

MCM-C 기술을 이용한 저잡음 증폭기의 제작 및 특성평가

조 현 민, 임 옥, 이 재 영, 강 남 기, 박 종 철
전자부품연구원 소자통신부품연구센터
451-860, 경기도 평택시 진위면 마산리 455-6

Fabrication and Characterization of Low Noise Amplifier using MCM-C Technology

H.M.Cho, W.Lim, J.Y.Lee, N.K.Kang, J.C.Park
Electronic Components Research Center,
Korea Electronics Technology Institute(KETI)
451-860, PyungTaek, Korea

초 록

IMT 2000 단말기용 2.14 GHz 대역의 저잡음 증폭기 (Low Noise Amplifier, LNA)를 MCM-C 기술을 이용하여 제작하고 그 특성을 측정하였다. 먼저 저잡음 증폭기 회로를 설계한 후, 각 소자들의 고주파 library를 이용한 회로 시뮬레이션으로 그 특성을 확인하였다. 시뮬레이션 상에서 이득(Gain)은 17 dB 였으며, 잡음지수(Noise Figure)는 1.4 dB 였다. MCM-C 저잡음 증폭기는 LTCC 기판과 전극 및 저항체의 동시소성에 의해 코일(L), 콘덴서(C), 저항(R)을 기판 내부에 넣었으며, 마이크로 스트립 라인과 SMD 부품의 실장을 위한 Pad를 최상부에 제작하였다. 기판은 총 6 층으로 구성하였으며, 내부에 포함된 수동소자는 코일 2개, 콘덴서 2개, 저항 3개 등 총 7 개 였다. 시작품의 특성 측정 결과, 2.14 GHz 에서 이득은 14.7 dB 였으며, 잡음지수는 1.5 dB 정도의 값을 가졌다.

Abstract

We fabricated and characterized Low Noise Amplifier (LNA) using MCM-C (Multi-Chip-Module-Cofired) technology for 2.14 GHz IMT-2000 mobile terminal application. First, We designed LNA circuits and simulated it's high frequency characteristics using circuits simulator. For the simulation, we adopted high frequency libraries of all the devices used in LNA samples. By the simulation, Gain was 17 dB and Noise Figure was 1.4 dB. We used multilayer process of LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) substrate and conductor, resistor pattern for the MCM-C LNA fabrication. We made 2 buried inductors, 2 buried capacitors and 3 buried resistors. The number of the total layers was 6. On the top layer, we patterned microstrip line and pads for the SMT device. We measured the high frequency characteristics, and the results were 14.7 dB Gain and 1.5 dB Noise Figure.

1. 서론

MCM-C (Multi-Chip-Module-Cofired) 기술은 저온동시소성(Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC) 기판의 적층공정 기술과 미세패턴 인쇄기술을 이용하여 다층 세라믹 기판 내부 및 상부에 수동소자 및 능동소자를 3차원적으로 배열하는 기술로서 많은 연구 및 실용화가 진행되고 있다. 이중에서도 이동통신 분야는 단말기의 소형화 및 고집적화에 따라서 MCM 기술을 이용한 많은 복합 모듈 제품들이 쏟아져 나오고 있는 실정이다. 특히 저잡음 증폭기는 RF 수신단에서 가장 중요한 부품중의 하나로서, 안테나와 듀플렉서를 통해 들어온 신호를 증폭하여 Mixer 로 보내주는 역할을 하는 부품이다. 따라서, 높은 이득과 낮은 잡음지수는 필수적인 저잡음 증폭기의 특성이다. 세라믹 다층기판을 이용한 저잡음 증폭기는 특히 세라믹의 높은 Q (Quality factor)로 인한 우수한 이득특성 및 세라믹의 우수한 열발산 효과로서 열노이즈가 감소하여 우수한 잡음지수 특성을 가진다. 동시에 L,C,R 등의 수동소자를 3차원적으로 기판내부에 실장함으로써 부품의 소형화를 이룰 수 있는 특징이 있다. 본 논문에서는 각 소자들의 고주파 library 들을 회로 시뮬레이션에 이용하고 그것을 토대로 저잡음 증폭기의 시작품을 제작하여 IMT-2000 단말기에 사용할 수 있는 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 실험 방법

IMT2000 단말기 시스템에 사용하기 위한 LNA 의 제작을 위해 먼저 회로를 설계하고, 사용할 소자의 고주파 특성을 Library 화하여 회로 시뮬레이터를 이용하여 실제 소자의 동작상태를 시뮬레이션하는 과정을 거쳤다. 시뮬레이터로는 HP ADS, Ansoft Serenade 등을 사용하였으며, 시뮬레이션에 필요한 Library 중 능동소자 및 SMD 부품의 경우는 제공된 library를 사용하였으며, 내부 수동소자의 경우는 세라믹 기판에 내장된 상태의 수동소자의 고주파 특성을 측정하여 library를 자체적으로 제작하였다. 사용된 FET Chip 는 NEC 사의 NE34018 이었으며, 시뮬레이션은 HP 사의 ADS 와 Ansoft 사의 Serenade 를 사용하였고, LNA 설계는 1 Stage 로서 Gain 15 dB 이상, NF 1.5 dB 이하로 설계하였다.

