

고주파 MCM-C 용 내부저항의 제작 및 특성 평가

조현민, 이우성, 임옥, 유찬세, 강남기, 박종철
전자부품연구원 통신부품연구센터
(E-mail : chomin@nuri.keti.re.kr)

Fabrication and Characterization of Buried Resistor for RF MCM-C

H.M.Cho, W.S.Lee, W.Lim, Y.S.Yoo, N.K.Kang, J.C.Park
Telecommunication Component Research Center,
Korea Electronics Technology Institute(KETI)

1. 서론

회로의 밀도를 높이기 위한 소자의 집적기술은 새로운 기술로서 많은 주목을 받고 있다. 특히 MCM-C (Multi-Chip-Module-Cofired) 는 저온동시소성 (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC) 기판의 적층공정 기술과 미세패턴 인쇄기술을 통해 다층 세라믹 기판 내부 및 상부에 수동소자 및 능동소자를 3차원적으로 배열하는 기술로서 많은 연구 및 실용화가 진행되고 있다. 수동소자 중 저항을 LTCC 기판 내부에 위치시키는 경우는 외부 저항과 달리 기판과 동시 소성이 이루어지며 기판과 저항체와의 반응성 및 저항 용량값의 미세 조정이 불가능한 점 때문에 개발이 보다 지연되었다. 내부 저항의 고주파 특성은 저항체 Pastes 및 기판의 재료 특성, 저항의 구조에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 알려져 있다. 특히, GHz 이상의 고주파에서는 기생성분들에 의한 상당한 특성 변화가 발생한다. 따라서, 고주파용 MCM 에 있어서 내부저항의 안정성 및 특성의 정량화는 상당히 중요한 요소이며, 기판 내부에 들어가는 모든 소자의 경우처럼, 내부저항 역시 Via 와 Stripline을 통해서 외부와 연결되는 것을 감안한 설계 및 특성 추출이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 내부저항을 용량별로 제작하고 저항의 DC 및 RF 특성을 추출하여 MCM-C 제작에 이용하고자 하였다.

2. 실험 방법

내부저항은 LTCC 기판 및 Screen Printing을 이용한 후막 공정으로 제작되었다. LTCC 용 기판은 Dupont 951 AT Tape ($\epsilon_r = 7.8$, $t = 114 \mu\text{m}$)를 사용하였으며, 내부 저항체용 Pastes 는 Dupont Resistor Pastes ($10\Omega \sim 10K\Omega/\square$)를 사용하였다. 내부전극으로는 Ag Pastes, 외부전극으로는 Ag-Pd Pastes를 사용하였다. 저항의 제작 전에 Pastes 들과 기판간의 수축거동에 의한 매칭성을 확인하기 위해 시편을 제작하였다. 시편은 적층된 LTCC 기판 상부에 Paste를 전면도포하고 소성한 뒤, 발생한 Camber의 지면에서의 높이와 시편의 대각선 최단거리의 비를 표시하여 매칭

정도를 나타내었다. 저항체는 총 8층으로 제작하였으며, 저항과 외부와의 연결을 Via를 통해 Top으로 연결하고, Top layer에는 Stripline을 만들어 측정에 이용할 수 있도록 하였다. 적층 공정을 거친 시편은 최대 온도 850°C에서 25분동안 유지하는 소결공정을 거쳤다. 제작된 저항은 DC 저항 용량을 측정하고, 100 MHz ~ 6 GHz까지의 고주파 특성을 HP 8753D Network Analyzer로 S11 Parameter를 추출하는 방법으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 내부저항의 제작

그림 1은 실험에 사용된 여러 Pastes들과 기판과의 수축거동의 매칭성을 확인하기 위한 측정의 결과로서 낮은 값일수록 우수한 매칭성을 나타낸다. 저항체의 경우 고저항에서는 기판과 매칭성이 우수하지만 전도성 물질이 많이 들어있는 저저항체의 경우는 매칭성이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서, 낮은 용량에서는 최대한 저항체의 크기를 줄여야 기판이 변형되는 것을 막을 수 있으므로 저항체의 폭은 1 mm 이하로 줄여 제작했다. 그림 2는 제작된 내부저항의 사진 및 기본 구조이다.

