

## 저온소결 기판재료용 Glass/Ceramic 소결체의 제조 및 특성

윤상옥, 조태현, 김관수, 심상흥\*, 박종국\*  
 강릉대학교 세라믹공학과, 삼척대학교 전기공학과\*

### Fabrication and Characteristics of Glass/Ceramic Composites for low temperature sintering substrate material

Sang-Ok Yoon, Tae-Hyun Jo, Kwan-Soo Kim, Sang-Heung Shim\*, Jong-Guk Park\*  
 Department of Ceramic Engineering, Kangnung National University  
 Department of Electrical Engineering, Samcheok National University\*

**Abstract** : 저온소결 Glass/Ceramic계 기판재료 조성으로  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 의 4가지 filler에 zinc-borosilicate(ZBS) glass를 첨가하여 기판재료로의 사용가능성을 조사하였다. 4가지 filler에 ZBS glass를 30~50vol%첨가하여 700~950℃에서 2시간 소결한 결과 40, 50vol%첨가 했을 때 900℃에서 치밀한 소결체를 얻을 수 있었다. LSI칩 신호라인의 빠른 신호전달에 직접적인 영향을 주는 유전율은 기존의  $Al_2O_3$ 기판( $\approx 9.7$ )보다 저유전율 (900℃에서  $Al_2O_3$ -50vol%ZBS 5.7,  $SiO_2$ -50vol%ZBS 5.9, Cordierite-40vol%ZBS 5.9,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ -50vol%ZBS 4.9)을 나타내어 저온소결 기판재료로 사용이 가능함을 확인하였다.

**Key Words** : Glass/Ceramic, LTCC, ZBS, 유전율, 열팽창계수

#### 1. 서 론

전자산업의 비약적인 발전은 경박단소화, 고기능화, 고집적화를 가능하게 하였고 이것은 반도체산업을 중심으로 한 전체 전자부품에 엄청난 파급효과를 미쳤다. 대표적인 예가 표면실장화(SMD, Surface Mounting Device)와 복합모듈화(MCM, Multi-chip Module)이며 이에 부응하여 기판재료에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

현재까지 세라믹 기판재료로 널리 사용되어 온  $Al_2O_3$ 기판은 열방산성, 내식성, 기계적 강도 등은 우수하지만 1600℃이상의 고온소성을 해야 하므로 금속과의 동시소성을 위하여 도체재료도 고저항, 고용점의 W, Mo, Mo-Mn 등을 사용해야만 한다. 또한 미세배선 형성이 어렵고 도체의 산화를 방지하기 위해 환원분위기 소성을 해야 한다.

또 다른 문제로는 신호라인의 고속화에 직접적인 영향을 주는 유전율이 약 9.7정도로 높아 연산속도가 느리며 열팽창계수( $7.0 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ )도 실리콘( $3.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ )과 차이가 나서 반도체소자의 대형화가 어렵고 다수의 반도체소자를 실장할 경우 열응력에 의한 계면변형이 발생할 가능성이 크다.

따라서 이러한 문제점을 해결하고 반도체소자의 고성능화에 대응하기 위해 1000℃이하에서 저융점 도체재료인 Ag (961℃), Cu(1083℃), Au(1063℃), Ni(1455℃) 등과 저온 동시소성(LTCC, low temperature co-fired ceramics)이 가능하고 저유전율, 저열팽창을 재료인 Glass/Ceramic계의 저온소결 기판이 대체재료로 각광받고 있다.

지금까지 연구되고 있는 Glass/Ceramic 재료는 유전율과 열팽창계수가 낮은 유리분말에 알루미늄과 같은 세라믹을 혼합하여 유리 기지내에 세라믹이 충전제로 혼합된 것.

유리와 세라믹 분말을 혼합하여 열처리과정을 거치면서 서로 반응하여 열팽창계수가 낮은 제2의 결정상을 생성시키는 것, 그리고 결정화가 가능한 유리분말을 기판으로 성형한 후 열처리를 거치면서 결정화시켜 제조하는 것 등이 있다. 본 연구에서는 zinc-borosilicate(이하 ZBS) glass frit을 제조하여  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 과 정량적으로 혼합한 Glass/Ceramic을 제조하여 저유전율을 갖는 저온소결 기판재료의 특성에 대해 조사하였다.