LTCC 용 기판은 자체적으로 Tape casting 법에 의해 제작된 유전율 7.8 인 $50 \mu\text{m}$, $118 \mu\text{m}$ sheet를 이용하였으며, 전극용 페이스트는 내부의 경우 Ag 페이스트, 외부의 경우 SMD 소자의 실장을 위해 납땀이 가능한 Ag-Pd 페이스트를 사용하여 패턴을 제작하였다. 기판은 총 6 층으로 구성하였으며, 내부에 포함된 수동소자는 코일 2개, 콘덴서 2개, 저항 3개 로서 Screen Printing을 이용한 후막 공정으로 제작되었다. 최상층에는 SMD 소자의 실장을 위한 패드 및 특성 임피던스 50Ω 인 마이크로스트립라인을 인쇄하였다. 적층공정을 거친 시편은 최대 온도 850°C 에서 25분 동안 유지하는 소결 공정을 통해 제작되었으며, sample 의 크기는 $11.1\text{mm} \times 9.63\text{mm} \times 0.8\text{mm}$ 였다. 제작된 세라믹 LNA 는 고주파 특성을 HP 8510C 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. LNA 설계 및 회로 시뮬레이션

그림 1은 제작된 LNA 의 회로 구성도로서 library 가 대입된 형태이다. 회로의 각 부분의 역할을 보면, 그림 1(b) 는 FET의 Bias회로로서 증폭기가 발진 하지 않도록 Stability Factor (K)가 1보다 크고, NF가 1.5이하가 되도록 R3와 C4, R4를 적절하게 절충하여 설정한다. R1, R2는 Id가 $0.2I_{dss}$ 정도가 되어 A급으로 동작할 수 있도록 설정한다. C2, C3는 Bypass 캐패시터로 사용된다. 여기서 R3은 가변으로

조정시 K 값과 NF를 Trade-Off 하여 적절한 특성을 선택할 수 있다. 그림 1(a) 는 Input Matching 으로 증폭기의 Available Gain 과 NF의 Trade-off하여 Smith Chart상에서 점점을 선택하여 Input의 50Ω 단자에 정합시킨다. 그림 1(c)는 Output Matching으로 증폭된 전력이 최대로 전달될 수 있도록 그림 1(b)에서 Mapping한 임피던스를 Conjugate한 값에서 Output 50Ω 단자에 정합시킨다.

