

저온동시소성 기판용 Cordierite계 세라믹스의 소결거동 및 유전특성

황일선, 여동훈, 신효순, 김효태, 김종희
 요업(세라믹)기술원

Sintering Behavior and Dielectric Properties of Cordierite Ceramics for LTCC Substrate

Il-Sun Hwang, Dong-Hun Yeo, Hyo-Soon Shin, Hyo-Tae Kim, Jong-Hei Kim
 Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Abstract : Cordierite 결정상을 LTCC공정 적용온도에서 소결하기 위한 glass 조성을 조사하였다. 상용의 glass중 Pb-B-Si-O계, Na-Zn-B-O계 glass를 선택하였고 LTCC용 기판소재로서의 가능성을 확인하기 위하여 저온 동시소성이 가능한 소결온도인 850℃와 1000℃ 사이에서 소재의 소결실험을 진행하였다. 소결조건에 따른 상변화, 유전특성을 확인한 결과 glass상, 결정상, 용융에 의한 glass상으로 상의 변화가 있음을 확인 할 수 있었으며, LTCC 소결 조건에서 Pb-B-Si-O계 glass의 경우 2.9~3.7의 낮은 유전율과 0.0027의 우수한 dielectric loss, 내전압 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

Key Words : 저온동시소성, Cordierite, Glass, 저유전율, 저손실

1. 서 론

이동통신 기기들의 고성능화, 고집적화, 저전력화, 낮은 실장면적화, 고신뢰성 등의 추세에 따라 최근 저온 동시소성 (Low Temperature Co-fired Ceramic) 기술 개발에 대한 수요가 점차 증가하고 있으며, 특히 모듈 부품들의 채용이 확대되고 있어 고부가가치 제품으로 LTCC 기판 소재에 대한 중요성이 새롭게 부각되고 있다. 이러한 기판소재로 적용되기 위해서는 낮은 유전율, 낮은 열팽창 계수, 낮은 전기적 손실 특성이 요구된다.^[1]

Cordierite계는 기계적 특성 및 전기절연성이 우수하고 낮은 열팽창 계수와 유전율이 5정도로 낮아 기판재료로서 많은 연구가 이루어지고 있다.^[2, 3]

본 연구에서는 LTCC 기판 소재로 적용을 위해 1000℃이하에서 낮은 유전율값을 가지며 전기적 손실이 적은 조성을 개발하고자한다. 따라서 Cordierite와 Pb-B-Si-O계, Na-Zn-B-O계의 glass 조성을 변화하면서 소결온도에 따른 상의 변화를 XRD를 통해 관찰하고, 그에 따른 유전특성을 측정하여 기판소재로서의 적용가능성을 확인하고자 한다.

2. 실험

실험에 사용된 원료는 상용의 Cordierite 결정상과 glass이며 그 혼합조성비는 표 1.에 나타내었다. 각각의 원료들은 주어진 부피비로 칭량 하였다. 칭량된 원료들은 지르코니아 볼로 24시간 동안 습식혼합·분쇄 한 후, 100℃의 오븐에서 24시간 동안 건조하였다. 건조된 분말은 PVA 바인더를 혼합하여 10mm 금형으로 일축 성형하여 시편을 제조하였다. 제조된 시편은 850℃~1000℃까지 50℃간격으로 소결

하였으며, 소결성이 양호한 case 1~4의 조성에 대한 유전특성을 분석 하였다.

		Cordierite ceramic : Glass (vol%)			
		5 : 5	6 : 4	7 : 3	8 : 2
Glass	Pb,B,Si,O계	×	case 1	case 2	×
	Na,Zn,B,O계	×	×	case 3	case 4

× : 비소결로 인한 분석 제외

표 1. 시편의 분류 및 조성표

소결된 시편을 Ag전극으로 인쇄한 후, 550℃에서 10분간 열처리하였다. 시편의 상변화를 관찰하기 위해 X-ray (M03XHF22, Mac Sci. Co. Ltd., Japan)회절 분석기로 결정구조를 분석 하였으며, Impedance Analyzer (4294A, Agilent. Co. Ltd, USA)로 유전상수를 측정하고, High Resistance Meter (TOS5101, Agilent. Co. Ltd., USA)를 이용하여 내전압 특성을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1.은 소결온도와 glass 조성변화에 따른 시편의 XRD 분석 결과이다. 시편들은 소성온도가 850℃ 이상에서 소결이 이루어졌으며, case 1, 3의 경우는 850℃에서 glass상을 나타내고있다. 그림 1. b)에서는 850℃에서 Cordierite상이 아닌 미상의 회절 피크들이 관찰되었다. 이 결과로 850℃에서 이미 혼합된 Cordierite결정은 glass상에 용해되면서 결정질이 사라진다는 것을 알 수 있다. 그림 1. a), b) 모두 900℃와 950℃ 소결에서는 동일한 결정구조의 상으로 결정화가 이루어지고, 1000℃에서는 결정상의 용융에 의하여 다시

glass상으로 변화함을 알 수 있다.

