

論文95-32A-7-11

# Sol-Gel 법으로 제작된 PZT 박막의 전기적 성질에 조성과 하부전극이 미치는 영향

## (The Effects of the Composition and the Lower Electrode on the Properties of PZT Thin Films Prepared by Sol-Gel Method )

李廷基 \*\*, 尹英燮 \*

(Jung Gi Lee and Yung Sup Yoon)

### 요 약

본 연구에서는 sol-gel 법으로 제작된 PZT 박막에서 Zr/Ti 비와 하부전극(Pt 또는 ITO)에 따른 전기적 특성 변화를 연구하였다. LCR meter 로 주파수에 따른 비유전률과 유전손실값을 측정하였고, Sawyer-Tower 회로를 이용하여 이력곡선들로부터 조성비에 따른 최대 분극, 잔류분극, 항전계값을 측정하였다. Zr/Ti 의 조성비가 53/47 인 박막에서 비유전률은 10kHz 에서 952 였으며, 최대분극은  $10.43 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , 잔류분극은  $4.3 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , 항전계는  $20.7\text{kV}/\text{cm}$  이었다. Ti 가 풍부한 조성비인 25/75 에서 최대분극, 잔류분극량, 항전계값은 각각  $5.59 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $1.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $33.12 \text{kV}/\text{cm}$  였고, Zr 이 풍부한 조성비인 75/25 에서는 최대분극, 잔류분극량, 항전계값은 각각  $7.45 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $3.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $23.8\text{kV}/\text{cm}$  였다. 주파수 변화에 따른 하부전극의 영향을 조사한 결과 하부전극이 Pt 인 PZT 박막에 비해 ITO 가 사용된 PZT 박막은 계면에서 Pb 의 확산현상으로 인하여 계면 특성이 열악하여져 유전손실과 비유전률 특성의 저하가 급격하였다. 또한 Zr/Ti 조성비가 다른 PZT 박막들은 주파수의 변화에 따라 박막의 비유전률과 유전손실값의 변화가 크게 다른 것으로 미루어 보아 Zr/Ti 조성비의 변화에 따라 PZT 박막의 계면특성이 다른 것으로 생각되었다.

### Abstract

We studied the effects of the Zr/Ti ratio and the bottom electrode (Pt or ITO) on the electrical properties of PZT thin films prepared by sol-gel method. Their permittivities and tangent losses with the variation of frequencies were measured by the LCR meter and their maximum polarizations, remanent polarizations, and coercive fields were obtained from the hysteresis loops measured by the Sawyer-Tower circuit. For the PZT thin film of the Zr/Ti ratio of 53/47, permittivity at 10kHz, coercive field, maximum and remanent polarizations were measured as 952,  $20.7\text{kV}/\text{cm}$ ,  $10.43 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  and  $4.3 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , respectively. For the film of the Zr/Ti ratio of 25/75, coercive field, maximum and remanent polarizations were measured as  $33.12\text{kV}/\text{cm}$ ,  $5.59 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , and  $1.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , respectively. For the film of the Zr/Ti ratio of 75/25, they were measured as  $23.8\text{kV}/\text{cm}$ ,  $7.45 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , and  $3.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ , respectively. Our investigation into the effects of the lower electrode on the electrical properties of PZT films showed the following results. The permittivities of the PZT films deposited on the ITO electrode decreased more quickly than those of the PZT films on the Pt electrode. The tangent losses of the former films increased more quickly than those of the latter. These may be due to the degradation of the quality of the interface between the electrode and the film, which results from the diffusion of Pb. It is also noticeable that permittivities and tangent losses of the PZT films deposited on the ITO electrode varied differently with the Zr/Ti ratio. This may indicate that the quality of the interface between the electrode and the film changes with the Zr/Ti ratio of the PZT film.

\* 正會員, 仁荷大學校 電子材料工學科  
(Dept. of Elec. Materials & Device Eng., Inha Univ.)

\*\* 正會員, 케피코 技術研究所  
(KEFICO Eng. & Tech. Institute)  
接受日字: 1995年1月9日, 수정완료일: 1995年6月21日

