

논문 2004-41SD-6-2

1,3 Propanediol 을 이용해 제작된 PZT(30/70) 후막의 초전특성에 관한 연구

(A Study on the Pyroelectric Properties of PZT(30/70) Thick film
Prepared by Using 1,3 Propanediol)

송금석*, 장동훈*, 정양희**, 윤영섭*

(Kum Suck Song, Dong Hoon Chang, Yang Hee Jung, and Yung Sup Yoon)

요약

1,3 propanediol 을 이용한 sol-gel 방법으로 PZT(30/70) 후막을 제작하였다. 제작된 film 의 초전특성은 dynamic 방법을 이용하여 변조 주파수 의존성을 조사하였다. 초전계수 (pyroelectric coefficient) 는 약 5.0×10^{-8} C/cm²·K 를 나타내었다. 전압감도와 비검출능에 대한 재료평가지수는 비교적 높은 유전률과 높은 초전계수로 인해 각각 3.4×10^{-11} C·cm/J 과 5.9×10^{-9} C·cm/J 을 나타내었다. 전압감도는 저주파 영역에서 증가하다가 고주파 영역에서는 주파수에 반비례하는 경향을 보이며, 10Hz 에서 최대값 1.84 V/W 를 나타내었다. 잡음전압은 Johnson 잡음의 영향으로 거의 $f^{-1/2}$ 에 비례하여 증가하였다. 잡음등가전력과 비검출능은 같은 주파수 80Hz 에서 각각 2.83×10^{-7} W/Hz^{1/2} 과 3.13×10^5 cm·Hz^{1/2}/W 를 나타내었다.

Abstract

PZT(30/70) thick film was fabricated by using 1,3 propanediol-based sol-gel method. Prepared film of pyroelectric property was investigated by Dynamic method of modulation frequency dependence. Pyroelectric coefficient was obtained about 5.0×10^{-8} C/cm²·K. The figure of merits for voltage responsivity and specific detectivity were 3.4×10^{-11} C·cm/J and 5.9×10^{-9} C·cm/J, respectively, because of relative high-dielectric constant and high-pyroelectric coefficient. Voltage responsivity was increased at low modulation frequency and it was decreased at high modulation frequency. Voltage responsivity was maximum 1.84 V/W at 10Hz. As Johnson noise is dominant, Noise voltage was increased nearly proportional to $f^{-1/2}$. Noise equivalent power and specific detectivity were 2.83×10^{-7} W/Hz^{1/2} and 3.13×10^5 cm·Hz^{1/2}/W the same frequency at 80Hz, respectively.

Keywords : PZT, sol-gel, pyroelectric coefficient, NEP, detectivity

I. 서론

최근 전자 기기의 소형화, 경량화 및 고집적화의 경향에 따른 강유전체 박막을 이용한 적외선 센서의 연구가 많은 관심을 끌고 있다. 초전 물질로 사용되는 여러 강유전체 물질 중 $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ (PZT) 는 zirconium

농도에 따라 정방정상, 능면체정상과 그들 사이의 morphotropic phase boundary (MPB) 로 변화되므로 이에 따라 다양한 전기적, 광학적 특성을 갖는다.^[1-4] 특히, 상온에서 동작하고 감도의 파장 의존성이 작은 초전형 적외선 센서는 온도 또는 주파수 변화에 의해 사물을 감지하는 것이 가능하여 경비기 및 검출기 등의 보안 시스템에 광범위하게 사용되어왔고, 공장 자동화, 군사용, 의학용에까지 그 활용 범위가 확산되어가고 있다.^[5-6]

초전형 적외선 센서는 적외선의 열의 성질을 이용하는 것으로, 물체의 온도 변화가 있는 경우에만 작동하

* 정회원, 인하대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Inha University)