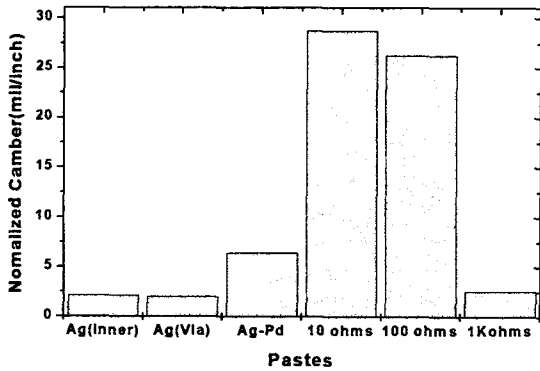


그림 1. 기판과 Pastes 간의 매칭성

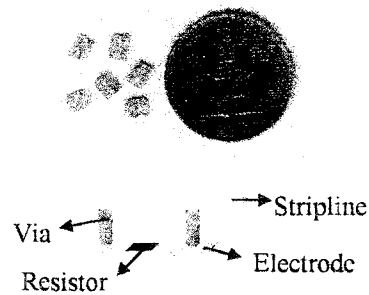


그림 2. 제작된 내부저항의 사진 및 기본 구조

내부저항의 경우, 저항체와 기판과의 반응을 최소화할 수 있는 전도성 물질로 RuO₂를 기반으로 하고 있다. 그림 3은 제작된 내부저항의 단면 광학사진을 보여주고 있다. RuO₂는 Matrix 사이를 Chain 형태로 연결되어 존재하는 것으로 확인되었다.

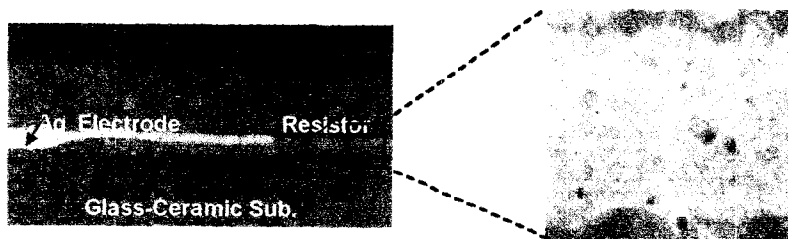
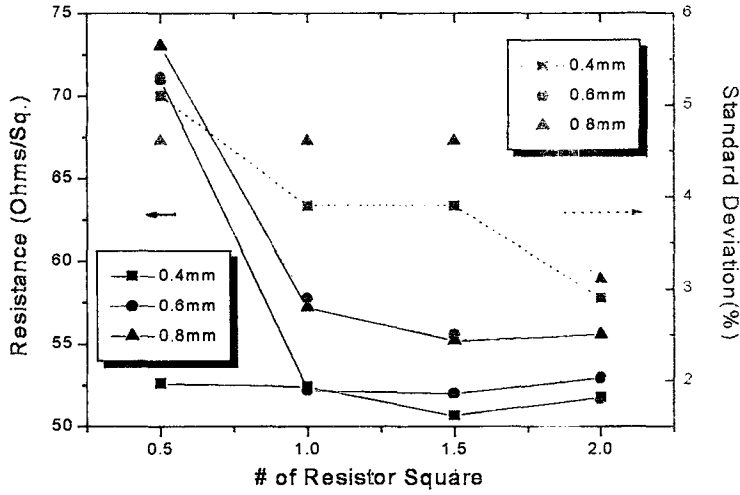


그림 3. 제작된 내부저항의 단면구조

(2) 구조에 따른 영향

저항체의 크기 및 Aspect Ratio 변화에 따른 저항용량의 변화를 확인하기 위해 Test Coupon을 제작하고 측정된 결과, 저항체의 크기 및 Aspect Ratio의 변화에 따라서 저항값의 차이가 발생함을 확인하였다.



용량값의 안정성은 대부분의 저항에서 5 ~ 6% 이내의 편차를 보여 충분히 내부저항으로 사용할 수 있을 것으로 보여진다.

(3) 내부저항의 고주파 특성

그림 5는 용량의 변화에 따른 내부저항의 RF 거동을 스미스차트로 나타낸 것이다. DC 저항값을 나타내는 실수축에서 시작하여 주파수가 증가함에 따라 시계 방향으로 회전하는 거동을 보이고 있다. 이러한 내부저항의 고주파 특성으로부터 저항성분과 함께 Transmission