I. 서 론

최근, 256Mb 급 이상의 DRAM<sup>[1,2]</sup>과 이상적인 비휘발성메모리<sup>[3-5]</sup>를 개발하기위한 소재로 유전률이 높고, 분극값이 크고, Curie 온도가 높아 소자의 동작이 온도에 안정한 Pb 계 페로브스카이트 구조의 산화물인 PZT가 가장 주목 받고 있다. 이 PZT 박막은 열처리 온도<sup>[6]</sup> 및 시간<sup>[7]</sup> Zr/Ti<sup>[8,9]</sup>의 조성비 등에 따라 유전률, 항전계, 잔류분극값이 크게 변해 이러한 조건들에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 하지만 DRAM 및 비휘발성 메모리에서 요구되는 PZT의 박막특성 즉 분극량, 비유전률, 항전계값 등에 대한 최적 조건에 대한 연구는 아직 요원한 상태이다. 특히 PZT 박막은 Zr/Ti 조성비에 따라 결정구조, 비유전률 항전계, 분극량, 등의 특성 변화가 크므로 어느 조성비가 DRAM 및 비휘발성 메모리에 적합한지를 체계적으로 연구할 필요가 있다. 한편 강유전체 커패시터의 하부전극으로 많이 연구되는 Pt는 화학적으로 안정하고, PZT와의 열팽창 계수가 비슷하여 균열이 없는 양질의 PZT 박막을 얻을 수 있다. 그러나 Pt는 고가의 제품이므로 상업적으로 불리하고, 화학적으로 안정하여 가공하기가 어려운 문제점이 있다. 그러므로 Pt 이외의 하부전극에 대한 유용성을 조사할 필요가 있다. 현재 반도체 공정에서 많이 사용되는 Si나 SiO<sub>2</sub>는 PZT와의 열팽창 계수의 차이로 열처리시 crack이 발생하여 하부전극으로 사용하기에는 부적합하다. 즉 PZT를 증착하기위한 하부전극의 조건은 crack이 발생하지 않고, 저가이며, 양질의 PZT 박막을 얻을 수 있는 산화물 전극이 필요하다. 위와 같은 조건을 만족하는 후보 물질 중의 하나로 ITO(Indium Tin Oxide)를 들수가 있다. 따라서 ITO가 PZT 박막의 하부전극으로 사용될 때 하부전극이 Pt인 박막과 비교하여 PZT 박막에 어떠한 특성의 변화가 있는지를 조사할 필요가 있다. 그러므로 본 연구에서는 설비가 간단하고, 조성비의 제어가 쉬우며, 제조 공정 가격이 저렴한 sol-gel법을 이용하여 양질의 PZT 박막을 제작하기위한 최적화된 공정조건을 수립한 후, DRAM 및 비휘발성메모리에 응용의 관점에서 Zr/Ti 조성비와 하부전극으로 Pt와 ITO에 따라, 각각 증착된 박막의 물리적, 전기적 특성의 변화를 조사했으며, 또한 사용 주파수의 변화가 PZT 박막의 전기적 성질에 미치는 영향도 조사했다.

II. 실험 방법

Pb(Zr<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>의 박막성형용 용액을 제조하기위해 Cheng-Chen Hsueh<sup>[10]</sup>이 제시한 방법을 참조하였다. PbZrTi(OR)<sub>x</sub>의 중간물질을 제조하기 위한 출발물질은 Pb(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)·3H<sub>2</sub>O (Lead acetate trihydrate), Ti-i-propoxide [Ti(i-OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>4</sub>]과 Zr-n-propoxide [Zr(n-OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>4</sub>]를 사용하였다. 공동용매로 2-Methoxyethanol을 사용하였으며, 촉매로는 질산(HNO<sub>3</sub>)을 사용하고, 가수분해를 하기위해 증류수(H<sub>2</sub>O)를 사용하였다. Pb는 열처리시 증기압이 높은 PbO의 형태로 휘발되는 양을 보충하기 위해 5mol%를 과량 첨가하였다. 0.5M PZT 중간물질을 제작한 후 박막을 형성하기위한 열처리 공정은 150℃에서 10분, 350℃에서 20분, annealing은 650℃에서 30분을 행했다. 중간물질의 제조공정 및 박막형성 과정은 그림 1과 같다.

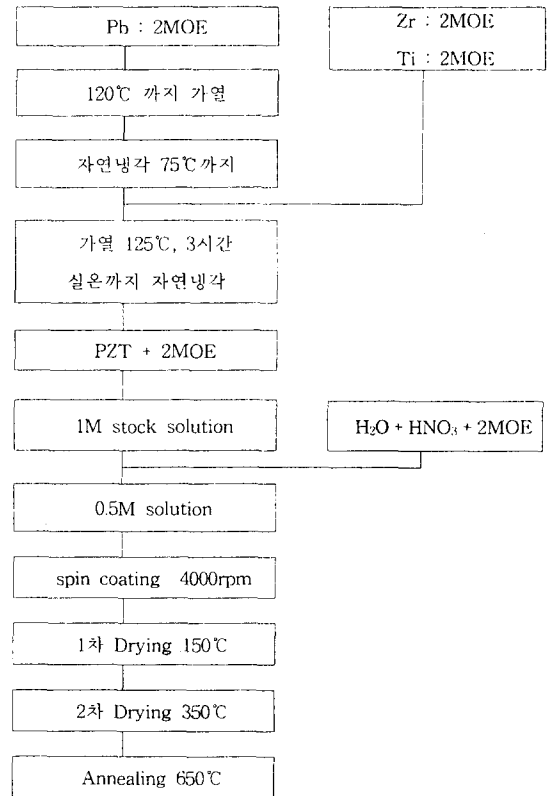


그림 1. PZT 박막의 제작 과정  
Fig. 1. Experimental procedure of fabricating the PZT thin film.