#### 2. 실험

ZBS glass frit ( $ZnO:B_2O_3:SiO_2=65:25:10$ , wt%)제조를 위해 1급시약을 사용하여 플리에틸렌용기에서 2시간 건식혼합 후 알루미늄 도가니에 넣어 1300℃에서 1시간 용융한 후 증류수에 급냉시켜 유리를 제조하였다. 제조된 유리는 알루미늄 유발에서 1차 조분쇄한 후 플리에틸렌 용기에서 에탄올을 용매로 지르코니아 불을 사용하여 48시간 미분쇄하였다. 이렇게 제조된 유리분말을  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 의 filler에 30~50vol% 첨가하여 플리에틸렌 용기에서 에탄올을 용매로 지르코니아 불을 사용하여 24시간 습식혼합하였다. 혼합, 건조된 분말을 지름 15mm인 원형몰드에서  $100kg/cm^2$ 의 일정한 압력으로 일축가압성형 하여 소결온도(700~950℃, 50℃간격)까지 5℃/min 승온속도로 2시간 열처리한 후 상온까지 로냉하였다. 소결체의 밀도는 Archimedes법으로 측정하였으며 유전율 측정은 Network Analyzer (HP8720ES, Agilent, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 소결 후의 상변화와 결정화 상태를 보기 위해 X선 회절 분석기(MO3XHF, MAC Science, Japan)를 이용하였으며 미세구조 관찰은 전자방출 주사전자현미경(S-4200, Hitachi, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

1000℃미만의 열처리이므로 일반적인 액상소결에서 볼 수 있는 용해-재석출, 합체단계는 일어나지 않고 단지 고상압자의 재배열 단계와 유리에 의한 점성유동이 소결의 주기 구라고 볼 수 있다.  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 에 ZBS glass를 30~50vol%첨가하여 700~950℃에서 소결한 결과 40, 50vol%첨가했을 때 900~950℃에서 치밀한 소결체를 얻을 수 있었으며 이는 유리함량이 많아질수록 주소결기구인 유리에 의한 점성유동이 활발하게 일어나기 때문으로 생각되고 이 조성에서 강도특성도 우수할 것이라 생각된다. 그림 1은 ZBS glass 40, 50vol% 첨가했을 때의 Glass/Ceramic소결체의 상대밀도를 나타낸 것이다. 모든 filler에서 ZBS glass 30vol% 첨가시에는 치밀화가 충분히 이루어지지 않아 상대밀도가 낮았으며 Cordierite의 경우 ZBS glass와 반응하여 다량의 2차상이 형성되어 900℃에서 약간 감소하다가 950℃에서 급격히 감소하였다.

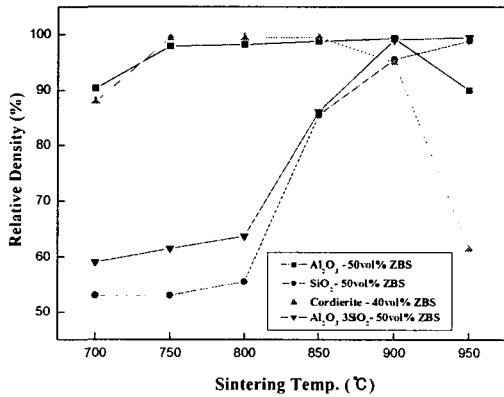


그림 1.  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 에 40, 50vol% ZBS glass가 첨가된 Glass/Ceramic의 상대밀도

X선 회절 분석결과 glass함량이 증가할수록 2차상이 다량 형성되었으며 그림 2는 미세구조를 나타낸 것으로 glass에 의한 치밀화가 이루어짐을 확인할 수 있었다.

