

Q-14

다결정 망간산화물 $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($1/2 \leq x < 1$)의 저자장 터널링 자기저항 효과

연세대학교 남윤성*, 이재은, 신현수, 주홍렬

Enhanced low field tunneling magnetoresistance effect in polycrystalline manganite $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($1/2 \leq x < 1$)

Yonsei University Y. S. Nam*, J. E. Lee, H. S. Shin, H. L. Ju

1. 서 론

다결정 망간산화물은 자기적 전이 온도(T_C) 근처와 T_C 아래의 두 영역에서 다른 자기저항(MR) 효과를 보인다[1, 2]. T_C 근처에서 발견되는 MR은 초거대 자기 저항 효과로 불릴 만큼 MR의 크기가 크나 수 Tesla의 자기장을 요구하는 단점이 있다. 한편 망간 산화물은 특히 큰 스핀 편극율을 가지는 것으로 알려져 있다[3]. 이 큰 스핀 편극율은 망간산화물이 T_C 아래에서 큰 grain boundary tunneling에 의해 응용상의 관점에서 볼 때 매우 중요한 저자기 저항 효과를 있게 한다.

본 연구에서는 La와 Ba의 과도한 크기 불일치로 인하여 강자성상과 비강자성상으로 상분리가 일어난 $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($1/2 \leq x < 1$)의 저자장 MR 효과에 대한 연구를 하였고, 보통의 다결정 망간산화물보다 grain boundary 저항의 증가로 인해 저자장 MR 효과가 큰 현상을 관측하여 이를 보고하고자 한다.

2. 실험방법

La_2O_3 , BaCO_3 , MnCO_3 분말을 사용하여 고상반응법으로 $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ 의 시료를 제작하였다. 시료의 구조를 확인하기 위하여 $\text{CuK}\alpha$ 를 사용하는 X-ray 회절장치를 이용하였다. 양자간섭 자력계 (SQUID)를 사용하여 $0 \text{ T} \leq H \leq 5 \text{ T}$, $5 \text{ K} \leq T \leq 370 \text{ K}$ 의 자화값을 측정하였다. 실험실에서 제작한 저항측정장치를 이용하여 4단자 탐침법으로 $100 \text{ K} \leq T \leq 350 \text{ K}$ 의 전기저항을 측정하였다. Ohmic 접촉을 위하여 인듐을 사용하였고 일반적인 시료의 크기는 $1.8 \text{ mm} \times 0.3 \text{ mm} \times 7.5 \text{ mm}$ 였다. 또한 자기저항 측정을 위해 실험실에서 제작한 솔레노이드를 이용하였고, 자장은 전류방향과 평행하게 걸어주었다.

3. 실험결과 및 고찰

XRD 측정 결과 x 가 $1/2$ 이하의 시료들은 페로브스카이트 구조를 가지는 반면 $1/2$ 이상의 시료들은 단순 입방 페로브스카이트 구조($x=3/8$)와 함께 확인되지 않은 구조의 이차상이 나타났으며(Fig. 1), x 가 증가함에 따라 이차상은 점점 증가하고 $x=3/8$ 의 상은 점점 감소함을 볼 수 있었다. 이는 La와 Ba의 큰 크기차이에 의해 상분리가 일어난 것으로 생각되며 이런 결과는 자기적, 전기적 특성에서도 나타났다. 자기적인 특성 실험 결과, 5 K에서의 자장에 따른 자화값의 변화도가 전형적인 강자성 형태와 일치하고 강자성 전이온도 T_C 도 $x=3/8$ 인 시료의 340 K 정도를 유지한 반면, 자화값의 크기는 x 가 증가함에 따라

이론적인 경향보다 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 비자성상의 생성에 의해 강자성상이 감소하므로 나타난 결과로 보여진다. 또한 비저항의 온도 의존도가 x 가 7/8인 이후로 하여 판이하게 다름을 보였으며 이는 상분리에 의한 스미기(percolation) 형태의 저항 변화로 분석되었다.

이런 것을 종합하여 볼 때 $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($1/2 \leq x < 1$)의 시료들은 강자성 금속상과 비강자성 부도체상으로 분리된 것으로 추정된다. 이러한 상분리는 grain boundary에서 나타나는 스핀 의존 터널링 자기저항 효과가 크게 나타날 것으로 예상되었으며 측정 결과 500 Oe의 저자장 하에서 MR비가 20 %에 가까운 큰 자기저항 값을 나타냈다.

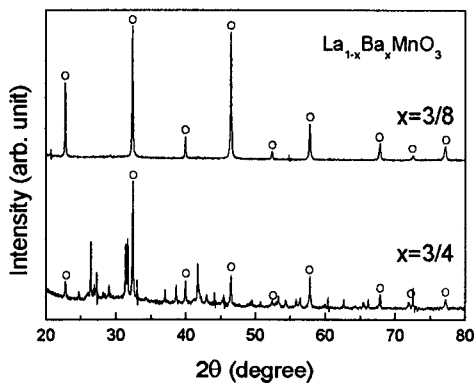


Fig. 1. XRD data of $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($x=3/8, 3/4$).

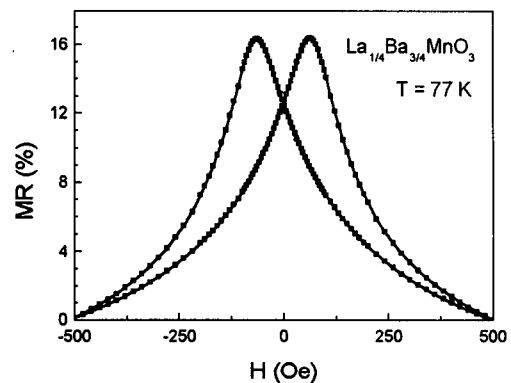


Fig. 2. MR data of $\text{La}_{1/4}\text{Ba}_{3/4}\text{MnO}_3$ at 77 K.

4. 결 론

다결정 시료 $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_3$ ($1/2 \leq x < 1$)에서 La와 Ba의 큰 size mismatch에 의한 효과로 보이는 상분리가 일어났다. 자기적, 전기적 특성을 측정한 결과 강자성 금속상과 비강자성 부도체상의 분리로 추정된다. 또한 500 Oe의 저자장 하에서 20 %에 가까운 큰 자기저항 효과를 나타냈으며 grain boundary에 의한 TMR 효과로 보여진다.

5. 참고문헌

- [1] H. L. Ju, C. Kwon, Qi Li, R. L. Greene, and T. Venkatesan, *Appl. Phys. Lett.* **65**, 2108 (1994)
- [2] H. L. Ju, Gopalakishnan, J. L. Peng, Qi Li, G. C. Xiong, T. Venkatesan, and R. L. Greene, *Phys. Rev. B* **51**, 6143 (1995)
- [3] Yu Lu, X. W. Li, G. Q. Gong, Gang Xiao, A. Gupta, P. Lecoeur, J. Z. Sun, Y. Y. Wang, and V. P. Dravid, *Phys. Rev. B* **54**, R8357 (1996)