

RF MCM-C 제작을 위한 저온소결용 마이크로파 유전체 Tape 제조

이경호, 최병훈
순천향대학교 신소재·화학공학부

Fabrication of LTCC Microwave Dielectric Tape for RF MCM-C

Kyoung-Ho Lee, Byung-Hoon Choi
Department of Materials Engineering and Chemical Engineering,
Soonchunhyang University

초록

마이크로파대역에서 우수한 유전적 특성을 가지며 소결이 900℃이하에서 가능하며 Ag와 동시 소결이 가능한 유전체 조성을 개발하여 RF MCM-C(Multi-chip Module on Ceramic) 제조를 위한 유전체 테이프 제조에 대한 기초적인 실험과 Ag 전극과 동시소성에 대한 반응성 실험을 하였다. 본 실험에 앞서 개발된 유전체 조성의 마이크로대역에서의 유전특성은 유전율 24, 품질계수 30,000 이상, 공진주파수 온도계수 37 ppm/℃ 이었고 소결온도는 850℃이었다. 이 유전체를 이용 결합 없는 테이프 제조를 위한 유기용매의 선택, 바인더 및 가소제의 량 및 비에 따른 테이프의 소결 전·후의 상태를 비교·분석하여 최적의 조성비를 결정하였다. 테이프와 은전극과의 반응성 실험결과 은과 유전체의 상호확산은 거의 이루어지지 않음을 확인하였다.

1. 서론

최근 이동통신기기 시장의 급성장과 함께 통신기기의 소형화, 집적화, 고신뢰성화, 고기능화의 필요성이 대두되고 이에 따라 RF-IC, MMIC 등의 IC 및 개별 수동부품의 고밀도 실장 분야가 크게 주목 받고 있다. 따라서 RF 모듈화의 추세에 대응한 MCM(Multi-chip Module)의 기술개발이 필요하게 되었다.⁽¹⁻⁴⁾ MCM 기술 중 MCM-C(Multi-chip Module on Ceramic)는 세라믹 개별 부품으로 이용되고 있는 평면형 패치 안테나, 듀플렉서 혹은 대역통과 필터 등의 소자를 하나의 구조물에 집적화함으로써 제품의 소형화 및 대량생산이 가능한 기술이다.

RF 부품의 집적 및 모듈화를 위해서는 첫째, RF 부품으로 이용될 세라믹 조성의 우수한 유전 특성이 요구되지만 이러한 조건 이외에도 마이크로파 대역에서 전기전도성이 우수한 Ag와 동시 소결을 위한 낮은 소결온도(900℃ 이하) 및 전극과의 낮은 반응성이 요구된다. 또한 RF 부품의 집적 및 모듈화는 세라믹 테이프를 이용한 적층 공정으로 이루어진다. 따라서 흠이 없고 균일한 두께, 후 공정에 필요한 가공성을 가지도록 테이프 제조공정의 최적화가 이루어져야 한다.

본 연구자는 유전특성이 우수하고 소결온도가 850℃로 낮아 Ag와 동시소결이 가능한 유전체 조성을 개발하였는데 이 조성을 이용하여 Doctor blade casting용 슬러리 제조시에 사용되는 유기용매, 분산제, 결합제와 가소제 등의 첨가제의 량과 구성비, 제조시의 milling 시간, 탈포 등의 공정변수를 제어하여 green sheet 특성의 최적화를 연구하였고, 얻어진 테이프와 Ag 전극과의 동시실험을 통해 Ag와의 계면 반응성을 알아보았다.

2. 실험방법

2.1 유기용매의 선택

본 실험에 있어 바인더는 세라믹 슬러리 제조에 가장 광범위하게 쓰이는 Poly Vinyl Butyral(PVB, Monsanto사 Butvar B79)를 사용하였다. 이 바인더를 가장 원활히 용해시키는 유

기용매를 선택하고자 보고되어 있는 다양한 유기용매 공비조성에 대해 PVB를 용해시키고 점도 측정을 하였다.

2.2 Milling 시간의 결정

세라믹 분말의 입자 크기가 미세하게 되고 분산이 안정되는 milling 시간을 알아보기 위해 분말의 량을 50%로 유지시키고 지르코니아 볼을 분쇄매체로 이용하여 milling 시간에 따른 슬러리의 점도와 입도 변화를 측정하였다.

2.3 바인더 및 가소제의 구성비 및 량에 따른 테이프 특성 평가.

테이프 제조에 있어 첨가되는 바인더 및 가소제의 분말에 대한 구성비 및 상대적인 량을 변화시켜 가면서 테이프의 상태(표면상태, carrier film과 부착상태, 테이프의 그린밀도 등)와 소결 후의 상태(휨, 내부균열)를 분석하여 최적의 구성비 및 량을 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구실에서 연구 개발된 유전체 조성물은 유전율(ϵ) 24, 품질계수($Q \times f$) 30,000 이상, 공진 주파수 온도계수(τ) 37 ppm/°C로 우수한 유전특성을 보였고 일축가압성형 후 소결온도 850°C에서 98%이상의 치밀화를 보였다.

