

LPF 내장형 7중 대역 LTCC 프런트엔드모듈 설계

김형은*, 서영광*, 김인배*, 문제도**, 이문규***
 (주)텔레웍스*, (주)ADMT**, 서울시립대학교***

Design of 7 band LTCC Front-end module embedded LPF

Hyung Eun Kim*, Young Kwang Suh*, In Bae Kim*, Je Do Mun**, Moon-Que Lee***
 Teleworks Co.*, ADMT Co.**, University of Seoul***

Abstract - 본 논문에서는 7중 대역 (GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1900, UMTS850, UMTS1900, UMTS2100) 을 지원하는 LPF 내장형 LTCC 프런트 엔드 모듈 (FEM) 을 설계, 제작 및 측정하였다. 제작된 FEM은 효과적인 고조파 제거를 위해 수동소자를 LTCC 기판에 내장하여 저역 통과 필터(LPF)를 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 FEM은 송수신 신호를 선택하기 위한 flip-chip 형태의 CMOS RF SP9T switch, Rx 신호의 수신을 위한 dual type의 SAW filter, 매칭 및 ESD 보호 회로를 위한 0603 크기의 칩소자가 부품 외부에 실장되어 구현된다. 전체 크기는 4.5 × 3.2 × 1.2 mm³의 초소형으로 내부 GND 2개 층을 포함하여 총 16층으로 구성된다. 측정결과는 송신단과 수신단의 삽입 손실이 각각 1.7 dB, 3.6 dB 이하의 우수한 특성을 보였다.

1. 서 론

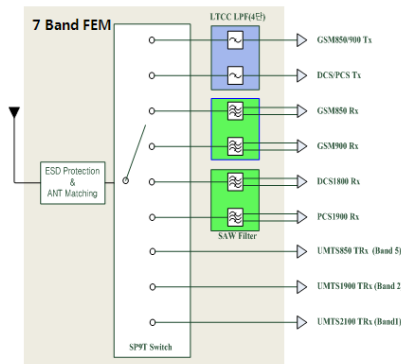
최근 휴대 단말기는 지역과 표준에 상관없이 다양한 무선 표준을 사용하기 위한 통신기능을 요구한다. 이러한 요구사항을 충족하기 위한 부품의 하나로 단말기 내의 안테나와 RF transceiver 단을 연결하여 송수신 신호를 분리하는 역할을 하는 다중대역 FEM 이 필요하다. FEM은 초기 GSM 방식 단말기에 단순한 스위칭 기능으로 주로 사용되던 Antenna Switch Module(ASM)에서 발전하여 송수신 신호의 분리 및 신호의 필터링과 증폭 등의 주요 역할을 담당하는 RF 부품들이 결합하는 방향으로 발달하고 있다.[1]

기존에 사용되던 GSM 4개 대역을 지원하는 FEM은 3세대 통신인 W-CDMA(UMTS)가 지원되지 않는다는 단점이 있다. 이에 2세대, 3세대 통신방식을 모두 지원 가능하게 하는 FEM이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 요구 사항에 맞춰 본 논문에서는 GSM 4개 대역과 UMTS 3개 대역을 지원하는 7중대역 FEM을 LTCC 공정을 이용하여 설계하여 제작 및 측정하였다. 제안하는 LTCC 모듈의 내부에 수동소자를 내장하여 Low-pass filter(LPF)를 구현, 우수한 통과대역 특성 구현 및 고조파 제거 특성을 구현하였다. LTCC 모듈 외부는 ESD 보호회로를 위한 0603 크기의 칩소자와, 신호 선택을 위한 Flip chip 형태의 RF CMOS IC SP9T, 수신신호의 필터링을 위한 dual SAW 필터를 실장하여 구성된다.

2. 본 론

2.1 7중대역 LTCC FEM의 설계

본 논문에서 제안하는 7중대역 LTCC FEM의 블록도를 그림 1에 나타내었다.

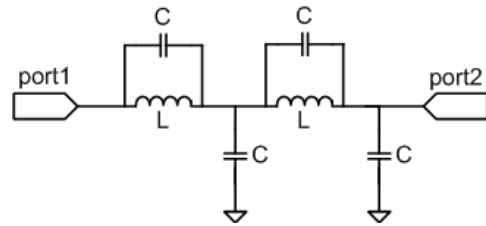


〈그림 1〉 7중대역 FEM Block Diagram

제안하는 구조에서 스위치는 부품의 소형화가 가능하고 더 많은 규격의 통신방식을 지원하며, 선형성이 우수한 RF CMOS IC 스위치를 사용하고 있으며, Tx단에 2배수, 3배수 고조파의 제거를 위해 4단 LPF를 설계하여 내장하였다. 그리고 Rx단에는 우수한 대역통과 특성과, 소형화를 위하여 SAW filter가 사용된다. UMTS단은 port만 집적되는 형태로 구성하였다.

