

# SMD-type Trimmer Condenser용 $\{(Sr_xCa_{1-x})_{0.95-y-z}Bi_zPb_{0.05+y}\}Ti_{1.02}O_3$ 유전체의 전기적 특성에 관한 연구

## Electrical Properties of $\{(Sr_xCa_{1-x})_{0.95-y-z}Bi_zPb_{0.05+y}\}Ti_{1.02}O_3$ for SMD-type Dielectric Trimmer Condenser

강동현\*, 차훈주\*, 남기창\*, 허 준\*\*  
(D. H. Kang\*, H. J. Cha\*, K. C. Nam\*, J. Hur\*\*)

### Abstract

Electrical properties of  $\{(Sr_xCa_{1-x})_{0.95-y-z}Bi_zPb_{0.05+y}\}Ti_{1.02}O_3$  ceramic were studied as a function of Sr/Ca ratio and Bi, Pb contents. Dielectric properties of specimens with different x, y, z values were explained in terms of ionic polarizability with Molecular Additionally Rules and Clausius-Mosotti equation. For the composition of  $\{(Sr_{0.62}Ca_{0.38})_{0.90}Bi_{0.01}Pb_{0.09}\}Ti_{1.02}O_3$  and  $\{(Sr_{0.62}Ca_{0.38})_{0.905}Bi_{0.015}Pb_{0.08}\}Ti_{1.02}O_3$ , dielectric constant( $\epsilon_r$ ), quality factor(Q) and temperature coefficient(TC) were 389, 3048, -1490 and 394, 1869, -1340 at 1MHz, respectively.

**Key Words** : Trimmer condenser, (Sr,Ca)TiO<sub>3</sub>, Ionic polarizability

### 1. 서 론<sup>1)</sup>

Ceramic Trimmer Condenser는 회로상에서 C(Capacitance)값을 가변함으로써 필요한 C값을 찾아내어 사용하는 Condenser의 한 종류이다. 따라서 일반적인 Ceramic 유전체를 사용한 Condenser의 구조에 C값을 가변할 수 있도록 반달면 형태를 띤 Metal Rotor나 Stator Rotor를 사용한다.

회로 내에서의 주요기능으로는 동조 주파수를 맞추거나 주파수 미세조정, 온도 보상등의 기능을 한

다. Ceramic Trimmer Condenser의 주요한 기능은 주파수를 조정하는 것이므로 Radio, Beep Pager, Digital Camera, RF Module, Cellular Phone, PCS, Wireless Mouse와 같은 회로에 주로 적용된다.

Trimmer Condenser는 주 capacitor와 함께 보조 Condenser로서 역할을 하는 소자로서 일반 콘덴서가 탄탈, 마이카, 종이, 고분자 등의 다양한 물질로 구성되어 있는데 반해 오직 Ceramic Condenser만 있으며, 각 회로별로 하나씩 장착되어 회로 보정을 하는 필수 전자 부품이다. 기술적인 측면에서 볼 때 유전체의 유전을 편차가 없어야 하며, Q-factor(품질계수)는 1000이상으로 높아야 하며, 온도 계수가 가급적 0에 가까워야 한다. 또한 표면 실장형(SMD type)은 dimension이 고정되어 있기

\* : 수원대학교 전자재료공학과  
Fax: 031-220-2699  
E-mail: ssamdak96@yahoo.co.kr  
\*\* : (주)신요

때문에 원료의 특성을 원하는 부품 spec.에 만족시켜야 한다.

강유전성이 갖는 단점을 개선하기 위한 계속적인 연구결과 최근에는 대용량, 저 손실이며, 정전용량의 온도특성이 양호한 상유전 특성을 갖는 SrTiO<sub>3</sub>계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. SrTiO<sub>3</sub>의 경우 perovskite 구조를 가지는 물질로 -160°C 근처에서 tetragonal에서 cubic으로 상전이가 일어나는데 이때 Curie temperature는 나타나지 않으며 -240°C 근처에서 Curie temperature를 갖는 것으로 알려져 있다. CaTiO<sub>3</sub>는 자연상태에서 perovskite 구조를 갖고 Ca<sup>2+</sup> ion과 Ti<sup>4+</sup> ion이 O<sup>2-</sup> ion과 이루는 Elementary Cell의 Shift 된 구조에 의해 Polarization<sup>1)</sup>이 일어난다. 유전상수는 25°C 기준으로 CaTiO<sub>3</sub> 169, SrTiO<sub>3</sub> 210을 나타내며, 온도계수는 상당히 negative한 값을 나타내며, CaTiO<sub>3</sub> : -1600ppm/°C, SrTiO<sub>3</sub> : -3700ppm/°C으로 온도에 따른 Capacitance의 변화가 현저하게 된다. (Sr,Ca)TiO<sub>3</sub> ceramic의 A-site를 Ba, Pb 등으로 치환하면 유전율이 극히 크게 되며, Bi에 의한 치환은 정전용량의 온도 특성의 저하 없이 유전율을 증가시킨다. 그러나 Ba는 치환량이 지나치면 온도계수가 -방향으로 크게 되며, Pb의 경우에는 치환량이 지나치면 Q값을 감소시키고 온도계수 또한 일정한 치환량을 넘으면 온도계수가 -방향으로 크게 된다. 또한, 과잉의 TiO<sub>2</sub>양이 증가(2mol%까지)할수록 고상반응과정에서 자체 분말보다 큰 molar volume을 갖는 이차상이 형성될 경우 입자간에 stress가 유발되어 작은 입자로 쉽게 분쇄될 가능성에 따라 하소된 분말의 크기가 감소하고 분말의 크기가 감소됨에 따라 activity가 증가하여 소결이 촉진되는 현상이 발생한다고 보고<sup>2)</sup>되어 있다. 본 연구에서는 (Sr,Ca)Ti<sub>1.0z</sub>O<sub>3</sub>에서 Pb 및 Bi를 A-site에 치환하여 치환량에 따른 전기적 특성의 변화를 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험방법