DRAM이나 비휘발성메모리에 응용되는 PZT 강유

전체 박막은 전하를 축적하는 전하축적용 커패시터로 사용된다. 그러므로 본 연구에서는 PZT 박막이 커패시터로 사용될 때 박막의 물성 및 전기적 특성 변화를 연구하기 위해 그림 2 와 같은 커패시터를 제작하였다. 커패시터에 사용된 하부전극으로는 ITO 또는 Pt 가 사용되었으며, 상부전극은 Al 이 사용되었다. Pt 는 E-beam evaporator 로 증착했으며, 상부전극은 지름이 0.4mm 인 dot 전극을 thermal evaporator 로 증착시켰다. 하부전극의 노출은 PZT 의 한 부분을 BOE(Buffered Oxide Etchant) 로 에칭하여 전기적 측정을 행했다.

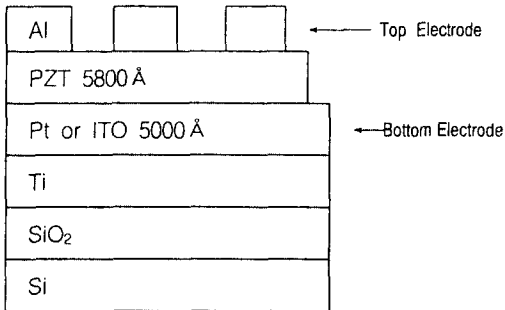


그림 2. 시험용 캐패시터 구조  
Fig. 2. Capacitor structures for test.

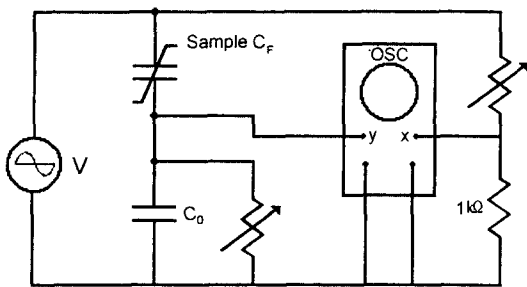


그림 3. Sawyer-Tower 회로  
Fig. 3. Sawyer-Tower circuit.

TGA-DTA 로 건조 gel 의 열분석을 통하여 결정화 되는 온도와 유기물이 분해되는 온도를 확인하였고, 유기물들의 분해 제거에 따른 무게감량을 측정했다. XRD 로는 최종 열처리된 PZT 박막의 페로브스카이트 결정상의 생성을 확인했다. 박막의 표면 관찰은 광학 현미경과 주사현미경으로 박막의 표면과 박막의 미세 구조를 관찰했고, 하부전극에 대한 영향을 관찰했다.

박막의 두께는 주사현미경의 단면사진과 ellipsometer 를 이용하여 정확한 두께를 측정했다. 박막의 전기적 측정은 LCR meter 로 여러 주파수 범위에서 각 조성비의 비유전률과 유전손실( $\tan \delta$ )값을 측정했다. 그림 3과 같은 Sawyer-Tower 회로를 제작하여 박막의 이력곡선을 측정했다. 이 이력곡선으로부터 최대분극값과 잔류분극값, 항전계값을 측정했다

### III. 실험 결과 및 고찰

수화 과정을 거쳐 gel화된 PZT gel 을 100°C 에 서 건조시켜 10°C/min 승온 속도로 공기중에서 DTA (열시차 분석)와 TGA(열중량 분석)를 행했다. 그림 4 의 TGA-DTA 결과에서 보듯이 DTA 곡선에서 280°C 근처에서의 발열 피크는 금속산화물의 생성에 기인한 것이며, 580°C 부근의 발열 피크는 파이로클로로 상의 생성을 나타내며, 바로 옆의 작은능선은 파이로클로로 상이 페로브스카이트 상으로의 변환에 의한 것으로 S. Yoshikawa의 결과와 일치한다.<sup>[11]</sup> TGA 에서 보듯이 무게감량은 600°C 근처에서 완결되며 전체 무게감량은 약 20% 정도였다.

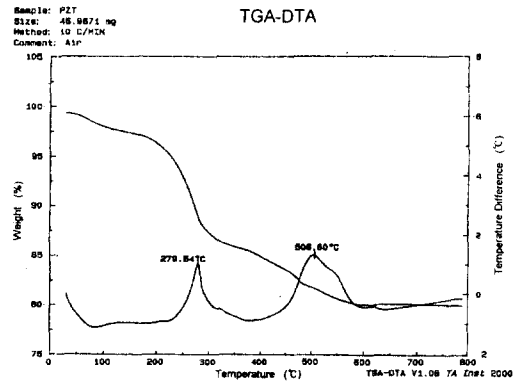


그림 4. 건조된 PZT 겔의 TGA-DTA 곡선  
Fig. 4. TGA-DTA curves of the dried PZT gel.

