

# 적층 압전 변압기용 변성 PbTiO<sub>3</sub> 세라믹스의 압전 및 유전 특성

유경진, 류주현, 정영호\*  
세명대학교, 한국전력공사

## Piezoelectric and dielectric Properties for Multilayer Piezoelectric Transformer Of Modified PbTiO<sub>3</sub> system ceramics

Kyung-jin Yoo, Ju-hyun Yoo  
Semyung Univ., KEPCO\*

**Abstract** : In this study, in order to develop low temperature sintering piezoelectric transformer, (Pb<sub>0.99-x</sub>Ca<sub>x</sub>Sr<sub>0.01</sub>)Ti<sub>0.96</sub>(Mn<sub>1/3</sub>Sb<sub>2/3</sub>)<sub>0.04</sub>O<sub>3</sub> ceramic systems were fabricated using Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> as sintering aids and investigated with the amount of Ca substitution. The piezoelectric transformer requires high electromechanical coupling factor k<sub>t</sub> and high mechanical quality factor Q<sub>mt</sub> for generating high output power At the (PbCaSr)Ti(MnSb)O<sub>3</sub> ceramics with 24mol% Ca substitution sintered at 900 °C, electromechanical coupling factor k<sub>t</sub> and mechanical quality factor Q<sub>mt</sub> showed the optimal values of 0.504 and 1655 respectively, for thickness vibration mode multilayer piezoelectric transformer application.

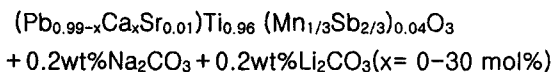
**Key Words** :thickness vibration mode electromechanical coupling factor k<sub>t</sub>, thickness vibration mode mechanical quality factor Q<sub>mt</sub>, sintering aids, low temperature.

### 서론

최근, LED 구동 인버터, DC-DC 컨버터, AC-DC 컨버터 및 현광등 ballaster 등의 고전압전원장치등에 압전변압기를 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 순수한 PbTiO<sub>3</sub>계 세라믹스는 높은 큐리온도(490 °C), 유전상수의 작은 경시변화율, 전기기계결합계수의 이방성(K<sub>t</sub>/K<sub>p</sub>)이 크기 때문에 두께방향 진동모드로 동작하는 압전변압기에 적용하기에 적합한 특성을 가지고 있다. 그러나 큐리온도에서 급격한 격자상수의 변화로 인한 갑작스러운 Strain의 발생과 큐리온도 이하에서 매우 큰 격자왜형(c/a)으로 인한 비등방적 열팽창 때문에 세라믹스가 잘 깨지므로 원하는 소결체를 얻기가 매우 어렵다. 또한 높은 항전계와 상대적으로 낮은 전기저항 때문에 분극(poling)이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 개선 시키기 위하여 CaCO<sub>3</sub>를 적정량 치환하고, 동시에 저온 소결특성을 조사하기 위하여 (Pb<sub>0.99-x</sub>Ca<sub>x</sub>Sr<sub>0.01</sub>)Ti<sub>0.96</sub>(Mn<sub>1/3</sub>Sb<sub>2/3</sub>)<sub>0.04</sub>O<sub>3</sub> 조성예 소결제로 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 및 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>에를 첨가 하였고 Ca의 치환량과 소결 온도에 따라 그 압전 및 유전 특성을 조사 하였다.

### 2. 실험

본 실험은 다음의 조성식을 사용하여 일반적인산화물 혼합법으로 시편을 제조하였다.



99%이상의 순도를 가지는 원료를 조성에 따라 10<sup>-4</sup>g까지 칭량 하였고 아세톤을 분산매로 하여 3φ zirconia ball을 사용하여 24시간동안 혼합, 분쇄 하였다. 불밀한 시료를 항온조에서 12시간 이상 건조한 뒤, 알루미늄 도가니로 850 °C에서 2시간 하소하였다. 하소된 시료는 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 CaCO<sub>3</sub>를 소결조제로 첨가하여 24시간동안 재 혼합, 분쇄 하였다. 건조된 시료에 PVA(5% 수용액) 7wt%를 첨가하고 13φ의 물더로 1ton/cm<sup>2</sup>의 힘을 가해 성형하였다. 성형된 시편은 600 °C에서 3시간동안 결합제를 태워버린 뒤, 승하강 온도구배를 3 °C/min로 하여 880 ~ 950 °C의 온도에서 1시간 30분간 소결하였다. 시편의 전기적 특성을 측정하기 위하여 1.1mm의 두께로 연마한 시편에 Ag전극을 스크린 프린트법으로 도포한 뒤, 650 °C에서 10분간 열처리하였고 120 °C의 절연유 속에서 45[kV/cm]의 직류전계를 20분간 인가하여 분극 하였다. 24시간이 지난 후에 공진 및 반공진법에 따라 Impedence analyzer (Agilent 4294A)를 사용하여 유전 및 압전 특성을 측정 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 소결 온도와 Ca 치환량에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 소결 온도에 상관없이 모든 시편은 치밀화되었다. 이는 약 514 °C 낮은 융점을 가지는 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 액상이 시편의 소결 반응을 촉진시키기 때문이라고 사료된다.