** 정회원, 여수대학교 전기공학과
(Dept. of Electrical Engineering, Yosu University)

접수일자: 2003년6월16일, 수정완료일: 2004년5월17일

기 때문에 온도 변화가 없는 즉, 움직이지 않는 물체에 대한 응답의 측정이 불가능하다. 따라서, 물체의 이동에 따른 주파수 변화를 자발분극의 변화량으로 감지하여 대상 물체의 주파수 의존성을 조사하는 것이 초전형 적외선 센서에 필수적이다. 초전 소재의 주파수 의존성을 조사하기 위한 방법으로 dynamic 방법이 제안되고 있는데, 이 dynamic 방법은 외부에서 시료에 일선속 (the thermal flux) 이 인가될 때 미소한 온도차에 의해 변화되는 분극량을 전압 또는 전류 형태로 감지하므로^[7-9] 초전 특성의 측정 후에도 초전 물질의 분극 상태가 파괴되지 않고 물질 파라미터에 대한 주파수 특성의 분석이 가능한 장점을 가지고 있다.^[10]

한편, 초전형 적외선 센서에서 초전 소재의 응답의 고속화를 위해 초전 소재의 두께가 얇아져야 하지만, dynamic 방법을 이용한 측정에서 초전 소재의 두께 감소에 따른 기판과 주변으로의 열 손실이 증가하므로 두께를 무조건 얇게 하여 제작할 수 없다. 최적의 특성을 얻기 위해 수 μm 의 두께가 요구된다.^[11] 하지만 지금까지의 연구는 얇은 박막이나 bulk 세라믹의 초전 특성에 국한되어 이루어진 반면 후막의 초전 특성에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 PZT 후막을 제작하기 위해 1,3 propanediol 을 이용한 sol-gel 법으로 PZT(30/70) 후막을 제작하고 dynamic 방법을 이용하여 전압감도, 잡음전압, 잡음등가전력, 비검출능 등의 주파수에 따른 초전특성을 조사하고자 하였다.

II. 실험방법

PZT(30/70) 후막을 제작하기 위해 1,3 propanediol 을 이용한 sol-gel 법으로 PZT 혼합용액을 제조하였다. 용액 제조 과정은 Fig. 1 에 나타내었다. Pb 용액의 경우, drying 이나 annealing 같은 열처리 과정 중 Pb 휘발로 인한 Pb 부족 때문에 pyrochlore 상이 생기는 것을 막기 위해 Pb(12.5%) 과잉 첨가하였다. 점성을 높이기 위해 1,3 propanediol 을 첨가하여 최종적으로 0.6M 의 PZT 코팅 용액을 만들었다. 제작된 코팅 용액은 Pt/TiO₂/SiO₂/Si 기판 위에 spin coating 법을 이용하여 증착 시켰다. Film 은 coating 과 drying 을 3회 반복하여 1 μm 두께를 얻었다. 제작된 PZT 후막의 초전특성을 측정하기 위해 면적이 1mm 인 특별히 제작된 mask 를 이용하여 PZT 후막의 표면에 sputter 를 이용해 Ni-Cr

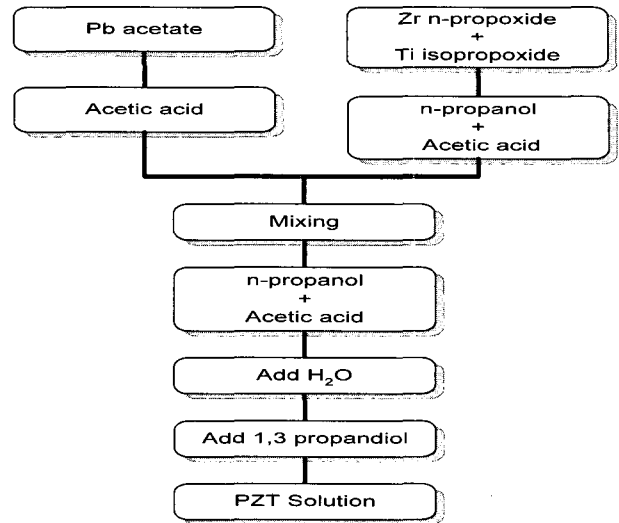


그림 1. PZT 용액 제조 공정
Fig. 1. Fabrication process used for PZT solution.

