

# 1~3 GHz 대역의 GMS Type Switch Module 특성에 관한 연구

°김인성, 송재성, 서영석\*

한국전기연구원, \*영남대학교 전자공학과

## A study on the Characteristics of RF switch module on 1~3 GHz Band

In-Sung Kim, Jae-Sung Song, Young-Suk Suh

Korea Electrotechnology Research Institute, YeungNam University\*

### Abstract

The design, modeling and measurement of RF switch module for GSM applications is presented in this paper. RF switch module is constructed using a LTCC multi-layer switching circuit and integrated low pass filter. Insertion and return loss of the low pass filter were designed less than 0.3 dB and better than 12.7 dB at 900 MHz. The RF switch module contained 10 embedded passives and 3 surface mount components integrated on 4.6×4.8×1.2 mm, 6-layer multi-layer integrated circuit. The insertion loss of switch module was measured at 900 MHz was 11 dB.

**Key Words** : Passive Integration Devices, RF switch module, LTCC, GSM

### 1. 서론

본 연구에서는 GSM 방식의 이동통신 기기용 RF Switch Module을 설계하여 LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramic)공정으로 제작하였다. 기기의 소형화, 경량화, 다기능화를 위해 수동 소자를 Multi-layer로 제작하는 기술을 이용하여 하나의 모듈을 설계하였다. Circuit Simulation을 통해 Switch Module의 삽입손실을 최소화하고, Multi-layer Modeling시에 인덕터가 상위 layer에 위치하도록 설계하여 제작함으로써 손실을 줄일 수 있다. LTCC 공정으로 제작한 RF Switch Module은 총 6Layer로 구성되었으며, 전체 크기는 4.6×4.8×1.2mm이며, 삽입 손실과 격리도에 관한 특성을 연구하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 적용 회로

GSM 이동통신기기에는 안테나와 연결되는 송수/신 스위칭 부분이 필요하다. 이 부품은 기기의 신

호를 안테나를 통해 보내는 송신모드와 안테나로부터 신호를 받아들이는 수신모드로 교대로 스위칭 하는 것으로 송/수신단이 하나의 안테나를 공유하기 위한 것이다. 송/수신 스위칭 회로는 바이어스에 따른 다이오드의 동작 특성을 이용하여 바이어스가 On일 경우 다이오드는 도통 상태가 되어 송신모드로 동작하고, Off일 경우 다이오드는 차단 상태가 되어 수신모드로 동작한다. 즉, 일정한 시간 간격에 따라 바이어스를 On/Off 시키면 송/수신 모드를 반복해서 동작하게 된다. 그림 1은 switch module의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.

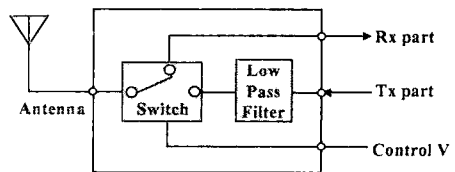


그림 1. RF switch module의 다이어그램  
Fig 1. Block diagram of RF switch module

## 2.2 Simulation

시뮬레이션 결과 저주파 통과 필터는 최대 0.3 dB의 삽입손실과 최소 12.7 dB 반사 손실을 갖는다. switch module 전체 회로의 시뮬레이션 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 3은 송신모드 시뮬레이션 결과로써 GSM 방식의 송신 주파수 대역인 890~915 MHz 에서 삽입 손실은 최대 2.7 dB이고, 송신단과 수신단의 isolation은 최소 18 dB이다. switch module의 전체 회로도에서 L2와 L4의 인덕턴스를 큰 값으로 설계하면 송신모드에서의 전송특성을 향상시켜 삽입 손실을 줄일 수 있으나, 그 경우 수신모드 전송 특성이 떨어지므로 송/수신모드의 삽입 손실을 모두 고려한 최적의 값을 시뮬레이션을 통해서 찾았다.

