

## FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub>의 합성과 피스바우어 연구

손배순<sup>1\*</sup>, 김삼진<sup>1</sup>, 심인보<sup>1</sup>, 고태준<sup>1</sup>, 이보화<sup>2</sup>, 김철성<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국민대학교 물리학과

<sup>2</sup>한국의국어 대학교 물리학과

### 1. 서론

MCr<sub>2</sub>X<sub>4</sub> (M = Fe, Co, Cu, Cd; X = S, Se) 으로 이루어진 유화물 물질들은 M 자리에 치환되는 이온들에 의하여 다양한 자기적 성질을 보여주고 있다[1]. CuCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> 와 CdCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> 의 경우 metallic conduction 와 큰 magneto-optical 효과를 보여주고 있다[2]. 또한 FeCr<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 의 경우, 초거대 자기저항효과와, metal-insulator 전이, structural phase 전이가 나타난다고 보고되었으며[3], FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 와 MnSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 물질에서는 spin-frustration 효과가 나타난다[4]. 최근에는 이러한 물질들이 relaxor ferroelectricity 와 colossal magnetocapactive 효과가 나타난다고 보고되었다[5]. 이러한 특성은 근본적으로 magnetic frustration 나 스핀넬의 A 자리와 B 자리의 강자성-반강자성 초교환 상호작용의 경쟁으로 이해하려는 경향이 있다[6]. 본 연구에서는 피스바우어 분광 실험과 XRD을 이용하여 FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 의 결정적 및 자기적 구조에 대해 연구하였다.

### 2. 실험방법

시료의 합성은 고 순도의 Fe, Sc, S을 10<sup>-5</sup> torr 의 진공 석영관에 봉입하여 직접합성법으로 제조하였다. Cu-K $\alpha$  선을 사용하는 x-선 회절기를 이용하여 시료의 결정구조를 확인하였으며, 결정구조 분석에는 Rietveld 프로그램을 이용하였다. 피스바우어 스펙트럼은 전기역학적 등가속도형 피스바우어 분광기로 취하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 의 x-ray 회절도 이다. XRD 측정결과 결정구조는 *Fd3m* 공간그룹을 가지는 입방 스핀넬로 결정하였으며, 양이온 Fe는 A 자리에 Sc이 B 자리에 분포하는 정상 스핀넬이었다. Rietveld 분석을 통하여 시료의 격자상수를 결정하였으며, 시료의 격자상수는 각각 10.516 Å 이었다.

Fig. 2와 3 은 시료의 4.2 K 와 상온에서의 피스바우어 스펙트럼이다. 상온에서의 피스바우어 분석결과 FeCr<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 의 단일선 선폭이 0.27 mm/s 임에 비해 FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 경우 0.385mm/s 로 선폭이 큰 단일선으로 분석되었다. 온도가 감소함에 따라 선폭은 증가하였으며, 30 K에서 단일선이 갈라지기 시작하였으며 외부 흡수선이 비대칭적으로 나타남을 확인할 수 있었다. 상자성 영역에서 피스바우어 흡수선은 단일선이었으며 이로부터 FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub>의 A 자리에 Fe<sup>2+</sup> 만이 위치함을 확인하였다. 또한 낮은 온도 이하에서 Fe<sup>2+</sup> 이온에 의해 사중극자 상호작용이 유도되어 흡수선이 갈라지며 외부선이 비대칭이

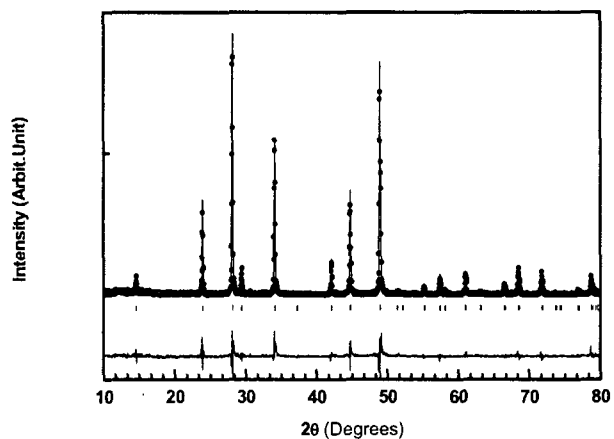


Fig 1. Refined x-ray diffraction patterns of the FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> at room temperature.

