

# LTCC 기판의 마이크로웨이브 소결

안주환\* , 선용빈\*\* , 김석범\*\*\*

\*경기대학교 재료공학과, \*\*경기대학교 산업정보대학원, \*\*\*경기대학교 재료공학과

## 초록

최근 이동 정보통신 분야의 발전에 따라 단말기 및 관련 부품들을 소형 경량화 하는 것이 매우 중요한 기술요소로 부각되고 있다. 이를 위해서는 기판의 배선밀도를 높이는 것과 개별 부품 또는 모듈의 크기와 무게를 줄이는 것이 절실히 필요하며, 이러한 요구에 부응하기 위해 기존의 다층 PCB 기술이나 MCM 기술에 비해 우수한 배선밀도와 양호한 전기적 특성을 갖는 저온 동시소성 세라믹(Low Temperature Co-fired Ceramic) 기술이 개발, 적용되고 있다.

본 논문에서는 이러한 LTCC 기판의 소결에 있어 기존의 소결 공정인 전기로 소결 공정과 microwave 를 이용한 소결 공정을 이용하여 소결 하였을 때, LTCC 기판의 수축율과 무게감소, 그에 따른 밀도변화, SEM 을 이용한 표면형상 분석을 통해 급속가열을 통한 공정시간의 단축, 낮은 에너지 소비로 인한 제조단가의 절감, 균일한 가열로 인한 소결온도의 저하 등의 장점을 갖는 microwave sintering 을 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다

## 1. 서론

난소결성인 세라믹스를 소결 하는 방법으로 에너지 절약 차원뿐만 아니라 물성의 증진을 도모하기 위해 plasma 소결법, 발열반응의 반응열을 이용하는 자기 연소법(SHS), 및 microwave 소결법과 같은 새로운 기술들이 사용되고 있다.

이 중에서 microwave 는 원래 통신분야에서 사용되었으나 microwave 에 의해 물질이 가열될수 있다는 사실이 알려진 세계 제 2 차 대전 이후로 건조, 식품의 조리, 화학반응, 의료 등 여러 분야에서 microwave 를 응용하려는 연구가 지속적으로 진행되어왔다.

Microwave 가열법은 재료 자체가 microwave 를 흡수하여 가열이 이루어지므로 에너지 효율이 높고 균일한 가열을 할수 있으며, 공정시간이 적게 소요되어 저전력에 따른 에너지의 효율을 증대할수 있어 공정원가를 획기적으로 절감시킬수 있을 뿐만 아니라, 형상이 복잡한 대형 제품도 용이하게 대량생산할 수 있다는 장점을 가지고 있어, 1980 년대 중반 이후부터 세라믹스의 소결에 이용하려는 연구가 활발히 수행되어 왔다. 지금까지 구조 세라믹스( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ , ZTA,  $Al_2O_3-TiC$ ,  $Si_3N_4$ ,  $B_4C$ ,  $TiB_2$ ), 전자 세라믹스( $BaTiO_3$ , PZT, PLZT, superconductor), 생체 세라믹스(hydroxyapatite) 등의 다양한 세라믹 재료에 microwave 를 이용한 소결이 사용되었는데 여러 연구자들에 의해 위의 장점 이외에도 소결온도가 감소하고, 기계적, 전기적, 자기적 물성이 향상되는등의 “마이크로웨이브 효과”가 보고되었다. 본 연구에서는 이러한 장점을

갖는 microwave 소결 공정을 이용한 LTCC 기판의 소결시 Ag pattern 과 LTCC 기판의 수축을 차로 인한 adhesion 문제, dimension stability 를 개선하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 LTCC 기판의 제작

실험에 사용된 LTCC 기판은 상용되고 있는 Dupont 951 sheet 를 사용하여 22 층을 적층하고, 가장 위 sheet 에 Ag paste 를 screen printing 을 하여 pattern 을 형성하였다. 적층조건은, 60°C의 온도에서 5 분간, 100kgf/cm<sup>2</sup> 의 압력으로 적층하였다. 형성된 pattern 은 QFP/BGA 의 두가지 type 이 있으며, pad/pitch 는 100  $\mu$ m/160  $\mu$ m, 150  $\mu$ m/240  $\mu$ m이며, line 의 폭은 80  $\mu$ m이다.

### 2.2 LTCC 기판의 소결

일반 전기로에서 소결시 850°C의 소결온도까지 bake out 을 따로 행하지 않고 24 시간 동안 승온하였고, 850°C에서 10 분간 유지하였다.

