

# 30 GHz 세라믹 패키지의 제작 및 측정

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

## Abstract

We fabricated and characterized a millimeter-wave ceramic package in a frequency range from 6 to 40GHz using the LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic) Technology and TRL(Thru-Reflect-Line) calibration method. From these measurement results, the fabricated feed-through structure achieved 0.5 dB, 14 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, millimeter-wave

## 1. Introduction

최근 초고주파 및 밀리미터파 시스템의 발달과 함께 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)을 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]. 그러나 현재 고주파 세라믹 패키지의 제작 방법에 대한 연구와 함께 밀리미터파 대역에서 MMIC 실장을 고려한 패키지 Feed-through 특성에 대한 고려가 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 본드와이어 접속선 구조를 가지는 밀리미터파 대역용 세라믹 패키지를 제작하였다. 이러한 세라믹 패키지 제작을 위하여 정밀한 구조체 제작, 도금, 그리고 브레이징(brazing)의 기반기술을 개발하였다. 또한 밀리미터파 대역용 세라믹 패키지를

설계하였고, 상용 주파수 대역인 6-40 GHz 에서 해석 및 측정하였다. 세라믹 패키지를 측정한 결과 30 GHz 까지 삽입손실과 반사손실이 각각 0.32 dB, 16.8 dB 이내의 우수한 전송 특성을 나타내었다.

## 2. Experimental

### 2.1 패키지 해석 및 측정 구조

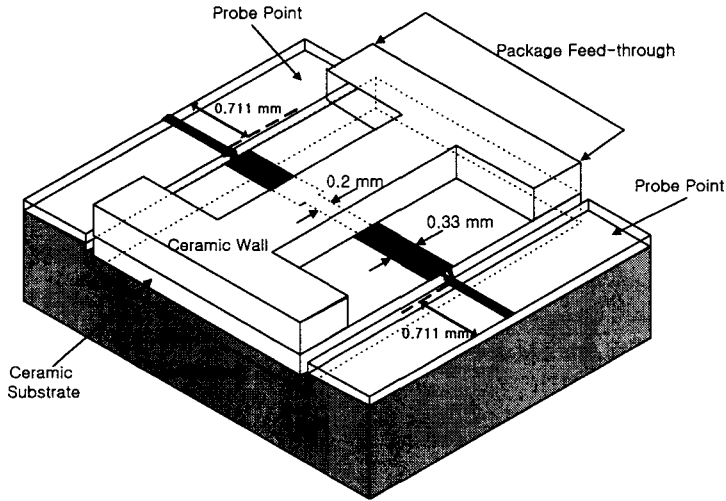


그림 1. 세라믹 패키지 feed-through 측정을 위한 해석 및 측정 구조

그림 1 은 패키지 feed-through 를 측정하기 위해 패키지 급전선로와 probe point 를 양단에 이중 본드와이어 연결한 구조이다. 그림 1 에서 아래와 윗 부분의 세라믹은 유전율( $\epsilon_r$ )과 손실( $\tan\delta$ )이 각각 7.8, 0.005 인 상용되고 있는 듀폰의 951 테잎을 고려하여 설계하였다. 본드와이어 높이는 80  $\mu\text{m}$  이며 본드와이어간의 사잇각은 40°로 설정하였다.

### 2.2 해석 및 측정방법

마이크로파 및 밀리미터파 대역에서의 정확한 광대역 해석을 위하여 유한 요소법을 사용하는 상용 시뮬레이션 툴을 사용하였다[5]. 본 논문에서는 전체 산란계수 크기의 변화율이 3 %이내에 수렴하도록 유한 요소 mesh 생성을 반복 수행하였으며, 그림 1 에서 패키지 feed-through 와 본드와이어 접속 구조의 특성만을 해석하기 위하여 probe point 는 무손실로 설정하였다. 측정은 벡터 회로망 측정기와 UTF(Universal Test Fixture)를 사용하였으며 calibration 은 고주파 대역에서 정확성이 매우 우수한 TRL(Thru-Reflect-

Line) calibration 방법을 사용하였다[6]. 또한, 그림 1 에서 probe point 부분에 점선으로 표시한 것처럼 TRL calibration 방법을 사용하여 측정 기준면(reference plane)을 각 포트로부터 0.711 mm 씩 내부로 이동시켰다[7].

