

도체 페이스트의 메탈 함량 및 입자 크기에 따른

스트립라인 레조네이터 특성 연구

유찬세, 조현민, 이우성, 강남기, 박종철

전자 부품 연구원

**Study on the characteristics of stripline resonator
in the variation of metal content and grain size**

C. S. Yoo, H. M. Cho, W. S. Lee, N. K. Kang, J. C. Park

Korea Electronics Technoloty Institute(KETI)

초록 : 최근 세라믹 칩 부품과 모듈등의 통신 부품에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데 내장형 수동 소자를 이용한 세라믹 3차원 모듈 개발에 관한 연구가 많은 연구 그룹에서 진행되고 있다. LTCC 시스템은 가격이 저렴하고 공정이 안정적이고 전기적 특성에서도 손실값이 작은점등의 많은 장점을 가지고 있다. 이러한 전기적 특성은 사용하는 재료의 물성에 직접적인 영향을 받게 된다. 사용 재료는 크게 도체와 유전체로 나뉘어질 수 있으며 특히 도체의 특성이 설계된 패턴에 의한 소자 특성에 큰 영향을 주게 된다. 본 연구에서는 금속 함량과 금속 입자 크기를 변화시킨 도체 페이스트를 직접 제작하고 스트립라인 레조네이터에 적용되었을 때의 6 GHz 까지의 고주파 특성을 비교 분석하였다.

Abstract

So far, many kinds of researches on the chip components and MCM-C RF module especially on the 3-dimensional ceramic module using embedded passives have been performed. LTCC system has many kinds of advantages, like low loss, low cost of process, stability of process etc..The electrical behaviors of components are affected by that of the material systems including dielectrics and conductors.

In this study, many kinds of conductor pastes in the variation with metal content and grain size are fabricated and their effect on the characteristics of stripline resonator are examined upto 6 GHz.

keyword : LTCC, conductor paste, metal content, grain size, stripline resonator

1. 서론

현재 까지 연구 개발되어 온 세라믹 칩 부품을 집적화하고 일체화하여 모듈로 제작하는 연구가 수행되고 있다. 최근 세라믹 모듈의 사용 주파수 대역이 점점 높아짐에 따라 유전체와 도체에 의한 손실값들이 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히 도체의 경우 기존의 PCB 기관에서 보다 전도성이 낮기 때문에 높은 주파수 대역에의 적용에 많은 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 도체 페이스트 내의 금속 입자 함량과 크기에 따른 전기적

거동을 조사함으로써 고주파수 대역에의 적용성을 검토하여 보았다.

2. 실험

2.1 Material 과 측정

본 연구에서 사용한 유전체는 Dupont 9099($\epsilon_r=7.8$, $\tan\delta=0.003$ @ 6 GHz) 이고 샘플 제작시에는 테잎 캐스팅, 비아홀 가공, 후막 인쇄, 적층, 소성에 이르는 적층공정을 적용하였고 고주파 특성 측정시에는 probe station(cascade)과 Network Analyzer(8753D)를 사용하였으며 등가회로 모델링에는 ADS 1.3(agilent)를 사용하였다.

2.2 도체 페이스트 제작

금속 입자 함량과 크기에 다른 여러 종류의 페이스트를 제작하였다. 유기물은 에틸 셀룰로오즈계 바인더를 사용하였고 입자 크기와 함량을 달리하여 혼합한 후 milling 공정을 거쳐 제작하였다. 페이스트별 물성은 표 1과 같다.

Table 1 Physical Properties of conductor pastes

	A	B	C	D	E
metal content(%)	86	80	70	70	70
$D_{50}(\mu\text{m})$	3.41	3.27	3.27	4.88	5.85

사용한 도체 분말들의 형상을 관찰한 결과가 그림 1에 나타나있는데 모두 구형의 입자형태를 나타내었다.