Microwave 소결시, 먼저 전기로에서 bake out 공정을 거친후에, 전기로와 마찬가지로 850°C에서 10 분간 유지하였다. 전기로에서 bake out 공정은 2°C/min 의 승온속도로 330°C에서 2 시간동안 유지하였다. 본 연구에서 사용한 microwave 장치는 일반 가정용 전자오븐(LG 전자, MR-M274)으로써 흔히 "untuned multimode cavity"라고 불리우는 것이다. microwave 발생장치는 주파수가 2.45 GHz, 최대 출력이 700W 였으며 cavity 내에 고온 내화벽돌(high temperature insulation brick)을 놓고 isolate brick 으로 단열된 mold 를 만들었다. microwave 에서 소결시의 모식도와 온도 profile 을 Fig.1.과 Fig. 2.에 나타내었다.

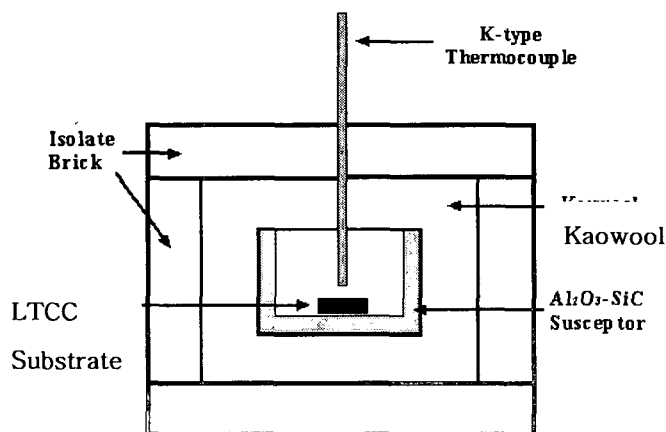


Fig. 1. Schematic of Microwave Oven

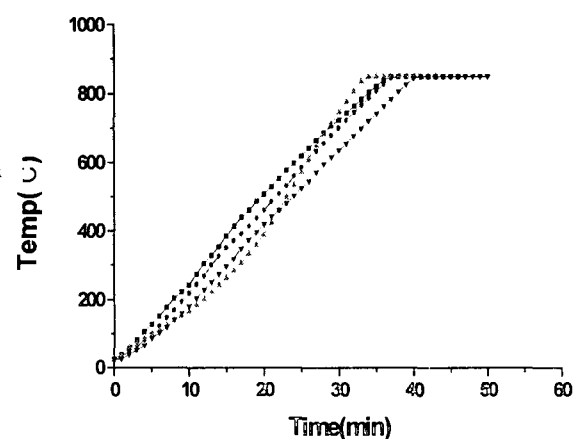


Fig. 2. Temperature profile of Microwave Sintering

### 3. 실험결과 및 고찰

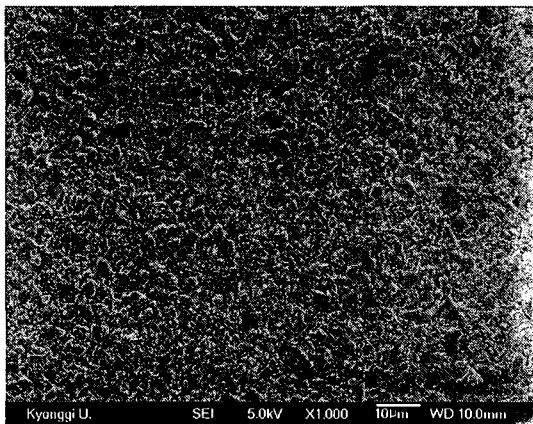
Table. 1은 공정 조건에 따른 소결 전 후의 LTCC 기판의 shrinkage를 나타낸 것으로, 일반 전기로의 경우와 비교하여 microwave 소결의 경우에 큰 차이를 보이지는 않지만 Z(적층두께)방향으로 다소 큰 shrinkage를 보인다. 이는 일반 전기로의 분위기 소결과 달리 LTCC 기판의 아랫면에서 직접 susceptor의 가열에 의한 것으로 보여진다.