각 시료는 Aldrich사의 특급시약을 사용했으며 기본 조성식에 따라 전자 천평을 사용하여 평량하여 ball mill에서 ethyl alcohol을 mixing agent로 하여 혼합하였다. 혼합된 시료를 건조기에서 건조한 후 SiC발열체를 사용한 전기로에서 알루미늄 도가니를 사용하여 1150°C에서 2시간 동안 하소

하였다. 하소된 powder를 알루미늄 유발에서 분쇄한 후 100 mesh 체거름을 하여 powder를 과립화하여 원통형 금형(Φ:12mm)에 0.75g씩 넣고 0.7[kg/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 가 성형하여 cold isostatic press를 사용하여 25000psi의 압력으로 성형하였다. 성형된 시편은 전기로에서 1300°C에서 2시간 동안 소결하였고, 소결 시편을 SiC paper을 사용하여 양면 연마 후 silk screen 방법으로 silver paste를 바르고 lead선을 부착하여 최종시편으로 하였다.

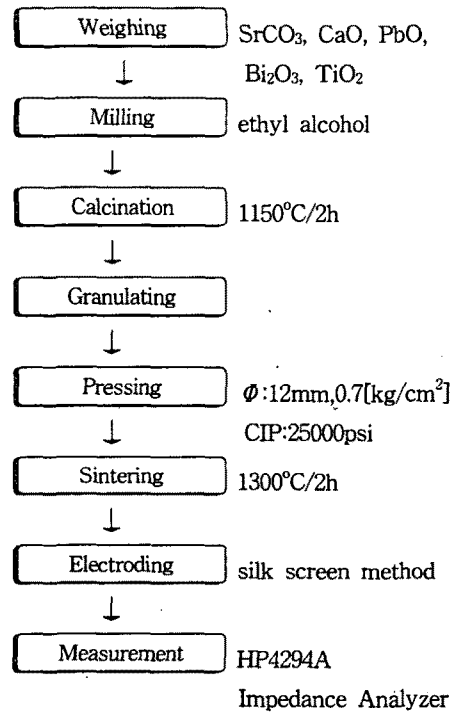


그림 1. 시편의 제조과정

Fig. 1. Processing diagram of the specimen

### 표 1. 기본 조성

Table 1. Base Compositions

x=0.62, z=0.01	SCBP1
x=0.62, z=0.015	SCBP2

### 2.2 측정 및 분석

결정구조는 하소한 powder을 XRD로 분석하였으며, 격자상수는 XRD 분석결과로부터 얻은 면간

거리로부터 구하였다. 미세구조는 시편의 표면을 mirror로 연마 후 소결 온도로부터 100~150°C 낮은 온도로 thermal etching 후 SEM 관찰을 하였다. 정전용량과 손실계수는 HP4294A Impedance Analyzer를 사용하여 주파수 1kHz~10MHz에서 측정하였으며 시편마다 특정된 두께, 전극면적, 정전용량을 이용한 식(1)을 통하여 유전율을 계산하였다. 정전용량의 온도계수(TC)는 자동가열 system과 HP4294A Impedance Analyzer를 사용하여 측정하였고 아래 식(2)에 따라 계산하였다..