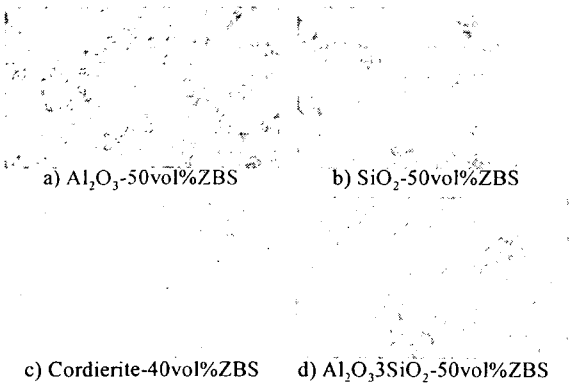


그림 2. 900℃에서 소결한 Glass/Ceramic복합체의 미세구조 (×2000)

한편, 기판재료의 유전율은 신호라인의 신호전달 속도와 반비례 관계에 있으므로 빠른 신호전달을 위해 낮은 값이 요구된다. 그림 3에 소결온도에 따라 ZBS glass 40, 50 vol% 첨가한 유전율 변화를 나타내었으며 대체적으로 선 수축을 변화와 비슷한 경향을 나타내었다. Cordierite의 경우 ZBS glass의 결정화 특성으로 인해 750~850℃에서는 거의 일정한 유전율을 나타내다가 900℃부터 다량의 2차상 형성으로 유전율이 감소하였으며  $SiO_2$ 는 소결온도에 따라 계속 증가하는 경향을 보이는데 950℃이상에서는 거의 일정한 유전율 특성을 나타낼 것으로 생각된다.

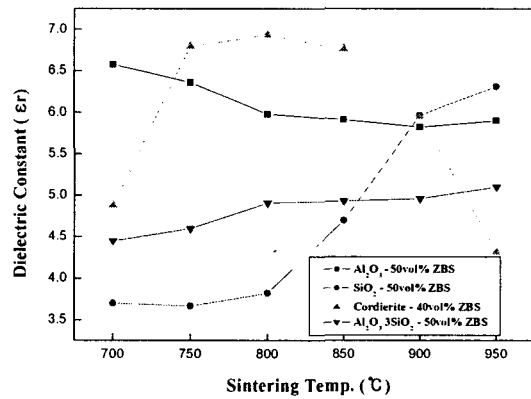


그림 3.  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 에 40, 50vol% ZBS glass가 첨가된 Glass/Ceramic의 유전율

### 4. 결론

기존의  $Al_2O_3$ 기판을 대체할 저유전율의 특성을 갖는 저온 소결 Glass/Ceramic기판조성으로  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , Cordierite,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ 에 ZBS glass를 30~50vol%첨가한 복합체를 제조하였다. 소결온도가 높아질수록, ZBS glass 함량이 많아질수록 기공소멸을 촉진시켜 치밀화를 이룰 수 있었지만 glass의 결정화와 다량의 2차상 형성으로 인해 상대밀도와 유전율 등 기판재료의 특성에 영향을 주었다.

ZBS glass를 40, 50vol% 첨가한 Glass/Ceramic복합체를 900℃에서 소결한 결과 유전율은  $Al_2O_3$ -50vol%ZBS 5.7,  $SiO_2$ -50vol%ZBS 5.9, Cordierite-40vol%ZBS 5.9,  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ -50vol%ZBS 4.9를 나타내어  $Al_2O_3$ 기판(≈9.7)보다 저유전율을 나타내었다.

### 참고 문헌

- [1] H. Emura, K. Onituka and H. Maruyama "Multilayered Ceramic Substrates with Low Dielectric Constant"
- [2] K. Kondo, M. Okuyama and Y. Shibata "Low Firing Temperature Ceramic Material for Multilayer Ceramic Substrates", p. 77-87. 1986.
- [3] D. M. Mattox. "Low Dielectric Constant, Alumina - Compatible. Co-Fired Multilayer Substrate". Ceram. Eng. Sci. Pro.. 9 [11-12] p. 1567-1578. 1998.