

Dielectric, and Piezoelectric Properties of $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)_{0.5}\text{TiO}_3$ Lead-free Ceramics

두문, 김명호†, 송태권, 성연수, 조종호

창원대학교 세라믹공학과
(mhkim@changwon.ac.kr†)

At present, lead zirconate titanate (PZT)-based ceramics are the most widely applied piezoelectric materials because of their superior properties. However the toxic lead of the PZT-based ceramics causes environmental problems. Therefore, lead-free piezoelectric materials such as $(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3$ (BNT)-based oxides have been receiving much attention to replace PZT-based ceramics. In this study, the overall characteristics of lead-free $\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)_{0.5}\text{TiO}_3$ ceramics such as dielectric, and piezoelectric properties were examined in the entire compositional range from $x = 0.0$ to $x = 1.0$. From the specimens prepared using a solid state reaction method, the rhombohedral-tetragonal morphotropic phase boundary (MPB) was confirmed by X-ray diffraction. The decreasing tendency in grain size as $\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{TiO}_3$ increased was observed by scanning electron microscopy (SEM). The optimum values of piezoelectric constant (d_{33}), dielectric constant (ϵ), and electromechanical coupling factor (K_p) were obtained in the MPB region. In order to improve d_{33} further, the Nb doping effect was studied.

Keywords: Perovskite structure, Dielectric, Piezoelectric, $(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3$, $(\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{TiO}_3$

Ultra thin PbTiO_3 films prepared by gas phase reaction sputtering

김지윤†, Simon Bühlmann*, 김윤석, 박문규, 김용관*, 홍승범*, 노광수

한국과학기술원 신소재공학과 전자 및 광학재료 연구실; *삼성종합기술원 Semiconductor Device Lab.
(k20053143@kaist.ac.kr†)

강유전체 박막을 이용한 비휘발성 메모리에 대한 연구는 오랜 시간동안 많은 연구가 이루어지고 있다. 비휘발성 메모리는 빠른 작동 속도, 작은 비트(bit) 크기 그리고 저장된 데이터를 안정적으로 장시간 유지시킬 수 있어야 한다. 강유전체 물질 중 메모리 소자로 응용하기 가장 우수한 소재는 페로브스카이트 구조의 PZT계열로서 잔류 분극량이 크고 스위칭을 위한 coercive field가 작다는 장점이 있다. 그 중 PbTiO_3 (PTO)는 자발 분극값 (P_s)이 가장 큰 재료로서 강유전체를 활용한 메모리 디바이스로 활용에 상당한 잠재력을 가지고 있다. 최근 이러한 강유전체 박막을 이용한 비휘발성 메모리 응용 시 저장 밀도의 한계를 극복하기 위해 강유전체의 크기 효과에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 강유전체 박막의 두께를 얇게 제조할 경우 박막의 두께방향으로 완벽히 분극이 이루어진 10 nm 정도의 작은 도메인을 기록할 수 있으며 결국 저장 밀도를 1 Tb/in^2 이상으로 향상시킬 수 있다.

얇은 PTO 박막을 제조하기 위해 Zr을 buffer layer로 하여 Pt 하부 전극층을 dc-magnetron sputtering 방법으로 증착하였다. Pt 층의 표면 평활도를 제어하기 위해 증착 파워, 압력, 온도를 변화시켰으며 박막의 응력 분석을 통해 이러한 증착 변수들의 영향을 파악하였다. 최적화된 조건에서 제조된 Pt 박막 상부에 7 nm 두께의 TiO_2 seed layer를 증착하였으며 PbO 가스상 반응 sputtering을 통해 20 nm 두께의 PTO박막을 제조하였다. TiO_2 seed layer는 PTO의 핵생성을 위한 active sites를 증가시키는 역할을 하여 페로브스카이트상의 PTO 박막이 쉽게 생성될 수 있게 하였다. d_{33} hysteresis loop과 piezoelectric force microscope (PFM) 이미지를 통하여 증착된 PTO박막의 강유전성을 확인할 수 있었다. Grain boundary와 강유전체 박막과 하부 전극층 사이의 계면에 존재하는 lattice mismatching, vacancies, space charges 등의 defect들이 charge되어 있으며, 강유전체 도메인들이 이러한 전하들과 balance를 맞추어 안정화되어 있어 도메인 스위칭은 쉽지 않았다. 이러한 전하들 뿐만 아니라 강유전체 박막과 하부전극층의 work function차이로 발생한 built-in-potential이 박막의 polarization imprint현상을 가져왔다.

결론적으로 가스상 반응 sputtering 방법을 이용하여 20 nm 두께의 얇고 평활한 PTO박막을 제조할 수 있었으며 이는 고밀도 메모리 디바이스의 가능성을 보여줄 수 있었다.

Keywords: 강유전체, 비휘발성 메모리, 가스상 반응 sputtering, ultra thin film