

PSS-PT-PZ 초전형 적외선 센서의 잡음특성 개선에 관한 연구

우승일 이성갑* 이영희* 박창엽**

*광운대학교 전자재료공학과 **연세대학교 전기공학과

A Study on the Improvement of Noise Properties of the PSS-PT-PZ Pyroelectric Infrared Sensor.

Seung-Il Woo Sung-Gap Lee* Young-Hie Lee* Chang-Yub Park**

*Dept. of Electronic Mat. Eng. Kwangwoon Univ. ** Dept. of Electric Eng. Yonsei Univ.

ABSTRACT

0.10Pb(Sb_{1/2}Sn_{1/2})O₃-0.25PbTiO₃-0.65PbZrO₃+MnO₂(0.18mol%), NiO(0.15mol%) ternary compound ceramics were fabricated by the mixed-oxide method.

Noise properties of the pyroelectric infrared sensor were investigated with particle size of the raw materials and grain size of the specimens.

Particle size were decreased and sintered density, voltage responsivity were increased with increasing the ball-mill times. The specimen ball-milled for a 80[hr] showed a good pop-corn noise properties.

서 론

최근 전자 및 정보산업이 고도화됨에 따라 각종 센서 소자의 필요성이 증가하고 있으며, 특히 초전형 적외선 센서는 생활 공간의 온도(-30~300°C)에서 동작이 가능하며, 파장의 의존성이 없고 가격이 저렴하기 때문에 침입 경보기, 자동차, 공장 자동제어 및 비접촉 방사 온도계등으로의 응용 및 수요가 급증하고 있다.

초전형 적외선 센서로의 응용을 위한 초전재료에 관한 연구는 고분자[1], 단결정 [2] 재료로부터 제작이 용이하고 제작단가가 저렴하며 화학적 안정성이 우수한 강유전성 세라믹[3,4] 재료에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 강유전성 세라믹을 이용한 초전형 적외선 센서는 주위 환경으로부터의 충격, 열 자극등에 의한 잡음(noise)의 발생등으로 인하여 신뢰성이 요구되는 곳에서는 오동작의 가능성으로 응용에 제한을 받는 단점을 갖고 있다.

본 연구에서는 우수한 초전계수 및 전압감도 특성을 나타내는 Pb(Sb_{1/2}Sn_{1/2})O₃-PbTiO₃-PbZrO₃ 세라믹을 선택하여 시편의 제작조건 및 미세구조가 초전형 적외선 센서의 잡음특성에 미치는 영향에 대해 고찰하고자 한다.

실 험

(1) 시편의 제작

본 연구에서는 각 시료를 0.10Pb(Sb_{1/2}Sn_{1/2})O₃-0.25PbTiO₃-0.65PbZrO₃+MnO₂(0.18mol%), NiO(0.15mol%)의 조성식에 따라 평량한 후, 아세톤을 분산매로 하여 ball-mill 시간을 20, 40, 60, 80, 100시간으로 변화시켜 시료를 혼합 분쇄하였다. 혼합 분쇄된 시료를 100[°C]의 오븐에서 12시간 동안 건조시킨 후 알루미늄 도가니에 넣어 전기로내에서 850[°C]로 2시간동안 하소시켰다. 하소된 시료를 10시간 재분쇄 후 오븐에서 완전 건조시켰으며, 원통형 금형(φ 12mm)을 이용하여 1.2[ton/cm²]의 압력으로 성형하였다.

성형된 시료는 소결시 PbO의 휘발을 억제하기 위해 PbZrO₃-PbO₂(5wt%)의 분말을 사용하여 소결시켰다. 소결된 시편을 0.3[mm]의 두께로 표면 연마하여 온전극을 부착하였으며, 100[°C]의 실리콘유내에서 DC 30[kV/cm]의 전압을 30분간 인가하여 분극처리를 한 후 전기적특성을 측정하였다. 또 분극처리된 시편을 200[μm]의 두께로 표면처리한 후 적외선이 부착된 TO-5형 패키지를 씌워 적외선 센서로 제작하였다.

