

## 뫼스바우어 분광실험을 통한 $^{57}\text{FeRh}_2\text{Se}_4$ 의 에너지 준위 분열 연구

손배순\*, 심인보, 김철성  
국민대학교 물리학과

### 1. 서론

현재  $\text{AB}_2\text{X}_4$  ( $A = \text{Fe, Co, Cu, Cd, Hg}$ ;  $B = \text{Cr, Mn, Sc, Rh}$ ;  $X = \text{S, Se}$ )의 화학식을 가지는 유화물 물질들에 대하여 자기적 물성 뿐 만 아니라 전기적 물성 연구가 활발하게 진행되고 있는 실정이다[1-4]. 또한 유화물 물질 뿐만 아니라  $\text{AB}_2\text{O}_4$ 의 화학식을 가지는 산화물에서도 유화물 물질과 연관되어 전자기적 물성 연구가 활발하게 진행되고 있다[5-7]. 특히, 두 가지의 이상의 물성이 동시에 나타나는 멀티페로이즘에 대한 연구가 산화물 물질에서 뿐만 아니라 유화물 물질에서 활발하게 연구가 이루어지고 있다.

$\text{FeRh}_2\text{Se}_4$ 는 1980년 대 시료 합성 성공 이후 결정학적 연구와 Fe 이온의 위치에 대한 연구가 이루어 졌으나 [8,9], 많은 연구가 진행되지 않았다.  $^{57}\text{FeRh}_2\text{Se}_4$ 를 제조하여 결정학적 물성 연구와 뫼스바우어를 통한 자기적 물성 연구를 통하여 Fe 이온의 에너지 준위에 대한 분열 뿐 만 아니라 멀티페로이즘 물성 발현에 대한 가능성을 연구하였다.

### 2. 실험방법

시료의 합성은 다음과 같은 진공 중에서의 직접합성법으로 제조하였다. 고 순도의  $^{57}\text{Fe}$ , Rh, Se을 적정 당량비로 혼합한 후  $10^{-5}$  torr의 진공 중에서 석영관에 봉입하여 1차 열처리를 진행하였다. 1차 열처리 후 시료의 균질성을 위하여 마노(agate)내에서 곱게 분쇄 한 후 알약 모양으로 만들어 석영관 내에서 진공 봉입한 후 2차 열처리를 진행하였다. 위의 열처리 과정에 봉입한 석영관 외벽에 고순도 질소 가스를 흘려 시료내부로 산소가 확산되는 것을 방지하였다. 합성의 시료의 결정 구조를 확인하기 위해 Cu-K $\alpha$ 선을 사용하는 x-선 회절기를 이용하였으며, 결정구조 분석에는 Rietveld 프로그램을 이용하였다. 뫼스바우어 스펙트럼은 전기역학적 등가속도형 뫼스바우어 분광기로 취하였다.

### 3. 결과 및 고찰

XRD 회절선을 Rietveld 프로그램으로 정련을 수행한 결정 구조 분석 결과  $^{57}\text{FeRh}_2\text{Se}_4$ 의 공간 그룹이  $I2/m$ 인 단사구조로 확인되었다. 또한 명확한 Fe와 Rh의 양이온 분포를 결정하기 위하여 3가지 가능성에 대하여 정련을 수행 하였다.

분석결과 Fe와 Rh 양이온 분포는  $[\text{Rh}]_A[\text{FeRh}]_B\text{Se}_4$ 로 결정되었으며 시료의 격자 상수는 각각  $a = 6.290$ ,  $b = 3.641$ ,  $c = 11.075$  Å,  $\beta = 92.15^\circ$ 였다. 분석 결과 단사 구조 이외의 어떠한 회절선은 보이지 않았다.

$^{57}\text{FeRh}_2\text{Se}_4$  시료에 대하여 자기적 물성과 에너지 준위의 분열을 연구하기 위하여 뫼스바우어 분광실험을 4 K부터 상온구간에 걸쳐 수행하였다. Fig.1에서 보여 지듯이 극저온에서는 뫼스바우어 스펙트럼이 6개의 공명선이 중첩되어 있음을 확인 할 수 있었으며, 40 K 이상의 온도구간에서는 2개의 공명선으로 구성되었다. 온도가 증가함에 따라 2개의 공명선의 비대칭이 증가하였으며, 이는 Goldanskii-Karyagin 효과로 설명되어 진다. 5 K에서의 Fe 이온에 의한 초미세 자기장, 전기사중극자 분열치와 이성질체 이동치가 각각 175.98 kOe, 0.013 mm/s, 0.63 mm/s 이었으며, 이성질체 이동치

로부터 Fe의 이온상태가 2가임을 확인 할 수 있었다.

