

## 밀리미터파 대역 세라믹 패키지 설계에 관한 연구

서재욱, 김진양, 박성대\*, 이우성\*, 강남기\*, 이해영  
(아주대학교 전자공학부, \*전자부품연구원 고주파재료연구센터)

### Abstract

We design and characterize a millimeter-wave ceramic package in a frequency range from DC to 30GHz using the FEM(Finite Element Method) calculation. From these calculation results, the designed feed-through structure achieved 0.32 dB, 16.8 dB of the insertion loss and the return loss at 30 GHz respectively. This ceramic package will be useful for MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit) modules.

key words : ceramic package, LTCC, feed-through

### 1. Introduction

최근 초고주파 및 밀리미터파 시스템의 발달과 함께 MMIC를 실장하기 위한 패키지 개발의 중요성이 증대되고 있다. 이러한 패키지는 칩과 시스템 사이의 전기적, 열적인 통로로서의 기능과 함께 외부환경으로부터 내부 회로를 보호해야 한다. 특히, 전기적인 특성에 있어서 패키지는 최소 간섭(minimum interference)을 위한 전자기적 차폐(electromagnetic shielding) 기능뿐만 아니라 적은 삽입손실과 반사손실 특성이 요구된다[1-2]. 따라서 이러한 요구조건들을 충족시키기 위하여 최근에 고주파에서 손실 특성이 우수한 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic) 기술을 이용한 세라믹 패키지에 대한 연구 개발이 활발하게 진행되어 지고 있다[3-4]. 세라믹 패키지는 사용되는 접속선(interconnection) 기술에 따라 패키지 구조가 달라지게 된다.

패키지의 급전선로(feed-through)와 칩을 연결하기 위한 밀리미터파 대역 접속선 기술은 일반적으로 본드와이어 연결 구조와 플립칩 기술을 사용하게 된다. 플립칩 기술은 실장밀도가 높고 전기적인 특성이 우수하나, Coplanar 구조에만 유용하며 열분해와 신뢰성이 떨어져서 가격 경쟁력에 문제점이 있다[5]. 그러나 본드와이어는 고주파에서 기생 인덕턴스의 영향으로 전송특성이 저하되는 단점이 있기는 하지만, 그 공정의 신뢰성과 저가생산이 가능하기 때문에 칩 실장시의 접속선으로써 매우 광범위하게 사용되어져 왔다[5].

본 논문에서는 본드와이어 접속선 구조를 가지는 밀리미터파 대역용 세라믹 패키지를 설계하였고, 세라믹 패키지의 상용 주파수 대역인 DC-30 GHz에서 해석하였다. 설계된 세라믹 패키지

의 전기적 해석을 위하여 완전 수치 해석법(full-wave analysis)인 유한요소법을 이용하였으며, 패키지 급전선로를 해석한 결과 30 GHz까지 삽입손실과 반사손실이 각각 0.32 dB, 16.8 dB 이내의 양호한 특성을 나타내었다.

