

철을 미량 치환한 $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ ($x=0.0, 0.005, 0.01$) 물질의 자기적 및 중성자 회절연구

최강룡*, 안근영, 심인보, 김철성
 국민대학교 물리학과, 서울 성북구 정릉동 861, 136-702

1. 서론

LaMnO_3 에 Ca을 치환한 Mn계 perovskite 구조(ABO_3)의 물질에서 초거대자기저항 현상이 발견된 이후 $R_{1-x}A_x\text{MnO}_3$ ($R=\text{La, Nd, Pr}$; 희토류금속, $A=\text{Ca, Sr, Ba, Cd, Pb}$; 2가 양이온)계의 Mn 산화물의 연구가 고감도 자기 저항 센서와 자기기록 등의 활용가능성을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 자기적 특성이 뛰어난 초거대자기저항물질에 대한 미시적인 자성에 대한 연구는 그 메커니즘이 복잡하고 다양한 접근방식에 따른 ^[1-4] 이에 우리는 LBMO 페로브스카이트 산화물의 Mn 자리에 이온반경이 비슷한 ^{57}Fe 를 미량 치환한 $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ ($x=0.0, 0.005, 0.01$)에 대하여 결정학적 및 자기적 성질을 연구하였다.

2. 실험방법

Ethanol을 용매로 한 sol-gel 법을 이용하여 단일상의 polycrystalline 분말 시료를 합성할 수 있었다. 출발물질로는 La-nitrate, Ba-acetate, Mn-acetate, ^{57}Fe isotope를 선정하였고, 출발물질의 용해도를 고려하여 acetic acid, ethanol 및 초순수 장치를 이용한 3차 증류수를 주 용매로 선정하여 졸을 제조한 후 150 °C의 온도에서 24 시간 동안 건조하여 겔화 시킨 뒤 1200 °C의 산소 분위기 에서 열처리하여 최종적인 분말을 얻었다. 시료의 열처리에 따른 결정구조 및 입도(grain size) 등을 확인하기 위하여 $\text{CuK}\alpha$ 선을 사용하는 Philips사 X'Pert(PW1827) X-선 회절기를 이용하여 X-선 회절도를 측정하였으며 scanning 속도를 분당 0.2 °로 하여 분해능을 증가시켰다. 시료의 자성특성은 진동 시료형 자력계(VSM)를 이용하여 외부자계를 0.5 T 까지 인가한 상태에서 상온에서의 자기이력곡선을 통해 측정하였으며, 특히 미량의 ^{57}Fe 를 치환한 시료의 Mössbauer 스펙트럼을 15 K와 상온에서 측정하여 Fe 이온분석을 통해 Fe의 이온가 및 거동을 살펴보았다. 이때 γ 선원은 Rh 금속에 들어있는 실온상태의 40 mCi의 ^{57}Co 단일 선원을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

X-선 회절 및 중성자 회절 실험 결과 결정학적 구조는 $a_0 = 3.918 \sim 3.907 \text{ \AA}$ 의 격자상수를 갖는 cubic 구조로 분석 되었다. 이는 망간보다 이온반경이 조금 작은 철이

치환됨에 따라서 격자상수의 감소를 나타내는 것으로 보인다. VSM 측정결과 포화 자화값과 보자력 값은 철을 치환함에 따라서 각각 감소하는 경향을 보였다. Curie 온도는 철의 치환량에 따라서 360 K 에서 340 K 로 감소하였다. 철을 1% 치환한 경우 최대자기저항 비($\Delta\rho/\rho_H$)는 281 K 에서 9.5 % 였으며, 금속-반도체 전이 온도는 255 K로 관측되었다. Mössbauer 분광 실험은 15 K에서 400 K의 온도 영역에서 각각 수행하였으며, Mössbauer 스펙트럼은 Lorentzian 12 line (2 set)으로 분석하였으며, 이는 Fe^{3+} 이온이 Mn^{3+} 또는 Mn^{4+} 자리에 각각 치환됨으로써 그 주변의 이온 분포가 다르게 나타남으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 중성자 회절 분석의 결정학적 결과와 일치함을 알 수 있다.

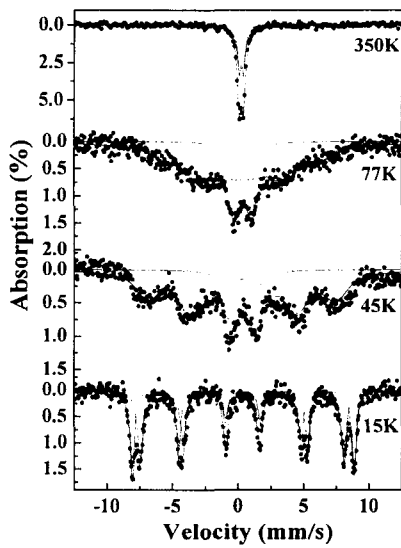


Fig. 1. Mössbauer spectra of $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{Mn}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{O}_3$ at various temperatures.

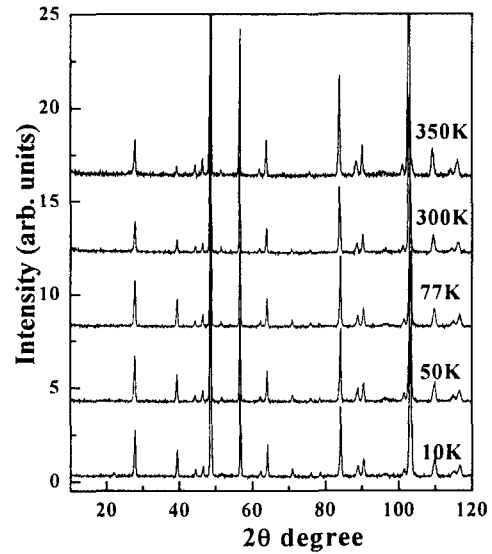


Fig. 2. Neutron diffraction patterns for $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{Mn}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{O}_3$ at various temperatures.

References

- [1] G. A. Sawatzky, F. Van der Woude, and A. H. Morrish, Phys.Rev., 187, 747, (1969).
- [2] S. Mori, C. H. Chen, and S. W. Cheong, Nature 392, 473, (1998).
- [3] M.Uehara, S. Mori, C. H. Chen, and S. W. Cheong, Nature 399, 560, (1999).
- [4] Sung Baek Kim, Key Taek Park, and Chul Sung Kim, J. Appl. Phys., 89, 7681, (2001).