

Pulsed laser로 증착한 강유전체 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 박막의 물리적 성질*

조 월림, 조 학주, 노 태원, 권 숙일
서울대학교 물리학과

초고집적 기억소자, 도파로 형태의 전기광학 소자로의 응용 가능성이 높은 강유전체 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 박막은 현재 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 pulsed laser deposition (PLD)을 이용하여 증착된 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 박막의 구조적 성질, 표면 미세구조, 전기광학 성질을 측정하였다.

$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 박막은 MgO 위에 in-situ로 증착되었다. 기판의 방향에 따른 박막의 물리적 성질을 조사하기 위하여, 두가지 방향의 MgO 기판 (즉, (100)과 (110)면)들이 이용되었다. 박막의 증착에는 Q-switched Nd:YAG 레이저가 이용되었으며, 빛의 파장에 따른 물리적 성질의 변화를 보기 위하여 Nd:YAG 레이저의 fundamental과 harmonics을 이용한 4가지의 파장 (즉, 1064 nm, 532 nm, 355 nm, 266 nm)의 빛을 사용하였다. 박막의 구조적 성질에 관한 연구에는 X선 회절법 (θ - 2θ scan, pole figure)이 이용되었으며, 표면미세구조에 관한 연구에는 Atomic Force Microscopy (AFM)이 사용되었다. 또한, 선형 복굴절을 측정하였으며, 이러한 선형 복굴절 상수의 전기장에 대한 의존성으로부터 전기광학계수를 구할 수 있었다.

그림 1의 XRD 결과는 MgO(100) 기판 위에서 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 의 c-축이 기판에 수직으로 배열되는 결정 성장 모습을 보여주고 있다. MgO(110) 위의 박막에서는 레이저의 fluence가 2 J/cm^2 이하인 경우에만, $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 의 c-축이 기판에 수직으로 배열되는 결정 성장 모습을 관측할 수 있었다. 또한, MgO(100)에 증착된 박막의 경우 a-축과 b-축이 모두 배열된 epitaxy의 결정 성장 경향을 갖는다는 사실을 pole figure 측정으로 알 수 있었다. AFM으로 박막 표면을 본 결과, 박막의 표면에 많은 boulder들이 존재하는 거친 표면미세구조를 지니고 있음을 알 수 있었다. 또한, 짧은 파장의 레이저 빛을 이용하여 박막을 증착하는 경우, boulder의 크기가 작고 갯수가 적어진다는 사실을 알 수 있었다.

외부 전기장에 대한 선형 복굴절의 변화는 MgO(100)에 증착한 박막의 경우에는 거의 없었고, 반면에, MgO(110)에 증착한 박막의 경우는 전기장의 변화에 따라 이차적인 특성을 보이고, 강유전체의 특징인 이력특성을 보였다. 이때의 유효전기광학계수는 $3.8 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{V}^2$ 으로 나타났다. (그림 2 참고)

*본 연구는 한국통신과 우수 연구 센터를 통한 한국 과학재단의 지원으로 이루어졌습니다.

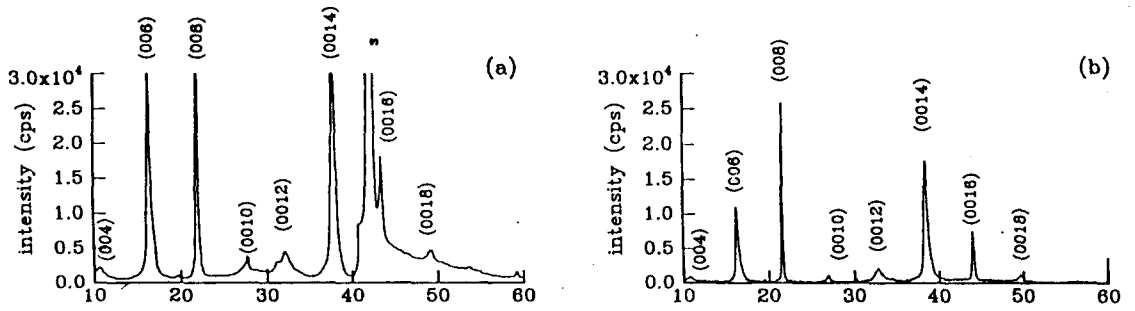


그림 1. (a) MgO(100) 기판과 (b) MgO(111) 기판 위에 증착한 Bi₄Ti₃O₁₂ 박막의 XRD pattern

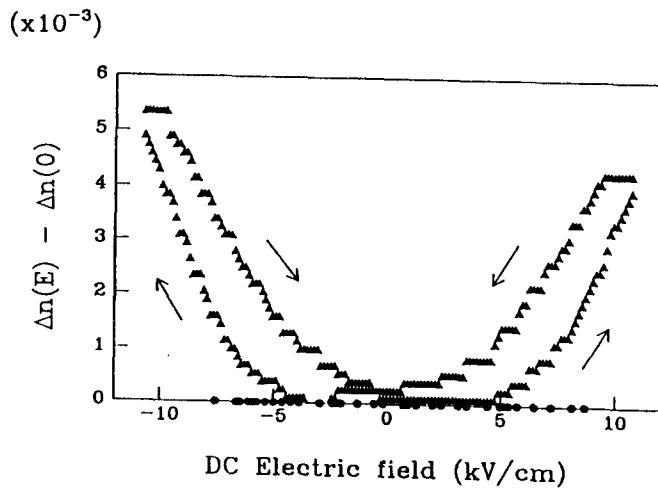


그림 2. 전기장 E에 대한 선형복굴절 변화 : Solid circle과 solid triangle은 각각 MgO(100)과 MgO(111)위에 증착한 박막을 나타낸다.