

Tape Casting에 의한 fluormica계 저온 소결 기판의 제조 및 특성

Fabrication and Characteristics of Low Temperature Firing Substrate by
Tape Casting in Fluormica System

박대현	단국대학교 재료공학과
최정현	단국대학교 재료공학과
강원호	단국대학교 재료공학과
김병익*	요업기술원 원료과*

Dae Hyun Park	Dept. of Materials Sci. & Eng., Dankook Univ.
Jung Houn Choi	Dept. of Materials Sci. & Eng., Dankook Univ.
Won Ho Kang	Dept. of Materials Sci. & Eng., Dankook Univ.
Byung Ik Kim*	Institute of Ceramic Technology*

Abstract

We fabricated green sheet by tape casting method with fluormica glass-ceramic powders for fabrication of low temperature co-firing substrate. After ball milling with organic additives, we investigated green strength and density of green sheets which were casted by doctor blade machine. Green sheets were sintered at 700~1,000°C for 1~3hrs. Microstructure, linear shrinkage and dielectric constant of substrates were surveyed.

1. 서론

최근까지 가장 많이 사용되어 온 기판재료는 Alumina(Al_2O_3)로, 현재까지도 전자회로용 기판의 주종을 이루어 왔다. 그러나, Alumina는 유전율이 높고(8~10 at 1MHz), 열팽창계수가 Si(Silicon)과 크게 차이가 나며, 비록 금속과 동시소성이 가능하기는 하나, 소결온도가 1,500°C 이상의 고온이므로 배선재료로 W(텅스텐)이나 Mo(몰리브덴) 등과 같은 고융점, 고저항, 고가이면서도 전기전도도가 낮은 금속을 사용할 수밖에 없다는 한계를 지니고 있다. 특히 Al_2O_3 는 유전

율이 높아 신호지연의 영향이 커서, 반도체 소자 처리속도의 고속화가 급속히 진행됨에 따라 기판재료로서의 요구조건을 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 이와같은 이유로, Al_2O_3 기판 대체용 신소재의 개발에 관한 연구가 활발히 진행되어 오고 있으며, 그 중 유전율이 낮고, 저온에서 소결이 가능한 저온소결기판 재료에 관심이 모아지고 있다.

저온소결기판은 Al_2O_3 에 비하여 상대적으로 낮은 온도인 1,000°C 이하에서 소결을 실현할 수 있을 뿐 아니라, 이로 인하여 배선재료와의 동시소성시 용융온도가 낮고 전기저항이 낮으며 저 cost인 Cu(구리), Ag(은)

등을 사용할 수 있어 Al₂O₃ 기판보다 신호전달의 고속화, 배선의 고밀도화를 실현할 수 있는 등, 전자부품의 발전동향에 부응하는 특성을 가진 재료이다.

국내외에서 저온(<1,000℃)에서 소결이 가능한 기판용 재료에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 국내의 경우, 연구 분야가 주로 cordierite계와 borosilicate계의 결정화 유리에 집중되어 온 것이 사실이다. 따라서 이들과는 다른 새로운 조성의 기판용 결정화 유리에 대한 연구가 필요하게 되었다.

본 연구에서는 water swelling 특성을 가지고 있어 기계적인 분쇄 공정 없이도 미세한 분말을 얻을 수 있는 합성 운모족 glass-ceramics인 Lithium fluorhectorite 결정상을 주결정상으로 하는 결정화 유리 분말을 이용하여 Doctor blade 공정을 통해 slurry와 green sheet를 제조하며, 공정 조건의 확립과 기초물성을 측정하고자 하였다.

2. 실험방법

저온소결기판의 제조를 위해 본 연구실에서 선정된 lithium fluorhectorite계의 유리 분말을 이용하여 slurry를 제조하고, 이의 공정조건을 확립하기 위해 점도 변화를 관찰하였으며, 제조한 slurry로 tape casting하여 green sheet를 제조하였다.