(2) 측정

X-선 회절분석기 및 전자현미경을 이용하여 불밀시간에 따른 시편의 격자상수, 2차상 및 미세구조의 변화를 관찰하였다. IRE규정[5]에 따라 정정용량 C와 시편의 크기로 부터 유전상수를 계산하였으며, LCR-메타 (ANDO, 4301-B)를 이용하여 유전손실 tanδ 를 측정하였다.

시편을 초전형 적외선 센서로 제작한 후 그림 1의 회로를 이용하여 전압감도를 측정하였다.[6]

초전형소자의 유전손실에 의한 유전손실잡음(ΔV_n), 입력저항에 의한 Johnson잡음(ΔV_j), 적외선 센서의 열적변동에 기인한 열적잡음(ΔV_t) 및 증폭소자에 의한 전류(ΔV_i), 전압잡음(ΔV_v)을 식 (1) ~ (5)를 이용하여 계산하였다.[6]

$$\Delta V_s = \left(\frac{4kT \tan \delta}{\omega C_s} \right)^{1/2} \quad [V \cdot Hz^{-1/2}] \quad (1)$$

$$\Delta V_r = \left(\frac{4kTR}{1 + \omega^2 C^2 R^2} \right)^{1/2} \quad [V \cdot Hz^{-1/2}] \quad (2)$$

$$\Delta V_T = \frac{R_v(4kTG)^{1/2}}{\eta} \quad [V \cdot Hz^{-1/2}] \quad (3)$$

$$\Delta V_i = i_n R \left(\frac{1}{1 + \omega^2 \tau_s^2} \right)^{1/2} \quad [V \cdot Hz^{-1/2}] \quad (4)$$

$$\Delta V_e = e_n \quad [V] \quad (5)$$

여기서, k = Boltzmann 상수 ($= 1.38 \times 10^{-23}$ [J/K]), C_s = 시편의 정전용량 [F], G = 열전도도 [J/Ksec], i_n = 증폭기의 잡음 전류 [A], e_n = 증폭기의 잡음 전압 [V]

결과 및 고찰

그림 1은 볼밀시간에 따른 시료의 평균 입자크기를 나타낸 것이다. 볼밀 시간이 20시간에서 100시간으로 증가함에 따라 평균 입자크기는 1.13[μ m]에서 0.69[μ m]로 지수 함수적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

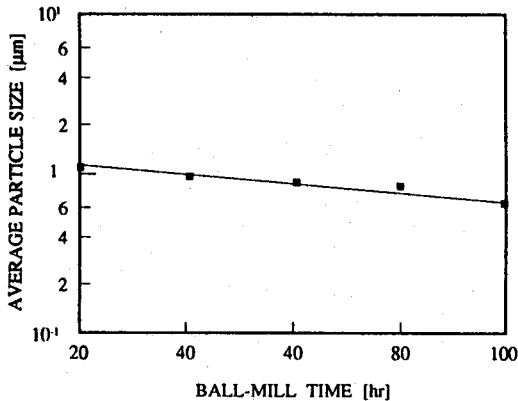


그림 1. 볼밀시간에 따른 시료의 평균 입자크기

표 1은 볼밀시간 변화에 따른 시편의 구조적 특성을 나타낸 것이다.

소결밀도는 볼밀시간에 따라 증가하여 80시간 행한 시편에서 7.63[g/cm³]의 최대값을 나타낸 후 100시간 행한 시편에서 감소하는 경향을 나타내었다. 볼밀을 100시간 행한 시편의 경우 미소입자간의 agglomeration 현상[7]에 의해 성형시 충진율이 감소하여 소결밀도가 낮아진 것으로 사료되어진다. 평균 결정립 크기는 볼밀시간에 따라 증가하였으며, 시편소결시 접촉면적의 증가에 의해 소결율이 향상되었기 때문으로 생각된다. 비저항 특성은 볼밀시간에 대해 의존성을 나타내지 않았으며, $5.15 \times 10^{11} \sim 1.15 \times 10^{12}$ [Ω -cm]의 양호한 절연특성을 나타내었다.