PZT 의 결정화 거동을 알아보기 위해서 승온 속도를 5°C/min 으로하여 O<sub>2</sub> 분위기에서 650°C 로 30분 간 열처리한 PZT(53/47) 박막의 XRD 결과를 그림 5 에 나타냈다. 그림 5 에서 보듯이 Pt 와 ITO 의 하부 전극에 증착된 PZT 박막은 파이로클로로 상이 없는 완전한 페로브스카이트 상이 형성되었음을 알 수 있다. 파이로클로로 상은 화학식이 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>6</sub>을 가지는 cubic

구조로 강유전성을 나타내지 않는다고 보고되고 있으며, 파이로클로로 상이 존재하는 박막은 존재하지 않는 박막보다 분극량이 적고, 항전계가 크며, 전기적특성 등이 좋지않은 것으로 알려져 있다.<sup>[9]</sup>

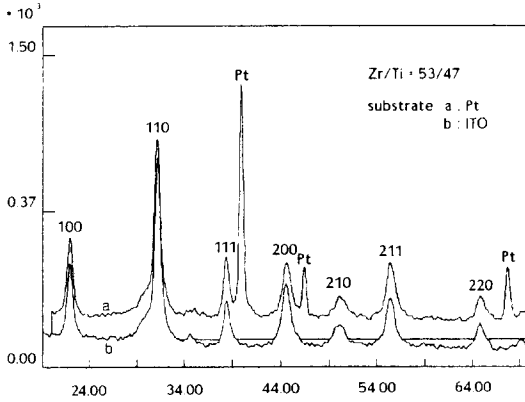
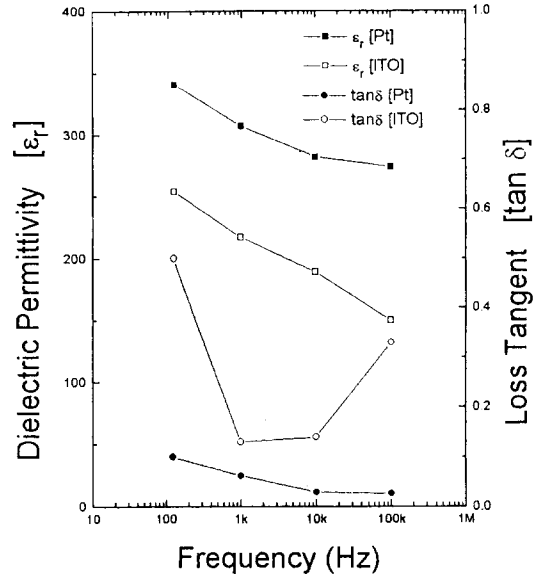


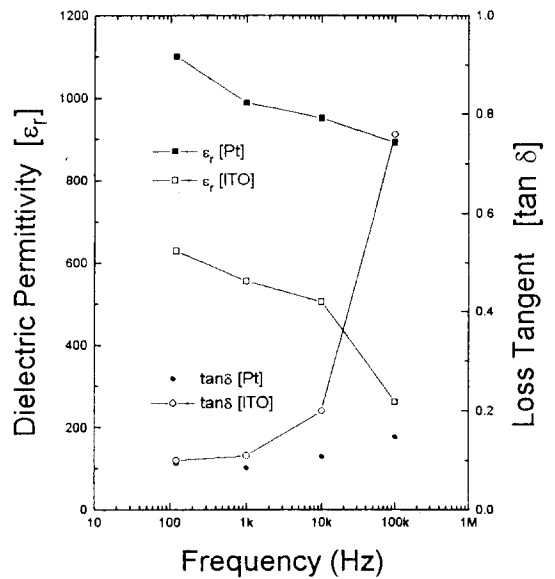
그림 5. 백금과 ITO 위에 증착된 PZT 박막의 XRD 분석 결과  
 Fig. 5. XRD patterns of PZT thin films on Pt and ITO substrate.

그림 6(a~c)은 교류전압 1V 에서 Pt 와 ITO 기판에 조성비가 각각 25/75, 53/47, 75/25 인 세 종류의 PZT 박막을 LCR meter 로 주파수를 변화시켜 측정한 비유전률과 유전손실값들이다. 조성비가 25/75 인 그림 6 의 (a)에서 하부전극이 Pt 인 박막의 경우 비유전률값은 120Hz 의 주파수에서 341 이었고, 유전손실값은 0.1 이었다. 주파수가 증가함에 따라 비유전률과 유전손실은 서서히 감소하여 100kHz 에서는 274 이고, 유전손실값은 0.026 이었다. 하부전극이 ITO 인 박막은 120Hz 에서 비유전률값이 254 인데, 주파수가 증가함에 따라 감소하여 100kHz 의 주파수에서는 150 이었다. 유전손실값은 하부전극이 Pt 인 박막과는 달리 120Hz 에서 0.5 로 큰값을 보이다 1kHz 에서 0.13 으로 크게 감소하고 100kHz 에서 0.33 으로 다시 증가하였다. 조성비가 53/47 인 그림 6 의 (b)에서는 하부전극이 Pt 인 경우에 비유전률과 유전손실값은 120Hz 의 주파수에서 각각 1100 과 0.095 이며, 주파수가 증가함에 따라 비유전률은 감소하고, 유전손실값은 25/75 의 조성비에서와는 반대로 주파수의 증가에 따라 서서히 증가하였다. 하부전극이 ITO 인 경우는 비유전률값이 120Hz 에서 630, 10kHz 에서 505 로 서서히 감소하다 100kHz 에서 비유전률값이 262 로 크게

