

LTCC를 이용한 3차원 세라믹 모듈 내 monoblock의 고주파 특성 추출에 관한 연구

김경철, 유찬세, 박종철, 이우성
전자부품연구원 고주파재료연구센터

A Study on the Extraction of High Frequency Characteristics of monoblock in 3D Ceramic Module using LTCC Process

Erick Kim, C. S. Yoo, J. C. Park, and W. S. Lee

High Frequency Materials Research Center, Korea Electronics Technology Institute

초 록 : LTCC에 내장되는 RF 수동소자에 대한 정확한 회로 모델은 RF 모듈을 구성하는데 상당히 효과적인 길을 제공한다. 특히 부득이한 기생성분에 대한 고찰은 반드시 필요하다. 본 연구에서는 3차원 구조에서 발생하는 기생 성분에 대한 고찰을 하였다.

Abstract

Accurate circuit simulation models for embedded RF passive components in LTCC provide a way to efficiently design high performance RF modules. Particularly, consideration of unavoidable parasitic components is required certainly.

In this study, the parasitic components which is appeared from 3-D structure is considered.

1. 서 론

이동 통신의 소형화에 따라 단말기 내부에 이용되는 부품 및 모듈 역시 소형화가 요구되어진다. 이런 요구사항을 만족하기 위한 방법으로 3차원 회로 배열의 장점을 갖는 LTCC 공정을 이용하여 패턴 또는 소자를 내장시키는 기술이 다양하게 연구 중이다. 이러한 3차원 회로 배열은 단면의 회로 배열에 비해 공간적인 배치에 따라 상당한 소형화를 예상할 수 있다. 특히 사용하는 재료의 유전율을 조절하여 공간을 더욱 줄일 수도 있다. 그러나 공간의 축소를 위해 3차원 배치를 할 경우 부득이하게 패턴 간 또는 소자 간 기생성분이 발생하게 된다. 특히 RF 소자의 대부분은 signal ground를 기준으로 고주파 특성을 갖는데 이 signal ground와 패턴 또는 소자 사이에서 기생성분을 발생시킨다. 본 연구에서는 이러한 기생성분의 전기적 특성을 조사함으로써 3차원 구조 설계 시 고려사항을 검토하여 보았다.

2. 실험

본 연구에서 사용한 유전체 재료는 유전율이 7.8, Qf 값이 2200, 그리고 τ_f 가 7 ppm 정도 되는 boro-silicate계 glass ceramic material(Dupont사 9599)을 사용하였고, 도체는 metal content가 80%인 Ag Paste(Dupont사 6142D)를 사용하였다.

제작한 샘플의 고주파 특성 측정을 위해 Analytical probe station으로 SUMMIT 9000(Cascade microtech사)을 이용하여 측정 지그로 활용하였고 고주파 특성 측정이 용이한 Vector Network

Analyzer 8753D(Agilent 사)를 이용하여 측정하였다. 측정된 Data의 분석은 고주파용 simulation tool로 ADS2002(Agilent 사)를 이용하였다.

본 연구에 사용한 샘플은 PAM 제작을 위한 것으로 구조는 그림 1과 같다. 단면도에 보인 것과 같이 샘플은 signal ground를 중심으로 RF 부분과, DC 부분으로 나눌 수 있다. RF 부분에는 PAM 특성을 위해 많은 캐패시터 부품이 내장되어 있는데 이 캐패시터와 signal ground사이에서 발생하는 기생성분을 측정하여 분석하였다.

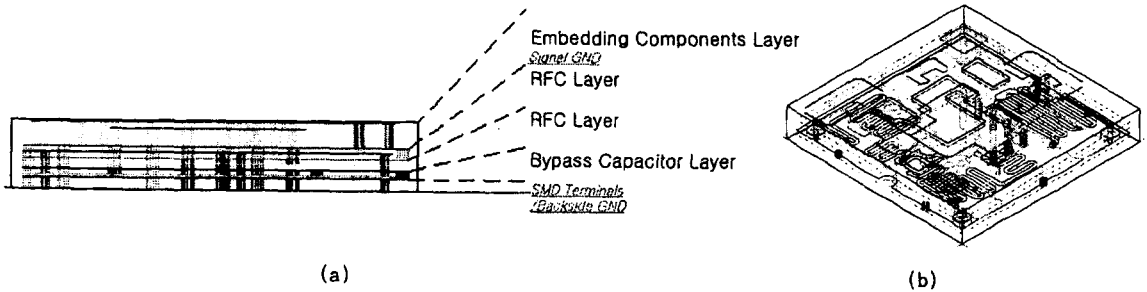


그림 1 PAM 제작을 위한 LTCC Substrate 구조. (a) 단면 구조 (b) 3차원 구조

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 측정된 캐패시터는 3개의 Layer로 구성되어 있어 그림 2와 같은 구조로 캐패시터를 구성한다.

