

스크린 인쇄법에 의한 PZT(52/48) 압전후막의 제조

김용범 · 최두진 · 윤석진* · 정형진* · 김태송**†

연세대학교 세라믹공학과

*한국과학기술연구원 박막기술연구센터

**한국과학기술연구원 마이크로시스템연구센터

(2001년 5월 10일 접수; 2001년 6월 18일 승인)

Preparation of PZT(52/48) Piezoelectric Thick Film by Screen Printing Method

Yong Bum Kim, Doo Jin Choi, Seok Jin Yoon*, Hyung Jin Jung* and Tae Song Kim**†

Department of Ceramic Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

*Thin Film Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

**Microsystem Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

(Received May 10, 2001; Accepted June 18, 2001)

초 록

스크린 인쇄법에 의해 Si기판에 PZT 후막의 제조에 있어서 주요 문제점은 낮은 소결밀도 및 PZT 후막과 Si기판과의 반응 현상이다. 이러한 현상을 억제하기 위해 본 연구에서는 스크린 인쇄법 및 PZT sol-gel 처리법의 혼합된 방법을 채택하여 Pt/TiO₂/YSZ/SiO₂/Si(100) 기판에 Zr/Ti비가 52/48인 PZT 후막을 제조하였으며, 소결온도에 따른 잔류분극(P_r), 유전상수(ε_r) 및 압전상수(d₃₃)를 측정하였다. 인쇄된 PZT 후막에 졸 처리함으로써 단순히 인쇄된 후막에 비해 전기적 특성이 증진된 결과를 얻었다.

ABSTRACT

The main problems of PZT thick film preparation by the screen printing method are the poor densification and the reaction between the PZT thick films and the Si-based substrate. For preventing these phenomena, this study adopted hybrid method of screen printing and PZT sol-gel application. PZT thick films with a Zr/Ti ratio of 52/48 were prepared on Pt/TiO₂/YSZ/SiO₂/Si substrate. Remanent polarization (P_r), dielectric constant (ε_r), and piezoelectric constant (effective d₃₃) were measured as a function of sintering temperature. For the thick films sol-gel treated, the electrical properties were improved as compared to only screen printed films.

Key words : PZT, Thick film, Screen printing, Piezoelectric

1. 서 론

MEMS(Micro Electro Mechanical System) 공정을 이용한 시스템의 액츄에이터 부분에 있어 응용 가능한 여러 가지 구동(driving)방법 중 압전, 전왜 특성을 갖는 박·후막을 이용하는 기술은 타 방법에 비하여 구동전압이 낮으면서 큰 힘(stroke)을 얻을 수 있고, 빠른 응답특성, 간단한 시스템구조 및 반도체 공정과의 정합성(compatibility)이 뛰어난 제조 공정 때문에 이를 적용한 트랜스듀서의 제조연구에 관심이 커지고 있다. 대표적인 압전 재료인 PZT는 우수한 압전 및 역 압전 특성을 가지고 있어 이러한 응용에 가장 유력한 물질로 많은 연구가 진행되고 있다. PZT를 포함한 압전후막은 박막에 비해 큰 actuating force와 안정적인 전기

적 특성을 얻을 수 있어 새로운 분야의 다양한 디바이스를 개발하는데 응용가능 할 것으로 생각된다.¹⁻³⁾

압전후막을 제조하는 공정은 크게 두가지 부류로 생각할 수 있는데 첫째로 MOD, 딥코팅법, 졸겔법, 스퍼터링법, laser ablation법 등의 박막제조 공정을 응용한 방법과 두 번째로 통상적인 후막제조법으로서 스크린 인쇄법, roll coating법, dipping법, 닥터 블레이드, electrophoretic 증착법, gas-jet 프린팅법 및 테이프 캐스팅법 등을 들 수 있다. 박막 공정을 응용한 방법은 1 μm 이하 두께의 막을 형성할 때 주로 이용되며, 10 μm 정도의 막을 증착하기 위한 시도가 이루어지고 있지만 대부분 공정중에 미세크랙이 발생하여 후막의 형성을 어렵게 하고 있음이 현실이다.⁴⁾ 통상적인 후막제조법은 막성분의 분말형태를 출발물질로 하여 유기물 등의 부가제를 이용하여 기판에 층을 형성하고 이를 소결공정 같은 열처리에 의해 최종적인 막을 얻는 방법으로서 공

†Corresponding author : tskim@kist.re.kr

정가격이 저렴한 장점이 있다. 이중 가장 널리 적용되고 있는 방법은 스크린 인쇄법을 이용한 후막 제조인데, 이는 스크린 인쇄법이 비교적 쉽고 공정가격이 저렴하며, MEMS 공정과의 정합성 및 높은 양산성 등의 장점을 가지고 있기 때문이다.¹⁾ 그러나 스크린 인쇄법을 포함하여 통상적인 후막제조법은 소결공정과 같은 고온공정을 거침에 의해 Si기판과 후막과의 반응이 일반적으로 대두되며, 소결된 압전 후막은 bulk와 달리 낮은 소결밀도를 나타내는 등의 문제점을 가지고 있다.^{2,5,6)} 이러한 원인에 의해 제조된 압전후막의 전기적 성질 및 기계적 성질은 같은 조성의 박막 및 bulk에 비해 크게 떨어진다.