표 1. 볼밀시간에 따른 시편의 구조적 특성

Specimen No.	Ball - Mill Time [hr]	Sintered Density [g/cm ³]	Grain Size [μ m]	Resistivity [Ω -cm]
BM - 2	20	7.34	4.59	8.14×10^{11}
BM - 4	40	7.47	5.68	1.08×10^{12}
BM - 6	60	7.58	6.62	1.12×10^{12}
BM - 8	80	7.65	6.64	5.15×10^{11}
BM - 10	100	7.46	7.91	1.15×10^{12}

그림 2는 볼밀시간에 따른 시편의 유전상수 및 유전손실을 나타낸 것이다.

유전상수는 볼밀을 40시간 행한 시편에서 304의 최대값을 나타낸 후 볼밀시간에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 유전손실은 특이한 의존성을 나타내지 않고 1~2[%]의 양호한 특성을 나타내었다.

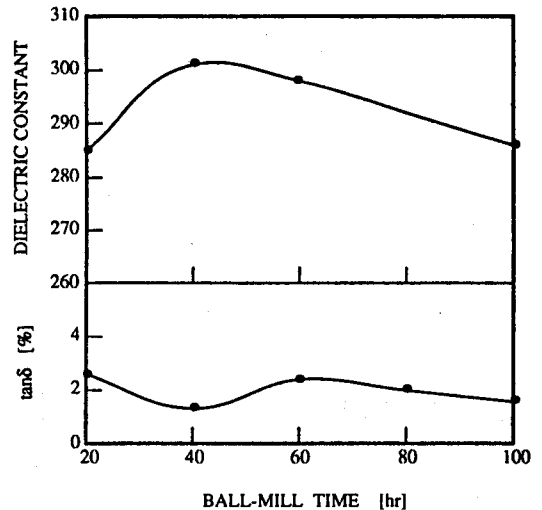


그림 2. 볼밀시간에 따른 유전상수 및 유전손실

그림 3은 볼밀시간에 따른 초전형 적외선 센서의 전압감도를 나타낸 것이며, 볼밀시간에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 볼밀시간이 증가함에 따라 시편의 치밀화에 따른 잔류분극값의 증대 및 100시간 볼밀을 행한 시편의 경우는 정전용량의 감소에 기인한 것으로 사료되어진다.

그림 4는 볼밀시간에 따른 적외선 센서의 잡음전압 특성을 나타낸 것이다. Johnson잡음(ΔV_r) 및 증폭소자에 기인한 전류(ΔV_i) 및 전압잡음(ΔV_s)은 볼밀시간에 대해 영향을 받지 않고 일정한 특성을 나타내었으며, 열적잡음(ΔV_T)은 식 (3)에 나타난 바와같이 전

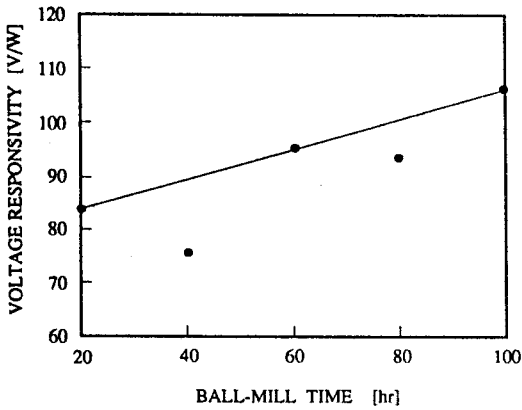


그림 3. 불밀시간에 따른 전압감도

압감도특성에 비례하여 증가하였다. 시편의 유전손실 특성에 기인한 유전손실잡음(ΔV_s)은 40시간 불밀한 시편에서 가장 낮은 특성을 나타내었다.

그림 5는 본 연구에서 제작한 시편을 이용하여 초전형 적외선 센서를 제작한 후 -25~55(°C)로 온도를 변화시키기에 따라 발생하는 잡음전압을 나타낸 것이며, 그림 5(a), (b)는 불밀을 각각 80, 100시간 행한 시편을 이용하여 제작한 적외선 센서의 pop-corn noise 특성이다.

