

## [IV~20]

# Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> 강유전체 박막의 스퍼터링 증착과 열처리 연구 (Sputtering Deposition and Annealing of Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> Ferroelectric Thin Films)

박재열, 윤진모, 장호정, 임성규, 정지근  
단국대학교 전자공학과

### 요약

Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 기판상에 고주파 마그네트론 스퍼터링 방식으로 PZT 박막[두께:3000Å]을 증착하고 RTA 방식으로 후속 열처리[열처리온도: 550~650°C]를 실시하여 직경 0.2mm 소자의 FECAPs(ferroelectric capacitors)를 제작하였다. 증착된 PZT 박막을 강유전성 perovskite 결정상으로 만들기 위해 PZT박막의 열처리조건을 연구하였으며, 열처리 방식에 따른 PZT박막의 결정특성(상형상, 형상관찰, 성분분석 등)과 커패시터 소자의 전기적 특성( $\epsilon_r$ ,  $\tan \delta$ , P-E hysteresis curves, 누설전류 등)을 비교, 분석하였다.

### 실험방법

p-type Si(100) 웨이퍼상에 열산화법으로 약 2500Å의 SiO<sub>2</sub> 산화막층을 형성한 후 Pt/Ti 하부전극을 DC 마그네트론 스퍼터링장치[Ar:  $2 \times 10^{-2}$ Torr]에서 약 2500Å/250Å의 두께로 증착하였다. 이후, Pt박막의 결정성 개선을 위해 450°C의 온도에서 진공분위기[ $\sim 10^{-6}$ Torr]로 10분간 열처리를 실시하였다.

제작된 Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si의 기판상에 RF 마그네트론 스퍼터링 방법[Ar+O<sub>2</sub>(10%):  $1 \times 10^{-2}$ Torr]으로 Pb(Zr<sub>0.6</sub>Ti<sub>0.4</sub>)O<sub>3</sub> + PbO(20 mole%)의 조성을 갖는 타겟을 사용하여 450°C의 기판온도에서 약 3000Å 두께의 PZT 박막을 증착하였다.

PZT 박막을 증착한 후 perovskite 안정상을 얻기위해 RTA장치[O<sub>2</sub>:  $10^{-1}$ atm]에서 후속 열처리[온도: 550~650°C, 시간: 10~50sec]를 실시하였으며 열진공 증착법[진공도:  $1 \times 10^{-6}$ Torr]으로 PZT박막위에 직경 0.2mm 크기의 Al-상부전극을 형성하였다.

### 결론

Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 기판상에 상온에서 Pt 박막을 증착한 후 약 450°C온도로 10분간 in-situ 열처리한 결과 Pt 전극은 (111)및 (200)방향으로 배향 성장되었고, 표면형상은 crack의 발생없이 비교적 매끄러운 상태를 나타내었다. Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 기판위에 증착된 as-deposited PZT 박막의 경우 준안정상인 pyrochlore 결정상이 지배적으로 나타났으나 이들 PZT 박막을 550°C~650°C의 온도범위로 30초간 후속 열처리한 결과 perovskite 안정상을 얻을 수 있었다.

SEM 사진을 통해 후속 열처리된 PZT 박막의 표면과 단면형상을 관찰해본 결과 pinhole과 같은 박막결함이 존재하였으며 치밀하지 못한 표면형상을 보여주었다.

박막내의 성분원소들은 깊이에 따라 비교적 균일하게 분포되어 있고 Pt층과 PZT층은 상호반응 없이 비교적 안정된 경계면을 형성하고 있음을 AES분석을 통해 확인할 수 있었다.

PZT 박막의 열처리온도를 550°C에서 650°C로 증가시킬 경우[열처리 시간: 30초] 1kHz 주파수에서 비유전상수( $\epsilon_r$ )는 570에서 690으로 증가하였으며 잔류분극(2P<sub>r</sub>)은  $4 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 에서  $22 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 으로, 항전계(2E<sub>c</sub>)는 96kV/cm에서 189kV/cm로 각각 증가하였다.