본 연구에서는 이러한 스크린 인쇄법에 의한 PZT 압전후막의 특성 증진을 목표로 하였으며, 제조공정에 의한 PZT 후막의 특성을 평가하기 위한 기본 연구로서 PZT 조성은 첨가제가 포함되지 않은 순수한 PZT의 52/48 조성 한가지를 선택하였고, 기판은 diffusion barrier로서 고온 안정성이 뛰어난 YSZ(Y_2O_3 stabilized ZrO_2)를 도입하였으며, Pt와 YSZ층의 접착력을 향상시키기 위한 TiO_2 층을 도입하여 Pt/ TiO_2 /YSZ/Si(100) 구조의 기판을 제작하였다. 그리고 통상의 스크린 인쇄법과 더불어 PZT sol solution을 binder로서 적용하여 치밀한 조직 및 저온 소성 공정을 개발하고자 하였다.

2. 실험방법

PZT(52/48) 후막을 스크린 인쇄법을 적용하여 10~50 μm 두께로 제조하였다. Fig. 1은 본 연구의 후막 제조과정을 나타내고 있다.

2.1. PZT(52/48) paste 제조

본 연구에서는 압전재료로서 기초연구를 위해 첨가제가 포함되지 않은 순수한 PZT의 52/48 조성 및 excess PbO가 5 mol%인 조성 $[Pb_{1+x}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3](x=0, 0.05)$ 을 선정하여 합성하였다. PZT 분말의 합성은 일반적인 wet ball milling process를 사용하였다. 즉 PZT를 구성하는 주 성분인 PbO, TiO_2 , ZrO_2 등의 금속산화물을 ethanol의 liquid media에서 ball milling을 하여 혼합, 분쇄하고 이를 950°C에서 하소하였으며, 이를 다시 wet attrition milling으로 분쇄하고 건조하여 분말을 제조하였다. PZT paste는 유기 binder 및 용제로 구성된 vehicle에 특정 구형 물질인 PZT 분말을 혼합, 분산시키는 과정을 통하여 제조하였다. vehicle은 α -terpineol을 base로 여기에 유기물 resin 등을 혼합하여 제조하였으며, 제조된 paste의 PZT 분말 함량은 81 wt%이다.

2.2. 기판(하부전극) 제조

본 연구에서는 Pt를 전극물질로 사용하였으며, PZT막과

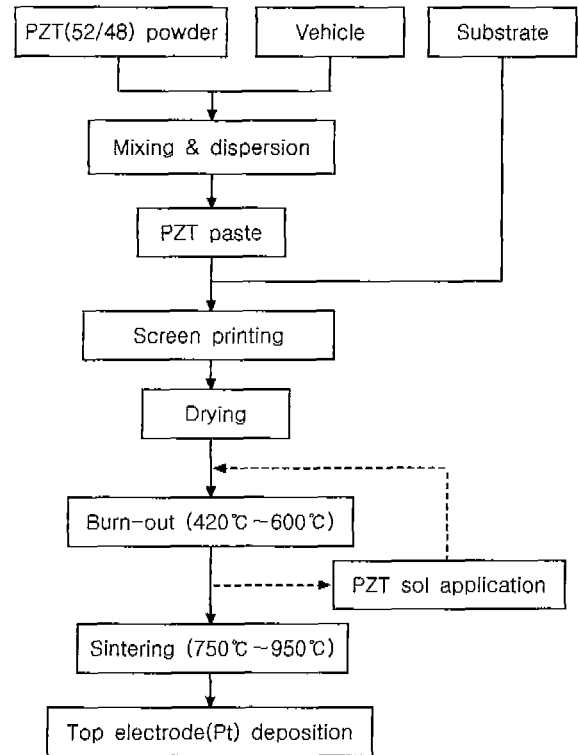
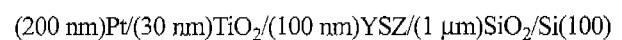


Fig. 1. Flow chart for the preparation of the PZT thick films.

Si기판과의 반응을 억제하는 확산 방지막과 접착 특성을 향상시키는 접착 향상막의 도입을 시도하였다. 확산 방지막으로서 YSZ- Y_2O_3 (10 mol%) stabilized ZrO_2 -층을 도입하여 하부전극의 고온 안정성을 향상시키고 Si과 PZT막과의 반응억제를 기대하였다. 또한 하부전극 물질인 Pt와 기판과의 접착특성을 향상시키기 위해 TiO_2 층을 도입하였다. 따라서 본 연구에서 제조한 기판구조는 다음과 같다.



2.3. PZT 후막 제작

PZT paste를 하부전극이 형성된 기판에 스크린 인쇄법으로 후막을 인쇄, 건조한 후 소결 함으로서 PZT 후막을 제작하였다. 반자동 스크린 인쇄기를 사용하여 인쇄를 실시하였으며, 스크린은 400 mesh를 사용하였다. 인쇄 후 인쇄층의 leveling을 위해 상온 방치 후 건조하였다. 건조는 80°C 온도로 1시간 실시하였으며, 원하는 후막의 두께를 얻기 위해 인쇄 및 건조 과정을 수회 반복 수행하였다. 인쇄 및 건조 과정이 끝난 후 급격한 유기물의 증발에 따른 균열의 방지를 위하여 최종 소결전에 burn-out 과정을 실시하였으며, 이후 최종적으로 소결을 실시하였다. 소결은 750°C~950°C의 온도범위에서 실시하였다.

위와 같은 통상적인 스크린 인쇄법에 의한 후막형성 방법과 더불어 본 연구에서는 스크린 인쇄법에 의해 형성된 후

막에 PZT sol을 함침하는 sol 처리 방법을 적용하였다. sol 처리 공정은 다음과 같이 실시하였는데, burn-out 과정을 마친 시편에 PZT계 sol을 도포·함침시킨후 이를 다시 burn-out 시키는 과정을 수회 실시하여 치밀한 후막조직을 얻도록 하였고, 이후 최종적으로 소결과정을 실시하였다. sol 처리 공정에서 사용한 sol은 diol계 용매를 base로 하며, 몇가지 sol을 시험하여 적합한 sol을 선정하였다.

