*, Joshua Yoo, Myung-Jae Yoo and Woo-Sung Lee

Korea Electronics Technology Institute (KETI)

**초 록:** 본 논문은 LTCC 공정에 기반을 둔 GSM/DCS dual band 의 소형화된 antenna switch module 을 공정변수 따른 특성의 왜곡을 안정화시키는 연구를 수행하였다. 특히 tape thickness의 변화에 따라 패턴간의 기생 커플링이 주된 변수로 작용한다. 두께 50  $\mu\text{m}$ 인 tape으로 제작된 시편의 사이즈는  $4.5 \times 3.2 \times 0.8 \text{ mm}^3$ 이고 insertion loss는 Rx mode와 Tx mode 각각 1dB, 1.2dB 이하이다. 공정상에서 tape thickness의 변화에 따라 개발된 모듈의 특성 안정성을 검증하기 위해 각 블록-다이플렉서, 필터, 바이어스 회로를 probing method을 이용, 측정하였고, 각 블록간의 상호관계는 VSWR을 계산하여 비교하였다. 또한 회로적 관점에서 특성 개선을 위해 바이어스 회로부분의 집중소자형과 분포소자형을 구현하여 서로 비교 분석하였다. 이를 통해 각 블록의 측정과 계산된 VSWR의 데이터는 공정변수에 의해 변화된 전체 module의 특성과 안정성 거동을 파악하는데 좋은 정보를 준다. Tape thickness변화에도 불구하고 다이플렉스의 matching 값은 연결되는 바이어스 회로와 LPF의 matching값과 상대 matching이 되면서, 낮은 VSWR을 유지하여 전체 insertion loss가 안정화 되는 것을 확인하였다. 더불어 분포소자형 바이어스 회로보다는 집중소자형이 다른 회로블록과의 관계에서 더 좋은 매칭을 이루어 loss 개선에 일조하였다. Tape thickness가 6  $\mu\text{m}$ 이상의 변화를 가져와도 집중소자형 바이어스 회로는 낮은 손실을 유지하여 더 넓은 안정 범위를 가져오기 때문에 양산에 적합한 구조가 될 수 있다. 그리고, probing method에 의한 안정성 특성 추출은 세라믹에 임베디드된 수동회로들의 개발에 충분히 적용될 수 있다.

**Abstract:** A compact antenna switch module for GSM/DCS dual band applications based on multilayer low temperature co-fired ceramic (LTCC) substrate is presented. Its size is  $4.5 \times 3.2 \times 0.8 \text{ mm}^3$  and insertion loss is lower than 1.0 dB at Rx mode and 1.2 dB at Tx mode. To verify the stability of the developed module to the process window, each block that is diplexer, LPF's and bias circuit is measured by probing method in the variation with the thickness of ceramic layer and the correlation between each block is quantified by calculating the VSWR. In the mean while, two types of bias circuits -lumped and distributed - are compared. The measurement of each block and the calculation of VSWR give good information on the behavior of full module. The reaction of diplexer to the thickness is similar to those of LPF's and bias circuit, which means good relative matching and low value of VSWR, so total insertion loss is maintained in quite wide range of the thickness of ceramic layer at both band. And lumped type bias circuit has smaller insertion itself and better correspondence with other circuit than distributed stripline structure. Evaluated ceramic module adopting lumped type bias circuit has low insertion loss and wider stability region of thickness over than 6  $\mu\text{m}$  and this can be suitable for the mass production. Stability characterization by probing method can be applied widely to the development of ceramic modules with

\*Corresponding author  
E-mail: neweins@yonsei.ac.kr

embedded passives in them.