2.1 Slurry 제조 및 de-airing

Slurry 제조를 위해 원료분말인 glass-ceramics 분말과 이에 첨가한 유기물 조성을 table 1.에 나타내었다. 원료분말은 본 결정의 특징인 water swelling 현상을 이용하여 제조한 lithium fluorhectorite 결정상의 결정화 유리 분말을 사용하였다. 용매는 결합제와 가소제의 용해도를 높이기 위하여 azeotropic 조성으로 에탄올과 톨루엔을 사용하였으며, 결합제와 가소제로는

PVB(Polyvinyl butyral)과 DBP(Dibutyl phthalate)를 사용하였다.

Table 1. Organic formulation for tape casting (wt%)

Powder	70
Ethanol / Toluene	51 / 51
Fish Oil (dispersant)	4
PVB (binder)	11
DBP (plasticizer)	13

원료분말과 함께 사용되는 유기물들의 분말에 대한 흡착은 상호 경쟁적이므로, 분말들이 잘 분산될 수 있도록 하기 위하여 먼저 용매와 분산제를 첨가하여 24시간 동안 1차 ball milling을 실시하였다. 1차 ball milling이 끝난 혼합물에 결합제와 가소제를 첨가하고 2차 ball milling을 실시하여 slurry를 제조하였다. 제조한 slurry 내부에는 수많은 미세 기포들이 존재하고, 이의 존재는 최종 substrate의 물성에 악영향을 끼치므로, glove box 내에서 진공으로 탈포하였으며, aging을 실시하였다. 이후 공정을 위한 slurry의 제조조건 가운데, 점도가 가장 중요한 factor이므로, slurry 총량을 weight%를 기준으로 분말과 용매의 양을 변화시켜가며 점도계(brookfield viscometer DV- I, spindle 5)를 사용하여 점도변화를 관찰하였다.

2.2 Tape casting 및 green sheet 물성 측정

점도를 측정한 slurry를 doctor blade machine으로 tape casting하였으며, 이때 blade의 높이와 casting speed에 의해 sheet의 두께가 달라질 수 있으므로, 600µm 높이에서 10cm/min의 속도로 casting하였다.

Casting된 green sheet의 green strength를 측정하기 위하여 인장시험기(Instron, UK)를 사용하였으며, 이때 casting 방향에 의한 영향을 조사하기 위하여 casting 방향과 수직 방향으로 구분하여 측정하였다. 또한 소결 후 밀도와 비교를 위해 green density를 측정하였다.

2.3 미세구조 관찰

제조한 green sheet의 건조 후 두께와 표면을 관찰하기 위하여 주사전자현미경(SEM, JEOL 5200)을 사용하였다.

2.4 소결 및 특성 조사

Green sheet 내부에는 많은 유기물들이 존재하고, 이들의 존재는 기판 제조시나 전극 도포 후 동시소성시 좋지 않은 영향을 끼치므로 green sheet 상에 존재하는 유기물을 완전히 제거하여야 한다. 따라서 유기물의 burn out 온도를 선정하기 위하여 TG를 측정하였다. 선정된 온도에서 1시간 동안 열처리하여 debinding하였으며, 승온속도는 2°C/min이었다. 또한 debinding 후 소정의 온도까지 5°C/min의 온도로 승온하여 소결하였고, 소결 후 기판의 미세구조 및 전기적, 기계적 특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Slurry 제조 및 점도 측정

Tape casting을 통한 기판의 제조시 slurry의 가장 중요한 인자는 점도이다. 본 실험에서는 점도가 16,000cps 이하일 때는 slurry가 뭉개 흐르는 것을 관찰할 수 있었으며, 20,000cps 이상일 때는 점도가 너무 높아 균일하게 casting 되지 않는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 16,000~20,000cps 사이일 때 가장 적합한 casting 조건을 나타내는 것

을 알 수 있었다.

한편, 제조한 slurry 내부에는 수많은 미세 기포들이 존재하며, 이를 제거하는 것은 균일하고 우수한 green sheet를 제조하는 데 필수적이다. 따라서 본 실험에서는 glove box 내부에서 기압을 낮추는 방법으로 slurry 내부의 기포들을 제거하였다. 이때, 탈포 과정은 매우 급격하게 일어나고, 이러한 탈포 이후 slurry 내부에는 응력의 불균형이 발생하므로 일정시간의 aging이 필요하다. 따라서 본 실험에서는 탈포 후 slurry의 안정화를 위하여 30분간 aging하였다.