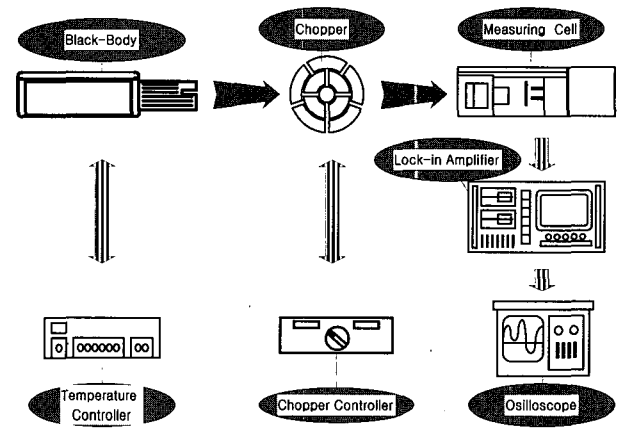


그림 2. 초전 특성 측정 시스템의 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of measurement system for pyroelectric property.

을 상부전극으로 증착 시켰다. Film 의 끝 부분을 불산 (hydrofluoric acid) 을 이용하여 Pt 하부전극을 etching 시킨 후 전기적 접촉을 위해 상부전극과 하부전극에 silver past 를 하여 PZT(30/70) 후막의 초전특성 측정을 위한 소자로 제작하였다.

Fig. 2 는 제작된 PZT 후막의 초전 특성을 측정하기 위한 dynamic 측정 시스템을 보이고 있다. 측정 시스템은 black body, temperature controller, optical chopper (SR 540), cell box, lock-in amplifier (EG&G 124A) 및 oscilloscope (Tektronix 244SA) 등 크게 black-body radiation 의 heat source 부분과 초전 소재 및 주변 회로와 같은 신호화 부분, 그리고 lock-in amplifier 및 oscilloscope 와 같은 측정 부분의 세 부분으로 이루어진 시스템을 구성하고 있다.

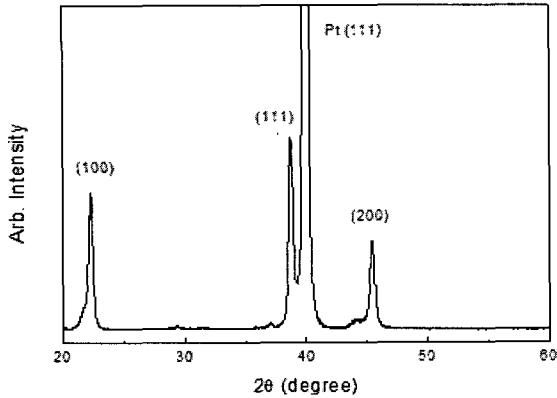


그림 3. PZT(30/70) 후막의 XRD pattern
Fig. 3. XRD patter of PZT(30/70) thick film.

III. 결과 및 논의

Fig. 3 은 Pb 가 12.5 mol% 과잉 첨가된 PZT(30/70) 후막의 X-선 회절 분석을 나타낸 것이다. Pt 하부전극이 증착된 PZT 후막은 pyrochlore 와 같은 제 2상의 생성 없이 완전한 perovskite 상이 형성되는 것을 확인할 수 있었다. Pyrochlore 상은 화학식이 $A_2B_2O_6$ 을 갖는 cubic 구조로 강유전성을 나타내지 않는다고 보고되고 있으며, pyrochlore 상이 존재하는 박막은 존재하지 않는 박막보다 분극량이 적고, 항전계가 크며, 전기적 특성 등이 좋지 않은 것으로 알려져 있다.^[12]

