

반강자성체  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 의 자성 연구

국민대학교 강주홍\*, 김철성

(Magnetic properties for Antiferromagnetic  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ )

Kookmin Univ. Kang Ju Hong, and Chul Sung Kim

## 1. 서론

최근  $\text{AB}_2\text{X}_4$  ( $A, B = \text{transition metal}, X = \text{chalcogenide material}$ ) 물질들은 공통적으로 도체-부도체 전이가 나타나고 극저온에서는 스핀-글라스(spin-glass) 현상들이 보고되고 있다[1]. Chalcogenide 물질은 사면체 자리(A)와 팔면체 자리(B)에 치환되는 전이금속에 따라 다양한 결정학적 및 자기적인 성질이 나타나서 많은 연구대상이 되고 있다. 이 중에서 팔면체 자리 선호성이 강한 Cr을 기본으로 하는 chalcogenide 물질들 중 사면체 자리에 Fe을 치환한  $\text{FeCr}_2\text{S}_4$  물질은 입방스피넬구조이며 준강자성 특성을 가지고 있는 것으로 보고되어 있다. 그리고 Cu를 치환한  $\text{CuCr}_2\text{S}_4$  물질의 경우 역시 결정구조는 입방스피넬의 구조이나 자기적 성질은 강자성 특성을 가진다. 그리고 Curie 온도는 각각 172 K, 450 K 임이 보고되었다[2].  $\text{FeCr}_2\text{S}_4$ 와는 대조적으로 S대신 Se을 치환한  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 의 경우 결정구조는 단사구조이고 Néel 온도는 218 K인 반강자성 특성을 가지는 것으로 보고되었다. 또한 이물질은 결정학적 구조 및 자기학적 구조에 대한 논의가 현재 진행 중이다[3-5]. 본 연구에서는 XRD와 중성자회절법을 통하여  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 의 결정학적 성질을, 그리고 SQUID, 뫼스바우어분광기를 이용하여 자기적 성질을 규명하였다.

## 2. 실험방법

99.99 % 이상의 고 순도의 Fe, Cr, Se 분말을 정확한 당량비로 곱게 갈아 섞은 후 석영관에 진공 봉입하였다. 봉입한 시료는 Se의 증기압으로 인한 폭발을 방지하기 위해 4일에 걸쳐 서서히 온도를 증가시켜 1000 °C, 질소가스 분위기에서 열처리 하였다. 1차 열처리 후 시료의 균질성을 위해 유압기를 이용하여 시료를 pellet 형태로 만들었으며 이렇게 얻은 pellet으로 2차 열처리를 수행하여 단일상의  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 를 제조하였다.  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 의 결정학적 및 자기적 성질을 알아보기 위해 X선 회절(XRD), 중성자 회절, SQUID, 뫼스바우어 분광기를 이용하여 측정 및 연구하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

XRD를 이용하여 측정한  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 의 결정구조는  $I2/m$ 의 공간군(space group)을 가지는 단사구조로 판명되었으며 격자상수는  $a_0 = 6.259 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 3.612 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 11.781 \text{ \AA}$ ,  $\beta = 90.73^\circ$  이다. 물질의 온도에 따른 자기구조를 해석하기 위해 중성자 회절법으로 4 K부터 상온까지 측정하였으며 이는 그림 1에 나타내었다. 이러한 결과, 자기구조에 기인한 회절선들이 극저온에서 Néel 온도까지 관측되었으며, Néel 온도 이상에서는 결정학적 격자에 기인하는 회절선들만 관측되었다. SQUID를 이용한 자기모멘트는 5 K에서 320 K까지 외부장 2 kOe하에서 측정하였으며 시간에 대한 모멘트 값이 이례적인 반강자성 성질을 보여준다. 자기모멘트는 저온에서 110 K 까지 온도의 증가에 따라 감소하다가 온도가 110 K에서 220 K 구간에서는 비선형적으로 자기모멘트가 증가하여 220 K에서 최대 자기 모멘트를 가지게 되며 이를 Néel 온도로 결정 하였다. 상자성 성질을 보이는 220 K 이후의 구간에서의 자화곡선을 Curie-Weiss 법칙에 의해 분석하여 Curie-Weiss 온도가 -450 K임을 알았다. 이는  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$ 가 반강자성임을 보여준다. 뫼스바우어 스펙트럼은 4.2 K부터 295 K까지 취하였으며 이는 그림 2에 나타내었다. 극저온에서는 선폭이 매우 넓고 비대칭적으로 나타나며 온도를 증가시키면 선폭이 서서히 감소하며 Néel 온도 이상이 되면 이중선의 형태를 띤다. 상온에서의 스펙트럼으로부터 이성질체 이동치는 0.64 mm/s로 Fe의 이온가가 +2가 임을 알 수 있다. 그리고 전기 4중극자 분열치는 1.04 mm/s였

으며 이는 단사구조체 내의 Fe 이온주위의 국부적인 대칭성이 상당히 왜곡되어 있는 결과이다.