2.4. 상부전극 형성

제조된 PZT 후막의 유전 특성 및 압전 특성을 평가하기 위해 후막 상부에 metal shadow mask를 이용하여 d.c. magnetron sputtering법으로 원형 dot 형태의 Pt 상부전극을 증착하여 Metal-Ferroelectric-Metal(MFM) capacitor 구조를 형성하였다.

2.5. 측정

제조한 PZT 분말 및 PZT 후막의 결정상 구조 분석은 X-ray 회절분석($\text{CuK}\alpha$, Ni filter)으로 실시하였으며, 사용한 장비는 Philips사(네덜란드)의 PW1825 및 Rigaku사(일본)의 CN2013 XRD(X-Ray Diffractometer)이었으며, $20^\circ\sim 60^\circ$ 의 2θ 범위에서 실시하였다. PZT 후막의 미세 구조 관찰을 위해 SEM(Scanning Electron Microscope; Hitachi, S-4200)을 사용하였으며, 이를 통해 후막의 두께 및 미세조직을 평가하였다. HP 4192 LF Impedance Analyzer와 Radiant Technology사의 RT66A High Voltage System을 이용하여 유전상수, 유전손실 및 P-E 이력특성 측정(최대인가가능전압 : 4000 V)을 실시하였다. PZT 후막의 압전특성을 평가하기 위해 pneumatic loading method⁷⁾에 의한 압전상수 측정시스템을 사용하여 d_{33} 값을 측정하였다. 이 방법은 압전체에서 소위 direct effect에 의해 압전상수를 측정하는 방식으로, 공압(pneumatic)에 의해 PZT 후막에 압력을 가하고 이때 전극에 유기되는 전하량을 측정함으로써 유효 압전상수 d_{33} (effective) 값을 결정한다. 압전상수 측정을 위해 PZT 후막을 poling하였으며, 모든 시편에 대해 130°C 에서 10 MV/m의 전기장을 15분 동안 인가하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. Si-based 기판에 제조된 PZT 후막의 소결특성

Fig. 2(a,b)는 Si 기판위에 PZT(52/48) paste를 사용하여 스크린 인쇄법에 의해 막을 형성하고 900°C 에서 10분 및 30분간 소결한 PZT 후막의 단면 SEM image이다. 그림에서 알 수 있듯이 PZT 후막과 Si 사이의 상호 반응이 매우 심하게 일어났음을 관찰할 수 있다. 10분 열처리한 시편의 경우 계면에서 유리상이 생성된 것을 알 수 있으며, 열처리 시간이 증가함에 따라 이러한 유리상이 넓어지고 결국 유리상 물질이 PZT 후막층을 완전히 덮어버리고, 계면은 완전히 파

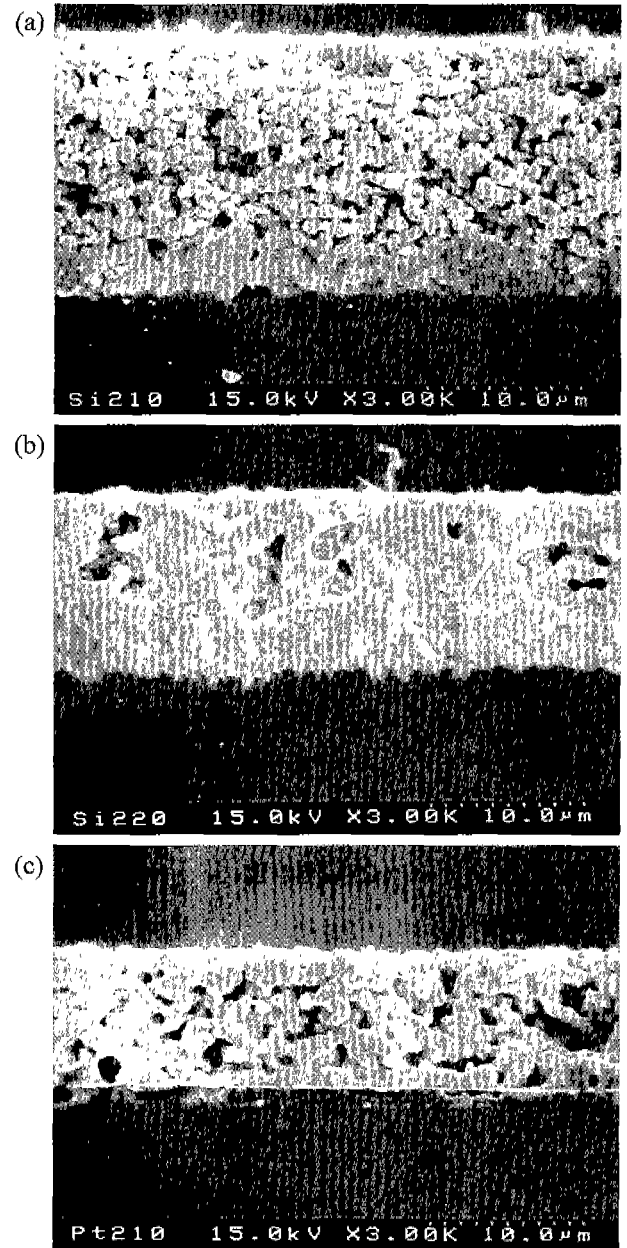


Fig. 2. SEM micrographs of the cross-section view for the PZT(52/48) thick films; (a) sintered at 900°C for 10 min on Si substrate, (b) sintered at 900°C for 30 min on Si substrate and (c) sintered at 950°C for 10 min on Pt/SiO₂/Si substrate.

