

PECVD법으로 증착한 PZT 박막의 fatigue 특성 및 누설 전류 특성에 관한 연구

A study on the fatigue and leakage current characteristics
of PECVD-derived PZT films

KAIST 재료공학과 이희철, 정수옥, 이원중

1. 서론

여러 가지 강유전체 물질 중에서 Lead Zirconate Titanate (PZT) 박막은 상전이 온도 (T_c)가 높고 잔류 분극량 (P_r)이 크며 박막의 fabrication 온도가 비교적 낮아서 FRAM 소자 capacitor 물질로 가장 유망한 재료 중의 하나이다. 하지만, 분극 반전이 반복됨에 따라 polarization 값이 감소하는 fatigue 현상과 비교적 높은 누설전류의 단점을 가지고 있다. 따라서, PZT 박막을 dielectric으로 하는 capacitor의 fatigue 특성과 누설 전류 특성의 mechanism을 이해하고, 이를 극복하는 연구가 절실히 요구되어진다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 ECR PECVD (electron cyclotron resonance plasma enhanced chemical vapor deposition)법을 이용하여 PZT 박막을 증착하였다. PZT 박막 증착을 위한 하부 전극은 Pt(10nm)/RuO₂(160nm)/SiO₂/Si (이하 Pt/RuO₂)와 RuO₂(160nm)/SiO₂/Si (이하 RuO₂)을 사용하였다. PZT 박막의 CVD 증착을 위한 원료 물질로는 Pb(DPM)₂, Zr(OC₄H₉)₄, Ti(OC₃H₇)₄ 와 O₂를 사용하였다. PZT 박막의 누설전류 특성을 고찰하고자 HP 4140B pA meter를 사용하였으며, PZT 박막의 P-E hysteresis 특성은 RT66A ferroelectric tester의 virtual ground mode에서 측정하였다. Fatigue 특성은 RT66A 와 HP 8116 pulse function generator를 사용하여 40kHz의 주파수와 4V의 최대인가 전압으로 bipolar square pulse를 인가하여 측정하였다.

3. 실험 결과

우리가 ECR PECVD법으로 제조한 PZT capacitor는 electron charge injection에 의해 fatigue이 시작되며, fatigue은 양쪽 계면에 electron charge injection과 domain switching이 번갈아 일어나면서 발생한 charge defect인 oxygen vacancy들이 전극 주변에 형성되며 진행된다고 생각된다. 우리가 제시한 RuO₂ 및 Pt/RuO₂ hybrid 전극을 포함하는 PZT capacitor의 fatigue model에서는 fatigue 전반부에는 하부 전극이 Pt/RuO₂ 전극일 때 계면에 생성된 interfacial layer에 관련된 요인에 의해 fatigue이 진행되고 fatigue 후반부에는 비대칭 전극 구조에 관련된 요인이 fatigue의 주요 원인이었다.

본 연구에서 사용된 전극 배열의 PZT capacitor는 모두 인가 전계의 polarity에 무관한 누설 전류 특성을 보인다는 점과 상부 전극을 바꿀 경우 양전계 및 음전계 누설 전류 특성이 모두 같은 양상으로 변하는 점으로 보아 본 연구의 CVD-PZT capacitor의 누설 전류 특성은 PZT/전극 계면 특성보다는 PZT 박막 자체의 특성에 더 지배되는 bulk-limited conduction임을 알 수 있다. 따라서, Pt/RuO₂ 전극 위에서 증착된 PZT 박막 특성이 RuO₂ 전극 위에 증착된 PZT 박막 특성보다 우수하기 때문에 누설 전류 특성이 좋아진 것으로 생각되어진다.