## 2. Experimental

### 2.1. 패키지 해석 구조

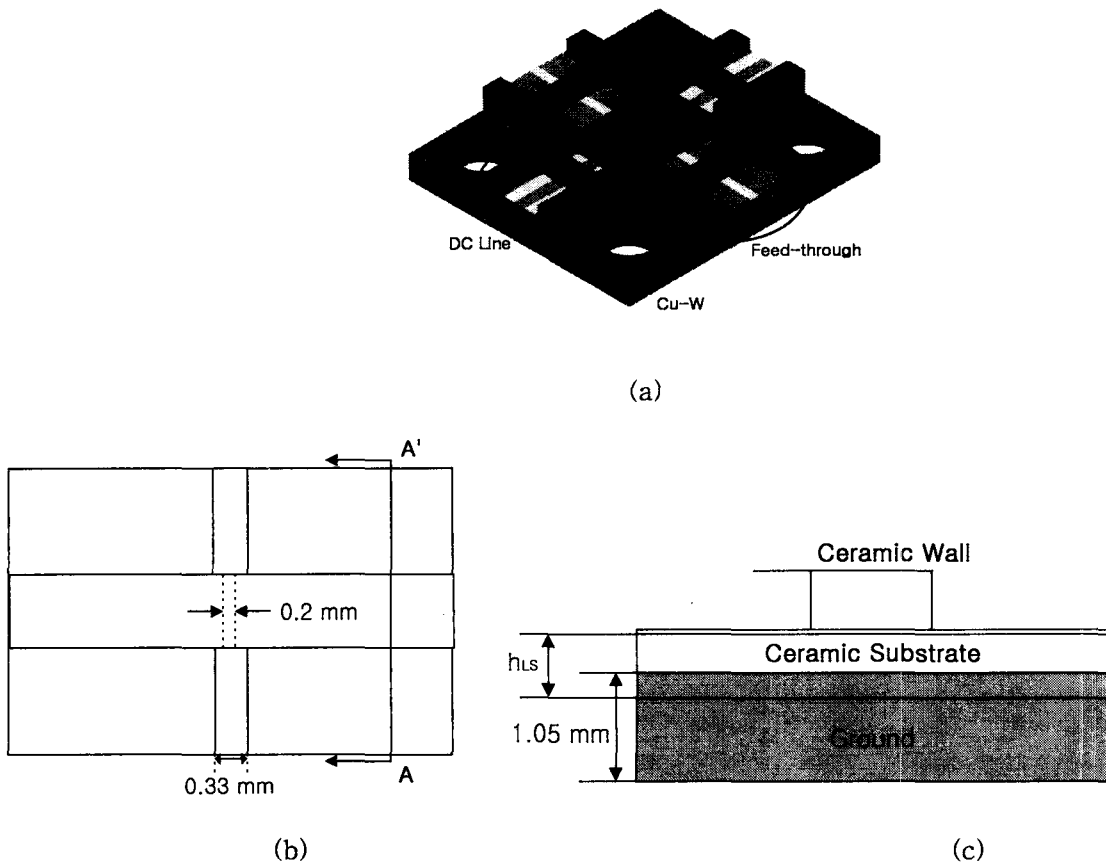


그림 1. (a) 전체 세라믹 패키지 구조; (b) 세라믹 패키지 급전선로의 평면도; (c) 세라믹 패키지 급전선로의 측면도 A-A'

그림 1(a)는 본 논문에서 설계된 세라믹 패키지 구조를 나타낸 것이다. 그림1(a)에서 패키지의 급전선로 부분에 대한 평면도와 측면도는 그림1(b)와 그림1(c)에 각각 나타내었다. 그림1(b)에서 보는 바와 같이 패키지의 급전선로 부분은 Microstrip - embedded Microstrip - Microstrip 구조로 구성되어 있다. 그림 1에서 아래와 윗 부분의 세라믹은 유전율( $\epsilon_r$ )과 손실( $\tan\delta$ )이 각각 7.8,

0.005인 상용되고 있는 듀폰의 951 테잎을 고려하여 설계되었다. 또한 50Ω 선폭을 맞추기 위해서 Microstrip 선로와 embedded Microstrip 선로의 선폭을 각각 330 μm, 200 μm로 설계하였으며 브레이징 기법을 고려하여 400 μm 두께의 세라믹 기판을 이용하였다, 그러나 선로 폭이 넓어질 수록 고주파의 분산 효과(dispersion effect)가 증가하기 때문에 50Ω 선폭을 줄이기 위해 접지면 으로부터 150 μm 위에 금속판을 삽입하고 비아를 이용하여 아래 접지면과 연결되도록 설계하였다. 이러한 비아를 이용한 접지 구조는 많은 해석 시간을 요구하기 때문에 본 논문에서는 해석 시간을 줄이기 위하여 그림 1(c)와 같이 하나의 공통 접지면으로 설정하여 해석을 수행하였다.