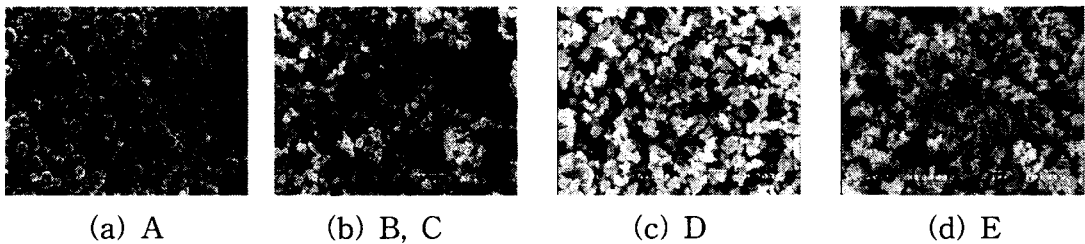
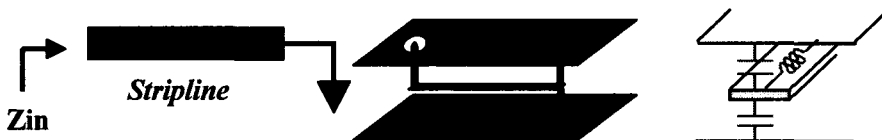


Fig. 1 SEM image of metal powder

2.3 스트립라인 레조네이터 제작

스트립라인 레조네이터는 종단이 단락된 스트립라인 구조로서 기존의 칩 인덕터에 비해 높은 Q값을 나타내기 때문에 VCO의 공진부와 같이 높은 Q값을 요하는 곳에 사용된다. 본 연구에서 적용한 구조가 그림 2에 나타나있다.



3. 결과 및 고찰

3.1 금속 함량에 따른 특성 고찰

도체의 특성에 따른 감쇄량을 비교하기 위해 2-port 구조물을 제작하여 단위 길이당 감쇄량을 측정하였다. 도체 (A),(B),(C)는 입자 크기가 비슷하면서 금속함량을 감소시킨 것이고, (C),(D),(E)는 같은 금속 함량에 대해 금속 입자 크기를 증가시킨 것이다. 먼저 금속 함량에 따른 감쇄량을 비교해 보았는데 그림 3에 결과가 제시되어있다.

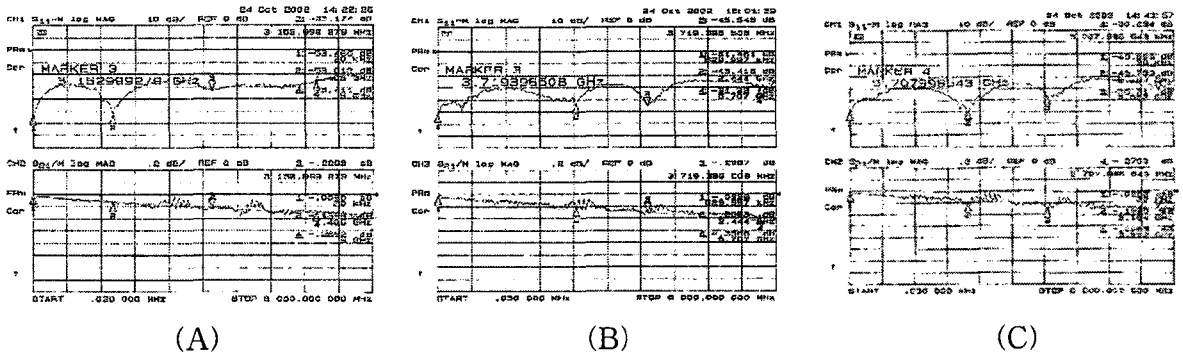


Fig. 3 Attenuation in the variation with metal content

위의 결과를 보면 금속 함량이 감소할수록 감쇄량이 증가함을 알 수 있다. 동일한 유전체를 사용하였기 때문에 전극 특성의 차이에 기인한 것으로 보이며 특히 유효 전기전도도 차이에 의한 것으로 판단된다. 이상적인 은 전극의 전기전도도는 6.173×10^7 S/m 인데 위의 전극에 대해 유효 전기전도도를 추출해 보았는데 그 결과가 표 2에 나타나있다.

Table 2 Effective conductivity of conductor paste

	(A)	(B)	(C)
$\sigma(\text{S/m}) \times 10^7$	4.5	3.5	3

유효 전기전도도와 함께 전극 표면 거칠기도 고주파수 대역으로 갈수록 그 영향이 커지기 때문에 스크린 후막 인쇄 후 표면 거칠기를 측정해 보았다.

Table 3 Roughness of conductor paste

	(A)	(B)	(C)
$R_q(\mu\text{m})$	0.81	0.62	0.63

표면 거칠기에 의한 차이가 크지 않았고 감쇄량의 차이는 전기전도도의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

3.2 금속 입자 크기에 따른 특성 고찰

도체 전극 (C), (D), (E)에 대해 입자 크기의 영향을 고찰하였다. 위에서와 동일하게 단위 길이당의 감쇄량을 측정하였는데 그 결과가 그림 4에 나타나있다.