Black-body 로 부터 나오는 $5.26 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$ 의 열 선속 (thermal flux) 이 optical chopper 에 의해 2Hz 에서 1kHz 까지 주파수로 chop 되었고, 창 (window) 없이 초전소자에 입사되었다. 입사한 적외선 열에너지는 주파수 변화에 의해 야기되는 PZT 후막의 미세한 온도 변화를 유발하고 이에 따른 분극 변화에 의해 전기적 신호가 발생한다. 이렇게 변화되는 초전신호를 cell box 내의 회로에 의해 증폭과 lock-in amplifier 에 의해 미세 신호를 검출하여 초전전압으로 나타낸다. Fig. 4 는 PZT(30/70) 후막의 초전전압을 나타낸 것이다. 분극의 크기 및 변화량을 주파수 분산의 관점에서 보면, 저주파 영역에서는 분극의 재배향 속도가 변조 주파수의 속도보다 빠르기 때문에 시료내의 분극들이 자유로이 움직일 수 있어 분극량이 증가하다 고주파 영역에서는 분극의 재배향이 주파수 증가에 따른 열선속의 속도보다 느려져 분극의 움직임이 충분히 대응하지 못하므로 초전응답 특성인 초전전압이 현저하게 감소함을 볼 수 있다.

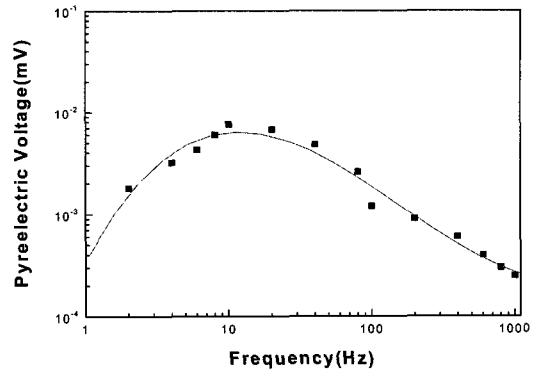


그림 4. PZT(30/70) 후막의 주파수에 따른 초전 전압
Fig. 4. Pyroelectric voltage of PZT(30/70) thick film as a function of frequency.

표 1. PZT(30/70) 후막의 유전특성과 초전계수 및 재료평가지수

Table 1. Dielectric constant, dielectric loss, pyroelectric coefficient and figure of merits of PZT(30/70) thick film.

ϵ_r	$\tan\delta$	p ($\text{C/cm}^2 \cdot \text{K}$)	F_V ($\text{C} \cdot \text{cm/J}$)	F_D ($\text{C} \cdot \text{cm/J}$)
886	0.03	5.0×10^{-8}	3.4×10^{-11}	5.9×10^{-9}

Table 1. 에 PZT(30/70) 후막의 비유전률 (ϵ_r), 유전손실 ($\tan\delta$), 초전계수 (p) 및 재료평가 지수인 F_D 와 F_V 를 나타내었다. 이때 체적 비열 (C_v) 은 $2.9 \times 10^6 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$ 를 사용하였다.

초전계수는 약 $5.0 \times 10^{-8} \text{ C/cm}^2 \cdot \text{K}$ 으로 $3.8 \times 10^{-8} \text{ C/cm}^2 \cdot \text{K}$ 인 bulk 에서 보다 우수한 값을 나타내었다.^[13] 초전형 적외선 센서의 평가에서 입사 적외선 강도, 복수율, 증폭기 등에 의한 영향을 받지 않고 비유전률, 유전손실, 체적비열, 초전계수 와 같은 초전 재료의 고유한 재료 특성 값으로 표현되는 전압 및 비검출능 (D^*) 에 대한 재료평가지수 (figure of merit) 는 식 (1), (2) 와 같이 표현된다.^[14]

$$F_V = \frac{p}{c_v \epsilon_r} \left[\frac{\text{C} \cdot \text{cm}}{\text{J}} \right] \quad (1)$$

$$F_D = \frac{p}{c_v \sqrt{\epsilon_r \tan \sigma}} \left[\frac{\text{C} \cdot \text{cm}}{\text{J}} \right] \quad (2)$$