괴되었음을 알 수 있다. 이는 PZT 후막과 Si사이의 상호 확산과 Pb 성분과 Si 성분의 상호반응으로 저 융점의 유리상이 생기고 이것이 PZT 후막에 침투하면서 발생하는 것으로 보인다. Fig. 2(c)는 Pt가 증착된 Si기판 위에 형성된 PZT 후막의 단면 SEM image이다. Fig. 2(a,b)와 달리 Fig. 2(c)처럼 하부전극으로서 박막 Pt를 사용하는 Si 기판의 경우 PZT 후막과 기판 경계에 빈공간이 형성되는 것이

자주 관찰된다. 이러한 공간은 PZT 후막과 Si 기판과의 반응에 의한 유리상이 생성된후, porous한 PZT 후막의 모세관력 등에 의해 유리상이 PZT 후막으로 빠져나가 생기는 공간으로 판단된다. 이러한 PZT 후막과 Si 사이의 반응현상은 800°C 이상의 열처리 조건에서 심하게 일어남을 관찰할 수 있었는데 이는 PbO 성분의 휘발과 연관이 있어 보인다.

PZT 후막의 소결을 위해서는 최소한 800°C 이상의 소결온도를 갖는 공정을 거쳐야 한다. 따라서 Si를 base로 하는 기판을 적용하기 위해서는 PZT 후막과 Si 사이의 상호 반응 및 확산을 최소화하여야 한다고 판단되며, 이를 위해서는 소결온도에서 안정적으로 유지될 수 있는 하부전극을 포함한 기판 구조를 가져야 하며, 궁극적으로 저온 소성이 가능한 재료 및 공정개발이 필요함을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 관점에서 PZT 후막 제조공정 상에 몇 가지 시도를 실시하였다. 먼저 기판의 경우, diffusion barrier로서 작용할 수 있는 YSZ [$Y_2O_3(10 \text{ mol}\%)$ stabilized ZrO_2]층을 도입하였다. 그러나 YSZ층 위에 Pt층을 형성하는 경우 900°C 이상의 열처리 온도에서 Pt층이 hill-rock 현상 등에 의해 손실되어 하부전극으로서 제대로 작용하지 못하는 현상이 발견되었으며, 이러한 현상을 완화하기 위해 Pt층 및 YSZ층 사이에 buffer층으로서 TiO_2 층을 도입하고, 또한 Pt층의 증착방법을 개선하여 이러한 현상을 완화시킬 수 있었다. 궁극적으로 소결온도를 낮추게 되면 Si 기판과 PZT 후막사이의 반응을 방지할 수 있으므로 본 연구에서는 PZT sol을 이용한 sol 처리 공정을 도입하여 저온소성 및 후막 치밀화를 도모하고자 하였다.

3.2. Pt/TiO₂/YSZ/SiO₂/Si 기판에 제조된 PZT(52/48) 후막의 미세구조 특성

Fig. 3은 PZT(52/48)에 대해 excess PbO가 0 mol%와 5 mol%인 두가지 조성에 대해 단순 스크린 인쇄법 및 sol 처리법을 적용하여 후막을 형성하고 750°C~950°C에서 소결한 시편의 XRD 패턴이다. 모든 시편에 대해 제2상에 의한 peak은 관찰되지 않고 있다. Excess PbO가 0 mol%인 PZT 후막의 경우, sol 처리하지 않은 시편은 소결온도가 증가함에 따라 peak의 intensity가 증가하다가 850°C에서 최대 intensity를 나타내고 있으며, sol 처리 시편은 소결온도가 증가할수록 intensity가 계속 증가함을 관찰할 수 있다. 따라서 소결온도가 증가할수록 후막의 소결상태는 좋아짐을 알 수 있다. Excess PbO가 5 mol%인 PZT 후막의 경우, sol 처리하지 않은 시편은 소결온도 및 회절패턴의 상관관계는 명확하지 않으며, 역시 850°C에서 최대 peak intensity를 나타내고 있고, sol 처리 시편은 소결온도가 증가할수록 intensity가 계속 증가함을 관찰할 수 있다. Sol 처리 시편과 sol 처리하지 않은 시편을 비교하면, sol 처리 시편의 intensity가 다소 증가되었음을 관찰할 수 있는데 이는 sol 처리

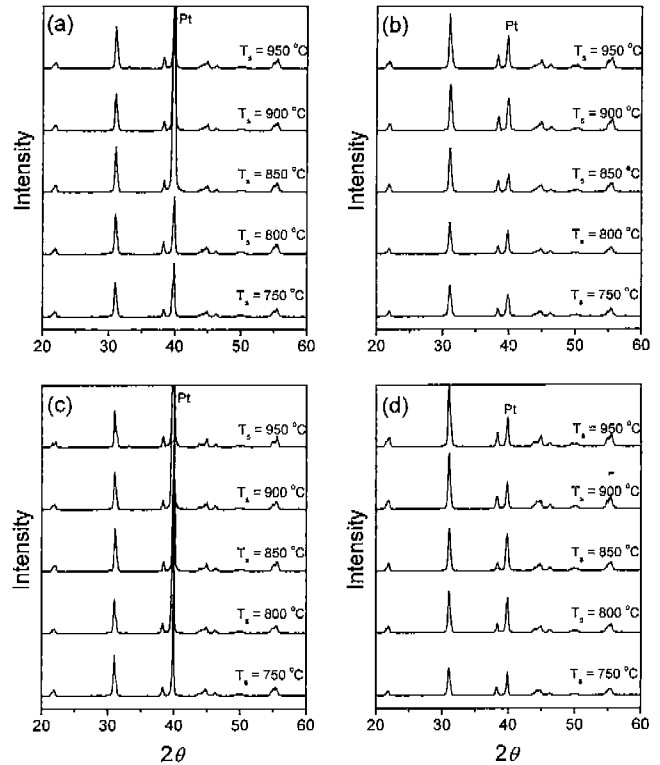


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of the PZT(52/48) thick films as a function of sintering temperature; (a) only screen-printed PZT(52/48) thick films with 0 mol% excess PbO, (b) sol treated PZT(52/48) thick films with 0 mol% excess PbO, (c) only screen-printed PZT(52/48) thick films with 5 mol% excess PbO and (d) sol treated PZT(52/48) thick films with 5 mol% excess PbO.