Table 1. 소결 조건에 따른 shrinkage

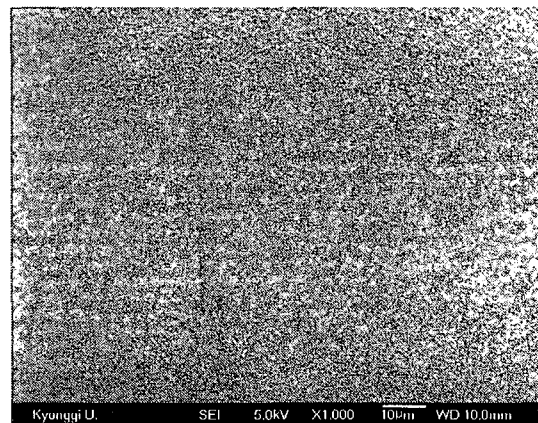
Sintering process		Microwave oven	Electronic furnace
Average Shrinkage(%)	X	15.6	15.5
	Y	15.6	15.5
	Z0	16.5	14.5

이렇게 소결한 LTCC 기판의 각 소결 조건별로 미세구조를 관찰한 것을 Fig. 3에 나타내었다.

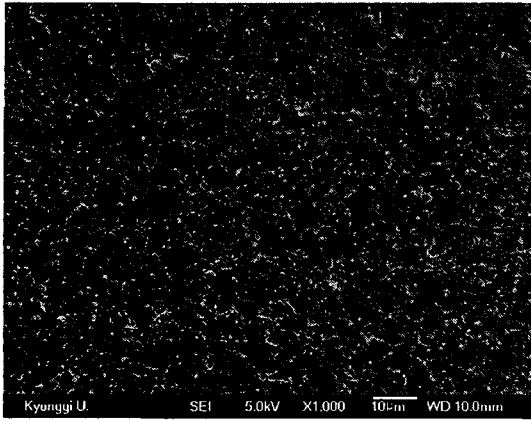
Matrix의 표면은 전기로 소결(c)보다 microwave 소결(e)시 적은 기공을 가짐을 볼수 있고, Ag paste의 표면은 전기로에서 소결한 경우(d)에는 Ag의 표면이 층상표면을 보이고 작은 grain size를 가지는 반면, microwave 소결의 경우(f)에는 planar 표면과 보다 큰 grain size를 가지고 있어 균일하게 성장하였음을 볼 수 있었다. 이러한 미세구조의 변화는 LTCC 기판 물성에 변화를 나타내게 되는데, 소결 조건별로 형성된 Ag pattern의 전기 저항값이 전기로에서 소결한 경우에는 약 80~100mΩ 정도의 값을 나타내고, microwave 소결의 경우에는 약 30~50mΩ 값을 나타낸다. 또한 Ag patten의 형상이 일반 전기로(g)에서 보다 microwave 소결(h)의 경우에서 보다 양호한 형상을 나타내고 있는 것을 볼수 있다.