감소하였다. 또한 유전손실값은 120Hz 에서 10kHz 까지 서서히 증가하다 100kHz 에서 0.76 으로 급격히 증가함을 볼 수 있다. 조성비가 75/25 인 그림 6 의 (c) 에서는 하부전극이 Pt 인 경우에 비유전률의 값이 120Hz 에서 703, 100kHz 에서 281 로 주파수가 증가함에 따라 25/75 와 53/47 의 조성비를 갖는 박막들과는 달리 하부전극이 ITO 인 경우보다도 비유전률이 급격히 감소하였다.



(a)



(b)

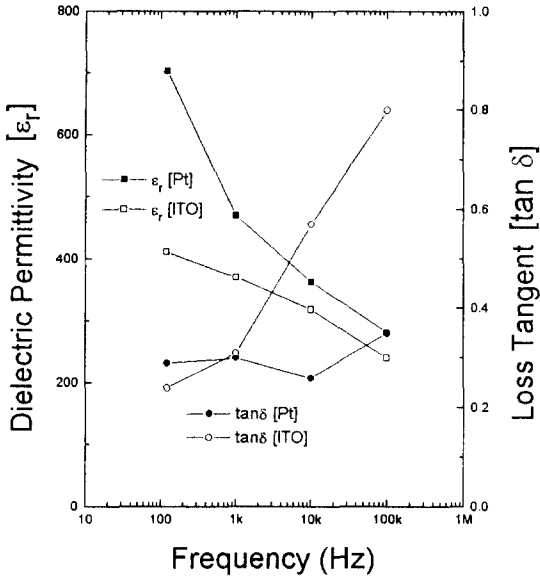


그림 6. 주파수에 따른 (a) 25/75 (b) 53/47 (c) 75/25의 Zr/Ti 비를 가지는 Pt 와 ITO 기판에 증착된 PZT 박막의 비유전률과 유전손실

Fig. 6. Dielectric permittivities and loss tangents of PZT thin films deposited on Pt and ITO with the Zr/Ti ratios of (a) 25/75 (b) 53/47 (c) 75/25 as a function of the frequencies.

유전손실값은 하부전극이 Pt인 경우에 120Hz 에서 10kHz까지는 일정하게 유지하다 100kHz에서 크게 증가하며, 하부전극이 ITO인 경우는 주파수의 증가에 따라 유전손실값이 120Hz 0.24에서 100kHz 0.8로 급격히 증가하였다. 그림 6에서 보듯이 모든 조성비에서 주파수의 증가에 따라 비유전률이 감소하며, 이는 교류 전기장의 시간적 변화가 빠르면 쌍극자의 운동이 그 변화에 따를 수 없게 되고 유전률에 대한 기여도가 낮아지기 때문이다. 이러한 쌍극자의 운동을 방해하는 현상을 일으키는 원인으로서는 하부전극과 박막의 좋지 못한 contact으로 인한 계면 특성의 저하와 박막의 잔류공극의 영향으로 인한 계면특성의 저하로 알려져있다.<sup>[12]</sup> 한 주파수의 변화에 따른 하부전극의 영향은 그림 6에서 보듯이 하부전극이 ITO인 박막은 하부전극이 Pt인 박막에 비해 유전률이 거의 절반 가량 줄고, 주파수에 따른 유전손실이 크게 증가함을 볼 수 있다. 이러한 원인은 K. Sreeniva, Yutaka Ohya 등<sup>1</sup>

<sup>13,14]</sup>에 의하면 annealing 동안 ITO와 PZT계면으로 Pb의 큰 확산이 일어나고, 이때 확산된 Pb가 In-Sn과 반응을 일으켜 계면특성을 저하시키는 것으로 보고하고 있으며, 이러한 보고는 S.K. Dey<sup>[12]</sup>의 계면특성의 저하가 비유전률을 감소시키고, 유전손실을 증가시킨다는 보고와 일치한다. 그러므로 하부전극이 ITO인 박막은 하부전극이 Pt인 박막보다 계면특성이 매우 열등하여 메모리에 응용하기 위한 하부전극으로는 적합하지 않다.

