

Ba_{1-x}La_xTi_{1-y}Fe_yO₃의 Multiferroic 특성

김재영*, 권윤미, 이보화

한국의국어대학교 물리학과 경기도 용인시 449-791

1. 서론

ABO₃ 페로스카이트 물질은 여러 응용분야에서 사용되는 흥미로운 물질 중 하나로 A, B 이온들의 valence 에 따라 결정구조와 물리적 성질이 결정된다. 많은 A²⁺B⁴⁺O²⁻-type 페로스카이트들은 cubic 또는 tetragonal 구조와 insulator 특성을 보인다. Ferroelectric 물질인 BaTiO₃(BTO)는 상온에서 tetragonal 구조이며 120 oC의 낮은 Curie 온도를 가진다 [1]. 반면에 A³⁺B³⁺O²⁻-type 페로스카이트들은 orthorhombic 구조를 가지며 semiconductors 또는 magnetic 특성을 보인다. 대표적으로 LaFeO₃와 같은 물질은 상온에서 orthorhombic 구조를 가지며 740 K 이하의 영역에서 antiferromagnetic ordering을 가지고 있다 [2]. BTO에 La을 치환한 시료들에게서 dielectric 상수가 증가하고, 반면에 Fe을 치환한 시료들에서는 ferromagnetic ordering이 증가하는 것으로 알려졌다 [3,4]. 본 연구에서는 Ba²⁺ site에 La³⁺ ion을 Ti⁴⁺ site에 Fe³⁺ ion을 치환하여 다결정체를 합성하고 magnetic hysteresis 실험을 수행하고 강유전성 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

다결정체 Ba_{1-x}La_xTi_{1-y}Fe_yO₃(0≤x,y≤0.1; BLFTO)의 시료들을 고체 상태 반응법으로 제조하였다. 공기 중에서 각각 900, 1200°C에서 24시간씩 열처리 후 1350°C에서 소결하여 합성하였다. X-선 회절 측정(Rigaku, Mini Flex)을 통하여 시료들의 상을 확인하였고, vibrating sample magnetometer(Lake Shore, model 7404)를 이용하여 상온에서 자기이력곡선(M-H)을 측정하였다. 강유전성은 ferroelectric tester(RT66A, Radiant Technology)를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

X-선 회절 측정 결과 tetragonal 구조를 가지는 BTO에 La³⁺ 치환한 Ba_{1-x}La_xTiO₃시료들은 tetragonal 구조를 보이며, Fe³⁺ 치환한 BaTi_{1-y}Fe_yO₃시료들은 tetragonal 구조와 hexagonal 구조를 보였다. 같은 양의 La³⁺와 Fe³⁺를 치환한 시료들은 cubic 구조를 보였다. La와 Fe를 치환한 시료 중 x=0.05, y=0.1인 시료는 tetragonal과 hexagonal 구조가 공존하였다.

상온에서 자기이력곡선 측정 결과, Fe³⁺ 치환한 시료(y=0.05)의 경우 Fig. 1(a)와 같이 magnetic hysteresis가 나타나며 Fe³⁺의 치환 양을 늘리면, Fig. 1(b)와 같이 magnetic hysteresis가 증가함을 알 수 있다. 이런 현상은 octahedral site에서 Fe³⁺가 high spin 상태로 존재하기 때문에 일어나는 결과로 설명할 수 있다[5]. Fig. 1의 c)는 La³⁺와 Fe³⁺를 치환한 시료 중 x=0.05, y=0.1인 시료의 측정 결과로 y=0.1 시료보다 saturation magnetization (M_s)가 줄어들었다. 이런 경향은 x=0.1, y=0.1 인 시료에서 더욱 두드러지게 나타나서 Fig. 1의 d)와 같이 magnetic hysteresis가 사라졌다.