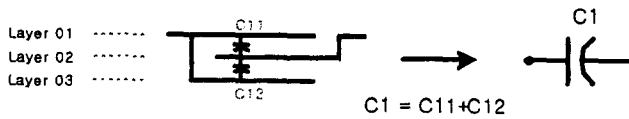


그림 2 직렬 캐패시터의 구조

그런데 위 그림은 signal ground가 없는 캐패시터 만을 표현한 것이고 전체 구조를 살펴보면 그림 3의 (a)와 같은 구조를 갖게 되고 (b)에서 보는 바와 같이 기생성분을 예상할 수 있다. 이것은 3차원 구조에 의해 캐패시터를 구성하는 패턴과 ground 사이에서 발생하는 것이다. 이러한 기생성분의 존재로 인해 실제 캐패시터의 고주파 특성은 이상적인 경우와 많은 차이를 보인다. 이러한 왜곡된 전기적 특성 결과를 그림 4에 보였다.

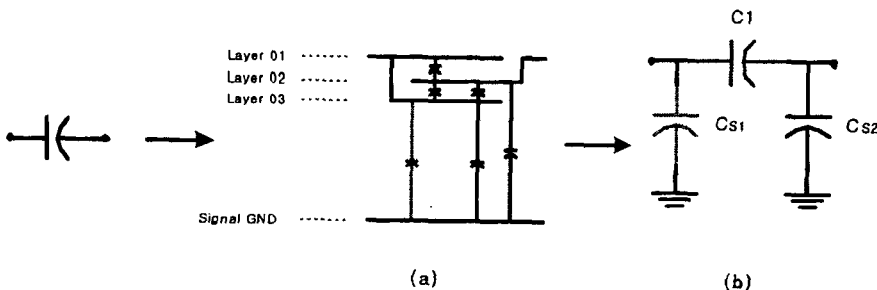


그림 3 signal ground와 캐패시터 사이의 관계, (a) signal ground가 고려된 캐패시터 구조, (b) 기생적으로 발생한 캐패시터를 포함한 캐패시터 model

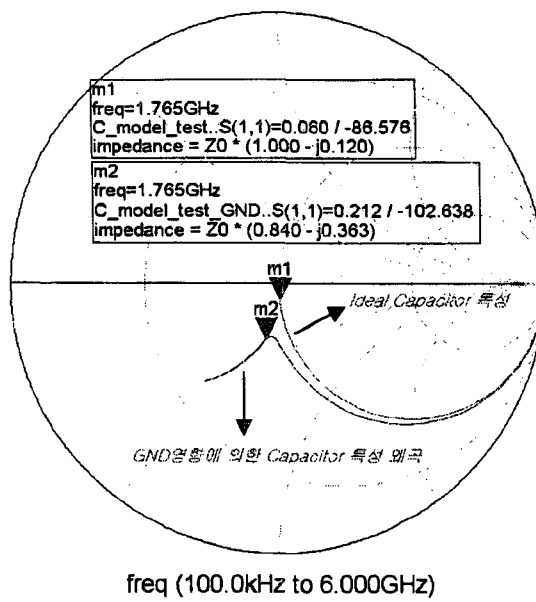


그림 4 이상적인 경우와 기생성분을 갖고 있는 캐패시터의 고주파 특성 결과

이런 고주파 특성 왜곡은 LTCC 공정을 이용하여 제작하게 되는 PAM의 매칭회로를 비롯한 RF 부품 또는 모듈 대부분의 주요 특성을 왜곡시켜 전체 시스템의 특성을 악화시키는 요인이 된다.

그림 5는 기생성분의 고주파 특성을 측정한 것으로 K-PCS대역이 중심 주파수인 1.765GHz에서 캐패시터 양단에 기생 캐패시터가 약 0.7~0.9pF 정도 측정되었다.