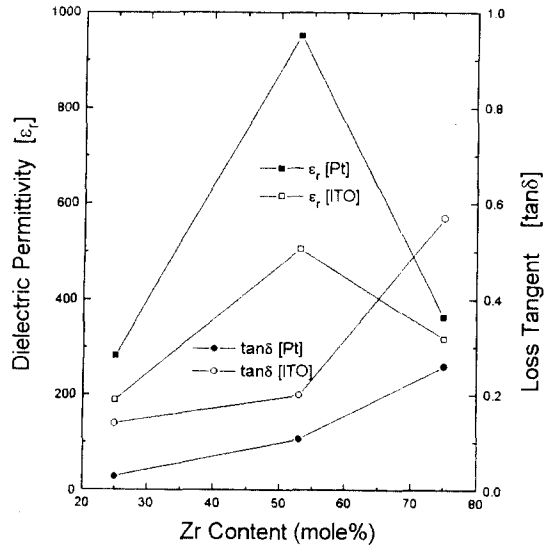


그림 7. Zr 농도에 따른 PZT 박막의 10kHz에서의 비유전률과 유전손실

Fig. 7. Dielectric permittivities and loss tangents of PZT thin films as a function of Zr content at 10kHz.

또한 그림 7은 10kHz에서 측정된 각 조성비의 비유전률과 유전손실을 나타낸 것이며, Zr이 풍부한 조성비인 75/25에서 하부전극이 Pt와 ITO인 경우에 각각 유전률 363, 318이었으며, Ti가 풍부한 조성비인 25/75에서는 각각 282, 150으로 Zr이 풍부한 조성비보다는 작은 유전률값을 나타냈다. 조성적 상경계인 53/47에서는 각각 951, 505로 최대의 유전률값을 가졌다. 유전손실값은 하부전극이 Pt인 박막에서 조성비가 75/25인 박막이 가장 큰 값인 0.26이었으며 25/75의 조성비에서 가장 작은 0.029의 값을 가졌다. 하부전극이 ITO인 박막의 경우는 모든 조성비에서 하부전극이 Pt인 박막에 비해 유전손실값이

크며, 이 원인은 위에서 언급한 바와 같이 ITO 하부전극은 Pt 하부전극 보다도 계면특성이 열악하기 때문인 것으로 생각된다.

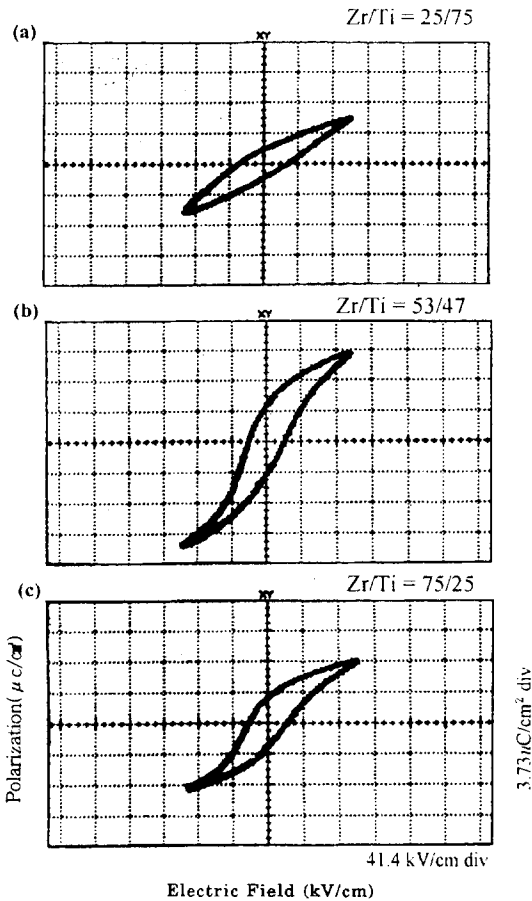


그림 8. Pt 전극위에 증착된 Zr/Ti의 비가 (a) 25/75 (b) 53/47 (c) 75/25 인 PZT 박막의 이력곡선

Fig. 8. Hysteresis loops for PZT thin films with the Zr/Ti ratios of (a) 25/75 (b) 53/47 (c) 75/25 deposited on the Pt electrode.

그림 8(a-c)는 60Hz, 12V<sub>r-p</sub>의 인가 전압 하에서 하부전극이 Pt 인 각 조성비의 PZT 박막을 Sawyer-Tower 회로를 이용하여 측정된 이력곡선들이다. 그림 9는 이력곡선들로부터 산출된 Zr/Ti의 조성비에 따른 최대분극, 잔류분극, 항전계값들을 10kHz에서 측정된 결과이다. 53/47인 조성비에서 최대분극값은 10.43 μC/cm², 잔류분극값은 4.3 μC/cm²으로 최대치를 보였고, 항전계값은 20.7kV/cm로 가장 작은 값을 보였다.