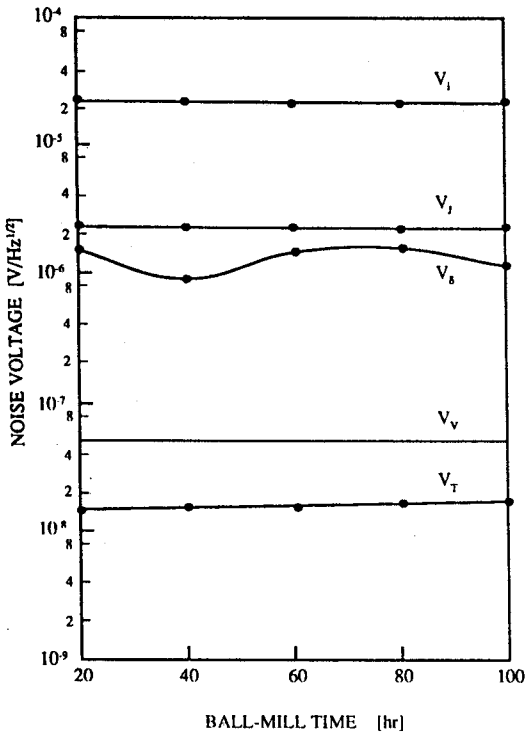


그림 4. 불밀시간에 따른 잡음전압

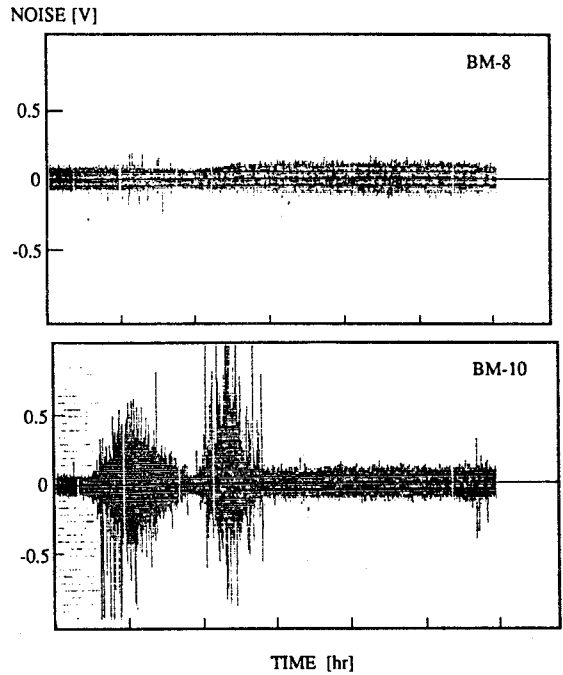


그림 5. 불밀을 80, 100시간 행한 시편의 pop-corn 잡음특성
결론

(1) 불밀시간이 증가함에 따라 시료의 평균 입자크기는 감소하였으며, 입자간의 접촉면적 증가로 시편의 소결밀도 및 평균 결정립 크기는 증가하였다.

(2) 초전형 적외선 센서의 전압감도는 84~106(V/W)로 불밀시간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

(3) 증폭소자의 잡음전류에 기인한 증폭기 전류잡음 ΔV_s 는 총잡음전압에 대해 지배적인 경향을 나타내었다.

(4) 불밀을 80시간 행한 시편에서 가장 양호한 pop-corn 잡음특성을 나타내었다.

REFERENCE

- (1) A. Handi, R. Thomas and J. Perrin, J. Apply. Phys, vol 40, pp. 2740~2745, 1969.
- (2) C. B. Roundy and R. L. Byer, J. Apply. Phys, vol 44, pp. 929~931, 1973.
- (3) T. Ogawa, Y. Iida and M. Toyoda, Trans. IEE of Japan, vol 97, pp. 547~554, 1981.
- (4) Xu. Yuhyan, L. Zhungyung and Z. Xiujuan, Ferroelectrics, vol. 37, pp. 615~618, 1981.
- (5) M. Marudake, Proc. IRE, vol. 50, p. 214, 1958.
- (6) S. B. Lang, "Ferroelectrics and Related Phenomena, Vol. 2, Source book of Pyroelectricity", Gordon and Breach Sci., pp. 48~53, 1974.
- (7) D. W. Richerson, "Modern Ceramics Engineering", Dekker, 1991.