여기서 F_V 와 F_D 는 각각 전압감도와 비검출능을 위한 재료평가지수이다. 위 식에서도 알 수 있듯이 일반적으로 초전소재가 갖추어야 할 조건은 초전계수가 커야 하

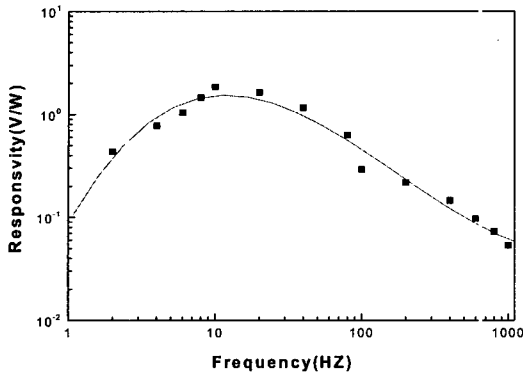


그림 5. PZT(30/70) 후막의 주파수에 따른 전압감도
Fig. 5. Responsivity of PZT(30/70) thick film as a function of frequency.

며, 체적비열이 작고, 비유전율과 열잡음의 원인이 되는 유전손실은 가능한 작아야 한다. PZT(30/70) 후막의 유전 특성은 LCR meter 를 사용하였으며, 1kHz: 의 주파수에서 측정된 비유전률과 유전손실을 이용하여 계산된 F_V 와 F_D 는 각각 3.4×10^{-11} C·cm/J 과 5.9×10^{-9} C·cm/J 이었다.

Fig. 5 는 PZT 후막의 변조 주파수에 대한 전압감도 (R_V) 를 측정된 것이다. 적외선 센서의 전압감도는 다음의 식 (3) 과 같이 정의된다.

$$R_V = \frac{U_L}{F_0 A} \left[\frac{V}{W} \right] \quad (3)$$

여기서 U_L 은 주파수에 따라 출력되는 초전전압이고, F_0 는 black body 에서 나와 film 에 입사되는 복사 열선속, 그리고 A 는 센서의 수광 면적 (Ni-Cr 전극의 면적) 이다. 전압감도는 복사 열선속과 수광면적이 일정하므로 Fig. 4 에서 나타낸 초전전압과 같은 경향성을 보여준다.

전압감도에 대한 이론적인 표현은 다음과 같다.^[15]

$$R_V = \frac{p \eta A \omega}{G_{e(1+\omega^2 \tau_e^2)}^{1/2} G_{Th(1+\omega^2 \tau_t^2)}^{1/2}} \quad (4)$$

여기서 η 은 흡수율, p 는 초전계수, A 는 수광 면적 (Ni-Cr 전극의 면적), R 은 전기적 저항, τ_e 는 전기적 시상수 ($\tau_e = RC$), τ_t 는 열 시상수 (H/G), G 는 열 전도도 ($G = 4\eta\sigma T^3 A$, σ 는 Stephan-Boltzman 상수 5.67×10^{-12} W/cm²·K), H 는 열 정전용량이다. $\tau_e \ll \tau_t$ 인 조건에서 최대 출력전압이 되어 최대 전압감

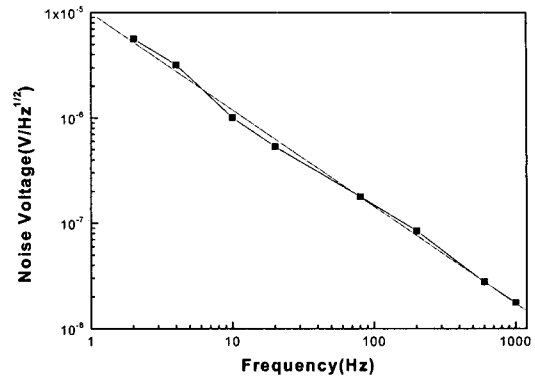


그림 6. PZT(30/70) 후막의 주파수에 따른 잡음전압
Fig. 6. Noise voltage of PZT(30/70) thick film as a function of frequency.