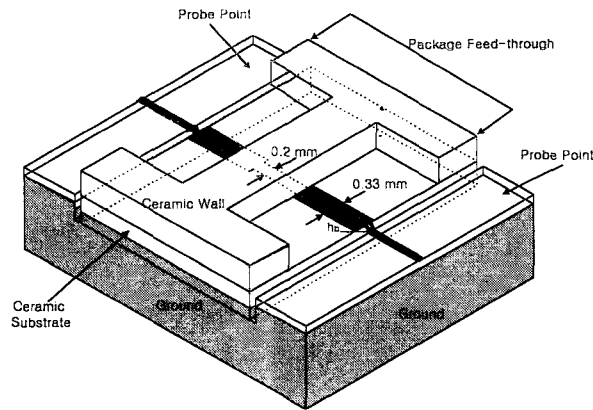


그림 2. 세라믹 패키지 Feed-through 측정을 위한 해석 구조

그림 2는 패키지 급전부를 측정하기 위해 패키지 급전선로와 probe point를 양단에 이중 본드와이어 연결한 구조이다. 본드와이어의 높이(hb)는 80 μm이며 본드와이어간의 사잇각은 40°로 설정하였다. 또한 패키지의 Feed-through와 probe point까지의 간격은 일반적인 밀리미터과 대역의 실장을 고려하여 100 μm로 가정하였다[6].

## 2.2. 해석 방법

마이크로파 및 밀리미터파 대역에서의 정확한 광대역 해석을 위하여 유한 요소법을 사용하는 상용 시뮬레이션 툴을 사용하였다[7]. 본 논문에서는 전체 산란계수 크기의 변화율이 3 %이내에 수렴하도록 유한 요소 mesh생성을 반복 수행하였으며, 입력단과 출력단을 제외한 경계면에서의 방사효과를 고려하기 위해 기판 두께의 약 5배 이상 떨어진 지점에 흡수경계조건(ABC : Absorbing Boundary Condition)을 적용하여 실제 현상과 근접한 경계조건이 되도록 설정하였다. 또한 그림2에서 probe point는 무손실로 설정하였으나, 그 밖의 해석시 사용되는 물질 값들에 대

한 모든 조건은 실제 사용되어지고 있는 패키지 구조와 공정 가능한 파라미터로 설정하였다.

### 3. Results and Discussion

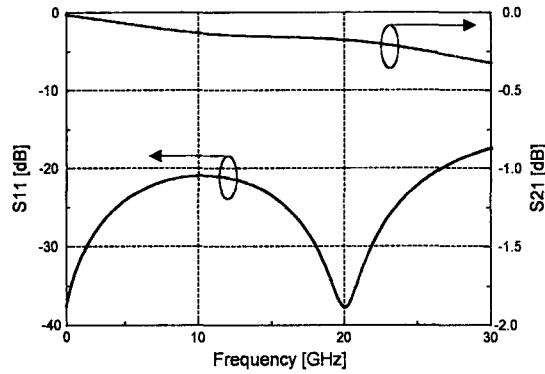


그림 3. 세라믹 패키지 Feed-through 해석 결과

그림 3은 30 GHz까지 세라믹 패키지 Feed-through 구조(그림 1)에 대한 S-파라미터를 나타낸 그림이다. 그림 3을 살펴보면, 30 GHz 이하의 해석한 전체 주파수에서 삽입손실과 반사손실이 각각 0.32 dB, 17.5 dB 이내의 특성을 얻을 수 있었다.

