

# 고주파 이동통신기기용 칩형 세라믹 안테나를 위한 유전체재료의 제조 및 특성 평가

이희관 · 이용수 · 황성건 · 강원호

단국대학교 신소재 공학과  
E-mail : hoikwanlee@korea.com

## Fabrication and Properties of Dielectric Materials used for Mobile Phone Antenna Chip Type

H.K.Lee, Y.S. Lee, S.J. Hwang, and W.H. Kang

Department of New Materials Science and Engineering, Dankook  
University, Cheonan 330-714, Korea

### 요 약

본 연구에서는 고주파 이동통신 기기용 칩형 세라믹 안테나의 사용을 위한 저유전율 및 저온동시소성이 가능한 CaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계 유리를 제조하고자 하였다. 제조된 CaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계 유리는 열분석을 통하여 낮은 연화온도를 갖는 안정한 유리조성을 선정하였다. 유리분말을 이용하여 성형된 샘플은 소결온도에 따른 특성을 조사하였다. 소결온도변화에 따라 유전율( $\epsilon_r$ )은 4-4.5값을 나타냈으며, 유전손실( $\tan\delta$ )은 <0.1% 보였으나, 품질계수(Q×f)는 큰 변화폭을 보였다.

### 1. 서론

현재 인터넷과 함께 이동통신은 국내 산업발전에서 중요한 축을 담당하고 있다. 특히, 작고 가벼우며 얇아져 가는 이동전화기는 현대인들에게는 없어서는 안 될 생활필수품이 되고 있다. 이러한 이동통신기기의 경박단소화에 큰 몫을 하고 있는 재료가 바로 전자 세라믹 재료이다. 이동통신 시스템에서는 수백 MHz부터 수 GHz에 이르는 고주파 대역을 사용한다. 이 고주파 대역에서는 직류나 저주파 대역에서와는 달리, 전기를 통하는 도체와 전기를 통하지 않는 절연체로 단순히 구분되지 않는다. 즉, 주파수가 높아짐에 따라 전파의 파장이 짧아지기 때문에, 저주파에서는 단순히 저항만을 생각하여 도체와 절연체를 구분할 수 있었으나, 고주파에서는 일반적인 크기의 회로에서도 도체의 길이나 폭이 파장에 비해 무시 못 할 정도의 크기를 가지게 되고 또한

저주파에서는 무시할 수 있었던 임피던스 성분이 생기기 때문에 재료의 선정이 훨씬 중요하게 된다. LTCC재료 분말은 합성, 성형, 소결에 이르기까지 다양한 형태 및 고주파 특성을 가진 부품으로 만들 수 있기 때문에 이동통신 기기의 고주파부에서 많이 쓰이고 있다[1,2].

따라서, 고주파 이동통신 필터를 비롯한 안테나, 복합모듈을 위한 LTCC 유전체 재료의 개발이 다양하게 필요하다. 현재 LTCC소재 유전체 개발에 있어 glass-frit을 함유하는 LTCC소재는 tape casting고정상 분산, tape의 강도, 접착성, 전극과의 반응성 등의 수많은 문제점을 나타내고 있어, 이러한 문제점을 해결하는 연구에 초점이 맞추어 지고 있다[3]. 따라서 이동통신용 고주파 유전체 재료의 적용을 위해 요구되어지는 전기적 특성(저유전율)을 갖는 유전체 재료를 개발하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 고주파 이동통신기기용 안테나에 적

합한 재료를 개발하는 것으로서 마이크로파 영역 및 그 이상에서도 요구하는 특성에 부응할 수 있는 저온 동시 소성 세라믹 재료(Low Temperature Co-fired Ceramics ; LTCC)를 제조 특성평가 하였다.

## 2. 실험 방법

유리 조성은 CaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계 유리로, 유리망목 형성산화물인 SiO<sub>2</sub>와 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 양이 0~60wt%인 범위 내에서 안정한 유리화 조건 선정하였으며, Fig. 1.에 나타내었다[5]. 유리제조는 Extra pure급 시약인 SiO<sub>2</sub>(Junsei chemical co., 99.5%), CaCO<sub>3</sub>(Yakuri pure chemicals co., 99%), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>(S.P.C chemical co., 99.5%)를 출발원료로 사용하여 유리 100g 기준 배치로 조합한 후 배치를 V-mixer를 이용해 30분간 혼합한 후 Pt crucible에 넣어 전기로에서 조성에 따라 1350~1550℃에서 용융하였다. 풀어 넘치는 것을 막기 위하여 450℃에서 30분간 유지하였으며, 조성에 따라 800~900℃에서 30분간 하소를 실시하였다. 용융시간까지의 승온속도는 10K/min로 선정하였으며, 용융물은 미리 가열된 흑연판 위에 부어 시편을 제조하였다.모유리의 열적 특성을 분석하기 위해 먼저 모유리를 powder로 분쇄한 후 시차열분석(DTA)을 실시하였으며, 또한 제조된 유리시편은 ϕ 5mm×10mm의 원기둥형으로 열분석용 시편을 제조하였다. 선정된 조성별로 준비된 시편은 TMA(Rigaku, TMA 8140)를 이용하여 유리전이점(T<sub>g</sub>), 연화점(T<sub>s</sub>) 및 열팽창계수(α)를 측정하였다. 제조된 유리분말은 조분쇄 및 미분쇄를 거쳐 평균 입도는 1.31μm - 1.28μm을 갖는 유리파우더를 제조하였으며, 형태를 가진 시편을 제조하기 위하여 1000kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 일축 가압성형하여 지름 15mm, 높이 7mm의 실린더형 성형체를 제조하였다. 시편의 소결은 공기중 상압하에서 상온부터 소결 온도(700~1100℃)까지 5℃/min.의 속도로 승온하였으며 2시간 동안 유지한 후 상온까지 로냉하여 제조된 시편의 소결수축률과 유전 특성을 관찰하였다.