600°C에서 30초간 열처리한 PZT 박막의 경우, 유전정점은  $f \geq 10\text{kHz}$ 에서 0.02이하로 나타났으며 누설전류는 인가전압 5V에서 약  $30 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 로 비교적 낮은 누설전류 특성을 나타내었다. 본 실험에서는 600°C~650°C의 온도범위로 30초간 후속 열처리를 실시한 경우에 가장 양호한 PZT 박막 커패시터의 전기적 특성을 얻을 수 있었다.

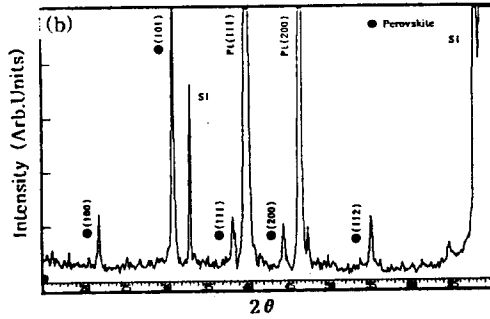
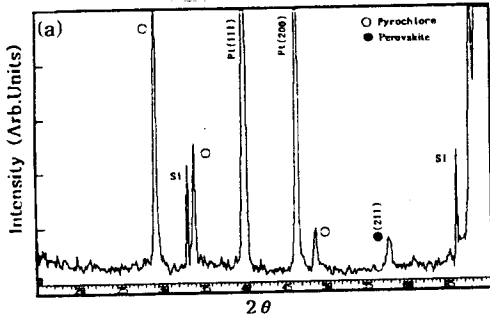


그림1. XRD분석: a) as-deposited 및 b) 600°C에서 30초간 열처리한 시료

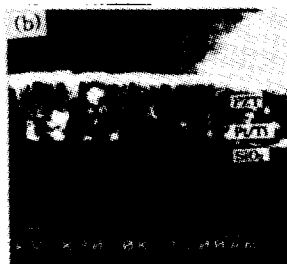


그림2. 600°C에서 30초간 열처리한 PZT박막의 SEM사진: a) 표면 및 b) 단면

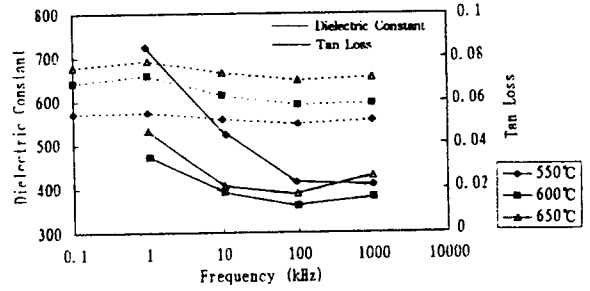


그림3. 후속열처리(열처리 시간: 30초)의 온도에 따른 비유전상수와 유전정접

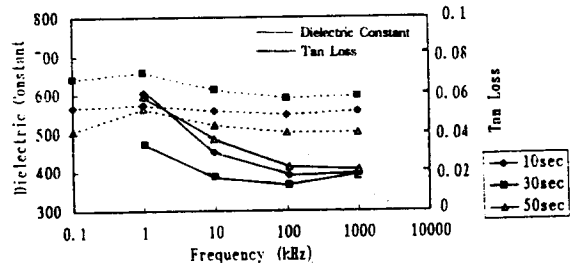


그림4. 후속열처리(열처리온도: 600°C)의 시간에 따른 비유전상수와 유전정접

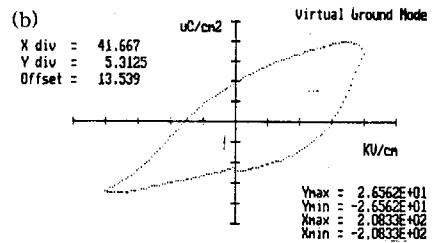
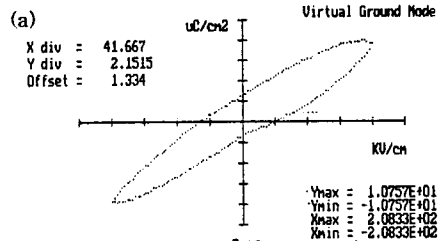


그림5. a) 550°C 및 b) 650°C에서 후속열처리된 시료의 P-E이력곡선(열처리시간: 30초)