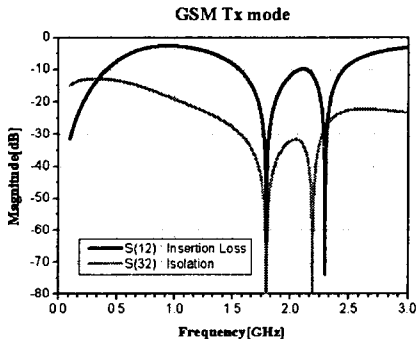


그림 2. 송신모드의 시뮬레이션 결과  
Fig. 2. Simulated result of Tx mode

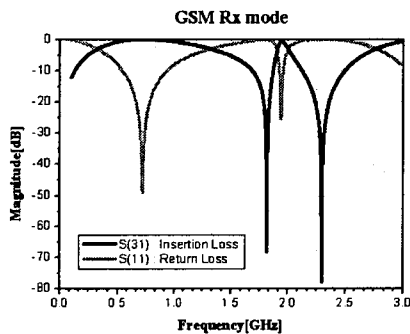


그림 3. 수신모드의 시뮬레이션 결과  
Fig. 3. Simulated result of Rx mode

그림 3은 switch module이 안테나로부터 신호를 받는 수신모드일 때의 시뮬레이션 결과이다. 수신모드로 동작할 때의 삽입 손실은 0.6 dB이고 반사

손실은 10.5 dB이다. 전체 회로도에서 C1과 L1로 이루어진 LC 공진회로와 C2 사이에 바이패스 커패시터를 넣으면 수신모드에서 2 GHz대역의 신호를 좀더 감쇠시킬 수 있다.

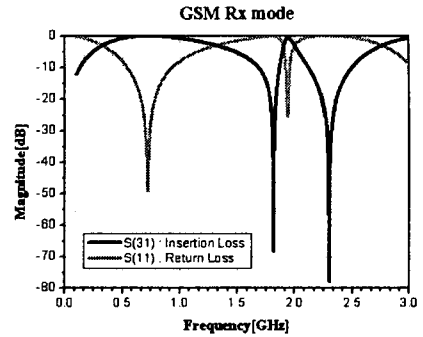


그림 3. 수신모드의 시뮬레이션 결과  
Fig. 3. Simulated result of Rx mode

## 2.3 모델링 및 공정 진행

시뮬레이션을 거쳐 설계한 회로를 LTCC 기술을 이용한 적층회로로 제작하기 위해 각 층의 레이아웃을 디자인한다. 그림 4은 LTCC 기판에 도체 패이스트로 프린팅 할 패턴의 레이아웃과 비아의 3차원 모델링 형상이다. 모두 6층의 구조에 모듈의 수동소자가 내장되도록 설계하였고, 인덕터는 손실을 고려하여 그라운드와의 거리가 멀게 배치하였다.

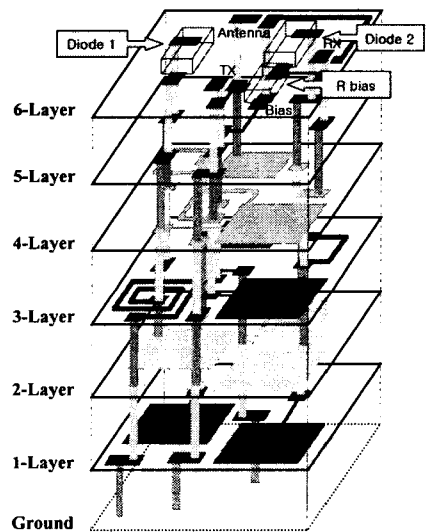


그림 4. RF switch module의 3차원 모델링  
Fig. 4. 3D modeling of RF switch module

1~6층의 LTCC 기판에 switch module의 소자를 배치하고 전송선과 비아를 통해 전기적으로 연결되도록 설계한다. LTCC 공정을 이용한 소자의 제작에서는 층간 비아의 완벽한 회로적 연결이 핵심이므로 정확한 연결을 위해 비아 주위에는 비아패드를 형성하여 연결이 끊어질 가능성을 줄였다.