도를 보이며, 일반적으로 τ_t 는 0.01~10초 사이에 존재하는 반면, τ_e 는 10^{-12} ~ 10^2 초 사이에 존재하게 되는데 이들은 검출기의 축전용량과 저항에 의존한다.

Fig. 6 은 PZT 후막의 변조 주파수에 대한 잡음 전압 (V_N) 을 측정된 것이다. 초전형 적외선 센서의 중요한 특성 중 하나는 잡음 특성이다. 초전형 적외선 센서에 대한 잡음의 원인으로는 검출기의 유전체 손실에 의한 잡음 성분, 입력저항에 의한 Johnson 잡음 성분, 검출기의 열적 변동에 기인한 열적 잡음 성분 및 증폭소자 (JFET) 에 기인한 전류, 전압 잡음 성분이 있다. Fig. 6 에서 볼 수 있듯이 잡음 전압이 잡음 전압이 변조 주파수에 따라 $f^{1/2}$ 에 비례하는데, 이는 Johnson 잡음이 초전형 적외선 센서에서 매우 우세하다는 것을 보여준다. 다음 수식은 Johnson 잡음에 대한 잡음 전압의 이론적 수식이다.^[16]

$$V_N = \frac{[4KR^2\omega C_d \tan \delta]^{1/2}}{1 + \omega^2 R^2 C^2} \quad (5)$$

여기서 σ 는 Stephan-Boltzman 상수 (5.67×10^{-12} W/cm²·K) 이고, C_d 는 유전체의 캐패시턴스, R 은 전체 저항 (유전체 저항과 load 저항의 합) 이며, C 는 전체 캐패시턴스 (유전체 캐패시턴스와 load 캐패시턴스의 합) 이다.

실제 초전형 적외선 센서로의 성능을 말해주는 잡음 등가전력 (noise equivalent power, NEP) 은 잡음전압과 출력전압이 같게 될 때의 최소 적외선 입사강도를 나타내며, 다음의 식 (6) 과 같이 표시된다.

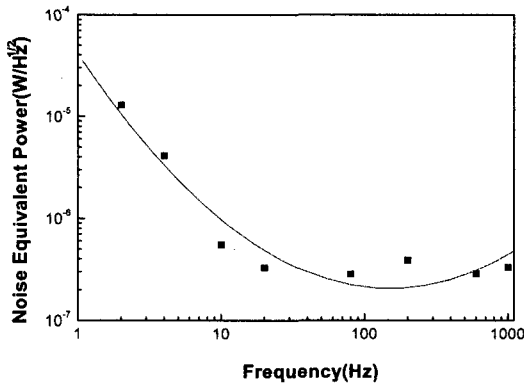


그림 7. PZT(30/70) 후막의 주파수에 따른 잡음등가전력
Fig. 7. Noise equivalent power of PZT(30/70) thick film as a function of frequency.

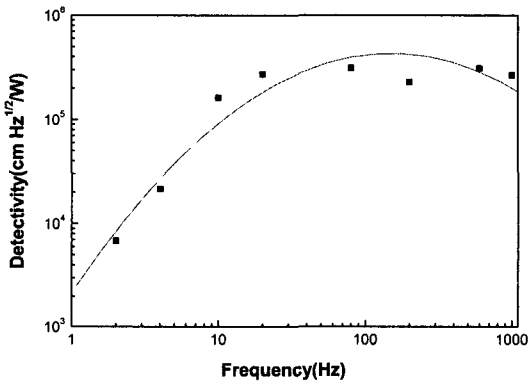


그림 8. PZT(30/70) 후막의 주파수에 따른 비검출능
Fig. 8. Detectivity of PZT(30/70) thick film as a function of frequency.

$$NEP = \frac{V_N}{R_V} \left[\frac{W}{\sqrt{Hz}} \right] \quad (6)$$

값이 작을수록 우수한 특성을 보이는 NEP 는 Fig. 7 에서 볼 수 있듯이 100Hz 이하의 낮은 주파수에서는 전압감도가 거의 일정하고 잡음전압이 주파수의 제곱근에 반비례하는 경향을 보이므로 감소하다가, 100Hz 이상의 높은 주파수에서는 전압감도가 주파수에 반비례하는 경향을 보이므로 다시 증가하는 현상을 보인다. 80Hz 의 주파수에서 $2.9 \times 10^{-7} \text{ C} \cdot \text{cm} / \text{J}$ 으로 가장 작은 값을 나타내었다.