시편의 소결정도가 다소 양호함을 간접적으로 나타내고 있다. 이러한 결과는 SEM image 관찰에서도 확인할 수 있다. Fig. 4는 800°C에서 열처리된 PZT 후막 단면의 확대된 SEM image이다. Sol 처리하지 않은 시편에 대해, excess PbO가 0 mol% PZT 후막인 경우, PZT 후막의 미세조직은 각 입자들이 뚜렷이 구별되는 반면에, excess PbO가 5 mol%인 PZT 후막의 미세조직은 입자들의 경계가 smooth하게 연결되어 있음을 관찰할 수 있다. 따라서 excess PbO가 첨가된 PZT 후막의 경우 액상소결이 이루어졌음을 알 수 있으며, 이에 따라 PZT 후막의 소결밀도는 다소 증진되었음을 관찰할 수 있다. PZT sol 처리 및 처리하지 않은 PZT 후막을 비교하면, sol 처리 PZT 후막의 경우 미세한 입자들이 생성되어 공간을 채우고 있는 것이 관찰되며, 따라서 PZT 후막의 소결밀도가 매우 증진되었음을 관찰할 수 있다. Fig. 5는 800°C에서 열처리된 sol 처리한 시편의 SEM image이다. 비교적 낮은 온도의 열처리 온도에서도 상당히 치밀한 후막 조직을 보여주고 있으며, 명확한 기판/후막 경계를 보여주고 있다. 열처리 온도에 따른 시편의 후막

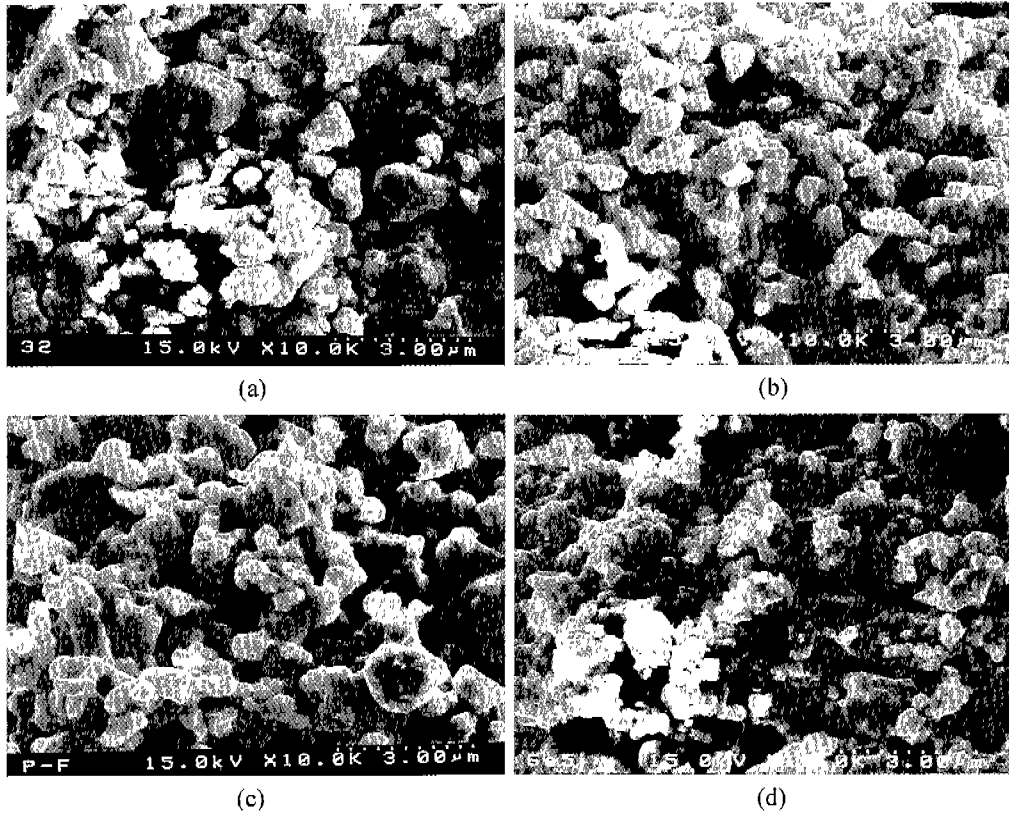


Fig. 4. SEM micrographs of the cross-section view for the PZT(52/48) thick films sintered at 800°C; (a) only screen-printed PZT(52/48) thick films with 0 mol% excess PbO, (b) sol treated PZT(52/48) thick films with 0 mol% excess PbO, (c) only screen-printed PZT(52/48) thick films with 5 mol% excess PbO and (d) sol treated PZT(52/48) thick films with 5 mol% excess PbO.