2.1.1 LPF의 설계

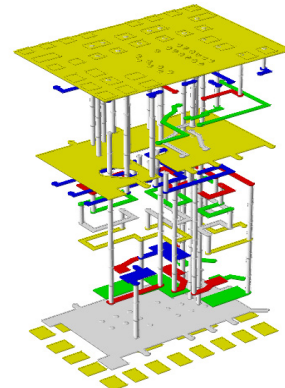
Tx단의 LPF는 850/900GSM 대역과 1800/1900GSM 대역의 통과특성 향상과 고조파 제거특성을 위한 목적으로 설계하였다. 최대 평탄 필터 형태를 이용하여 4단의 LPF를 설계하고 고조파의 감쇄특성의 향상을 위하여 노치를 추가하여 설계하였다. 그림2는 제안하는 LPF의 기본 회로도이다.



〈그림 2〉 Tx단에 적용되는 LPF 회로도

2.1.2 LTCC 3D EM 시뮬레이션

제안하는 LTCC 모듈은 CST社의 CST Microwave Studio 2008을 이용하여 3D EM 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3은 모듈의 3D 설계도면이다.



〈그림 3〉 7중대역 FEM 3D 도면

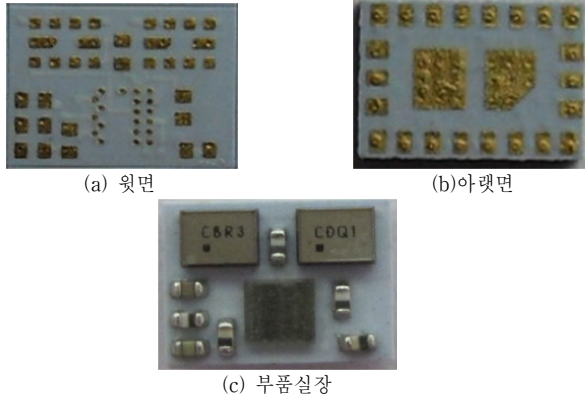
설계한 LTCC 기판의 크기는 4.5 × 3.2 × 0.5 mm³ 으로 총 16층으로 구성되어있다. 1~5 층에는 bias line 을 집중적으로 배치하였고, 7~16층에는 LPF를 구성하는 수동소자와 UMTS 신호선을 배치한 구조이다. 6층 내부 GND층을 두어 서로간의 영향을 최소화 하였다. 부품의 윗면에는 0603 칩소자와 SAW filter 및 SP9T switch 부품이 실장되는 패드를 설계하였다.

모듈의 시뮬레이션 결과 Tx단의 삽입손실은 최대 1.35 dB 이하, 고조파 감쇄특성 최소 30 dB 이상, Rx단의 삽입손실 최대 3.0 dB 이하, UMTS단의 삽입손실 최대 1.0 dB 이하의 우수한 특성을 보였다. 시뮬레이션 결과는 표 1에 나타내었다.

2.2 LTCC 기판 제작.

본 논문에서 제안한 7중대역 FEM은 LTCC 공정을 적용하여 제작하였다. LTCC 공정은 직중구조의 회로 설계가 가능하여 부품의 소형화 및 경량화가 가능하고, 집적화에 따른 저가화의 장점을 가진다. 그리고 전기 전도도가 우수한 내부전극을 사용하여 낮은 도체 손실 구현이 가능하다.

제안하는 7중대역 FEM은 LTCC 기판은 유전율 7.2, 손실탄젠트 0.002의 재료를 사용하였고, 내부전극은 은(Ag)을 사용하였다. 그림 4는 제작한 FEM의 모습과 부품 외부에 0603소자, 스위치 및 SAW filter를 실장한 부품 사진이다.



〈그림 4〉 7중대역 FEM Block Diagram

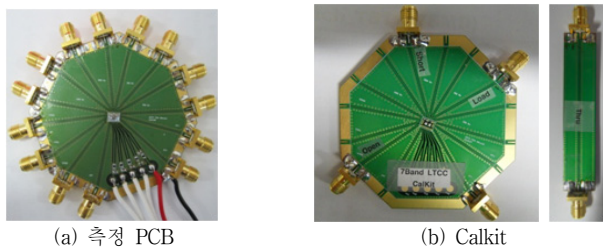
2.3 7중대역 LTCC FEM의 측정

제작한 7중대역 LTCC FEM을 측정하였다. 측정방법은 SP9T의 control voltage logic을 이용하여 스위치를 조정하고, Tx port와 Rx port 각각을 Agilent社의 2-port network analyzer를 이용하여 측정하였다.

2.3.1 측정 PCB 및 Calkit 제작

제작한 부품의 측정을 위해 측정 PCB 및 Calkit을 제작하였다. 부품이 소형이고 7중대역을 지원하므로 측정항목이 많아 측정 PCB는 4층 기판으로 설계하여 50옴 선로를 최대한 얇게 구현하였다. 스위치 동작을 위한 전원 및 4개의 전압 컨트롤 단자가 있으며, 불필요한 신호를 제거하기 위해 바이패스 커패시터를 이용하였다. 실제 측정에 있어 필요한 포트 이외는 50옴으로 종단하여 각 포트를 순차적으로 측정하였다.