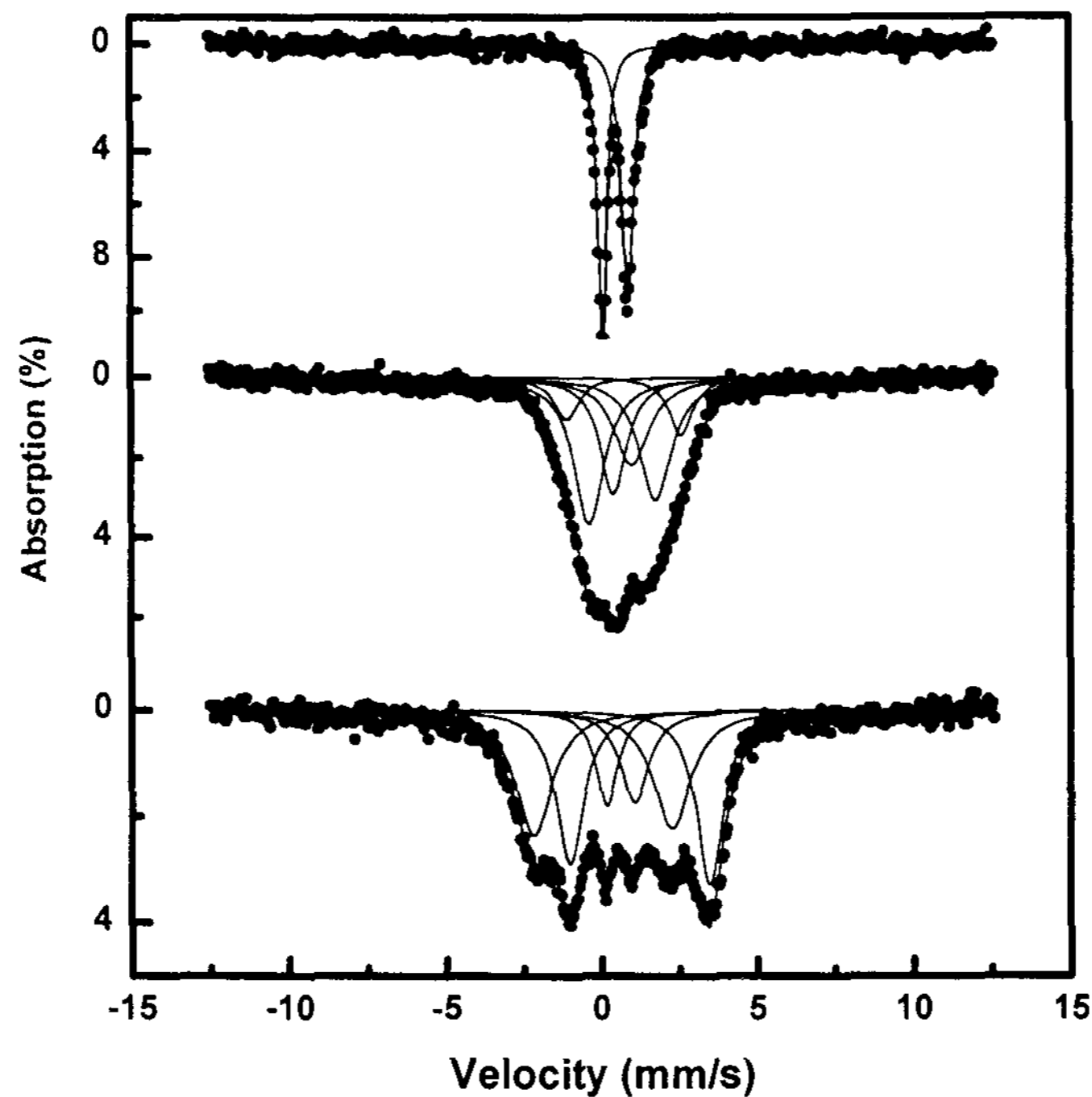


Fig. 1. Mössbauer spectra of  $^{57}\text{FeRh}_2\text{S}_4$  at various temperatures.

#### 4. 참고문헌

- [1] L. Q. Yan, J. Shen, Y. X. Li, F. W. Wang, Z. W. Jiang, F. X. Hu, J. R. Sun, and B. G. Shen, *Appl. Phys. Lett.* **90**, 262502, 2007.
- [2] T. Ogasawara, K. Ohgushi, Y. Tomioka, K. S. Takahashi, H. Okamoto, M. Kawasaki, and Y. Tokura, *Phys. Rev. Lett.*, **94**, 086202, 2005.
- [3] N. Büttgen, A. Zymara, C. Kegler, V. Tsurkan, and A. Loidl, *Phys. Rev. B*, **73**, 132409, 2006.
- [4] J. Hemberger, H.-A. Krug von Nidda, V. Tsurkan, and A. Loidl, *Phys. Rev. Lett.* **98**, 147203, 2007.
- [5] H. Ueda, H. A. Katori, H. Mitamura, T. Goto, and H. Takagi, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 047202, 2005.
- [6] K. T. Chan., J. D. Sau, P. Zhang, and M. L. Cohen, *Phys. Rev. B* **75**, 054304, 2007.
- [7] G-W Chern, C. J. Fennie, and O. Tchernyshyov, *Phys. Rev. B* **74**, 060405, 2006.
- [8] H. N. Ok, K. S. Baek, and C. S. Kim, *Phys. Rev. B.*, **26**, 4436, 1982.
- [9] C. S. Kim, I. B. Shim, M. Y. Ha, C. S. Kim and J. Y. Park, *J. Appl. Phys.* **73** (10) 5707, 1993.