25/75에서는 최대분극값은 5.59 μC/cm², 잔류분극이 1.5 μC/cm², 항전계는 33.12kV/cm 이었고, 75/25에서는 최대분극값이 7.45 μC/cm², 잔류분극값이 3.5 μC/cm², 항전계값이 23.8kV/cm이었다. 즉 조성비가 53/47인 PZT 박막은 최대 분극과 잔류분극이 최대값을 가지고, 항전계값은 최소값을 가졌다.

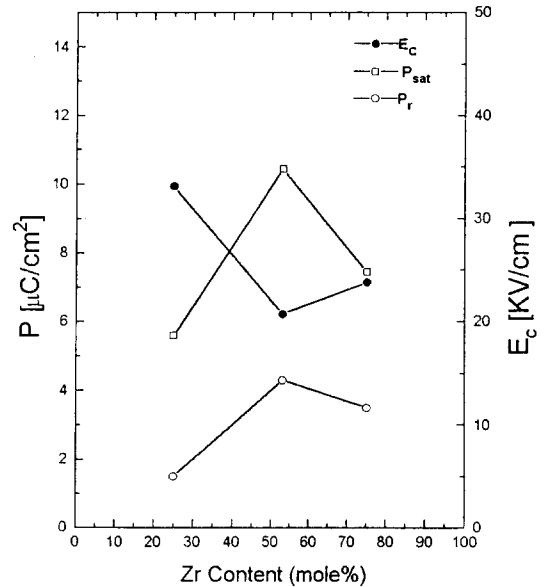


그림 9. Zr 농도 변화에 따른 PZT 박막의 분극과 항전계

Fig. 9. Polarizations and coercive fields of PZT thin films as a function of Zr content.

또한 25/75의 조성비를 갖는 박막은 최대분극 잔류분극값이 가장 적었으며, 항전계는 최대값을 가졌다. 그러므로 DRAM에 응용하기 위해 적합한 큰 값의 Q<sub>c</sub>(P<sub>max</sub>-P<sub>r</sub>)를 갖는 조성비는 53/47로 그 값은 6.1 μC/cm²이었다. 비휘발성메모리에 응용하기 위해서는 DRAM과 반대조건인 작은 Q<sub>c</sub>와 분극반전이 용이한 작은 항전계값이 요구되므로 이에 적합한 조성비는 75/25의 조성비로 그 값은 3.95 μC/cm²이다. 25/75의 조성비를 갖는 박막은 항전계가 다른 조성비보다 훨씬 크므로 분극반전을 위해 강한 전계가 요구되므로 비휘발성메모리에 적합하지 않고, 분극량도 작아 DRAM의 응용에도 적합하지 않다. 그러므로 DRAM에는 53/47의 조성비가 적합하며, 비휘발성메모리에는 75/25의 조성비가 적합하다.

## IV. 결론

Sol-gel 법으로 기공이 없고 균열이 없는 양질의 PZT 박막을 얻기 위한 열처리 조건을 TGA-DTA 로 건조 gel 의 열분석을 통하여 확립했으며, 또한 XRD 의 분석으로 파이로클로로상이 없는 100% 페로브스카이트 상이 형성된 박막을 확인하여 다음과 같은 최종적인 열처리 조건을 확립했다. 1차 drying 150°C 10분, 2차 drying 350°C 20분, annealing 은 650°C 30분이었다.

표 1. PZT 박막의 전기적 특성들

Table 1. Electrical properties of PZT thin films.

특성 Zr/Ti	$Q'c(\mu C/cm^2)$	$P_r(\mu C/cm^2)$	$E_c(kV/cm)$	$\epsilon_r(10kHz)$
25/75	4.09	1.5	33.1	282
53/47	6.10	4.32	20.7	952
75/25	3.95	3.5	23.8	360

이력곡선과 LCR meter 의 측정을 통하여 구한 Zr/Ti 의 조성비에 따른 항전계, 최대분극, 잔류분극, 유전률의 값은 아래와 같다. 53/47 의 조성비에서는 유전률값과  $Q'c$  값이 최대이며, 가장 적은 항전계값을 가졌다. 그러므로 고유전률을 요구하는 DRAM 에 응용하기에 적합한 조성비임을 알 수 있으며, 10kHz 에서의 유전률 952 를  $SiO_2$  equivalent thickness (tox) 로 환산하면 2.39nm 이다. 75/25 의 조성비는 고유전률이 아니면서 낮은 항전계값과 높은 분극량을 가지므로 비휘발성메모리의 응용에 적합하다. 하지만 25/75 의 조성비는 최대의 항전계값을 가져 다른 조성비에 반하여 분극반전이 용이하지 않고 분극량과  $Q'c$  값도 작아 메모리 응용에 적합하지 않음을 알 수 있다. 주파수의 증가에 따른 비유전률의 감소와 유전손실의 증가는 하부전극과 PZT 박막과의 좋지 않은 contact 과 잔류공극의 영향으로 인한 계면특성의 저하 때문인 것으로 생각되며, 특히 하부전극이 ITO 인 박막은 열처리 동안 ITO 와 PZT 계면으로 Pb 가 크게 확산되어 계면특성이 저하됨으로써 Pt 전극에 비해 유전손실과 유전률의 특성의 저하가 더욱 급격함을 알 수 있다. 또한 하부전극이 ITO 인 박막에서 주파수가 120Hz 에서 1kHz 로 증가할 때 조성비가 25/75 인 박막은 유전손실이 크게 감소하나, 53/47 의 조성비는 거의 일정

하고, 75/25 의 조성비는 크게 증가하는 것으로 보아 계면특성은 조성비에 따라 영향을 받는 것으로 생각된다.