### 2.3 제작방법

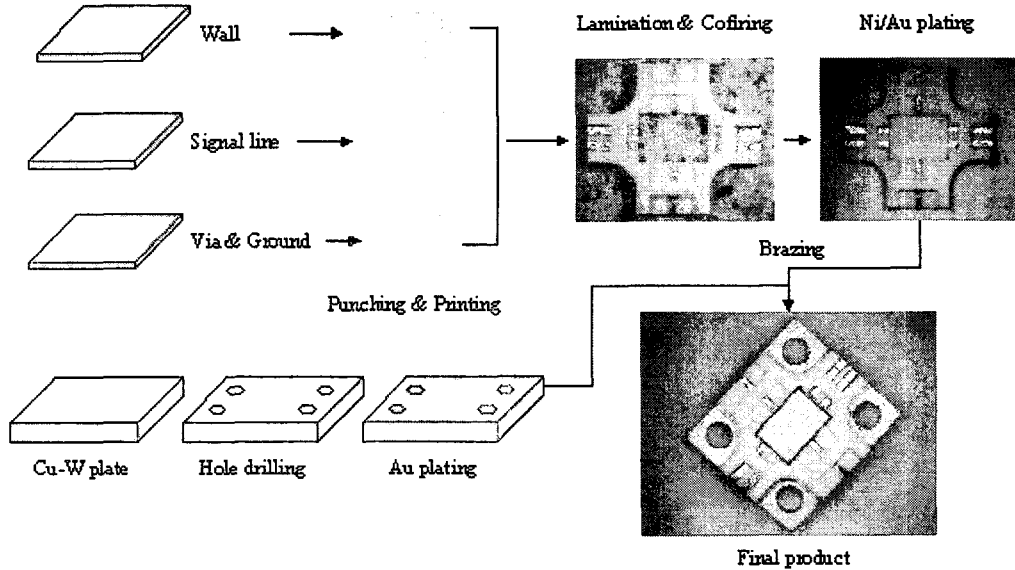


그림 2. 밀리미터파 대역용 세라믹 패키지 제조 공정

그림 2 는 밀리미터파 대역용 세라믹 패키지를 만들기 위한 제조공정이다. Base metal 로 사용되는 재료는 15Cu-85W 합금으로, 열전도율이 200W/m.K 에 달하는 열방출 특성이 좋은 Base metal 을 원하는 치수로 가공하고, 표면을 Ni, Au 로 도금하여 향후 세라믹 구조체와 접합될 수 있도록 제작한다.

패키지용 세라믹 구조체를 제작하기 위해서는 LTCC 그린시트가 필요하다. LTCC 재료는 알루미늄보다 유전율이 낮고, Ag, AgPt, Au, Cu 등의 전도성이 좋은 저융점 금속재료를 신호선으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 먼저, glass-ceramic 분말과 유기용매, 결합제, 분산제 등을 볼밀링하여 슬러리를 제작한 후, 이를 tape caster 를 통과시켜 carrier film 위에 세라믹 그린시트가 형성되게 한다. 이를 공정에 적절한 사이즈인 4"x4"로 절단한 후, 펀처를 이용하여 ground via 와 cavity, wall 구조를 이룰 수 있도록 그린시트를 펀칭한다. 그린시트 두께와 각 구조층의 최종두께를 고려하여 필요한 수만큼 펀칭하고, 접지면 비아(ground via)는 전도성 페이스트로 채운다. 전송선로와 내부, 외부 접지면 패턴을

전도성 페이스트를 이용하여 스크린 인쇄한다. 페이스트 건조후 접지면 비아층과 전송선로 구조층을 먼저 적층하는데, 적층시 cavity 형상이 찌그러지지 않도록, 3.5ton 의 저압을 가하여 적층한다. Wall 구조층도 같은 조건으로 적층하고, 아래면에 glue 를 입히고, 이를 전송선로 구조층 위에 얹고, 0.5ton 의 더욱 낮은 압력으로 접착시킨다. 높은 압력을 가할 시는 wall 구조층과 아래 구조층의 접합계면과 그 밖의 부분의 압력 불균일이 심해져 소성후 크랙이나 기판의 휨이 발생할 우려가 있다. 적층체를 각각의 개별 소자들로 cutting 한 후 box furnace 를 이용, 850℃에서 25 분 동안 소성하여 세라믹 구조체를 형성시킨다. Base metal 과의 접합과 MMIC 와의 와이어본딩을 위하여 외부 접지면과 전송선로를 Ni/Au 로 도금한다. 도금후 brazing 기법을 통하여 앞서 준비된 base metal 과 접합을 하면 MMIC 를 실장하기 위한 세라믹-메탈 패키지 구조체가 완성된다.