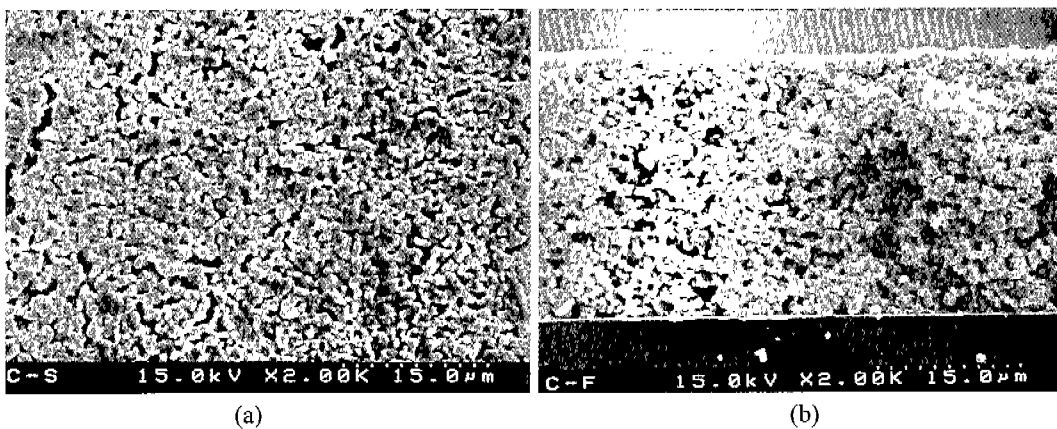


Fig. 5. SEM micrographs of the PZT(52/48) thick films on Pt/TiO₂/YSZ/SiO₂/Si substrate sintered at 800°C for 10 min; (a) the surface view and (b) the cross-section view.

과 기판사이의 계면을 단면 SEM image로 관찰하면, sol 처리하지 않은 시편과 sol 처리한 시편 모두 900°C 이상 소결한 시편에서 계면반응에 의한 공동현상이 관찰되며, 900°C 이하 소결한 시편에 대해서는 계면반응이 전혀 관찰되지 않는다. 이러한 900°C 이상 소결한 시편에서의 계면반응에도 불구하고 모든 시편에서 전기적 특성 측정이 가능하

였는데, 이는 Pt/TiO₂/YSZ/SiO₂/Si 기판이 어느 정도 효과가 있음을 나타내고 있다. 그리고 sol 처리한 시편에서 950°C에서 소결한 시편의 경우 유리상의 덮힘 현상이 매우 심하게 일어나는데 이는 최종소결전 sol 처리 중간과정에서 수회의 열처리공정에 의해 하부전극층의 열화가 촉진된 것으로 판단된다.

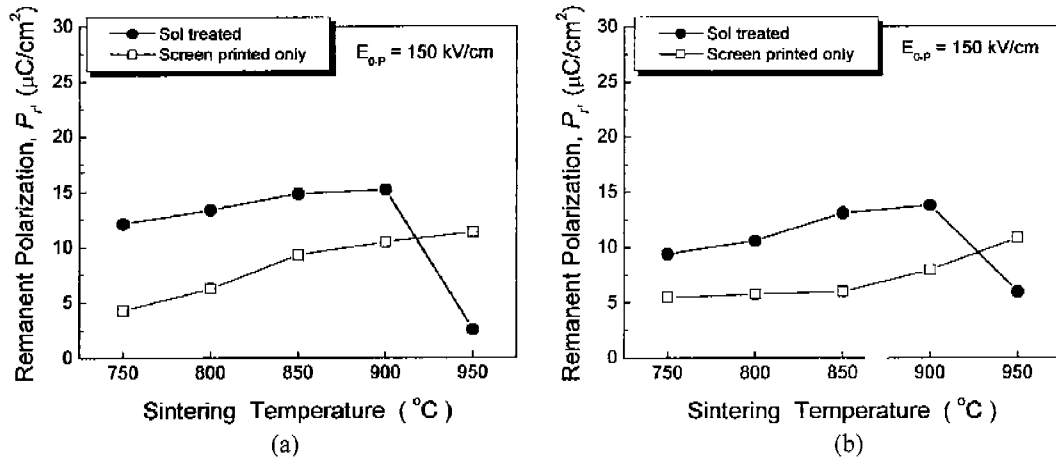


Fig. 6. Remanent polarization, P_r , plotted as a function of sintering temperature for PZT(52/48) thick films with (a) 0 mol% excess PbO and (b) 5 mol% excess PbO.

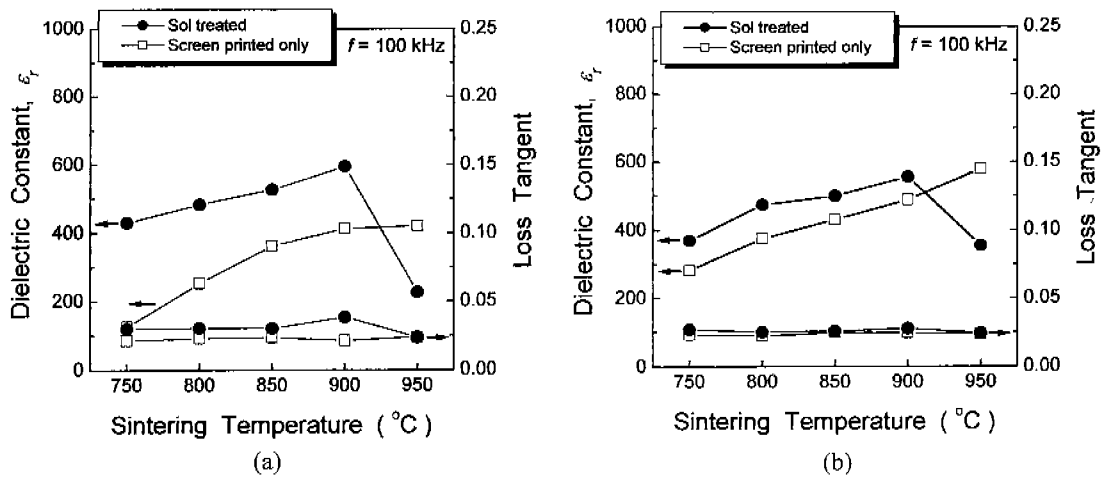


Fig. 7. Dielectric constant, ϵ_r , and loss tangent, plotted as a function of sintering temperature for PZT(52/48) thick films with (a) 0 mol% excess PbO and (b) 5 mol% excess PbO.