※ 본 연구는 1993년도 인하대학교 연구비 지원에 의하여 수행 되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] Lauren H. Parker and Al F. Tasch, "Ferroelectric Materials For 64Mb and 256 Mb Drams", IEEE Circuits and Devices Magazine, pp. 17-26, 1990.
- [2] Reza Moazzami and Chenming Hu, "Electrical Characteristics of Ferroelectric PZT Thin Films for DRAM Applications", IEEE Trans. Electron Device, Vol. 39, pp. 2044-2050, 1992.
- [3] L. E. Sanchez et al, "Process Technology Developments For GaAs Ferroelectric Nonvolatile Memory", Integrated Ferroelectrics, Vol. 2, pp. 231-241, 1992.
- [4] S. Sinharoy et al, "Integration of Ferroelectric Thin Films into Nonvolatile Memories", J. Vac. Sci. Technol. A., Vol. 10, No. 4, pp. 1554-1561, 1992.
- [5] I. K. Naik et al., "Improved Switching Endurance of Lead Zirconate Titanate Capacitors For Nonvolatile Memory Applications", Integrated Ferroelectrics, Vol. 2, pp. 133-145, 1992.
- [6] G. Teowee et al., "Electrical Characterization of SOL-GEL Derived PZT Films", Mat. Res. Soc. Symp. Pro., Vol. 243, pp. 256-261, 1992.
- [7] Chi K. Kwok, Seshu B. Desu and Lee Kammerdiner, "Effect of Thermal Processing Conditions on Ferroelectric PZT Thin Films", Mat. Res. Soc. Symp. Pro., Vol. 200, pp. 83-89, 1990.
- [8] G. Teowee et al., "Effect of Zr/Ti Stoichiometry Ratio on The Ferroelectric Properties of SOL-GEL Derived PZT Films", ISAF, pp. 424-427, 1992.

- [9] Leo N. Chapin and Sharon A. Myers, "Microstructure Characterization of Ferroelectric Thin Films Used in Non-Volatile Memories- Optical and Scanning Electron Microscopy", Mat. Res. Soc. Symp. Pro., Vol. 200, pp. 153-158, 1990.
- [10] Cheng-Chen Hsueh and Martha L. Meadartney, " Microstructural Evolution of SOL-GEL Derived PZT Thin Films", Mat. Res. Soc. Symp. Pro., Vol. 243, pp. 451-456, 1992.
- [11] S. Yoshikawa et al., "Piezoelectric PZT Tubes and Fiber for Passive Vibrational Damping", ISAF, pp.269-272, 1992.
- [12] S.K. Dey and J.J. Lee, "Cubic Paraelectric (Nonferroelectric) Ferroskite PLT Thin Films with High Permittivity for ULSI DRAM's and Decoupling Capacitors", IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 39, pp. 1607-1612, 1992.
- [13] K. Sreeniva S. et al., "Characterization of Lead Zirconate Titanate(PZT)-Indium Tin Oxide (ITO) Thin Film Interface", Mat. Res. Soc. Symp. Pro. vol. 200, pp.255-260, 1990.
- [14] Yutaka Ohya, Toshinasa Tanaka and Yasutaka Takahashi, " Dielectric Properties of Lead Zirconate Titanate Thin Film Fabricated on In2O3:Sn Substrate by Sol-Gel Method", *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 32, No. 9B, pp. 4163-4167, 1993.

— 저 자 소 개 —



尹 英 燮(正會員)

1975년 2월 서울대학교 금속공학과 졸업(B.S.). 1977년 2월 한국과학기술원 재료공학과 졸업(M.S.). 1988년 12월 U.S.C. 전자공학과 졸업 (Ph.D). 1987년3월~1988년5월 Oklahoma

State University 대우교수. 1988년 12월~1989년 6월 UCLA Device Research Lab. 연구원. 1989년 8월~1992년 2월 삼성전자 기흥반도체연구소 수석연구원. 1992년 3월 ~인하대학교 전자재료공학과 조교수.

李 廷 基(正會員)

1966년 2월 인하대학교 응용물리학과 졸업(B.S.). 1994년 8월 인하대학교 전자재료공학과 졸업(M.S.). 1994년 9월~케피코 기술연구소(技術研究所). 주관심 분야는 자동차용 센서 및 주변회로 개발