

## LTCC 기술을 이용한 가스센서 구현

전종인, 최혜정, 이영범, 김광성, 박정현, 김무영, 임채임, 문제도  
에이디엠티 부설 전자재료 연구소

### Realization of gas sensor using LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic) technology

J. I. Jeon, H. J. Choi, Y. B. Lee, K. S. Kim, J. H. Park, M. y. Kim, C. I. Im, J. D. Mun  
Electronic Material Research Center, ADMT Co., Ltd.

**Abstract:** LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) technology is one of technologies which can realize SIP (System-In-a-Package). In this paper realization of gas sensor using LTCC technology was described. In the conventional gas sensor structure, wire bonding method is generally used as an interconnection method whereas in the LTCC sensor structure, via was used for the interconnection. As sensing materials, SnO<sub>2</sub> was adopted. The effect of frit glass portion on the adhesion of the sensing material to the LTCC substrate and the electrical conductivity of the sensing material were analyzed. AgPd, PdO, Pt was added to the sensing material as an additive for improving the gas sensitivity and electrical conductivity and the effect of the amount of additives in the sensing material on the electrical conductivity was investigated. The effect of the amount of frit glass in the termination on the sensor performance, especially mechanical integrity, was considered and the crack initiation and propagation in the boundary between the sensing material and the termination was studied.

**Key words:** LTCC, Gas sensor, SnO<sub>2</sub>

### 1. 서 론

가스센서의 응용분야는 기존의 가정 및 공장에서의 가스 검출용, 알코올측정기 등에서부터 공기청정기용, Home networking 시스템에의 적용 등으로 그 적용 범위를 넓히고 있으며 기존의 검출하려는 가스가 CO 및 C-H계열의 탄화수소 화합물에서 새 아파트 증후군을 유발할 수 있는 포름알데히드 같은 VOC (Volatile Organic Compound) 등의 여러 solvent 계열로 측정하려는 물질의 종류가 다양해지고 있다. 센서의 형태도 MEMS 구조를 이용한 [1] 형태를 비롯하여 여러 개의 센서를 복합화시키는 복합 센서 및 스마트 센서에 이르기까지 다양한 센서가 개발되어지고 있다. 이와 같은 센서 기술발달은 최근 패키지 분야에서 도입되어지고 있는 SiP 및 SoP [2] 개념의 시스템 일체화와 더불어 향후 복합센서와 기타 부품이 하나의 복합 모듈 형태로 발전되어 서로 접목되어질 수 있는 기술로 발전되어지고 있다. 본 논문에서는 이러한 복합화 개발의 일환으로 SiP 혹은 SoP 기술의 개발이 가능한 LTCC 기술을 이용하여 센서 복합화의 한 단계로서 가스센서를 구현시키는 방법에 대하여 소개한다.

### 2. 실 험

가스센서에의 적용을 위하여 LTCC 기판의 조성설계시 가능한 열팽창 계수가 낮은 재료로 조성 설계를 하였다. 주 성분을 이루는 glass-ceramic 에 filler 를 혼합한 후 PVB 계통의 binder 및 solvent 에 혼합한 후 테이프 캐스팅 방법에 의하여 그린시트를 제작하였다. 소성된 시편에 대하여 열팽창 계수를 측정하여 히터 장착 후의 열응력에 대하여 검토하였다. SnO<sub>2</sub> (Aldrich) 분말의 입도 분석을 하였고 가스센서를 LTCC

에 구현하기 위하여 기판재료와의 adhesion등을 고려하여 SnO<sub>2</sub>에 glass frit (2.4 w/o relative to SnO<sub>2</sub>) 및 전기전도도에의 영향을 확인하기 위하여 Pt (4 w/o max. relative to SnO<sub>2</sub>), AgPd (4 w/o max. relative to SnO<sub>2</sub>) 등을 SnO<sub>2</sub> 에 첨가하여 3 Roll Mill 을 이용하여 paste를 제조한 후 LTCC 기판 소성 후 표면에 센서용 paste와 termination 을 스크린 프린팅한 후 재소성 시켜 온도 변화에 (200℃, 300℃) 따른 전기저항 변화를 측정하였다.

### 3. 결과 및 검토

센서 재료의 동작은 100℃ 이하에서 동작시 표면에 부착되어지는 수분이나 먼지 등의 불순물등에 의하여 가스센서의 감도가 떨어지게 된다. 따라서 실제 동작시는 이러한 입자들의 영향을 고려하여 주기적으로 센서 부위를 가열하는 방식을 취하게 된다. 일반적인 HIC (Hybrid Integrated Circuit) 기판을 이용하는 가스센서의 경우, 히터를 Alumina 반대 면에 스크린 프린팅 및 소성을 하여 히터로서 동작을 시키게 된다. LTCC를 이용하게 되는 경우 히터를 내부에 실장 시켜 동작을 시킬 수 있으며 이때 이러한 히터 동작시 주위와의 온도 편차에 의한 내부 응력의 발생은 기판자체의 기계적 안정성을 떨어뜨리게 되므로 열팽창 계수를 최소화시켜 이러한 내부 잔류응력의 효과를 최소화 시켜야한다. 즉 내부 응력은 다음과 같은 식에 비례하여 발생하게 된다.