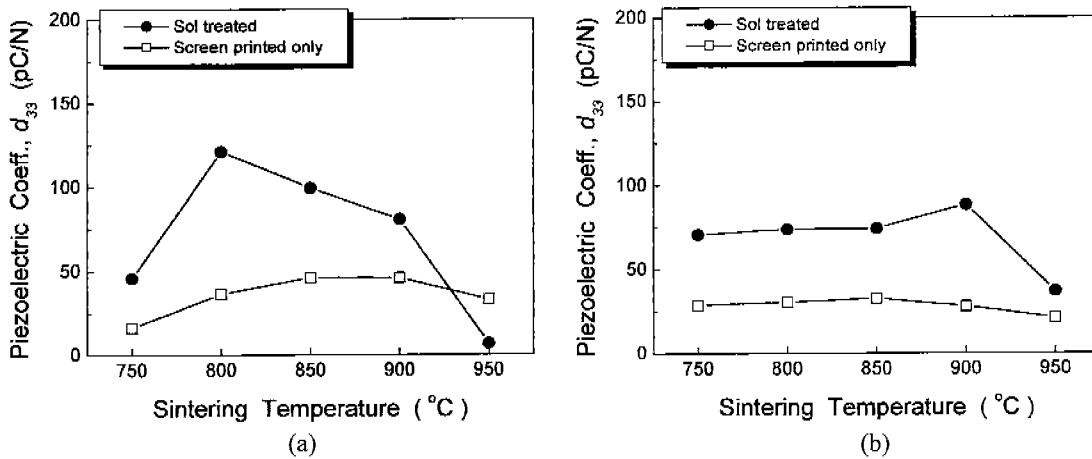


Fig. 8. Piezoelectric coefficient, d_{33} , plotted as a function of sintering temperature for the PZT(52/48) thick films with (a) 0 mol% excess PbO and (b) 5 mol% excess PbO.

3.3. PZT(52/48) 후막의 유전 및 압전 특성

Fig. 6은 잔류분극(remanent polarization, P_r), Fig. 7은 유전상수(dielectric constant, ϵ_r) 및 유전손실(loss tangent, $\tan \delta$), Fig. 8은 압전상수(piezoelectric coefficient, d_{33})를 측정된 결과를 나타내고 있다. Sol 처리후 950°C에서 소결한 시편을 제외하고는, 소결온도가 증가할수록 전반적으로 잔류분극값 및 유전상수가 증가함을 알 수 있다. 그리고 sol 처리하지 않은 시편과 sol 처리한 시편을 비교하여 보면, sol 처리에 의해 PZT막의 특성이 매우 크게 증진된 것을 관찰할 수 있다. 이러한 증진정도는 저온소결일수록 더욱 그 효과가 커짐을 알 수 있다. 이는 미세구조 관찰에서 언급하였듯이, sol 처리에 의해 PZT 후막의 소결밀도가 증가하고, 이에 따라 PZT 후막의 특성이 증진된 것으로 판단된다.

Excess PbO가 5 mol% 첨가된 시편의 경우, 소결온도에 의한 이들 특성의 증가율은 excess PbO가 첨가되지 않은 시편에 비해 다소 둔감함을 관찰할 수 있다. 이는 과량의 PbO에 의해 소결온도가 증가할수록 Si 기판과 PZT 후막과

의 반응성이 증가하여 PZT 후막 특성에 영향을 미치기 때문이라 판단된다. 그러나 역시, excess PbO의 첨가에 의해 액상소결이 일어난 시편에 대해서도 sol 처리는 PZT 후막 특성 증진에 어느 정도 효과가 있음을 관찰할 수 있다.

Fig. 9는 900°C에서 열처리한 시편의 P-E hysteresis loop를 나타내고 있다. Excess PbO의 첨가 및 첨가하지 않은 시편의 P-E hysteresis loop의 형태를 비교해 보면, excess PbO의 첨가한 시편이 loop가 얇고 x축방향으로 숙인형태의 soft한 형태임을 관찰할 수 있다. 그리고 앞에서 언급한 바와 같이 sol 처리한 시편의 P-E loop 형태 및 잔류분극값이 개선되었음을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 PZT(52/48)를 스크린 인쇄법을 적용하여 10~50 μm 두께의 후막을 제조하였으며, 또한 통상의 스크린 인쇄법과 더불어 PZT sol solution을 PZT 후막에 처리하는 공정을 적용하였다. PZT계 후막과 Si 기판과의 반응