회로의 기판으로 사용될 LTCC 그린시트의 정확한 위치에 비아를 뚫은 후에 비아용 Ag 페이스트를 이용해서 비아홀을 채운다. 비아는 층간의 회로를 연결하는 역할을 하므로 정확한 위치에 만드는 것이 중요하다. 각 층의 내부 전극을 스크린 프린팅 기법을 이용해 내부 전극용 Ag 페이스트로 프린트하여 850~900 °C에서 소성을 하고 다이오드와 저항을 실장하여 측정을 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 5는 바이어스를 인가한 송신모드일 때의 전송 특성으로 900 MHz에서 11 dB의 삽입 손실을 보인다.

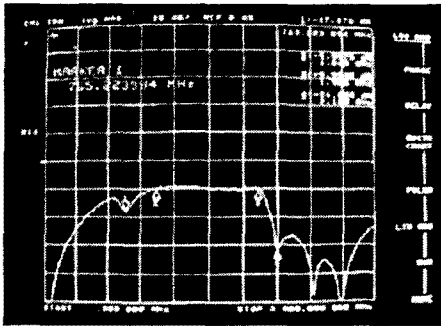


그림 5. 송신모드의 전송특성 측정 결과  
Fig. 5. Measured results of Tx mode

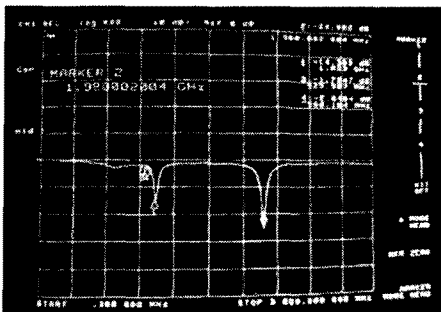


그림 6. 수신모드의 반사특성 측정 결과  
Fig. 6. Measured results of Rx mode

시뮬레이션에서는 신호가 크게 감쇠하는 주파수가 1.8 GHz 였으나, 측정된 값은 2.1 GHz로 시뮬레이션 결과보다 약 0.3 GHz 이동한 특성을 보였다.

그림 6은 수신모드로 동작할 때의 반사 특성의 측정 결과이다. 시뮬레이션에서는 0.8 GHz와 1.9 GHz에서 S11이 최저점으로 떨어졌으나 실제 측정된 값은 1 GHz와 2 GHz에서 S11의 값이 최저로 떨어졌다. 송신모드와 유사하게 시뮬레이션 결과와 비교하여 약 0.1~0.2 GHz 이동한 특성을 보였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 LTCC 기술을 이용한 소자의 소형화, 고집적화, 단일화를 위해 GSM 방식의 RF switch module을 설계하여 LTCC 적층공정으로 소자를 구현하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 0.6 mm 높이의 LTCC 기판에 3차원의 적층 회로를 구현하여 제작한 switch module은 모두 6층으로 구성되었다.

2. 4.6×4.8×1.2 mm이고, 11 dB의 삽입손실을 갖는다. 실제 측정값은 시뮬레이션 결과와 비교하여 주파수 대역이 약 0.1~0.3 GHz 정도 이동한 특성을 보였다.

3. 수축률과 관련된 설계 오차를 정확히 보정한다면 정확한 주파수대역과 향상된 손실 특성을 기대할 수 있다.

4. 회로의 13 개 소자 중 10개의 수동소자를 LTCC 적층공정을 이용해 다층의 구조에 집적화하는 기술로 내장하였다.

### 참고 문헌

- [1] Anton de Graauw, Carlo Copetti, Wim Weekamp, "A new thin film passive integration technology for miniaturisation of mobile phone front end modules", IEEE MTT-S Microwave Symposium Digest., vol.3, pp.1925-1928, 2000
- [2] Albert Sutono, Deukhyoun Heo, Yi-Jan Emery Chen, Joy Laska, "High-Q LTCC-based passive library for wireless system-on-package (SOP) module development", IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol.49, pp.1715-1724, 2001
- [3] Jyh-Wen Sheen, "LTCC-MLC duplexer for DCS-1800", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol.47, pp.1883-1890, 1999