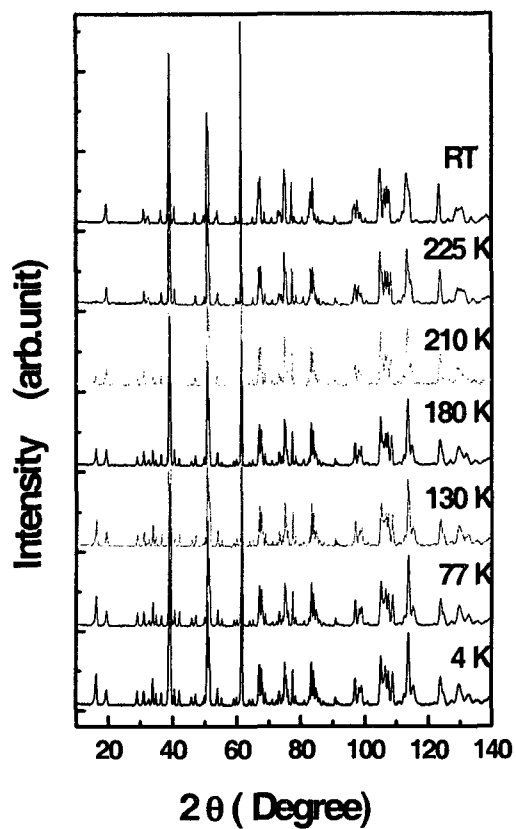


Fig.1. Neutron diffraction patterns of  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$  at temperature ranging from 4.2 to 295 K.

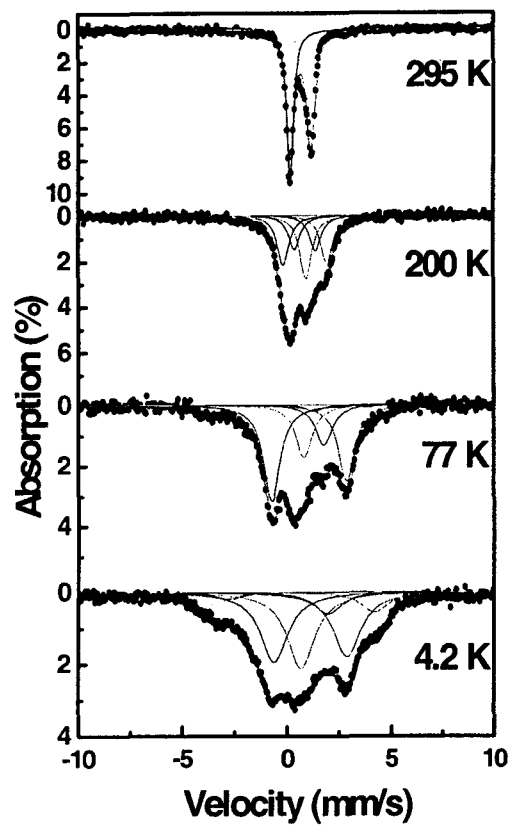


Fig.2. Mössbauer spectra of  $\text{FeCr}_2\text{Se}_4$  at various temperatures.

#### 4. 참고문헌

- [1] G.F.Goya, V.sagredo. *Solid State Communications* **125**, 125-251(2003)
- [2] D.Rodic, B.Antic, R.Tellgren, H.Rundlof, J.Blanusa. *JMMM* **187**, 88-92(1998)
- [3] S.R.Hong ,and H.N.Ok.*Phys.Rev.B* **11**, 4176 (1975)
- [4] H.N.Ok. C.S.Lee,*Phys.Rev.B* **33**, 581 (1986)
- [5] G.F.Goya. A.Memo, and H.Heauseler. *Journal of Solid State Chemistry* **164**, 326-331(2002)