Fig. 2는 강자성 특성을 나타내고 있는 x=0.05, y=0.1 인 시료에서 상온에서 측정한 강유전이력곡선으로 강유전성을 가지고 있음을 알 수 있다. 외부 전기장이 외부 전기장이 2000 V 이상일 때 leakage current가 증가하였다. 이러한 강자성특성을 가지고 있는 일부 시료들에서 강유전성이 남아 있음을 확인하였다. 이는 BLFTO의 multiferroic 가능성을 보여주는 결과이다.

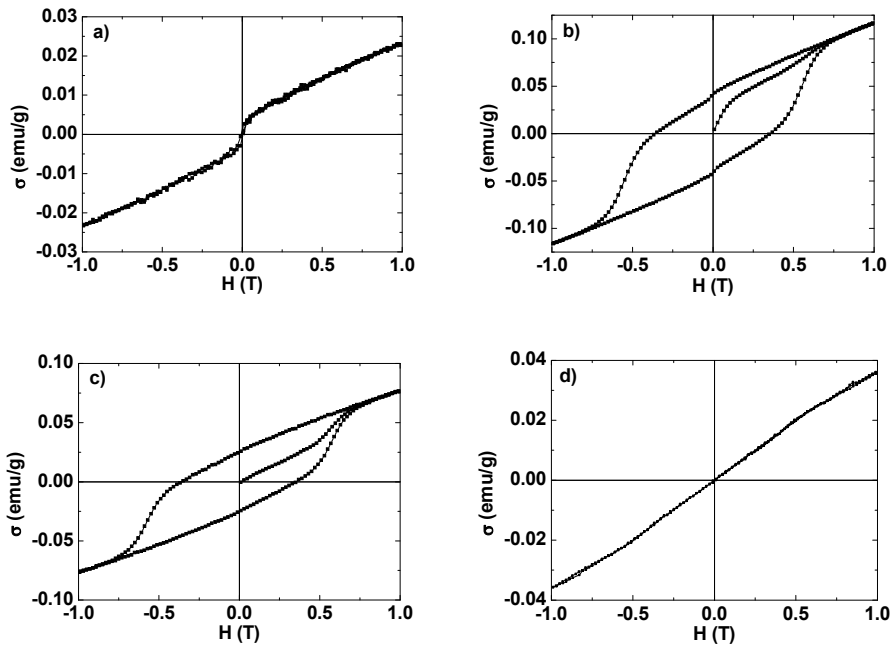


Fig. 1. Magnetic hysteresis (M-H) of a) $\text{BaTi}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$, b) $\text{BaTi}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_3$, c) $\text{Ba}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_3$, d) $\text{Ba}_{0.9}\text{La}_{0.1}\text{Ti}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_3$ measured at room temperature.

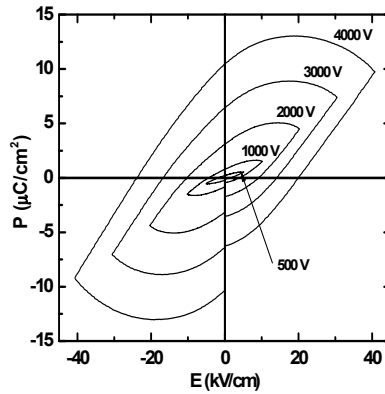


Fig. 2. Ferroelectric hysteresis loop (PE) of $\text{Ba}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_3$.

4. 참고문헌

- [1] W. J. Merz, Phys. Rev. **75**, 687 (1949).
- [2] B. Ita, P. Murugavel, V. Ponnambalan, and A. R. Raju, J. Chem. Sci. **115**, 519 (2003).
- [3] D. S. Jung, H. Y. Koo, H. C. Jang, and Y. C. Kang, Met. Mater. Int. **15**, 809 (2009).
- [4] F. Lin, D. Jiang, K. Ma, and W. Shi, J. Magn. Magn. Mater. **320**, 691 (2008).
- [5] Y. W. Song, Y. Ma, H. Xiong, Y. Q. Jia, M. L. Liu, and M. Z. Jin, Mater. Chem. Phys. **78**, 660 (2003).