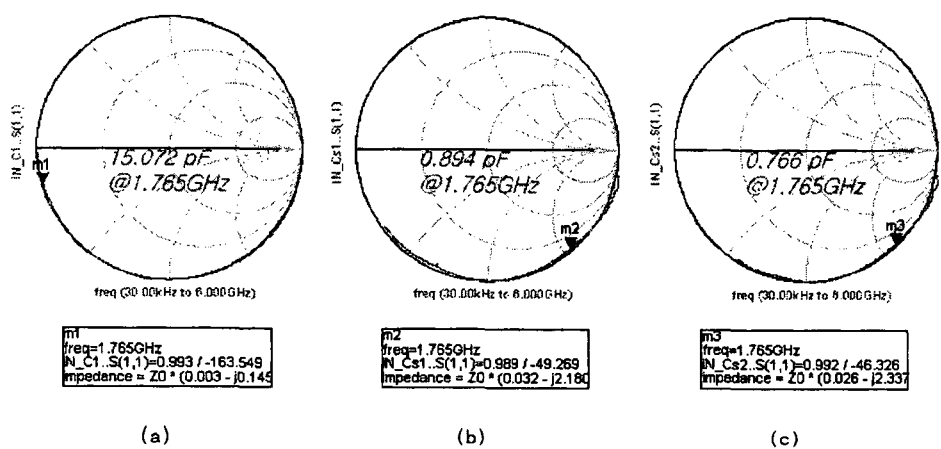


그림 5 캐패시터 고주파 특성 : (a) 캐패시터 C1, (b) 기생 캐패시터 Cs1, (c) 기생 캐패시터 Cs2

측정된 기생성분을 등가회로에 적용하여 기생성분의 고려 여부에 따른 고주파 특성 해석을 비교하였다. 그림 6은 RF circuit의 일부를 나타낸 것으로 위에서 측정된 기생성분의 고려 여부에 따른 회로의 고주파 특성을 비교하기 위해 적층공정을 통해 샘플로 제작한 것이다. Z3에서의 고주파 특성과 Z2에서의 고주파 특성을 측정하여 C1연결 시 기생성분에 대한 고려 여부에 따른 결과

를 그림 7과 표 1에 나타내었다.

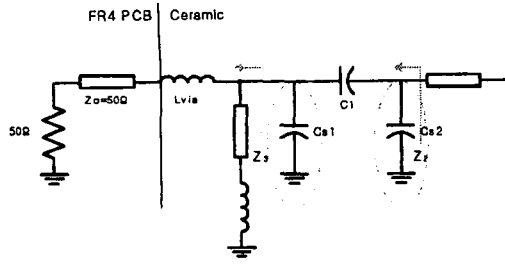
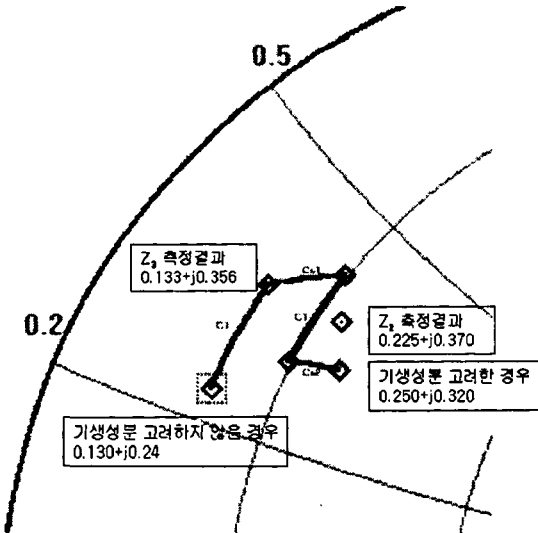


그림 6 기생성분 고찰을 위해 제작한 샘플 회로



Impedance 비교	
Z2 측정 결과	0.225+j0.370
기생성분 고려한 경우	0.250+j0.350
기생성분 고려하지 않은 경우	0.130+j0.240

표 1 기생성분 고려 여부에 따른 고주파 특성 비교 결과

그림 7 기생 성분 고려 여부에 따른 고주파 특성 비교 결과

표 1의 결과에서 기생성분에 의해 0.13+j0.24의 값의 impedance가 0.25+j0.35의 값으로 심하게 왜곡됨을 볼 수 있고 실제 측정된 결과와 비교할 경우에도 기생성분을 고려한 경우에 비해 많은 차이를 보인다.

4. 결론

3차원 구조의 구조적 특성에 의해 발생하는 기생성분을 추출하고 이러한 기생성분의 고려 여부에 따른 회로의 고주파 특성을 비교한 결과 기생성분에 의해 전체 회로의 고주파 특성이 상당히 왜곡됨을 볼 수 있었고 회로의 정확한 해석을 위해서도 기생성분에 대한 정량화가 필요함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 단편적인 경우의 기생성분을 고찰하였지만 좀더 나아가 패턴 크기, ground와의 간격 등을 변수로 하여 샘플을 제작·측정함으로써 기생성분에 대한 보다 많은 library를 구축한다면 LTCC 공정을 이용한 설계의 정확성을 높일 수 있을 것이다.

References

[1] David M. Pozar, ' Microwave Engineering', p.84