3.2 Green sheet 물성 및 미세구조 관찰

Tape casting을 통해 제조한 green sheet의 기본적인 물성을 측정하였다. Green strength는 인장시험기(Instron, UK)를 사용하여 측정하였으며, green sheet의 인장강도는 0.7kg/cm²의 값을 얻었다.

건조 후 Green sheet의 두께를 SEM을 통해 측정하여 약 200 μ m인 것을 확인할 수 있었고, 건조를 통해 초기 casting 두께의 1/3로 두께가 감소하는 것을 알 수 있었다.

제조한 green sheet의 밀도를 측정하여 1.39g/cm³의 값을 얻었다.

또한 소결한 기판의 미세구조를 SEM을 통해 관찰하였다. 소결은 700~1,000°C의 온도에서 50°C 간격으로 1~3시간씩 소결하였다. 초기 700°C 소결 시 유기물들의 burn out 이후 소결이 아직 크게 진행되지 않아 많은 기공들이 관찰되었으나, 소결온도 및 시간의 증가와 함께 점차 치밀하게 소결이 진행되는 것을 관찰할 수 있었다.

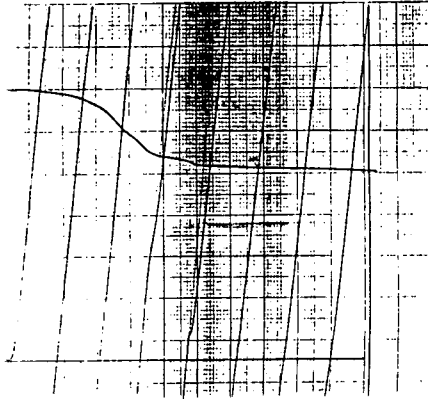


Fig.1 TGA curve of green sheet

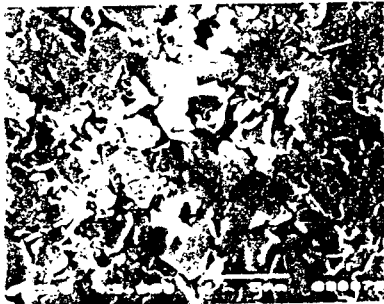


Fig.2 SEM photograph of green sheet

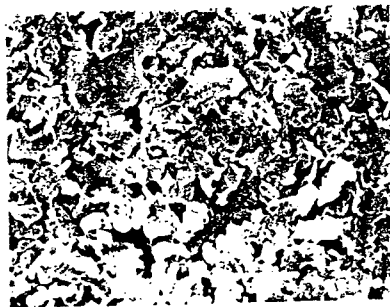


Fig.3 SEM photograph of substrate sintered for 2hrs (700°C, 800°C)

참고문헌

1. Rao R. Tummala, "Ceramic and Glass-ceramic Packaging in the 1990s", J. Am. Cer. Soc. 74(5), pp895-908 (1991)
2. N.Kamehara, K.Niwa, K.Murakawa, "Packaging Material for High Speed Computer", Proc. Int. Microelectron.Conf., pp388-393 (1982)
3. 김정돈, 손용배, 주기태, 장성도 "저온 소결성 세라믹 기판재료", 요업학회지 29(2), pp83-88 (1992)
4. 김병호, 문성훈, 이근현, 임대순, "저온 소결 세라믹 기판용 Cordierite계 결정화 유리의 합성 및 특성 평가에 관한 연구 (Ⅲ) : Tape casting에 의한 기판 제조" 요업학회지, vol.3, no.10, pp.845-851 (1993)
5. 박인용, 구분급, "Cordierite/Microcomposite 저온 소성 세라믹 기판재료", 한국 하이브리드 마이크로일렉트로닉스학회지, 2(1), pp49-57 (1995)
6. 이승준, 박병구, 강원호, "Li₂O-MgO-MgF₂-SiO₂계 Glass의 결정화 및 Water swelling 현상에 관한 연구", 요업학회지, vol.33, no.6, pp.653-659 (1996)
10. 이승준, 강원호, "Fluorine 함유 Glass Ceramics를 이용한 저온소결기판 제조 및 기판의 특성 평가", 한국 하이브리드 마이크로일렉트로닉스학회지, vol.3, no.2 (1996)