### 3. Results and Discussion

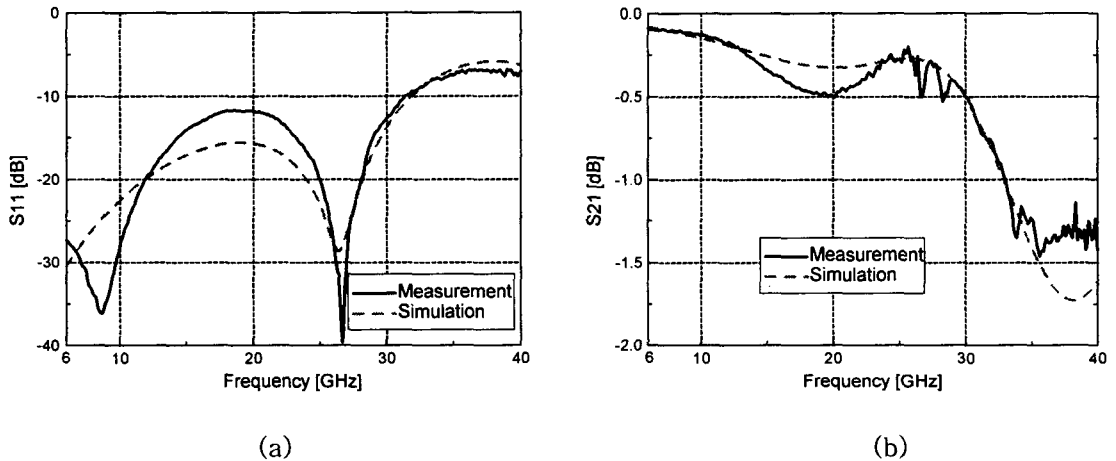
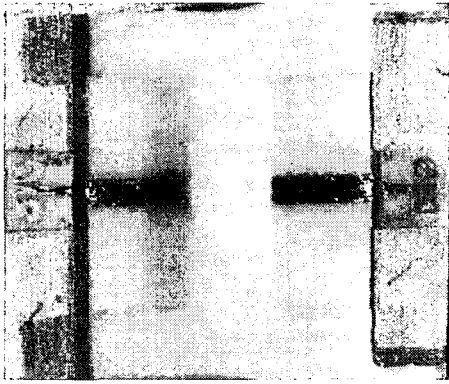


그림 3. 세라믹 패키지 측정 구조(fig. 1)에 대한 해석 및 측정 결과; (a) 반사손실; (b) 삽입손실

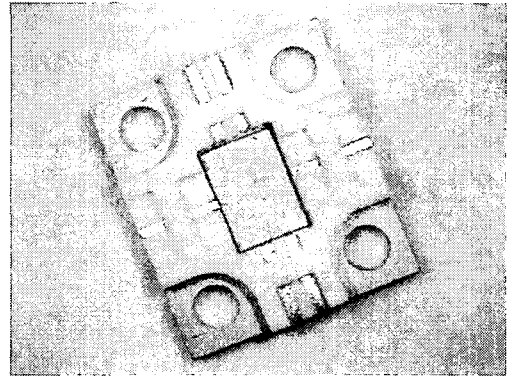
그림 3 은 본드와이어 접속선 구조를 가지는 세라믹 패키지 feed-through 측정을 위한 구조(fig. 1)에 대한 해석 및 측정결과를 비교한 것이다. 해석 및 측정 결과 30 GHz 까지 삽입손실과 반사손실이 각각 0.5 dB, 14 dB 이내의 우수한 특성을 나타내고 있으며 30 GHz 이상에서는 본드와이어의 기생 인덕턴스 영향으로 인하여 전송특성이 저하되는 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 본드와이어 접속선 구조를 가지는 30 GHz 까지 상용 가능한 세라믹 패키지를 제작 및 측정하였다. 측정 결과, 제작된 세라믹 패키지가 30 GHz 까지

삽입손실과 반사손실이 각각 0.5 dB, 14 dB 이내의 우수한 전송특성을 확인하였으며, 이러한 세라믹 패키지는 30 GHz 이하의 MMIC 모듈 개발에 효과적으로 활용될 수 있으리라 기대된다.



(a)



(b)

그림 4. (a)세라믹 패키지 Feed-through 측정 구조; (b)제작된 30 GHz 세라믹 패키지 사진

## Reference

- [1] L. P. B. Katehi, "The role of EM modeling in integrated packaging," *IEEE AP-S Dig.*, pp. 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, No. 12, 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. 1995.
- [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, No. 9, pp.1488-1491, SEP. 2000.
- [5] HFSS (High Frequency Structure Simulator), ver 8.0, Ansoft
- [6] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, New York: John Wiley & Sons, Inc., pp.217-221, 1998
- [7] *Network Analysis : Applying the HP 8510 TRL calibration for non-coaxial measurements*, HP Product Note 8510-8A, 1995