

Sr_{2-x}A_xFeMoO₆에서 hole doping에 따른 T_c의 변화

우양수*, 양정배, 김재영, 이보화
 한국외국어대학교

1. 서론

Double perovskite A₂FeMoO₆ 구조의 A자리에 Ba²⁺, Sr²⁺, Ca²⁺ 이온들이 오게 되며, 이 이온들의 이온반경에 따라 결정구조와 T_c가 변하게 된다.[1] Ba²⁺의 경우 cubic 구조, Sr²⁺과 Ca²⁺는 각각 tetragonal과 orthorhombic 구조를 가진다. Double perovskite의 A자리를 일부 치환하는 경우, T_c에 영향을 주는 것은 3가지로 요약할 수 있는데, carrier doping량, Fe와 Mo의 antisite disorder (AS)의 증가, 셀 크기의 변화 같은 구조적 요인이 있다. 최근 Frontera는 Sr²⁺ 자리에 이온반경이 비슷한 Ca²⁺와 La³⁺를 치환해서 Sr_{2-x}CaxFeMoO₆(SCFMO)와 Sr_{2-x}LaxFeMoO₆(SLFMO)의 T_c 변화를 측정하였다. 측정결과 AS나 셀 크기 요인이 같은 경우 carrier doping이 T_c 증가의 직접적 원인이라고 보고하였다.[2] 그러나 한편으로 Moritomo는 SFMO에서 La doping과 T_c의 변화가 거의 무관하다고 보고하였다.[3] 하지만 Ba₂FeMoO₆(BFMO) 시료에서 Ba²⁺에 La³⁺를 치환했을 때 doping 농도가 증가함에 따라 셀 크기는 작아지고 T_c는 증가하였다.[4] 이에 본 논문에서는 Sr₂FeMoO₆ 시료의 Sr²⁺ 자리에 K⁺ 또는 Ba²⁺이온을 치환하여, 이온반경과 carrier doping이 T_c에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험방법

고체 상태 반응법으로 다결정 시료들을 5% H₂/Ar gas 분위기에서 합성하였다. X-선 회절측정(Rigaku, Mini Flex)을 통해서 단일상의 형성을 확인하였고, VSM(Lake Shore, model 7300)을 이용하여 자기적 특성을 관찰 하였다.

3. 결과 및 고찰

X-선 실험 결과, Sr_{2-x}A_xFeMoO₆(A=K, Ba)의 시료들은 tetragonal I4/mmm 구조를 갖는 단일 상임을 확인하였다. 그림 1은 Sr_{2-x}A_xFeMoO₆의 치환정도에 따른 cell volume을 나타낸 것으로 x=0일 때 cell volume이 246.19 Å³에서 K⁺치환 x=0.2일 때 247.53 Å³으로, Ba²⁺치환 x=0.2일 때 247.61 Å³으로 증가하여, K⁺나 Ba²⁺ 모두 치환 정도에 따라 lattice parameter와 cell volume이 증가함을 알 수 있었다.

작은 이온반경 자리에 큰 이온반경의 물질이 들어가게 되면 이온반경을 증가하게 되나 그에 따라 T_c는 감소하게 된다.[1] Ba²⁺(1.61 Å)과 K⁺(1.64 Å)의 이온반경이 Sr²⁺(1.44 Å)보다 크기 때문에 T_c의 감소를 기대할 수 있다. 그림 2는 K⁺와 Ba²⁺ 치환에 따른 이온 반경 증가에 따라 T_c의 감소를 보인 것이다. 1000e의 외부 자기장하에서 자화율을 측정한 결과, A=Ba의 경우 x=0 일때 399 K에서 x=0.2 일때 377 K로 T_c가 감소하였고, A=K의 경우 352 K로 감소하였다. K⁺ 치환일 때 Ba²⁺보다 더 큰 T_c의 감소를 볼 수가 있는데 이는 이온 반경에 기인한 Ba²⁺의 T_c 감소에 비해 K⁺는 hole doping에 의한 영향이 더해졌음을 볼 수 있다.

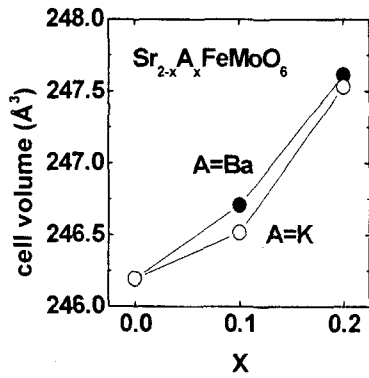


그림 1. Evolution of cell volume upon doping for $\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{FeMoO}_6$ and $\text{Sr}_{2-x}\text{K}_x\text{FeMoO}_6$

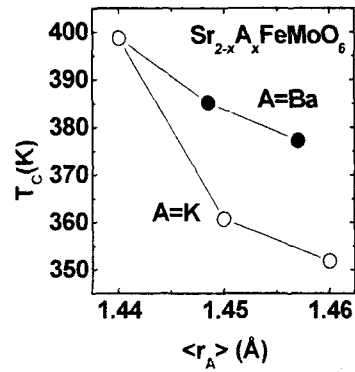


그림 2. T_c vs. $\langle r_A \rangle$ for $\text{Sr}_{2-x}\text{A}_x\text{FeMoO}_6$

4. 결론

$\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 의 Sr^{2+} 자리에 K^+ 또는 Ba^{2+} 를 부분치환한 경우 결정구조는 tetragonal 구조를 유지하면서 cell volume이 증가하였다. cell volume의 증가로 인하여 T_c 의 감소를 보였으며, K^+ 치환일 때는 hole doping에 의한 영향으로 T_c 의 감소가 더욱 크게 나타내는 경향을 보였다.

5. Reference

- [1] C. Ritter, M.R. Ibarra, L. Morellon, J. Blasco, J. Garcia, and J. M. De Teresa, J. Phys.: Condens. Matter 12, 8295 (2000).
- [2] C. Frontera, D. Rubi, J. Navarro, J. L. Garcia-Munoz, C. Ritter, J. Fontcuberta, Physica B 350, e285 (2004).
- [3] Y. Moritomo, S. Xu, T. Akimoto, A. Machida, N. Hamada, K. Ohoyama, E. Nishibori, M. Takata, and S. Sakata, Phys. Rev. B 62, 14224 (2000).
- [4] H. M. Yang, W. Y. Lee, H. Han, B. W. Lee, and C. S. Kim, J. Appl. Phys. 93 6987 (2003).