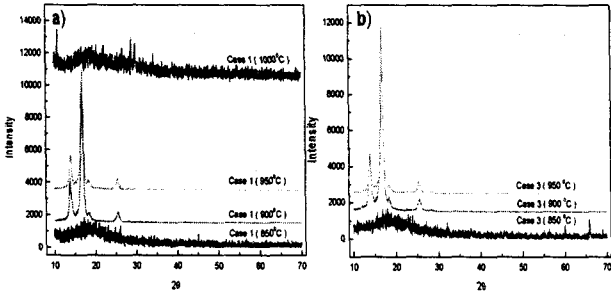


그림 1. 소결온도와 glass 조성비에 따른 시편의 XRD 패턴
a) Case 1 b) Case 3

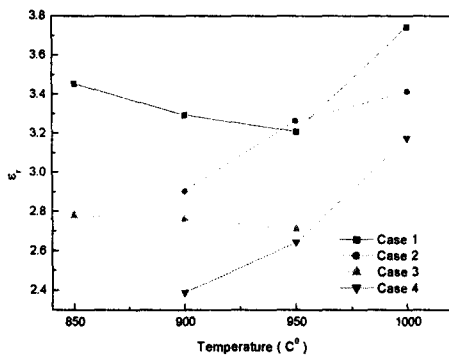


그림 2. 소결온도에 따른 시편의 유전율 (@ 1MHz)

그림 2는 소결온도에 따른 유전율을 측정된 것이다. case 1, 2는 LTCC 소재로서는 비교적 낮은 2.9~3.7 사이의 유전율을 나타내었으며, case 3, 4의 경우도 3.1 이하의 낮은 유전율을 나타내었다. 소결온도가 증가함에 따라 유전율은 크게 변화하지 않았으나, 그림 1.에서 볼 수 있는 바와 같이 1000°C에서 용융에 의한 glass상으로 변화하였을 때 유전율은 상대적으로 크게 증가하였음을 확인하였다.

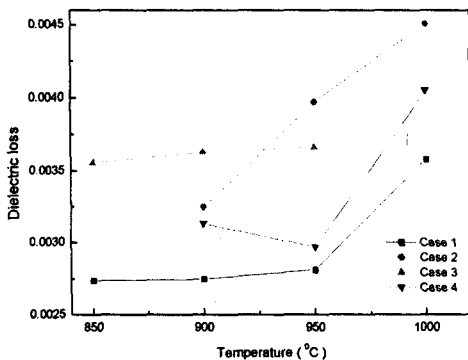


그림 3 소결온도에 따른 시편의 유전손실 (@ 1MHz)

그림 3.은 소결온도에 따른 유전손실을 측정된 결과이다. case 1의 경우는 소성온도가 950°C까지는 소결온도가 증가하였을 경우에도 큰 변화가 없이 0.0027~0.0028의 우수한

유전특성을 얻을 수 있었다. case 2의 경우는 0.0032~0.0045로 소결온도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하였으며, 1000°C에서는 모든 조성들에서 유전손실 특성이 크게 증가하였다.

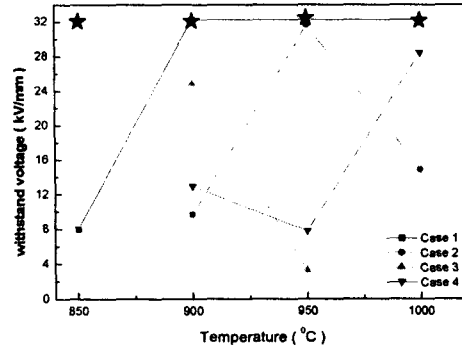


그림 4. 소결온도에 따른 시편의 내전압

그림 4는 소결체의 신뢰성 특성과 밀접히 연관되는 내전압 특성을 측정된 결과이다. 시편의 평균 두께는 0.31mm였으며 장비의 측정 범위가 5~10 kV로 측정범위를 벗어나는 시편의 경우는 정확한 측정값을 구할 수 없었다. case 1의 경우 900°C, 950°C, 1000°C에서 32 kV/mm 이상의 우수한 특성을 나타내었다.

4. 결론

Cordierite 결정상과 glass의 조성이 소결온도의 변화에 따른 결정상 변화 및 유전특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

- 1) 상용의 Cordierite 결정상과 상용의 glass를 이용한 조성에서 case 1의 경우가 유전율이 낮고 유전손실이 적으며 내전압 특성 또한 우수한 것으로 확인되었다.
- 2) 850°C에서 이미 혼합된 Cordierite상은 사라지고 glass상이 형성되며, 900°C에서 glass상에서 결정상으로의 전이가 발생하고, 1000°C에서 다시 glass상으로 용융되는 상변화 과정을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 이영철, 박철순, "LTCC RF모듈 기술동향", 세라미스트 제4권 제4호, p. 58~63, 2001.
- [2] K. Kate et al., "Low Dielectric Constant New Materials for Multilayer Ceramic Substrate.", IEEE Trans. on Compon., Hby., Manf. Tech., 13(2), p. 448-451, 1990.
- [3] Sarah H. Knickerbocker, Ananda H. Kumar and L. Wynn Herron, "Cordierite Gass-Ceramics for Multilayer Ceramic packaging.", Am. Ceram. Soc. Bull., 72(1), p. 90-95, 1993.