$$E\Delta T l \alpha \quad (1)$$

$E$  : Young's modulus of LTCC substrate

$\Delta T$  : Temp. difference between heater and substrate

$l$  : length of heater

$\alpha$  : Coefficient of thermal expansion of substrate

먼저 재료 조성 설계에 있어서 내부 잔류 응력 최소화를 위하여 기판재료의 열팽창 계수가 작은 재료를 설계 사용하였다. 그림 1에 기판재료에 사용하는 LTCC의 열팽창 특성을 나타내었다.

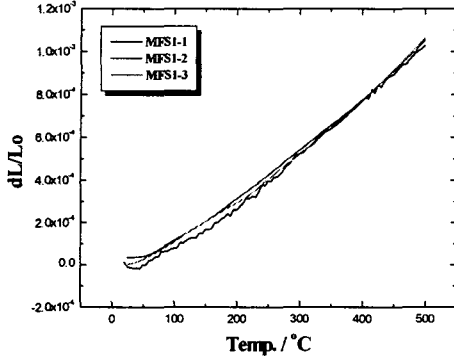


그림 1. 적용 LTCC system 열팽창 거동

Adhesion 강화용으로 glass frit을 첨가한 경우는 저항값이 300°C 까지 측정되지 않았다. 이와 같은 경우는 센서로서의 작동 온도 범위에 제약이 되는 단점이 발생한다. 그러나 LTCC의 경우 LTCC 내부 조성에 의하여 센서재료와의 adhesion을 증가시킬 수 있는 자체 조성이 가능하므로 내부 조성에서 frit glass를 제거한 후 Pt, AgPd 첨가물을 사용하여 온도 별 저항치를 측정하였으며 표 1.에 나타내었다.

SnO<sub>2</sub>는 n-type 산화물로서 [3] 본 실험에 사용된 SnO<sub>2</sub>의 입도 분포는 그림 2에 그래프로 나타내었다. 이와 같은 입자 크기에서 전기전도도는 입계에서의 에너지 포텐셜에 영향을 받을 것이며 첨가 원소의 영향은 입계에서의 에너지 포텐셜 및 첨가 원소에 의한 잉여 전자 발생 등에 의하여 영향을 주는 것으로 파악되고 있다. 또한 실제 측정된 저항값은 이러한 첨가 원소에 의한 영향과 termination 전극과 센서 재료 사이에서의 소성 특성에 의해서도 영향을 받게 된다.

Termination 재료의 주된 성분은 Ag 계통으로 SnO<sub>2</sub>와의 동시 소성시 frit glass의 양이 증가할수록 viscous flow에 의한 소성 응력을 줄일 수 있지만 전체적인 양에 있어서 주도적인 소성 특성을 결정하는 것은 Ag 이므로 termination에서의 소성 응력차이에 의한 저항값 변화(저항증가)가 관찰되었다.

그러나 이와 같은 원소별 영향 및 termination 전극과의 영향에 대하여는 좀더 연구가 필요하다.

표 1. 첨가원소에 따른 SnO<sub>2</sub> 전기전도도 변화

측정 온도(°C)	첨가원소	
	AgPd	Pt
200	10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup> ohm	10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup> ohm
300	10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup> ohm	10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup> ohm

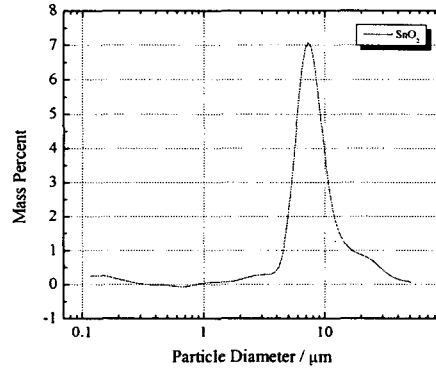


그림 2. SnO<sub>2</sub> 입도 분포

#### 4. 결론

본 논문에서는 LTCC 기술을 적용하여 가스센서에의 응용 가능성을 보여주었다. 가스센서로 이용하기 위한 LTCC 기술 적용에서 첨가원소들의 전기전도도에의 영향을 조사하였고 향후 Gas sensitivity에의 영향을 확인한 후 SiP 형태의 복합 모듈을 구현할 예정이다

#### 감사의 글

본 연구는 중소기업 기술개발혁신개발사업 연구비 지원으로 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] Ramon Palls-Arey & John G. Webster, Sensors and signal conditioning, New York, John Wiley & Sons, 2001
- [2] Rao R. Tummala, Fundamentals of Microsystems packaging, Singapore, McGraw-Hill, 2001
- [3] Mars G. Fontana, Corrosion engineering, New York, McGraw-Hill, 1986