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad \text{----- (1)}$$

$$TC = \frac{C_{85} - C_{25}}{C_{25}} \times 100 \quad [\text{ppm}/^\circ\text{C}] \quad \text{-- (2)}$$

저항은 Ultra Megohmmeter SM-8210(TOA Electronics Ltd.)를 이용하여 3회 측정 후 평균을 값으로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig.2.는 Pb 치환량의 변화에 따른 SCBP1 계와 SCBP2계의 유전특성을 나타내었다. A-site에 Pb 치환량이 증가함에 따라 유전율( $\epsilon_r$ )은 증가하였으며 Q값은 감소하는 유사한 경향을 나타내었다. A-site Pb 치환량이 증가함에 따라 유전상수의 증가는 Sr(4.24Å), Ca(3.16Å)보다 상대적으로 높은 이온 분극률을 갖는 Pb(6.58Å)<sup>3)</sup>가 치환되기 때문이다. 이는 (Pb<sub>x</sub>Ca<sub>1-x</sub>)ZrO<sub>3</sub> 계에서 Pb치환량이 증가함에 따라 유전상수가 증가한다는 보고<sup>4)</sup>와도 일치한다. 실제 물질의 분극률은 구성하고 있는 구성 물질의 분자의 분극률의 합과 같다는 분자 가산 법칙으로 계산할 수 있고 또한 이와 같은 관계를 이용하면 각각의 분자 분극률도 그것을 구성하고 있는 이온들의 분극률 합으로부터 구할 수 있다. 따라서 Shannon 등<sup>5)</sup>이 구한 61세트의 각각의 이온들의 분극률값을 이용하면 조성변화에 따른 유전상수를 성공적으로 예측할 수 있다.

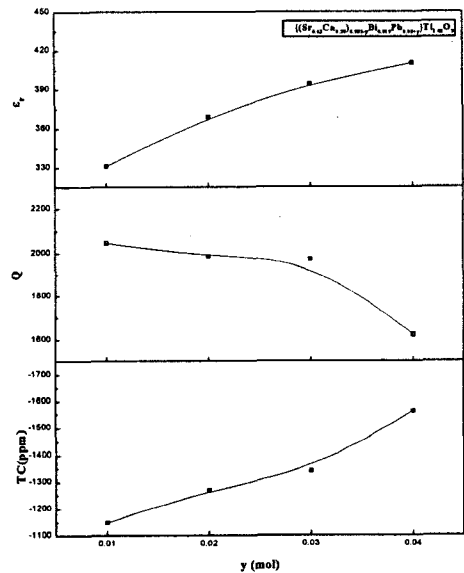
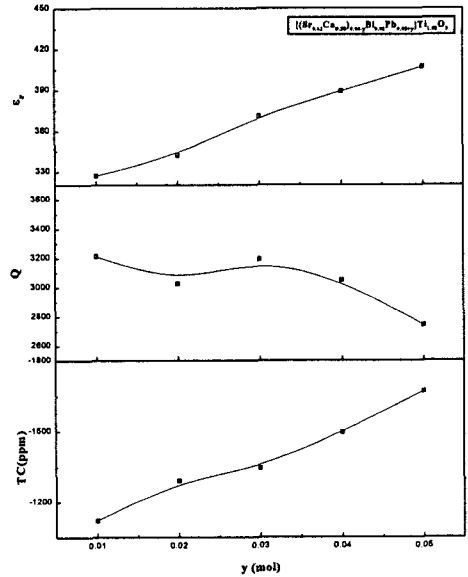


그림2. SCBP1 계와 SCBP2 계의 1300°C/2h에서 소결한 시편의 유전특성

Fig.2. Dielectric properties of SCBP1 and SCBP2 specimens sintered at 1300°C for 2h

#### 4. 결 론

$\{(Sr_xCa_{1-x})_{0.94-y-z}Bi_zPb_{0.05+y}\}Ti_{1.02}O_3$  유전체를 제조하여 유전특성을 측정한 결과는 다음과 같다.

1) Sr/Ca 비가 증가할수록  $SrTiO_3$  ( $\epsilon_r=210$ ,  $TC=-3700ppm/^{\circ}C$ ),  $CaTiO_3$  ( $\epsilon_r=169$ ,  $TC=-1600ppm/^{\circ}C$ )에 따라 유전율은 증가하고 Q값은 감소하며 TC 또한 보다 큰 음의 방향으로 증가한다.

2) Pb 치환량이 증가할수록 ionic polarizability의 증가로 유전율은 증가하고 그에 따라 Q값은 감소하고 TC는 음의 방향으로 증가한다.

#### 감사의 글

본 연구는 2001 중소기업 기술혁신 개발사업비로 이뤄졌으므로 이에 감사 드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 김 호기, 요업재료의 과학과 기술, Vol.1, No.1 (1986)
- [2] J.S. Choi, Kor. J. Mater. Res., Vol. 1, (1991).
- [3] R.D.Shannon and M.A. Subramanian, Phys. Chem. Materials, 16, 747(1989).
- [4] J. Kato, H. Kagata and K. Nishimoto, Jpn. J. Appl. Phys., 30(9B), 2343-2346 (1991)
- [5] R.D.Shannon, J. Appl. Phys., 73(1), 348-36, (1999)