**Keywords:** LTCC, antenna switch module, dual band

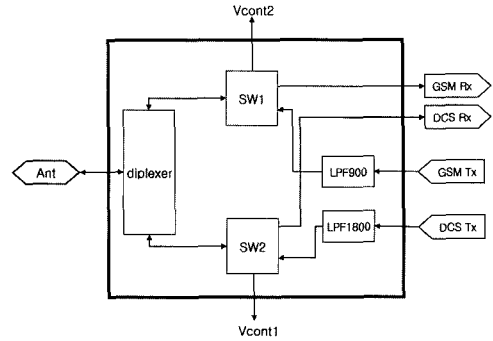
### 1. 서 론

오늘날, LTCC 을 사용한 세라믹 디바이스의 연구는 특히 이동통신용 부품 개발을 위해 수행되고 있다. 세라믹 모듈에서 사이즈의 축소는 3차원적인 설계가 가능하기 때문이지만, 많은 종류의 기생 성분들을 낳는다. 그래서 세라믹 모듈 내에 임베디드되는 소자들의 특성을 정량화하는 것이 중요하다. 이번 연구에서는 모듈의 구조의 변화에 따른 각 블록의 거동 분석을 하였고, 제작된 구조는 공정변수에 의해 생기는 특성의 열화를 해결할 수 있었다.

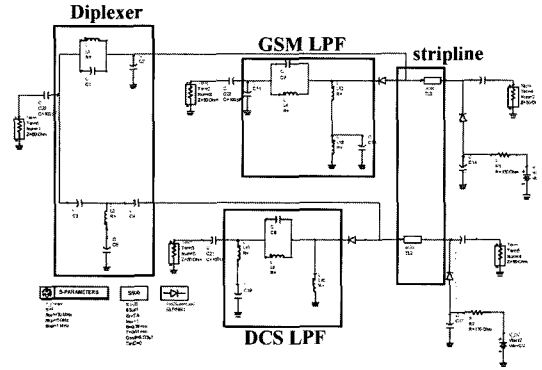
### 2. 실험 방법

기본적으로 LTCC공정을 이용하였고, Fig. 1은 multi-layer 공정 진행 단계이다. 특히 tape casting에서 tape thickness는 10 um의 오차를 발생시킬 수 있다. 이는 모듈의 특성에 영향을 미치는 주요 요인이 될 수 있다. 본 논문에서는 daejoo 0086IE lot Y40629인 전도체와 Dupont 9599로써 유전율 7.8,  $\tan \delta$  0.0015, density 3.22 g/cm<sup>3</sup>인 ceramic powder 사용하였다.

Dual band ASM은 밴드를 선택하기 위한 다이플



(a) Block diagram



(b) Circuit

Fig. 2. The block diagram and circuit of dual band ASM.

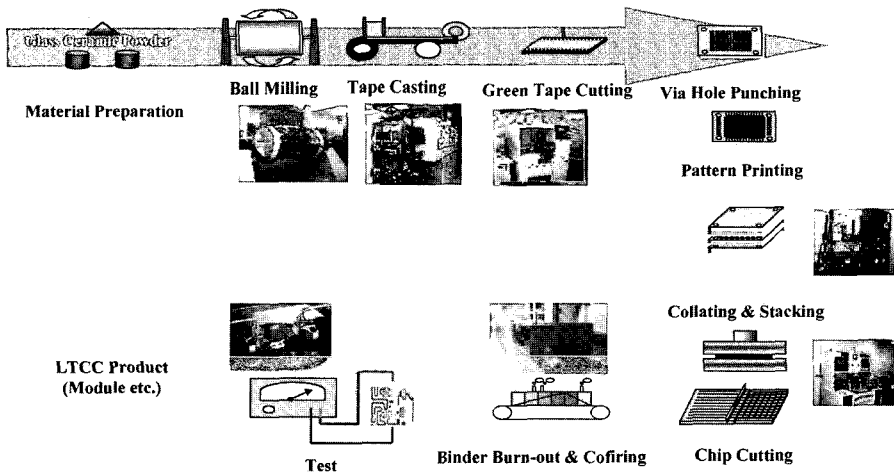
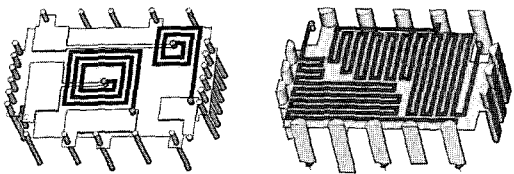


Fig. 1. Basic LTCC process.