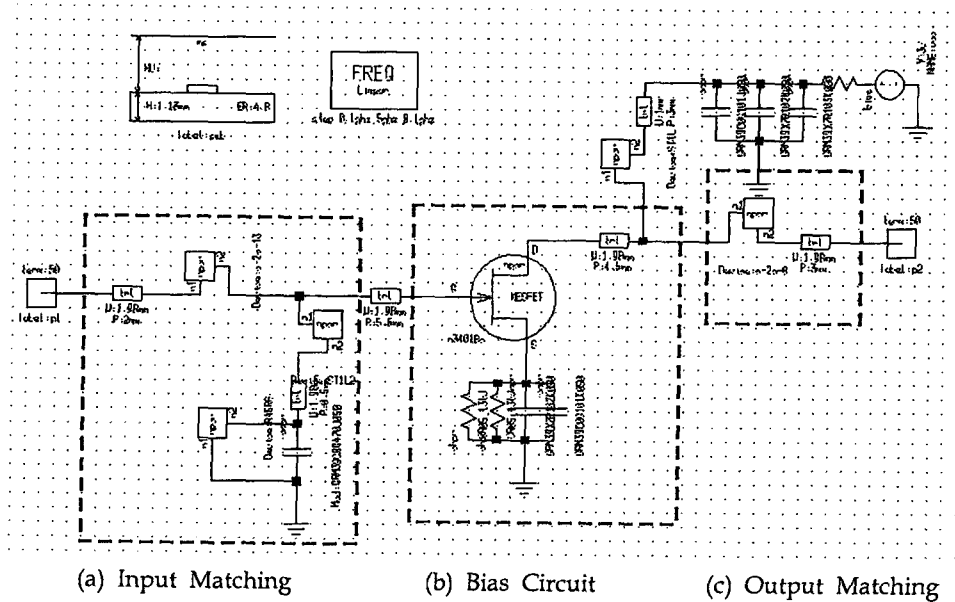


Fig. 1. Schematic diagram of the LNA circuit

3-2. MCM-C LNA 의 제작 및 특성

그림 3은 제작된 LNA sample 의 윗면과 바닥면이다. 바닥면은 SMD 실장을 위한 패드를 인쇄하여 납땀이 용이하도록 하였다. 제작된 LNA sample 은 높은 유전율로 마이크로스트립라인의 폭을 크게 줄일 수 있었으며, 내부실장이 가능한 수동소자를 3차원적으로 배열함으로 사이즈를 크게 줄일 수 있었다. 그림 3 은 PCB 상에 구현된 LNA 와 MCM-C LNA 의 사진으로 MCM 화로 약 1/3 정도 사이즈를 줄이는 효과를 보였다.



Fig. 2. MCM-C LNA module

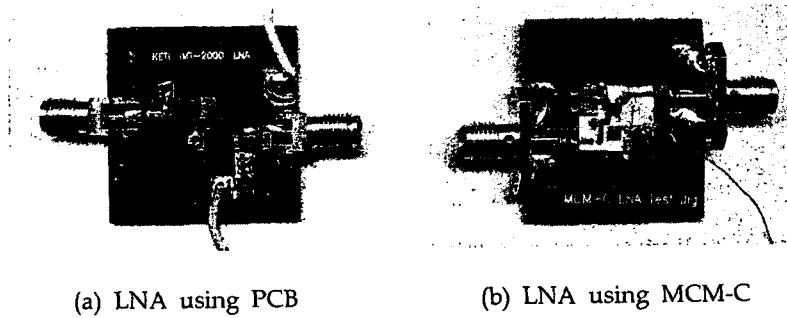


Fig. 3. LNA module for IMT-2000 system

그림 4 는 시뮬레이션을 통해 구해진 저잡음 증폭기의 이득특성과 HP 8510C 네크워크 분석기를 통해 측정 한 시작품의 이득특성을 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과에서는 이득특성이 약 17 dB 였으며, 저잡음 증폭기 시작품의 경우, 이득특성을 나타내는 S21을 보면, 사용 주파수 대역인 2.14 GHz 에서 인가된 Vcc 가 3.0 V 일 때, 약 14.7 dB 의 값을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 잡음지수의 경우, 시뮬레이션에서는 1.4 dB, 측정결과는 1.5 dB 의 값을 보였다.

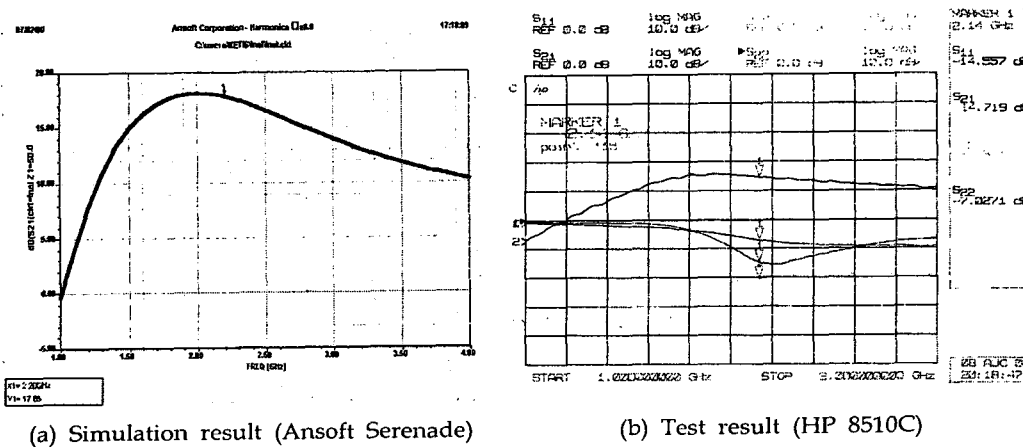


Fig. 4. LNA Simulation and Test results

참고 문헌

1. J. Müller, H. Thust, K. H. Drüe, "RF-Design Considerations for Passive Elements in LTCC", ISHM '94 Proceedings, pp 357-362, 1994.
2. W.Wersing et al. "Integrated Passive Components Using Low Temperature Cofired Ceramics", IMAPS '98 Proceedings, 1998.
3. J.P.Parkerson et al. "MCM Design Using Integrated Passive Components", Advances in Electronics Packaging, Vol 1, pp 875-882, 1997.