

$R_{1-x}Sr_xFeO_3$ (R= Pr, Nd, Sm and Gd) 의 magnetic phase transition 연구

국민대학교 엄영량, 안근영, 김철성,

$R_{1-x}Sr_xFeO_3$ (R= Pr, Nd, Sm and Gd) 의 magnetic phase transition.

Kookmin University, Y. R. Uhm, G. Y. Ahn, and C. S. Kim

1. 서론

최근 강한 전자 상호작용에 의한 전이금속 산화물의 특이한 전기적 상태와 물리적 특성에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히 전이 금속 산화물에서의 전하와 spin과 orbital의 order-disorder transition은 metal-insulator 전이에 매우 중요한 요인으로 알려져 있다.[1] 특히 Mn계 CMR물질의 경우 charge ordering과 관련된 자기적 전이에 관한 연구가 활발히 수행되고 있으며 철 산화물 perovskite의 charge ordering은 $La_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ 의 경우 +3가와 +5가의 두 종류의 Fe 전하가 pseudo cubic [111] 방향으로 335335로 ordered 되어 있음이 밝혀졌다.[2] 이러한 ordered perovskite $R_{1-x}A_xFeO_3$ 의 경우 R자리의 rare earth 이온을 La에서 이온반경이 점점 작아지는 Gd로 치환함에 따라 FeO_6 -octahedral의 bond(Fe-O-Fe) 각도가 180° 에서 점차 감소하는 distortion이 생기며 charge ordering 상태가 점차 감소하여 R= Sm, Gd의 경우는 존재하지 않는다고 알려져 있다.[3]

2. 실험 사항

Single crystal $R_{1-x}Sr_xFeO_3$ 은 floating zone 방식으로 powder의 경우는 세라믹 방식으로 제작되었다. 시작물질로는 Pr_2O_3 , Nd_2O_3 , Gd_2O_3 , $SrCO_3$ 그리고 $\alpha-Fe_2O_3$ 를 사용하여 $1000^\circ C$ 에서 12 h 공기중에서 2 차 열처리하여 얻은 파우더를 rod로 만들어 $1260^\circ C$ 에서 24 h 동안 산소분위기에서 sintering하였다. sintering하여 seed와 powder시료를 얻었다. 단결정 시료의 경우 seed를 floating zone furnace에서 산소압력 6-8.5 atm하에 2mm/h의 속도로 성장 시켰다. 시료의 특성은 X-선 회절기, SQUID magnetometer 및 Mössbauer 분광기를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 분석

single crystal로 성장 시킨 $R_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ (R= Pr, Nd, Sm)은 모두 rhombohedral 구조를 가지고 있으며 R자리에 Pr보다 이온 반경이 작은 Nd, Sm이온이 치환될수록 격자상수는 $a_0 = 5.4642 \text{ \AA}$ 에서 $a_0 = 5.4570 \text{ \AA}$ 으로 감소하며 $\alpha = 59.9938^\circ$ 에서 $\alpha = 60.0116^\circ$ 로 증가하는 경향을 띄고 있다. $Gd_{0.25}Sr_{0.75}FeO_{3-y}$ 의 경우는 orthorhombic 구조를 가짐을 확인하였다. Figure 1은 외부 자기장을 100 Oe 가한 상태에서 측정된 $R_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ (R= Pr, Nd, Sm)의 SQUID 결과이다. R자리에 Pr보다 이온 반경이작은 Nd, Sm이온이 치환되면서 spontaneous magnetization값은 점진적으로 줄어드는 것을 알 수 있으며 R= Pr, Nd의

경우 cusp structure가 명확히 나타나는데 반해 R= Sm의 경우는 확인할 수 없었다. Figure 2는 $Rr_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ (R= Pr, Nd, Sm)과 $Gd_{0.25}Sr_{0.75}FeO_{3-y}$ 의 저온에서의 Mössbauer spectra를 나타낸 것이다. $R_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ (R= Pr, Nd)시료의 경우 Fe^{3+} 와 Fe^{5+} 이온이 2:1로 존재하며 charge ordering temperature(T_{CO})는 R= Pr의 경우 190 K, R = Nd 는 160 K임을 알 수 있다. 이 경우 $T_{CO} = T_N$ 을 의미하며 이때 초미 자기장 값은 T_N 직전 까지 일정한 값을 유지하다가 T_N 에서 갑자기 없어지는 현상을 확인할 수 있어 T_{CO} 임을 확인할 수 있으며 Mössbauer spectrum분석결과 R=Pr의 경우 150 K부터 R= Nd의 경우 105 K부터 Fe^{4+} 이온이 함께 ordered state와 공존함을 알 수 있었다. R=Sm과 Gd가 치환된 시료들에서는 극 저온에서부터 $Fe^{3+}, Fe^{4+}, Fe^{5+}$ 이온이 함께 존재함을 알 수 있다. 이 경우 역시 T_N 근처까지 일정한 초미세 자기장 값을 가지다가 T_N 에서 갑자기 사라지는 현상을 볼수 있어 기존의 비저항 측정, optical spectra등에서 확인할 수 없던 order된 phase를 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Tokura, Physica B, 237-238, 1 (1997).
- [2] T. Ishigawa, S. K. Park, T. Katsufuji, T. Arima, and Y. Tokura, Phys. Rev. B 58,R13 326(1998).
- [3] S. K. Park, T. Ishikawa, Y. Tokura, J. Q. Li, and Y. Maysui (unpublished).

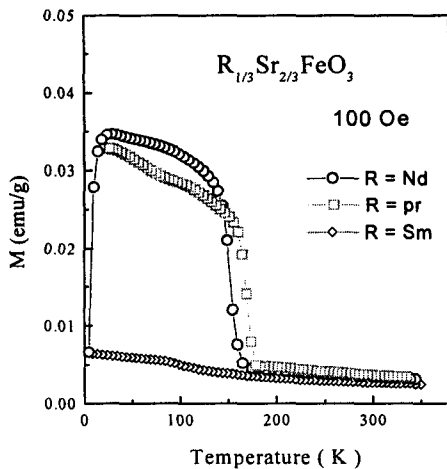


Fig. 1. Temperature dependence of Magnetization at H = 100 Oe for $R_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ (R=Pr, Nd, Sm)

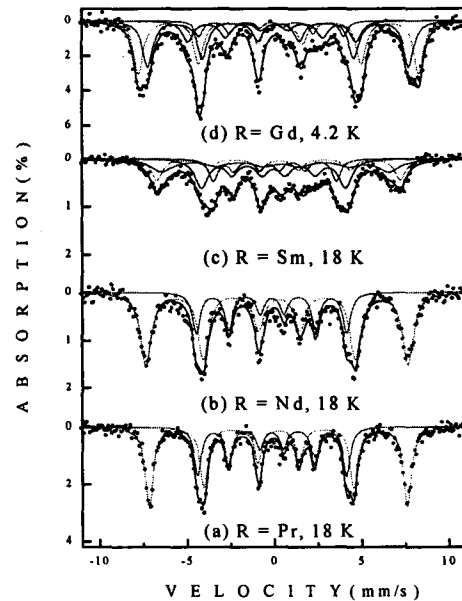


Fig. 2. (a), (b), (c) Mössbauer spectra for $R_{1/3}Sr_{2/3}FeO_3$ (R=Pr, Nd, and Sm) at 18 K, and (d) for $Gd_{0.25}Sr_{0.75}FeO_{3-y}$ at 4.2 K