(a) Lumped  $\pi$  network (b) Distributed (stripline)

Fig. 3. The circuit and actual shape of bias circuit.

렉스와 Rx/Tx mode을 스위칭하기 위한 회로, 그리고, 높은 하모닉 성분을 저지시키기 위한 저역 통과필터로 구성된다. Fig. 2은 블록 다이어그램과 회로를 보여준다.

Rx mode에서 안테나로부터 받은 신호는 다이플렉스와 스위치 off 된 바이어스 회로를 통과하여 Rx port에 도달하게 되는데, 이때 다이플렉스와 바이어스 회로간의 상대 매칭 조건은 Rx mode에서 전체 삽입손실에 주된 영향을 미친다. 바이어스 회로에서 집중소자형  $\pi$  회로망과 분포소자형  $\lambda/4$  stripline을 각각 적용하여 비교하였다. 각 유형의 형태를 Fig. 3에서 보여준다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

제작된 모듈의 사이즈는  $4.5 \times 3.2 \times 0.8 \text{ mm}^3$ 이고, 이는 핸드 셋 응용분야에 충분하다. Rx mode에서의 삽입손실은 각 밴드에서 1 dB 이하이었고, Tx mode에서 1.2 dB 이하였다. 이 모듈의 실질적인 구조와 제작된 샘플의 사진은 Fig. 4에 나타내었다.

공정변수, 특히 tape의 thickness의 variation은 layer사이의 기생 커플링의 변화를 야기시킬 수 있는데, 이는 모듈의 전체 특성에 영향을 미친다. 공정상에서 3차원 구조의 안정성을 검증하기 위해 여러 두께를 가진 tape으로 모듈을 제작하여 비교하였다. 각 tape 47  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$ , 53  $\mu\text{m}$ , 57  $\mu\text{m}$ 에 따

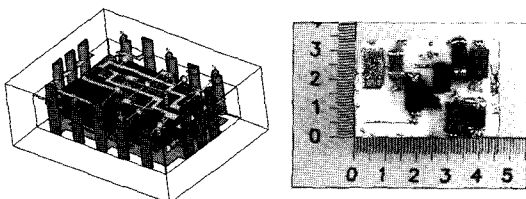
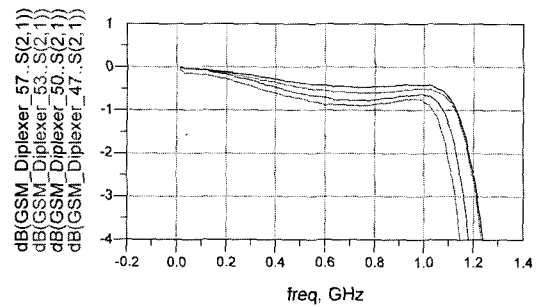
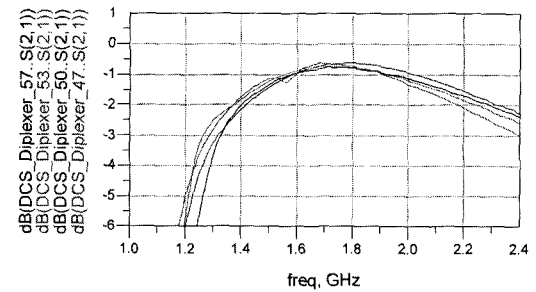


Fig. 4. The shape of Dual band ASM.