Line 과 인덕터, 커패시터가 혼합된 그림 6의 등가 회로를 얻었다. 그림 7은 그림 6의 등가회로를

그림 4. 저항체의 폭과 Aspect Ratio 에 따른 저항값의 변화

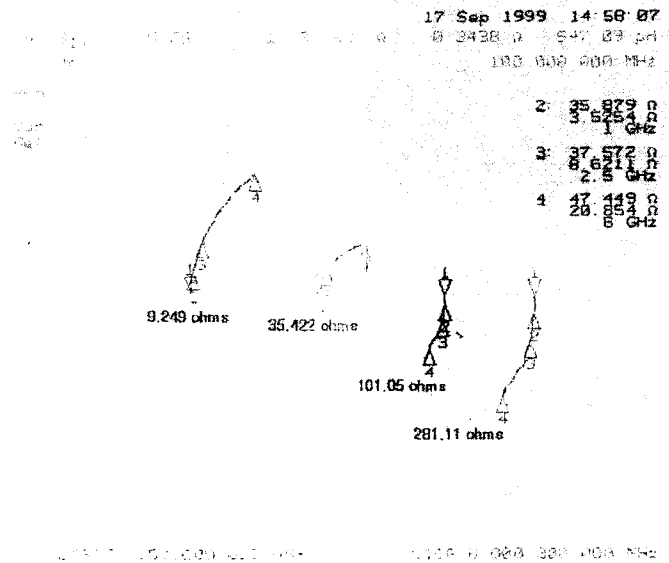


그림 5. DC 저항값에 따른 내부저항의 고주파 특성

Simulation 한 결과이다. 그림 5의 35.422 Ω 용량을 가지는 저항과 비교할 때 유사한 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

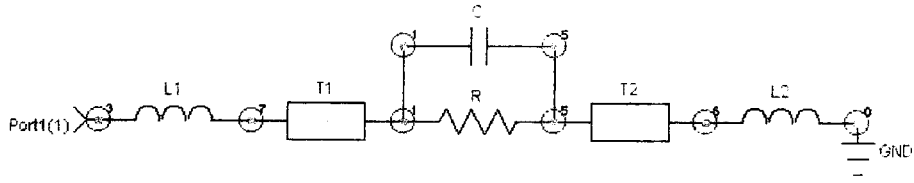


그림 6. 내부저항의 등가회로

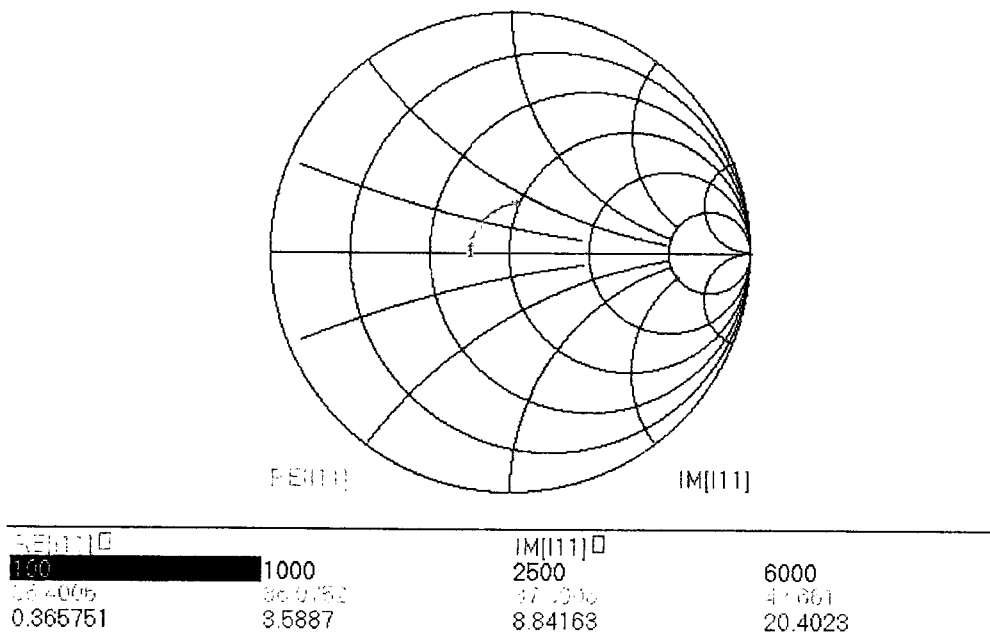


그림 7. 그림 6의 등가회로를 이용한 Simulation 결과 (by SuperStar)

참고 문헌

1. K. Drüe, H. Thust, "RF-Behavior of Printed Resistors in the Frequency Range up to 6 GHz", ISHM '96 Proceedings.
2. J.R.Rellick, A.P.Ritter, "Non-trimmed Buried Resistors in Green TapeTM Circuits", IMAPS '98 Proceedings.
3. M.R.Ehlert, P.S.Munoz, "Effect of Processing Variables on the Co-Fired Properties of Thick Film Resistors in LTCC", IMAPS '98 Proceedings.
4. H. Thust, K. Drüe, T. Thelemann, "Performance of Buried Resistors in Green Tape 951", ISHM '97 Proceedings, pp 48-53, 1997.