3.1 유기용매의 선택

Tape casting 공정에 있어서 결합제는 테이프 제조시 건조가 이루어진 다음 세라믹 분말에 강도를 주어서 가공성을 갖도록 하는 역할을 하며, 소결전에 완전히 제거되어야 한다. 본 실험에서 여러 결합제중 PVB를 선택한 이유는 PVB가 결합제중에서 binder burn-out 특성이 좋고 많이 사용되기 때문이었다. 바인더의 역할을 극대화하기 위해서는 유기용매의 선택이 매우 중요한데 특히 유기용매의 공비조성이 결합제의 용해성과 슬러리 제조 후 건조과정에서 용매조성의 불균일화를 일으키지 않고 제거될 수 있다고 알려져 있다.⁽⁵⁾

본 연구에서는 용매계로 알코올과 방향족 용매의 여러 공비조성에서 PVB의 용해성 및 점도 측정을 하였고 그 결과를 Table 1에 보였다. 용매에 PVB의 용해도는 모두 우수하였다. 그러나 점도가 낮은 용매일수록 공정상 유리하기 때문에 본 연구에서는 유기용매계로 ethanol과 toluene이 68:32인 공비조성을 선택하였다.

Table 1. Viscosities of Various Azeotropic Solvent Composition After Binder Dissolution

Solvent	Composition 1	Composition 2	Composition 3	Composition 4
Toluene	68	31		
Ethanol	32		40	60
MEK			60	
IPA		69		32
Viscosity (cPS)	63	189	71	84

3.2 Milling 시간의 결정

Fig 1과 2에 milling 시간에 따른 원료분말의 입도 변화 및 점도 변화를 보였다. 실험 결과 일반적으로 알려진 바와 같이 입도는 milling 초기에 작아지지만 20시간 이상에 이르면 더 이상 milling의 효과가 없어졌으며 또한 점도의 경우도 milling 시간의 경과에 따라 즉 분말이 미세해

짐에 따라 감소하다 일정한 값을 가졌다. 이 결과를 바탕으로 최적 milling시간을 분말의 미세화 및 불순물 유입을 고려하여 20시간으로 정하였다.

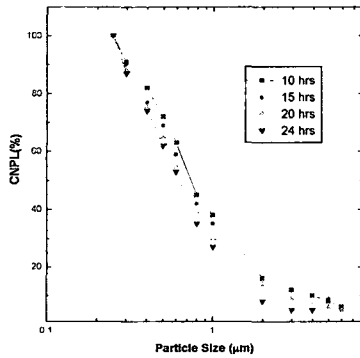


Fig. 1 Particle size change as a function of milling time.

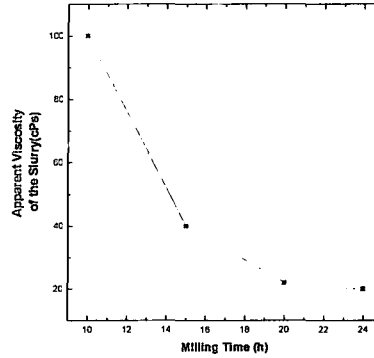


Fig. 2 Viscosity change of the slurry as a function of milling time.

3.3 결합제 및 가소제의 구성비 및 량에 따른 테이프의 특성

테이프의 제조에 있어 바인더와 가소제는 그린 쉬트에 강도 및 가공성을 부여하기 위해 첨가되는데 결합제 및 가소제의 혼합비와 분말에 대한 상대적인 량은 테이프의 표면상태, carrier film과의 부착상태 및 그린밀도 등에 영향을 미친다. 따라서 최적의 테이프 제조를 위해서는 결합제와 가소제의 혼합비 및 량이 결정되어야 한다.

먼저 PVB와 DBP의 총량을 분말에 대해 14%로 고정시키고 PVB와 DPB의 비율을 달리하면서 테이프를 제조 후 테이프의 특성을 평가하였다. Table 2에 실험결과를 정리하여 나타내었다.

Table 2. Effect of PVB/DBP Ratio on Green Tape

유기물 조성(wt%)	Tape A	Tape B	Tape C	Tape D
분산제	1.0	1.0	1.0	1.0
결합제	10.0	9.0	8.0	7.0
가소제	4.0	5.0	6.0	7.0
표면상태	표면전체에 결합 발생	표면전체에 결합 발생	양호	표면에 국부적으로 결합 발생
film과 부착성	우수	우수	우수	우수
green density(%)	47.5	48.1	50.2	50

PVB가 DPB에 비해 상대적으로 많이 첨가된 테이프일수록 겔보기 점도가 높았으며 따라서 탈포의 어려움이 있었다. 또한 PVB와 DBP의 첨가비가 지나치게 높거나(Tape A 및 B) 낮은 경우(Tape D) 표면에 결합이 발생하였다. 표면에 균열이 발생한 테이프의 경우 green density도 낮았다. 위의 실험 결과를 토대로 최적의 바인더와 가소제의 첨가비를 0.5714: 0.4286로 정하였다.