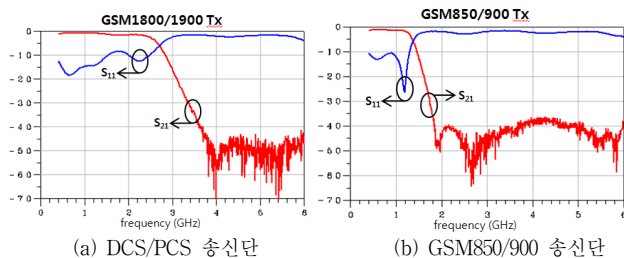
측정을 위한 Calkit 또한 제작한 PCB를 이용하여 제작하였다. 측정기판 자체에 open, short, load, through line을 구현하여 캘리브레이션 할 수 있다. 따라서 측정 시 PCB의 라인길이 만큼 보정되어 측정결과와 정밀성과 신뢰성을 확보하였다. 다음 그림 5에 제작한 측정 PCB 및 Calkit의 모습을 나타내었다.



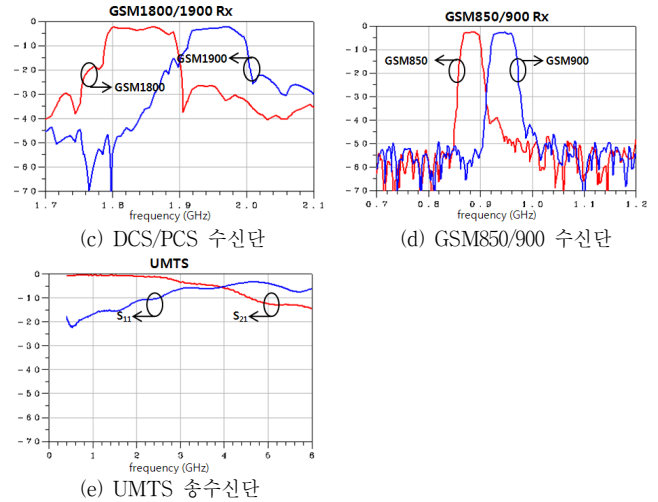
〈그림 5〉 7중대역 FEM Block Diagram

2.3.2 7중대역 LTCC FEM의 측정결과

그림 6과 표 1은 제작한 FEM의 측정결과 그래프와 요약 결과이다.



(a) DCS/PCS 송신단 (b) GSM850/900 송신단



〈그림 6〉 7중대역 FEM S-parameter

〈표 1〉 7중대역 FEM 시뮬레이션결과 및 측정결과

Tx	항목	시뮬레이션결과	측정결과
GSM850	삽입손실(dB)	1.35	1.39
	2f ₀ 감쇄(dB)	42	22
	3f ₀ 감쇄(dB)	33	48
GSM900	삽입손실(dB)	1.35	1.43
	2f ₀ 감쇄(dB)	40	38
	3f ₀ 감쇄(dB)	36	55
DCS	삽입손실(dB)	1.28	1.62
	2f ₀ 감쇄(dB)	40	32
	3f ₀ 감쇄(dB)	48	49
PCS	삽입손실(dB)	1.3	1.61
	2f ₀ 감쇄(dB)	51	46
	3f ₀ 감쇄(dB)	43	49
Rx			
GSM850	삽입손실(dB)	2.47	3.39
GSM900		2.38	3.65
DCS		2.74	4.91
PCS		2.66	3.55
T/Rx			
UMTS850	삽입손실(dB)	0.81	0.59
UMTS1900		0.95	0.97
UMTS2100		1.06	1.16

측정결과 Tx단의 삽입손실 1.7 dB이하, 고조파 감쇄 22 dB이상, Rx단의 삽입손실 4.9 dB이하, TRX단 1.2 dB이하의 특성을 갖는다.

3. 결 론

본 논문에서는 SAW 필터 및 SP9T IC 스위치를 포함하는 LPF 내장형 LTCC FEM을 설계하고, 제작 및 측정하였다. LTCC 공정을 이용하여 수동소자를 내장하고 주요 부품을 외부에 실장하여 부품 크기 4.5 × 3.2 × 1.2 mm³의 소형화된 FEM을 제작하였다.

제품의 측정결과는 규격을 만족하였다. 최근 외국 부품들이 강세를 이루는 LTCC FEM 부분에 경쟁력 있는 국산 부품 개발 기술의 확보가 가능할 것으로 기대된다.

본 논문에서 제시한 연구결과는 7중대역 FEM의 전기적 특성만의 목표 달성에 중점을 둔 결과이고, 향후 실제 단말기 사용 환경에서 중요한 요소인 온도 및 충격 등의 신뢰성 연구가 제품화 가능성을 위해 추가적으로 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 차세대 융복합 단말기용 멀티밴드 필터 내장형 FEM 개발과제(10032543)의 지원에 의해 수행된 결과임을 밝힙니다.

[참 고 문 헌]

[1] 이상석, 최태구, 강영일, "이동통신용 RF Front-End용 부품의 기술 동향", 한국전자과학회전파기술, vol. 12, no.3, pp. 35-42, July. 2001.