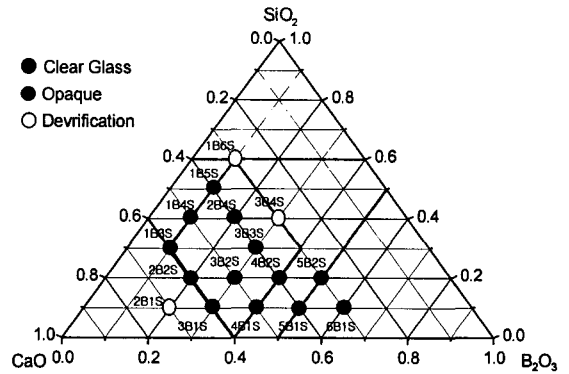


Fig. 1. Glass formation region in ternary CaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glass system

## 3. 결과 및 고찰

제조된 유리의 열분석 결과를 Table 1에 나타내었다. C/(S+B)의 비율이 1이하인 40wt%의 CaO를 함유한 조성의 경우 모두 투명하지 않은 유리가 얻어졌으며, 이외의 조성의 경우는 맑고 투명한 모유리를 제조할 수 있음을 알 수 있다. 본 실험에서는 안정한 유리화 조건을 만족하는 조성 중 clear glass 영역을 갖으며, 열분석에서 얻어진 결과 연화온도가 낮은 4B1S와 3B1S를 선정하여 두가지 조성의 유리를 대상으로 실험을 진행하였다.

Table 2. T<sub>g</sub>, T<sub>s</sub> & T<sub>xp</sub> of CaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> Glass (wt%)

Samples	CaO	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C/(S+B)	T <sub>g</sub>	T <sub>s</sub>	Appearance
4B2S	40	20	40	0.79	665	688	Opaque
3B3S	40	30	30	0.77	670	694	Opaque
2B4S	40	40	20	0.75	674	696	Opaque
1B5S	40	50	10	0.73	695	712	Opaque
4B1S	50	10	40	1.20	650	673	Glass
3B2S	50	20	30	1.17	690	710	Glass
1B4S	50	40	10	1.10	690	713	Glass
3B1S	60	10	30	1.79	650	681	Glass
2B2S	60	20	20	1.73	635	667	Glass
1B3S	60	30	10	1.66	672	695	Glass

제조된 유리는 조분쇄 및 미분쇄 과정을 거쳐 분말화 하였으며, 입도분석 결과 평균입도는  $1.31\mu\text{m}$  -  $1.28\mu\text{m}$  임을 알 수 있었다. 준비된 유리분말은 binder 및 일축 가압성형을 통하여  $15\text{mm}\times 7\text{mm}$ 의 실린더형 성형체를 제조하였다. 소결 수축률의 경우 4B1S번 조성만  $800^\circ\text{C}$  부근에서 팽창이 일어났을뿐 대체적으로 수축하였으며, 수축률값이 14.5 - 13.5%로 변화폭이 일정한 범위 안에 있었다.

제조된 시편의 유전율( $\epsilon_r$ ), Quality factor(Q)를 Hakki-Coleman의 금속 공진기 방법에 의해 network analyser(HP 8753E)를 이용하여 유전특성을 측정하였다.  $800^\circ\text{C}$ 에서 소성한 4B1S번 조성은 유전율이 3.5이하였고, 4B1S( $750^\circ\text{C}$ )와 3B1S번을  $750^\circ\text{C}$ 와  $800^\circ\text{C}$ 에서 소성한 유전율은 4~4.5를 나냈다. 유전손실은 0.1이하로 매우 낮았으며, 품질계수는  $800^\circ\text{C}$ 에서 소성한 4B1S의 시편이 대체적으로 다른 시편보다 높은 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

고주파 이동통신기기용 칩형 세라믹 안테나를 위한 유전체재료로 마이크로파 영역에서 요구하는 특성에 부응할 수 있는 저온 동시 소성 세라믹 재료를 제조하기 위하여 CaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계 글라스를 선정하였으며, 열분석 결과 선정된 4B1S와 3B1S 조성에 대하여 소결 수축율은 온도가 증가함에 따라 감소 및 일정함 범위를 보였으며, 유전율은 4-4.5로 저유전율을 나타내었다. 또한 유전손실은 <0.1%였으며, 품질계수는 주파수 영역에 따라 불규칙한 변화를 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 신기술실용화기술개발사업 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] 박재환, 박재관, "저온동시소성 세라믹 모듈 기술개요", 재료마당, 2002.
- [2] 박재환, 박재관, "LTCC 소재 및 고정기술 개요", 세라미스트, 2001.
- [3] Chia-Ruey chang and Jau-Ho Jean, J. Am. Ceram. Soc., 82[7] 1725-32(1999).
- [4] B.W. Hakki and P.D.coelman, IRE Tans. Microwave Theory and Techniques, MTT-8 402-10 (1960).
- [5] E.P. Flint and L.S. Wells, J.Research nat. Bur. Standards, 17 [5] 745 (1936).
- [6] Y.S.OH, Y.S.Lee, W.H.Kang, B.H.Jung, and H.S.Kim, J. Kor. Ceram. Soc., 40[10] 945-960(2003).