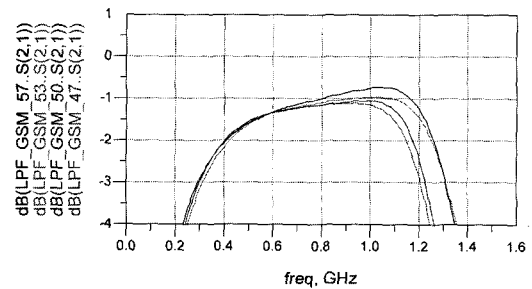


(a) GSM part

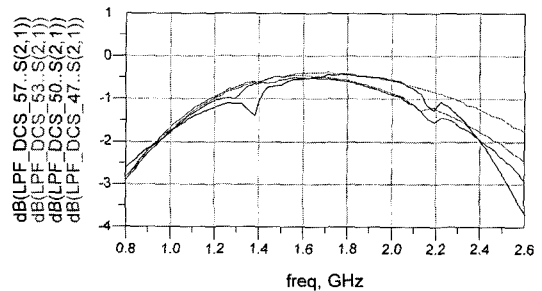


(b) DCS part

Fig. 5. The characteristics variation of Diplexer in the passband.



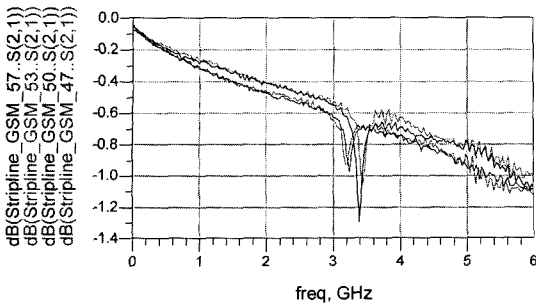
(a) GSM part



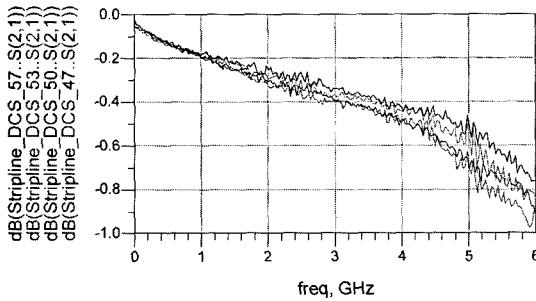
(b) DCS part

Fig. 6. The characteristics variation of LPF in the passband.

라 제작된 시편을 각 블록 별로 probing method을 이용하여 측정하였다. 그 결과는 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7



(a) GSM part



(b) DCS part

Fig. 7. The characteristics variation of Bias circuit-stripline

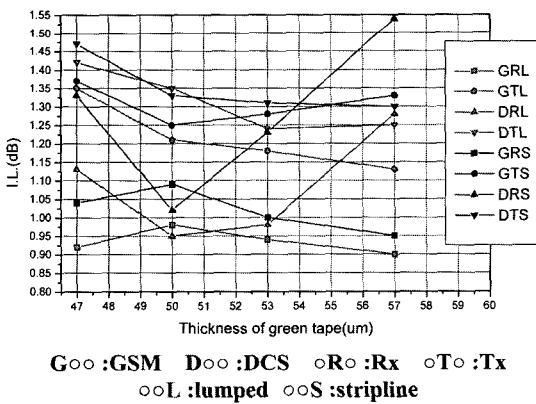


Fig. 8. Insertion loss in the variation with the thickness of ceramic layer.

Table 1. The value of VSWR at Rx mode

Thickness (um)	GSM Rx				DCS Rx			
	47	50	53	57	47	50	53	57
Lumped	1.327	1.425	1.445	1.360	1.785	1.377	1.600	1.895
Stripline	1.311	1.537	1.470	1.356	1.781	1.611	1.761	2.141

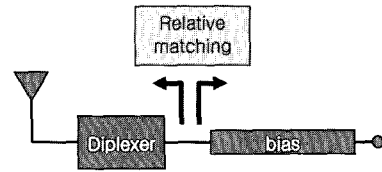


Fig. 9. The concept of relative matching at Rx mode.