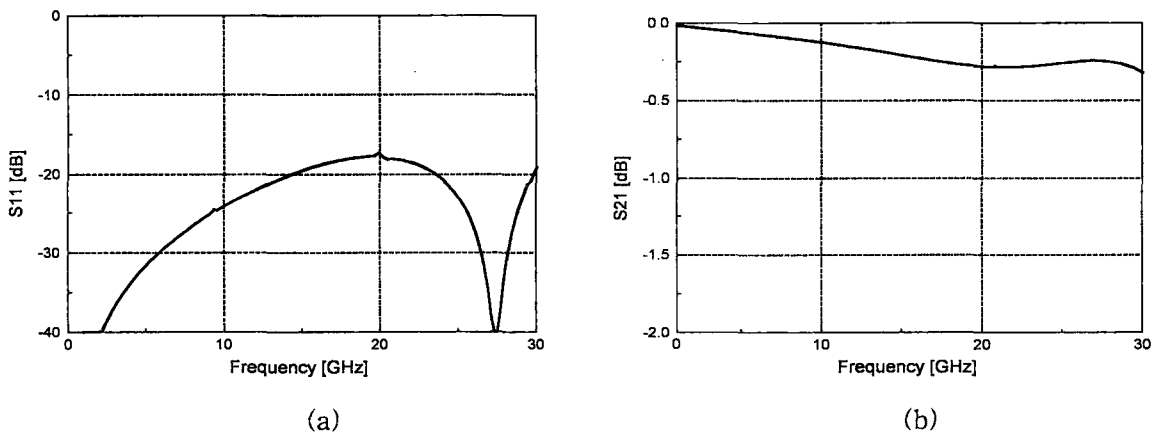


그림 4. 세라믹 패키지 측정 구조(그림 2)에 대한 해석 결과; (a)반사손실; (b)삽입손실

그림 4는 세라믹 패키지 Feed-through 측정을 위한 구조(그림2)에 대해서 해석한 결과를 나타낸 그림이다. 해석결과 30 GHz까지 삽입손실과 반사손실이 각각 0.32 dB, 16.8 dB 이내의 우수한 특성을 나타내고 있다.

본 논문에서는 본드와이어 접속선 구조를 가지는 밀리미터파 대역용 세라믹 패키지를 설계하였고 세라믹 패키지의 상용 주파수 대역인 DC-30 GHz에서 해석하였다. 해석 결과 probe point 양단의 본드와이어 특성을 포함한 패키지 급전선로는 30 GHz까지 삽입손실과 반사손실이 각각 0.32 dB, 16.8 dB 이내의 양호한 특성을 얻었다. 따라서 본 논문에서 설계한 세라믹 패키지는 밀리미터파 대역 MMIC 모듈 개발에 효과적으로 활용될 수 있으리라 기대된다.

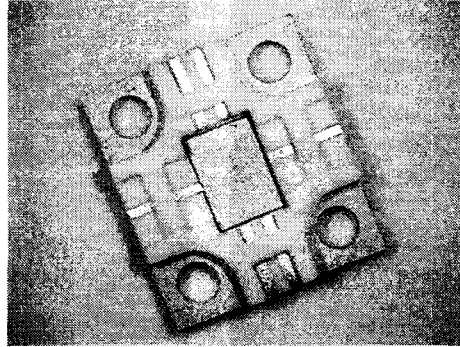


그림 5. 현재 제작중인 밀리미터파 대역 세라믹 패키지

### 3. Reference

- [1] L. P. B. Katehi, "The role of EM modeling in integrated packaging," *IEEE AP-S Dig.*, 1005-1008, July. 1993.
- [2] Hao-Hui Chen and Shyh-Jong Chung, "Analysis of a Partially Sealed Package for Microstrip-Line Circuits," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 46, N pp.2124-2130, DEC. 1998.
- [3] Deborah S. Wein, "Advanced Ceramic Packaging for Microwave and Millimeter Wave Application," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 43, No. 9, pp940-948, SEP. 19
- [4] Kenji Kitazawa, Shinichi Koriyama, Hidehiro Minamiue, Mikio Fujii, "77-GHz-Band Surface Mountable Ceramic Package" *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 48 9, pp.1488-1491, SEP. 2000.
- [5] F. Alimenti, P. Mezzanotte, L. Roselli and R. Sorrentino, "Multi-wire Microstrip Interconnections: a Systematic Analysis for the Extraction of an Equivalent Circuit" *IEE MTT-S Digest*, pp. 1929-1932, 1998.
- [6] S. Nelson, M. Youngblood, J. Pavio, B. Larson, R. Kottman, "Optimum microstrip interconnects," *Proc. IEEE MTT-s Dig.*, Boston, MA, pp. 1071-1074, 1991.
- [7] HFSS (High Frequency Structure Simulator), ver 7.0, Ansoft