센서의 비검출능 (specific detectivity, D^*) 은 단위 수광 면적에 단위 적외선 입사광을 조사 하였을 때, 1Hz 의 대역폭을 갖는 증폭기에 발생하는 신호 대 잡음의 비로서 식 (7) 과 같이 표시된다.^[14]

$$D^* = \frac{\sqrt{A}}{NEP} \left[\frac{\text{cm} \sqrt{\text{Hz}}}{W} \right] \quad (7)$$

D^* 는 NEP 와 역수 관계에 있으며, 클수록 우수한 특성을 나타낸다. Fig. 8 에서 PZT(30/70) 후막의 변조 주파수에 대한 D^* 을 나타내었다. 80Hz 에서 $3.06 \times 10^5 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{W}$ 으로 가장 큰 값을 나타내었다.

IV. 결 론

1,3 propanediol 을 이용한 sol-gel 방법으로 3회 코팅으로 약 1 μm 두께의 crack-free 한 PZT(30/70) 후막을 제작하였다. 제작된 film 의 초전특성을 분석하여 1,3 propanediol 을 이용한 후막 제작이 초전형 적외선 센서 소자 제작에 가능한지를 조사하였다. 초전특성은 static 방법과는 달리 비파괴적이라는 장점을 갖는 dynamic 방법을 이용해 주파수에 따른 출력전압과 잡음전압을 측정하였다. 제작된 PZT(30/70) 후막의 초전전압은 약 10Hz 에서 가장 큰 값인 $7.6 \times 10^{-3} \text{ mV}$ 을 나타내었고, 잡음전압은 Johnson noise 의 영향으로 변조된 주파수에 따라 $f^{1/2}$ 에 비례하는 경향을 보였다. 잡음등가전력 및 비검출능은 각각 $2.9 \times 10^{-7} \text{ C} \cdot \text{cm} / \text{J}$, $3.06 \times 10^5 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{W}$ 으로 양호한 특성을 나타내었다.

이상의 결론으로부터 본 연구에서 채택한 1,3 propanediol 을 이용해 제작된 후막은 우수한 초전특성을 나타내어 초전형 적외선 센서의 제작에 적합한 것을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] H. Watanabe, T. Mihara and C. A. Paz De Araujo, " Device Effects of Various Zr/Ti Ratios of PZT Thin-Films Prepared by Sol-Gel Method.", Integrated Ferroelectrics, pp139~150, 1991.
- [2] G. H. Haertling, "Ferroelectric Ceramics : History and Technology", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 84, pp. 797-818, 1999.
- [3] 민경진, 강성준, 장동훈, 윤영섭, "Pb(Zr_{0.9}Ti_{0.1})O₃ 세라믹의 Dynamic 초전특성에 관한 연구", 전자공학회 논문지, 제37권 SD편, 제8호, 598-604쪽, 2000.
- [4] 송금석, 장동훈, 강성준, 윤영섭, "1,3 Propanediol 을 이용해 제작된 PZT(30/70) 후막의 전기적 및 강유전 특성에 관한 연구", 전자공학회 논문지, 제 40권 SD편, 제9호, 631-638쪽, 2003.