됨을 확인 할 수 있었다. 이것은 상온에서의 이성질체 이동치의 값이 0.623 mm/s 로 Fe의 이온상태가 +2 와 일치함을 확인할 수 있었다.

#### 4. 참고문헌

- [1] L. Fang, P.Y. Zou, X. F. Lu, Z. Xu, H. Chen, L. Shan, and H. H. Wen, Phys. Rev. B, **71**, 064505, 2005.
- [2] T. Ogasawara, K. Ohgushi, Y. Tomioka, K. S. Takahashi, H. Okamoto, M. Kawasaki, and Y. Tokura, Phys. Rev. Lett., **94**, 2005.
- [3] 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.
- [4] V. Fritsch, J. Hemberger, N. Buttgen, E.-W. Scheidt, H.-A. Krug von Nidda, A. Loidl, and V. Tsurkan, Phys. Rev. Lett., **92**, 116401, 2004.
- [5] J. Hemberger, P. Lunkenheimer, R. Fichtl, H.-A. Krug von Nidda, V. Tsurkan, and A. Loidl, Nature, **434**, 364, 2005.
- [6] J. hemberger, T. Rudolf, H. -A. Krug von Nidda, F. Mayr, A. Pimenov, V. Tsurkan, and A. Loidl, Phys. Rev. Lett., **97**, 087204, 2006

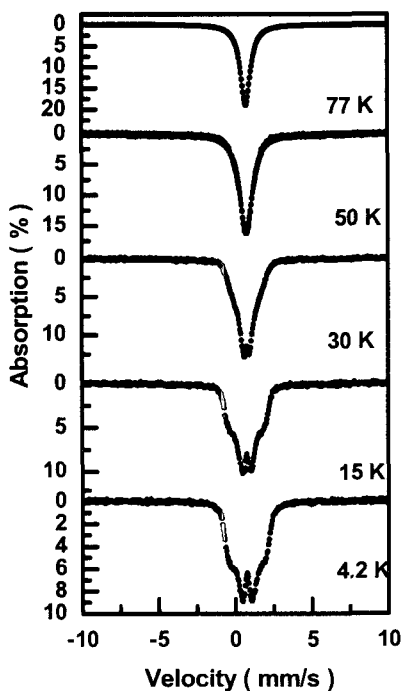


Fig. 2. Mössbauer spectra of FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> at 77 K from 4.2 K.

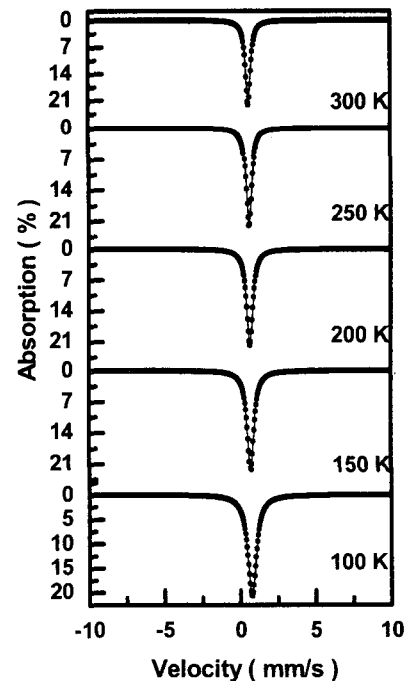


Fig. 3. Mössbauer spectra of FeSc<sub>2</sub>S<sub>4</sub> at room temperature from 100 K.