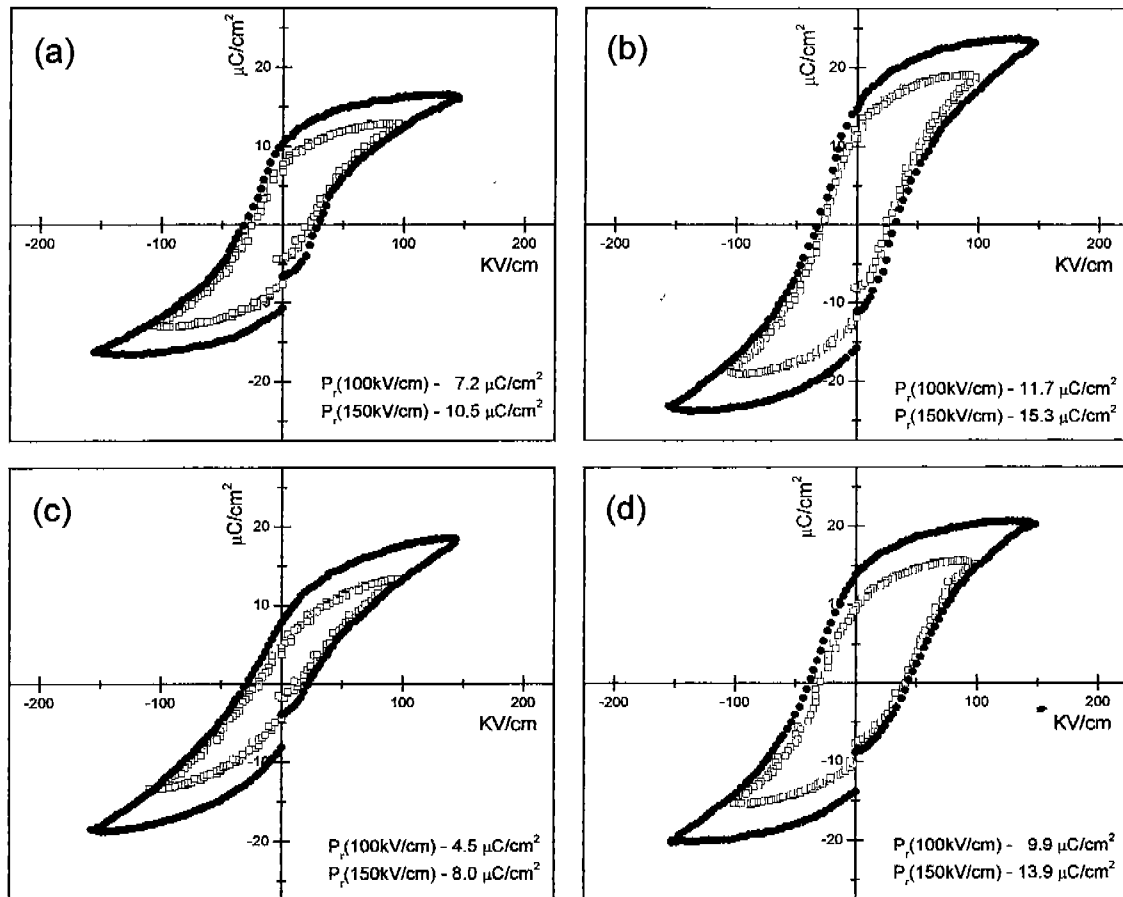


Fig. 9. P-E hysteresis loops of the PZT(52/48) thick films sintered at 900°C; (a) only screen-printed PZT(52/48) thick films with 0 mol% excess PbO, (b) sol treated PZT(52/48) thick films with 0 mol% excess PbO, (c) only screen-printed PZT(52/48) thick films with 5 mol% excess PbO and (d) sol treated PZT(52/48) thick films with 5 mol% excess PbO.

을 완화시키기 위해 하부전극의 기판은 전극으로서 Pt, diffusion barrier로서 YSZ(Y_2O_3 stabilized ZrO_2)를 도입하였고, Pt와 YSZ층의 접착력을 향상시키기 위한 TiO_2 층을 도입하여 Pt/ TiO_2 /YSZ/Si(100) 구조의 기판을 제작하였으며, 이를 PZT 후막의 소성공정에 무난하게 적용할 수 있었다. 제조된 PZT(52/48) 후막은 단순한 스크린 인쇄법에 의해서는 낮은 소결밀도에 의해 전기적 특성이 낮았으며, excess PbO 첨가에 의한 특성개선은 기판과의 반응현상 심화에 의해 제한되었다. 새로이 시도한 PZT sol을 PZT 후막에 처리하는 공정을 적용한 결과, 저온공정에 의해 기판과 PZT 후막과의 반응을 최소화 할 수 있으며, 비교적 높은 소결밀도를 얻음으로서 궁극적으로 PZT 후막의 전기적인 특성을 개선할 수 있었다(sol 처리공정 : 특허 출원중).

감사의 글

본 연구는 2000년도 산업자원부 및 과학기술부 선도기술 개발사업의 하나인 초소형 정밀기계사업(코드번호 : 2-3-7)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. B. Morten, G. D. Cicco and M. Prudenziati, "Resonant Pressure Sensor Based on Piezoelectric Properties," *Sensors and Actuators A*, **31**, 153-158 (1992).
2. S. P. Beeby, A. Blackburn and N. M. White, "Processing of PZT Piezoelectric Thick Films on Silicon for Micromechanical Systems," *J. Micromech. Microeng.*, **9**, 218-229 (1999).
3. K. Yao and W. Zhu, "Improved Preparation Procedure and Properties for a Multilayer Piezoelectric Thick-film Actuator," *Sensors and Actuators A*, **71**, 139-143 (1998).
4. D. A. Barrow, T. E. Petroff and M. Sayer, "Thick Ceramic Coatings Using a Sol Gel Based Ceramic 0-3 Composite," *Surface and Coatings Technology*, **76-77**, 113-118 (1995).
5. R. Mass, M. Koch, N. R. Harris, N. M. White and A. G. R. Evans, "Thick-film Printing of PZT onto Silicon," *Materials Letters*, **31**, 109-112 (1997).
6. C. Lucat, F. Menil and R. V. D. Muhl, "Thick-film densification for pyroelectric sensors," *Meas. Sci. Technol.*, **8**, 38-41 (1997).
7. D. G. Kim and H. G. Kim, "Piezoelectric Properties of Lead Zirconate Titanate Thin Films Characterized by the Pneumatic Loading Method," *Integrated Ferroelectrics*, **24**, 107-119 (1999).