- [5] S. T. Liu, Donald Long, "Pyroelectric Detectors and Materials", Proceedings of the IEEE, Vol. 66, pp. 14-26, 1978.
- [6] R. W. Astheimer, F. Schwarz, "Thermal Imaging Using Pyroelectric Detectors", Applied Optics, Vol. 7, no. 9, pp. 1687-1695, 1968.
- [7] A. G. Chynoweth, "Dynamic Method for Measuring the Pyroelectric Effect with Special Reference to Barium Titanate", J. Appl. Phys., Vol. 27, pp. 78-84, 1956.
- [8] R. C. Buchanan and J. Huang, "Pyroelectric and Sensor Properties of Ferroelectric Thin Films for Energy Conversion", J. E. Ceram. Soc., Vol 19, pp. 1467-1471, 1999.
- [9] C. M. Wang, U. C. Chen and M. S. Lee, "Pyroelectric Properties of La-modified Lead Titanate Thin Film Detectors", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 38 pp. 2831-2834, 1999.
- [10] 이원재, 강성준, 정양희, 윤영섭, "LiTaO₃ Crystal 의 Dynamic 초전특성과 그 주파수 의존성", 전자 공학회 논문지, 제37권 SD편, 제8호, 605-612쪽, 2000.
- [11] R. Tkakyama, Y. Tomita, K. Iijima, L. Ueda, "Preparation and Characteristics of Pyroelectric Infrared Sensors Made of c-axis Oriented La-modified PbTiO₃ Thin Films", J. Appl. Phys., Vol. 61, no. 1, pp. 411-415, 1987.
- [12] B. M. Song, D. Y. Kim, "Effect of Excess PbO The Densification of PLZT ceramics", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 72, no. 5, pp. 833-836, 1989.
- [13] G. De. Ciccio, B. Morten, D. Dalmonego, M. Prudenziati. "Pyroelectricity of PZT-based Thick-Films", Sensor and Actuators, Vol. 76, pp. 409-415, 1999.
- [14] 황형인, "비냉각형 적외선 센서 기술동향", 전기전자재료 II 권 제 7호, pp. 574-580, 1998.
- [15] M. H. Lee, R. Guo, A. S. Bhalla, "Pyroelectric Sensors", J. Electroceramics 2:4, pp. 229-242, 1998.
- [16] A. Hossain, M. H. Rashid, "Pyroelectric Detectors and Their Application", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 27, no. 5, pp. 824-829, 1991.

저 자 소 개

송 금 석(정회원)

2001년 경기대학교 재료공학과 졸업(B.S.).
 2003년 인하대학교 전자재료공학과 졸업(M.S.).
 2004년 현재 네오뷰코롱 주식회사.
 <주관심분야: Pyroelectric 센서 응용을 위한 강유전체 후막 및 기능성 박막>

정 양 희(정회원)

1983년 단국대학교 응용물리학과 졸업(B.S.).
 1985년 인하대학교 응용물리학과 졸업(M.S.).
 1993년 인하대학교 응용물리학과 졸업(Ph. D.).
 1998년~1995년 LG 반도체 선임연구원.
 1995년~현재 여수대학교 전기공학과 교수
 <주관심분야: 반도체 재료 및 공정, 강유전체 박막>



장 동 훈(정회원)

1995년 수원대학교 전자재료공학과 졸업(B.S.).
 1997년 인하대학교 전자재료공학과 졸업(M.S.).
 2003년 인하대학교 전자재료공학과 졸업(Ph. D.).

2003년~현재 인하대학교 전자공학과 연구원
 <주관심분야: ULSI DRAM 응용을 위한 강유전체 박막, Pyroelectric 센서>

윤 영 섭(정회원)

1975년 서울대학교 금속공학과 졸업(B.S.)
 1977년 한국과학원 재료공학과 졸업(M.S.).
 1988년 U.S.C. 전자공학과 졸업 (Ph. D.).
 1987년 3월~1988년 5월 Oklahoma State Univ. 대우교수.
 1988년 12월~1989년 6월 UCLA Device Research Lab. 연구원.
 1989년 8월~1992년 2월 삼성전자 기흥반도체 연구소 수석연구원.
 1992년 2월~현재 인하대학교 전자공학과 교수.
 <주관심분야: ULSI DRAM을 위한 신물질 개발, 강유전성 박막, Pyroelectric 센서, SAW device>