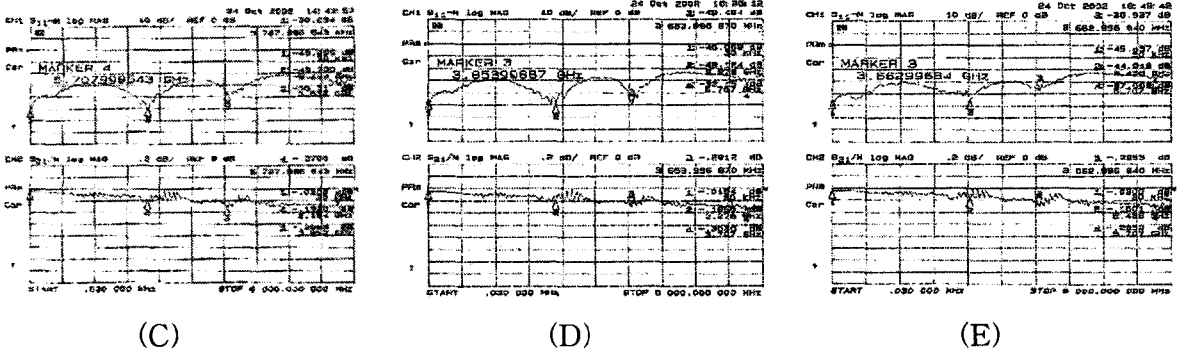


Fig. 3 Attenuation in the variation with grain size

동일한 함량에 대해 금속 입자 크기가 커질수록 감쇄량이 줄어들었고 전극 표면 거칠기와 유효 전기전도도를 측정 한 결과 이러한 감쇄량의 변화가 전기전도도에 의한 것으로 판단된다.

Table 4 Effective conductivity of conductor paste

	(C)	(D)	(E)
$\sigma(\text{S/m}) \times 10^7$	3	3.8	4.5

Table 5 Roughness of conductor paste

	(C)	(D)	(E)
$R_q(\mu\text{m})$	0.63	0.78	0.73

입자크기가 작을 수록 packing density는 증가하지만 신호가 일정한 거리를 이동함에 있어서 동일 매질을 지나는 거리가 증가하기 때문에 유효 전기전도도가 증가하는 것으로 생각된다. 위의 결과들을 선진사 페이스트에 대한 실험 결과와 비교해 보았는데 그 결과가 표 6에 제시되어 있다.

Table 6 Attenuation per unit length

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	6142D(Dupont)
Attenuation(dB/inch), 2 GHz	0.1592	0.1753	0.1892	0.1722	0.1615	0.2850
Attenuation(dB/inch), 6 GHz	0.3372	0.3696	0.3976	0.3647	0.3439	0.5989

3.3 레조네이터 특성 비교

한 쪽 끝을 단락시킨 레조네이터의 Q 값을 비교해 보았다. 스트립라인 레조네이터의 경우 Q 는 아래 식으로 정의된다.

$$Q = \beta / 2\alpha \quad (\beta(\text{위상상수}) = \lambda / 2\pi, \alpha(\text{감쇄량}) \text{ in Np}) \quad (1)$$

즉, 신호가 동일한 위상을 경유할 때 감쇄량이 작을 수록 Q 값이 커지게 된다. 적용한 도체 전극에 대해 레조네이터 Q값을 비교하였는데 결과가 표 7에 나타나있다.

Table 7 Q factors of stripline resonator

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Q(6GHz)	115	105	97	106	113

금속 함량이 높을 수록 입자 크기가 커질수록 유효 전기전도도가 증가하고 이로 인해 감쇄량이 감소하여 스트립라인 레조네이터의 Q 값이 증가하였다.

4. 결론

도체 페이스트에서 금속 함량 및 입자 크기에 의한 영향을 고찰해 본 결과 금속 함량이 높을 수록 입자 크기가 커질수록 페이스트의 유효 전기전도도가 증가하였고 고주파수 대역에서의 감쇄량은 감소하였다. 높은 금속 함량과 큰 입자를 이용하여 높은 Q 값을 갖는 스트립라인 레조네이터를 구현할 수 있었다.

참고문헌

- [1] David M. Pozar, 'Microwave Engineering' 2nd edition p.153 Wiley
- [2] 유찬세, 이우성, 강남기, 박종철 " LTCC system에서의 Stripline 구조 특성 연구"
마이크로 전자 및 패키징 학회지, Vol. 9 No. 3 pp 13-17 2002