

## 비자성 이온 Ga, In 이 치환된 유화물 스피넬의 뫼스바우어 분광학 연구

손배순\*, 김삼진, 고태준, 김철성  
국민대학교

(The effect of non magnetic ion substitution for the  $\text{FeCr}_{2-x}\text{M}_x\text{S}_4$  (M=Ga, In) by  
Mössbauer spectroscopy)

Bae Soon Son\*, Sam Jin Kim, Tae Joon Kouh, and Chul Sung Kim  
Kookmin Univ.

## 1. 서론

유화물 스피넬 구조에서 초거대 자기저항이 발견된 이후 산업적으로 응용이나 다양한 물리적 특성으로 인하여 관심을 받고 있다[1]. 최근에는 높은 압력하에서 metal-to-insulator 전이와 metallic 과 insulating spin glasses 의 특성[2,3], relaxor ferroelectricity 과 colossal magnetocapactive 성질이 동시에 일어나는 muliferroic 물질로 관심을 받고 있다[4]. 이러한 특성은 근본적으로 magnetic frustration 나 스피넬의 A site 와 B site 의 강자성- 반강자성 superexchange 상호작용의 경쟁으로 이해하려는 경향이 있다[5]. 본 연구에서는 Mössbauer 분광실험과 XRD, VSM 을 이용하여 Ga 과 In 이 치환된  $\text{FeCr}_{2-x}\text{M}_x\text{S}_4$  (M=Ga, In; x=0.1, 0.3) 에 대해 연구하였다.

## 2. 실험방법

시료의 합성은 고순도의 Ga, In, Fe, Cr, S 을  $10^{-5}$  torr 의 진공 석영관에 봉입하여 직접합성법으로 제조하였다. 시료의 결정상태를 x-선 회절기로 확인하였으며, 결정구조 분석에는 Rietveld 프로그램을 이용하였다. 이렇게 얻어진 결과를 VSM 자화율 측정, Mössbauer 분광실험과 연계하여 해석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

단일상  $\text{FeCr}_{2-x}\text{M}_x\text{S}_4$  (M=Ga, In; x=0.1, 0.3) 에 대하여 x-ray 회절 패턴실험을 수행하였다. 결정구조는 Rietveld 프로그램을 이용하여 공간그룹이  $Fd3m$  [Fe, Ga, In (8a); Cr, Ga, In (16d); S (32e) (u, u, u)] 인 cubic spinel 임을 확인하였다. 비자성 이온 Ga 이 치환된 시료의 경우, Ga 이 치환될 수록 격자상수가 10.007 에서 9.996 Å 로 감소하는 반면, In 이 치환된 시료의 경우 In 이 치환 될수록 격자상수가 10.029 에서 10.092 Å 로 증가함을 확인하였다. VSM 측정 결과 B site 에 치환되는 Ga 과 In 이 치환 될수록 Néel 온도는 각각 108 에서 188 K, 173 에서 160 K 로 변화하였는데, 이것은 격자상수의 변화에 따라 A site 와 B site 의 superexchange 상호작용으로 해석 할 수 있었다.

뫼스바우어 분광실험을 4.2 K 부터 상온까지 측정하였다. 그림 1 과 2 은 Ga 과 In 이 치환된 시료에 대하여 각각 상온과 4.2 K 에서의 뫼스바우어 스펙트럼이다. 상온에서의 뫼스바우어

스펙트럼은 Fe 이온이 각각 A site (inner doublet) 와 B site (outer doublet)에 점유함을 볼 수 있다. 이는 비자성 이온 Ga 과 In 이 A site 의 Fe 이온의 비대칭적인 전하 분포를 야기시키는 것으로 해석할 수 있었다. 피스바우어 스펙트럼 분석 결과, Ga 과 In 이온을 치환함에 따라 이온반경이 Ga 이온보다 In 이온반경이 큼에도 불구하고  $\text{FeCr}_{2-x}\text{M}_x\text{S}_4$  ( $x=0.3$ )의 전기 사중극자가 큼을 알 수 있었다. 또한 Cr-S 의 결합거리를 비교해 본 결과,  $\text{FeCr}_{2-x}\text{Ga}_x\text{S}_4$  ( $x=0.3$ )와  $\text{FeCr}_{2-x}\text{In}_x\text{S}_4$  ( $x=0.3$ ) 가 각각 2.41, 2.43 Å 로, 결합거리 감소에 의한 공유결합력이 커짐에 따라 비대칭적인 전하분포를 야기함으로 해석할 수 있다. 이는 큰 전기 사중극자를 유도하는 결과와 일치함을 알 수 있었다.

#### 4. 참고문헌

- [1] R. Fichtl, V. Tsurkan, P. Lunkenheimer, J. Hemberger, V. Fritsch, H.-A. Krug von Nidda E-W. Scheidt, and A. Loidl, Phys. Rev. Lett. 94, 027601 (2005).
- [2] S. Nagata, N. Matsumoto, Y. Kato, T. Furubayashi, T. Matsumoto, J. P. Sanchez, and P. Vulliet, Phys. Rev. B 58, 6844 (1998).
- [3] T. Gron, E. Maciazek, J. heimann, J. Kusz, I. Okolska-Kozłowska, K. Bärner, and Ch. Kleeberg, Physica B 254, 84 (1998).
- [4] J. Hemberger, P. Lunkenheimer, R. Fichtl, H.-A. Krug von nidda, V. Tsurkan, and A. Loidl, Nature 434, 364 (2005).
- [5] E. Moreno, et al, Physica B 291, 190 (2000).

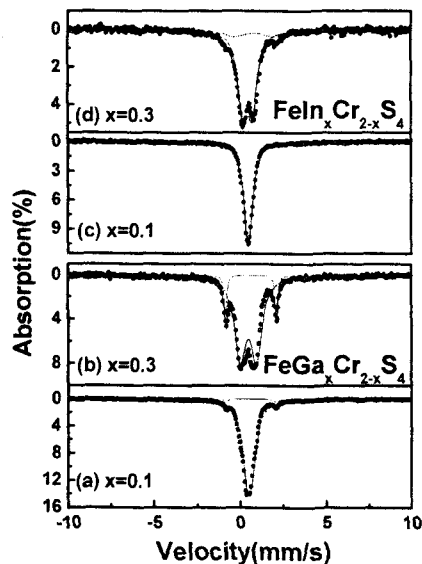


Fig. 1. Mössbauer spectra of  $\text{FeCr}_{2-x}\text{M}_x\text{S}_4$  (M=Ga, In;  $x=0.1, 0.3$ ) at room temperature.

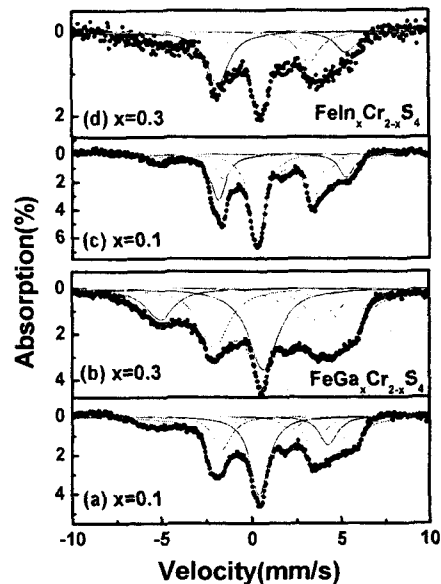


Fig. 2. Mössbauer spectra of  $\text{FeCr}_{2-x}\text{M}_x\text{S}_4$  (M=Ga, In;  $x=0.1, 0.3$ ) at 4.2 K.