Table 2. The characteristics of Dual band ASM

Band/Mode	Insertion Loss	Attenuation @ 2f0(dB)	Attenuation @ 3f0(dB)
GSM Rx	0.93	-	-
DCS Rx	0.95	-	-
GSM Tx	1.15	-43.00	-30.00
DCS Tx	1.23	-31.00	-33.00

에서 보여주는 것처럼 tape thickness 변화에 의해 passband Insertion loss의 변화를 야기시켰다.

또한 이러한 공정변수에 의해 특성열화를 줄일 수 있는 circuit의 설계가 필요한데 특히, 집중소자형과 분포소자형의 바이어스 회로 두개의 circuit를 구현하여 Fig. 8과 Table 1처럼 전체특성과 VSWR를 비교함으로써 적합한 구조를 선택할 수 있었다.

Rx mode에서 삽입손실은 다이플렉스와 바이어스 회로간의 상대 매칭에 의해 결정된다. 그 개념을 Fig. 9에 표시하였다.

첫째, 전체 삽입 손실은 주로 상대 매칭 특성에 의해 결정된다. 둘째, 집중소자형 바이어스 회로에서의 삽입 손실은 분포소자형 바이어스 회로의 삽입 손실보다 더 낮다. 이는 분포소자형의 라인의 길이 자체에 손실을 가지고 있기 때문이다. 마지막으로, tape 두께에 의존하는 정도의 차원에서는 집중소자형이 덜 의존하는 결과를 낳았다.

GSM Rx mode에서 모듈의 전체 특성을 고려하면 바이어스 회로간의 매칭특성이 아주 좋아서 두 소자형의 삽입 손실이 tape 두께가 47 um와 57 um

사이에서 거동이 유지되고 있다. 그러나 DCS Rx mode에서는 집중소자형이 48~54  $\mu\text{m}$ 의 범위에서 유지되는 반면 분포소자형은 49~51  $\mu\text{m}$ 의 범위에서 유지되고 있다. 따라서 Rx mode에서는 집중소자형을 선택함으로써 넓은 안정성 영역을 확보할 수 있다. 또한 Tx mode에서 거동을 파악하면, 집중소자형 바이어스 회로가 48~54  $\mu\text{m}$ 의 안정성 영역을 확보하고 있고, 이는 다이플렉스의 DCS part와 DCS Rx의 바이어스 회로의 상대 매칭을 더 개선될 수 있는 여지를 보여준다. Table 2는 안정성 영역 중 중간정도에 있는 시편의 전체 특성을 요약하였다.

#### 4. 결 론

본 논문에서 연구된 ASM module은 삽입손실이 Rx mode에서 1 dB이하이고 Tx mode에서 1.2 dB 이하의 특성을 가졌다. 각 블록들의 측정은 probing method을 사용하였고, tape 두께에 따른 블록들의 특성 변화를 정량화 하였다. 특히 이번 연구에서 적용된 회로와 구조는 tape두께가 48~54  $\mu\text{m}$ 의 안정영역을 가지고 있고, 상대 매칭의 관점으

로부터 회로 topology을 개선함으로써 공정변수에 의한 특성 거동 의존도를 낮추었다. 즉, 집중소자형 바이어스 회로는 분포소자형 바이어스 회로보다 tape 두께에 따른 민감도가 낮았고 0.2 dB이상의 낮은 삽입 손실을 가졌다. 또한 probing method을 이용한 안정성 분석은 많은 종류의 수동부품 집적 모듈을 분석하는데 폭 넓게 응용될 수 있다고 판단된다.

#### 참고문헌

1. D. Pozar, "Microwave Engineering", New york: Wiley (1998).
2. G. L. Mattaehai, L. Young, and E. M. T. Jones, "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures", Dedhan, MA: Artech House (1980).
3. Jia-Shen G. Hong, M. J. Lancaster, "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications", John Wiley & Sons (2001).
4. Takahiro Watanabe, Koji Furutani, Norio Nakajima, Harufumi mandai, "Antenna Switch Duplexer For Dual-band Phone(GSM/DCS) Using LTCC Multilayer Technology", 1999 IEEE MTT-S Digest pp. 215~218.