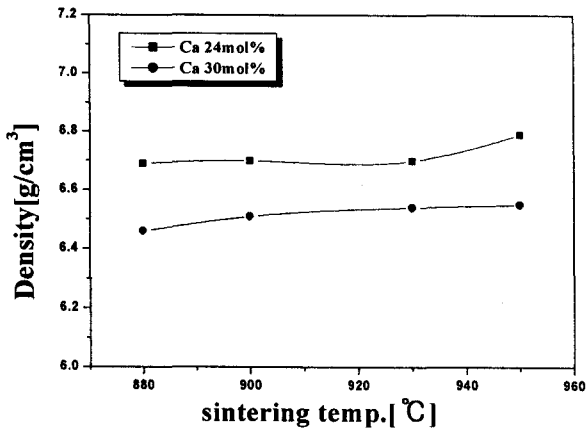


그림 1. 소결온도와 Ca 치환량에 따른 밀도

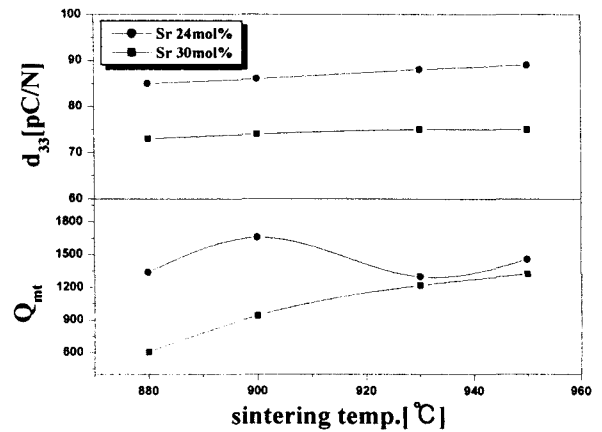


그림3은 소결온도와 Ca 치환량에 따른 d33과 Qmt

표 1. 시편의 물성특성

Ca [mol%]	Sintering Temp. [°C]	Density [g/cm³]	Kt	Qmt	Dielectric constant	d33 [PC/N]
24	880	6.69	0.450	1377	246	73
	900	6.70	0.504	1655	236	74
	930	6.70	0.525	1297	227	75
	950	6.79	0.533	1455	224	75
30	880	6.46	0.500	604	246	73
	900	6.51	0.501	939	236	74
	930	6.54	0.501	1218	227	75
	950	6.55	0.512	1323	224	75

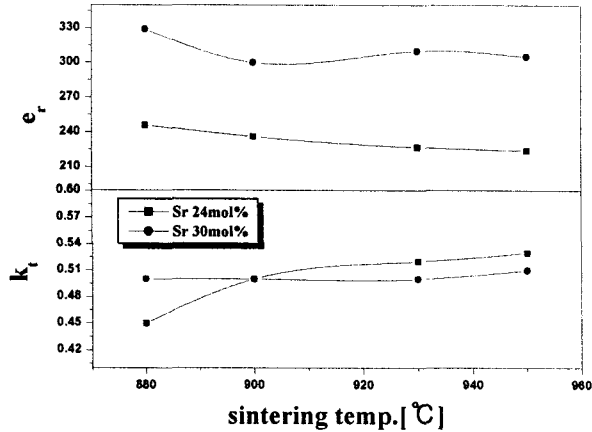


그림 2. 소결온도와 Ca 치환량에 따른 kt와 εr.

그림 2는 소결온도와 Ca 치환량에 따른 kt와 εr를 나타낸 것이다. 소결온도가 증가함에 따라 kt는 계속 증가하는 특성을 나타내었다. 이러한 특성은 일반적으로 밀도의 증가에 따라 kt가 비례적으로 증가하기 때문이다. 이상의 결과로 추후에 950°C 이상의 온도에서의 특성 연구가 필요하다고 생각된다. 소결온도에 따라 εr는 감소하는 특성을 나타내었다.

그림 3은 소결온도와 Ca 치환량에 따른 d33과 Qmt를 나타낸 것이다. d33는 소결온도에 따라 증가하는 특성을 나타내었다. 이는 d33가 전기기계결합계수의 경향과 일치하는 것을 볼 수 있다. 다음의 Qmt 값은 소결온도가 900°C 이고 Ca 치환량이 24mol% 일때 최대값인 1655를 나타내었다.

표 1에 소결온도와 Ca 치환량에 따른 시편의 물성을 나타내었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 두께진동모드 적층형압전변압기로 적용하기 위한 저온 소결 압전세라믹스를 개발하기 위하여 (Pb0.99-xCaxSr0.01)Ti0.96(Mn1/3Sb2/3)0.04O3 세라믹스에 소결 조제로서 Na2CO3와 Li2CO3를 첨가 하여 Ca 치환량과 소결온도에 따라 시편을 제작, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ca 치환량과 소결온도가 증가 함에 따라 밀도는 증가 하였다.
2. 밀도가 증가 함에 따라 kt도 증가 하였다.
3. 소결온도가 900°C 이고 Ca 치환량이 24mol% 일때 kt, Qmt 과, d33는 각각 0.504, 1655 와 74 [pC/N]로 최적의 특성을 나타내었으며, 두께진동모드 압전변압기로서의 응용 가능성을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2005년 산자부 에너지 관리공단 에너지기술 학술진흥사업(과제번호: 2005-03-0013-0-000)의 연구비로 이루어 졌으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] J. H. Yoo, K. H. Yoon, Y. W. Lee, S. S. Suh, J. S. Kim and C. S. Yoo: Jpn. J. Appl. Phys., 39(2000), 2680.