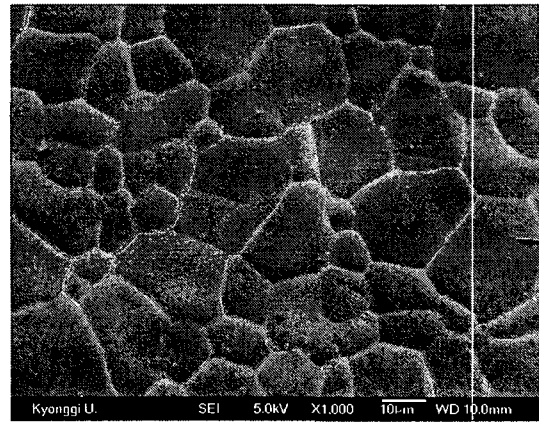
(a) Before sintering - Matrix



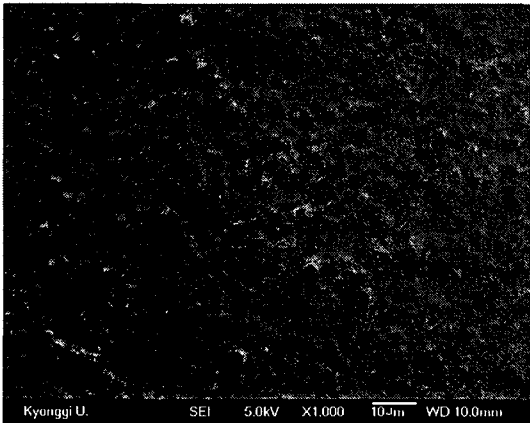
(b) Before sintering - Ag paste



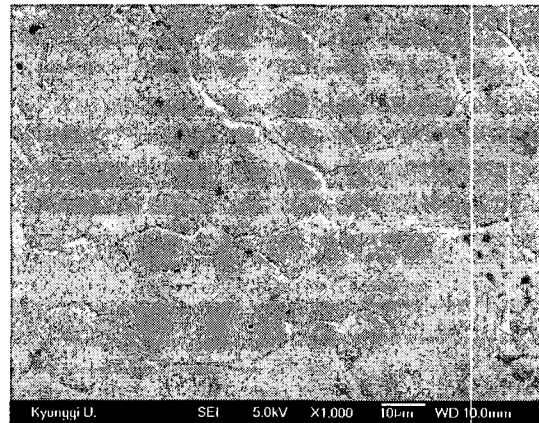
(c) Electronic furnace - Matrix



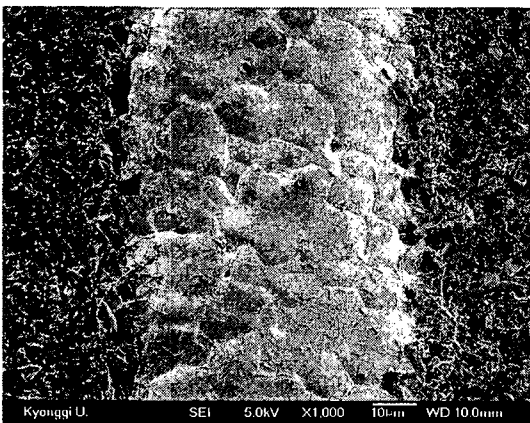
(d) Electronic furnace - Ag paste



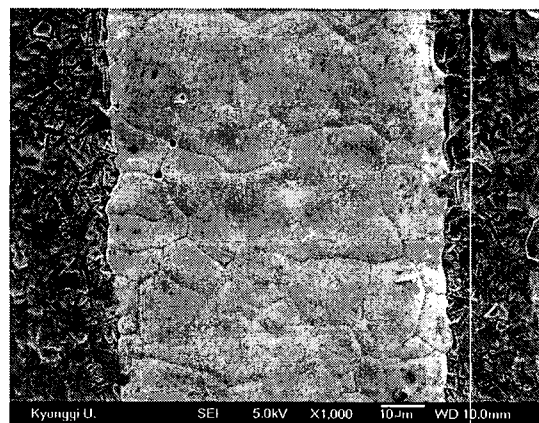
(e) Microwave sintering - Matrix



(f) Microwave sintering - Ag paste



(g) Electronic furnace - Ag line



(h) Microwave sintering - Ag line

Fig. 3. SEM image of LTCC substrate

#### 4. 결론(돋움체 11pt, 진하게)

LTCC 의 중요한 문제점인 shrinkage 는 일반 전기로와 microwave 에서 큰 차이를 보이지는 않지만 microwave 소결의 경우에서 Ag pattern 의 dimension stability 를 확보할수 있고, planar 한 표면의 morphology 와 큰 grain size 로 인한 전기저항값의 감소에 따른 기판의 물성을 향상 시킬 수 있는 가능성을 확인 할 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1]. W.R. Tinga and S.O. Nelson. "Dielectric Properties of Materials for Microwave Processing-Tabulated." J. Microwave Power. 8(1). 23-65 (1973)
- [2]. J.Batt, J.C.P.Binner, T.E.Gross, N.R.Greenacre, M.G.Hamlyn .M.Hutcheon. W.H.Sutton. C.M.Weil. "A Parallel Measurement Programme in High Temperature Dielectric Property Measurement : An Update" Ceramic Trans. 59. 243-250
- [3]. L.M Sheppard, □Manufacturing Ceramics with Microwave: The Potrnial for Economical Production□ Am. Ceram. SOC. Bull. 67[10]1656-1661
- [4]. R.L. Beatty, W.H. Sutton, M.F. Iskander, Mat. Soc. Symp. Proc.Vol.269.Microwave Processing of Materials III.Pittsburgh, PA, 1992.
- [5]. D.E. Clark, F.D. Gac, and W.H. Sutton, Microwave: Theory and Application in Materials Processing, Ceramic Transactions, Vol.21,Am. Ceram. Soc, westerville, OH, 1991
- [6]. M.F. Iskander, R.J. Lauf, and W.H. Sutton, Mat. Res. Soc. Symp. Proc.Vol.347, Microwave Processing of Materials IV.Pittsburgh, PA, 1994.