Tape D의 조성을 가지고 테이프를 제조 후 적층 공정을 거쳐 300℃에서 5시간 500℃에서 5시간의 열처리를 통해 binder 제거 후 850℃에서 소결한 결과, Fig. 3에 보인 것처럼 테이프의 bloating 현상이 심각하게 나타났다. 이것은 바인더 및 가소제의 분말에 대한 상대적인 량이 커서 적층 과정에서 Tape 표면에 결합제 및 가소제가 일련의 막을 형성하여 유기용매나 첨가제의 휘발을 방해한 결과로 보여졌다. 따라서 최적 첨가제 량을 결정하기 위해 바인더와 가소제의 첨가비는 일정

하게 하고 량을 변화시켜가면서 테잎의 상태를 조사하였고 그 실험결과를 Table 3에 정리하여 나타냈다.

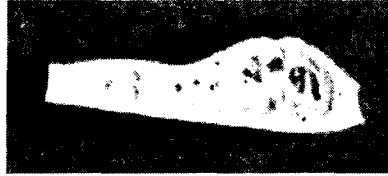


Fig. 3. The sintered tape showing bloating.

Table 3. Effect of Amount of PVB and DBP on Green Tape

유기물 조성(wt%)	Tape D-1	Tape D-2	Tape D-3	Tape D-4
분산제	1.0	1.0	1.0	1.0
결합제	4.37	3.73	3.07	2.36
가소제	3.28	2.80	2.30	1.77
표면상태	양호	표면전체에 균열 발생	표면전체에 균열 발생	표면전체에 균열 발생
film과 부착성	우수	불량	불량	불량
green density(%)	50.5	50.8	51	51.2

Tape D-1의 조성비를 갖는 테잎을 소결한 결과 bloating현상은 보이지 않았고 camber 현상도 보이지 않았다.

위의 실험에서 얻어진 최적의 조성비로 테잎을 제조 후 Ag전극과의 반응성을 알아본 결과 본 연구진에 의해 개발된 유전체 조성은 Ag와의 반응성이 매우 낮아 회로설계에 있어 기생성분의 발생을 최소화할 수 있다고 판단된다.

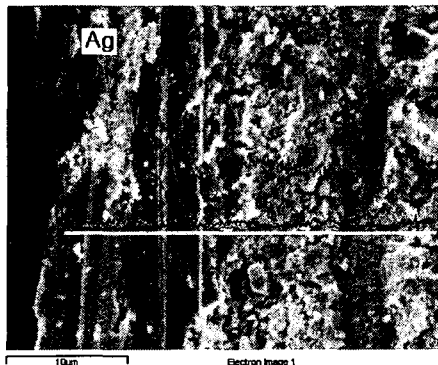


Fig. 4. Ag diffusion profile.

4. 결론

1. Tape casting용 슬러리에 첨가되는 용매는 결합제의 용해성 및 점도를 고려할 때 Toluene/Ethanol = 68/32의 공비 조성이 최적이다.
2. 최적 Milling 시간은 20시간으로 원료분말의 평균입도는 약 $0.65\mu\text{m}$ 이었고 슬러리의 점도도 안

정화되었다.

3. PVB와 DBP의 첨가비가 0.57:0.43 일때 film과 부착성도 우수하였고 표면결함도 없었다.
4. PVB와 DBP의 원료분말에 대한 상대적인 량은 8 wt% 일때가 가장 우수한 특성을 보였다.
5. 적층 시편을 300℃에서 5시간 500℃에서 5시간 유지하여 binder burn-out시키고 850℃에서 1.5 시간 소결하여 결함없이 97% 이상의 소결밀도를 갖는 양호한 소결체를 제작하였다.
6. Ag 전극과의 동시소결 후 반응성 시험 결과 Ag와의 반응은 거의 일어나지 않았다.

참고 문헌

1. R.C. Frye, "The Impact of Passive Component Integration in Mixed-Signal Application," 1996 IEEE EPEP Digest, pp.181-183
2. J. Rector, "Economic and technical Variability of Integral Passive," 1998 IEEE ECTC Digest, pp.218-224
3. R.L. Brown, P.W. Polinski, "The Integration of Passive Componets Into MCMs Using Advanced Low-Temperature Cofired Ceramics," International journal of Microcircuit and Electronic Packaging, 16[4] 328-338 (1993).
4. W. Eurskens, "Design and Performance of UHF band Inductors, Capacitors and Resonators Using LTCC Technology for Mobile Communication Systems," IEEE MTT-S Digest 3, 1285-1288 (1998).
5. K.P. Plucknett, "Tape Casting of Fine Alumina/Zirconia Powders for Composite fabrication" J. Am. Ceram. Soc., 77[8] 2137-2144 (1994).