

에피탁시 성장시킨 BLT($\text{Bi}_{3.25}\text{La}_{0.75}\text{Ti}_3\text{O}_{12}$) 박막에서, 기판과 격자 상수 차이에 의해 발생하는 탄성 응력의 해소 기구 고찰
(Misfit Strain Relaxation Analysis of Epitaxially Grown BLT($\text{Bi}_{3.25}\text{La}_{0.75}\text{Ti}_3\text{O}_{12}$) Thin Films)

포항공과대학교 신소재공학과
김형석, 서주형, 오상호, 박찬경

1. 서론

BLT($\text{Bi}_{3.25}\text{La}_{0.75}\text{Ti}_3\text{O}_{12}$)는 Bi-layered perovskite 구조($a_0=5.449\text{Å}$, $b_0=5.410\text{Å}$, $c_0=32.815\text{Å}$)를 갖는 BTO($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$)에서 perovskite 층 내의 Bi를 La으로 치환한 재료로써, 상대적으로 낮은 결정화 온도($650\sim 700^\circ\text{C}$) 및 높은 잔류 분극 값(a 축: $16\sim 20\mu\text{C}/\text{cm}^2$, c 축: $\sim 5\mu\text{C}/\text{cm}^2$)과 우수한 fatigue 특성(10^{12} 이상)을 가지므로 고집적 FRAM 소자 개발에 적용이 기대되는 재료이다. 그런데 BLT와 같이 구조적, 전기적 이방성이 큰 물질이 증착되는 경우, 기판과 격자 상수 불일치로 인한 탄성 응력이 분극 특성에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

박막과 기판 사이에 격자 상수 차이가 작을 경우 증착 초기에는 정합(coherent) 관계를 유지하며 에피탁시 성장 거동을 보인다. 그러나 박막의 두께가 증가함에 따라 박막 내부의 응력이 증가하게 되고 이를 해소하기 위해서 전위의 생성, 박막 내부의 균열 형성, 트윈 형성, 표면이 거칠어지는 현상 등이 발생하게 된다. 본 실험에서는 에피탁시 성장시킨 BLT 박막에서 기판과 격자상수 차이에 의한 탄성 응력 효과 및 이를 해소하기 위해 형성되는 결함 특성에 대해 분석하였다.

2. 실험방법

700°C 에서 R.F magnetron sputtering 법으로 격자상수 차이가 다른 STO(SrTiO_3)₁₀₀ 기판과 LAO(LaAlO_3)₁₀₀ 기판 위에 BLT 박막을 증착한 후, 격자 상수 차이에 의한 탄성 응력이 BLT 박막에 미치는 영향을 XRD, AFM, TEM을 통하여 분석하였다.

3. 실험결과

STO 기판 위에서 성장시킨 BLT 박막의 경우, 성장 초기(200Å)에는 부정합 전위(misfit dislocation)를 형성함으로써 기판과 격자 불일치에 의한 부정합 탄성 응력을 해소하였으며 이 때 형성된 전위의 Burgers vector는 $a\langle 100 \rangle$ 임을 확인하였다. 두께가 증가함(1000Å)에 따라 박막 내부에 $\langle 100 \rangle$ 방향의 균열을 형성함으로써 부정합 탄성 응력이 해소됨을 알 수 있었다. LAO 기판 위에서 BLT 박막이 성장한 경우, 부정합 전위는 관찰 되지 않았으며 탄성 응력을 해소하기 위해 트윈이 형성됨을 확인하였다.