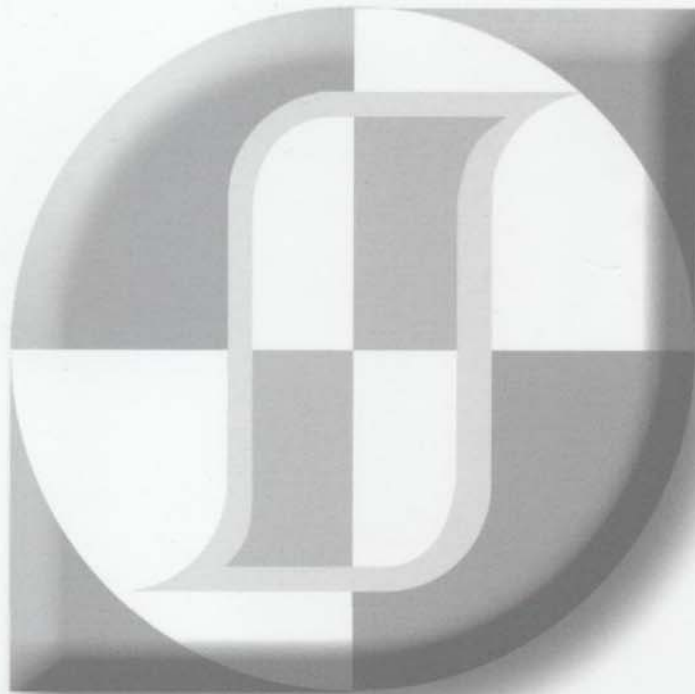


한국자기학회 2008년도 임시총회 및 하계학술연구발표회

KMS 2008 Summer Conference

논문개요집



- 일시** 2008. 6. 12(목) ~ 14(토)
- 장소** 온양관광호텔(충청남도 아산시 소재)
- 주최** 한국자기학회
- 후원** 한국과학기술단체총연합회

Digests of the KMS 2008 Summer Conference
The Korean Magnetics Society

Superstructure를 가지는 $Fe_{0.92}S$ 의 뫼스바우어 분광연구

김우철*, 김진모, 김철성†

국민대학교 물리학과, 서울 136-702

e-mail : cskim@kookmin.ac.kr

1. 서론

FeS계는 $Fe_{1-x}S$ (pyrrhotite) 상들의 넓은 범위의 조성에서 복잡한 상도표를 가지며 조성 따라 흥미있는 결정학적 및 자기적 성질을 보여준다.[1,2] NiAs 구조를 가지는 화학양론의 FeS는 약 600 K의 온도 아래에서 반강자성 특성을 가지며 자기적 질서상태에서 Fe 스핀들은 c 평면에 강자성적 배열을 하며 이웃한 강자성 평면의 쌍들은 c 축을 따라서 반강자성 배열을 이루고 있다. 양이온 x가 클때 대부분의 pyrrhotite는 Fe의 빈자리 질서의 결과로 어떤 superstructure를 나타내고 이러한 빈자리들의 질서는 자기적 특성에 강하게 영향을 미친다. 최근에 양이온이 결핍된 $Fe_{0.92}S$ 물질이 상변화 자기 메모리의 잠재적인 응용성 때문에 상당한 관심을 받고있다.[3,4] 본 연구는 뫼스바우어 분광법에 의해 양이온이 결핍된 $Fe_{0.92}S$ 물질의 자거적 초미세 구조와 자기적 특성에 관해 연구하였다.

2. 실험방법

99.995 %의 Fe와 99.999 % 순도의 S를 적정당량비로 석영관에 넣고 진공봉입하여 열처리를 하여 $Fe_{0.92}S$ 시료를 제조하였다. 열처리 조건은 시료를 450°C 까지 서서히 올리고 이온도에서 24시간 동안 유지하였다. 다시 온도를 650°C로 올린후 24시간 유지하였고 마지막으로 950°C에서 72시간 동안 유지를 하였다. 그후 상온까지 서서히 온도를 내려 석영관에서 꺼내고 마노에서 갈았으며 펠릿으로 만든후 1차 열처리 방법과 동일하게 2차 열처리를 하였다. 시료의 결정구조는 Cu K α 선을 사용하는 x-선 회절기에 의해 조사되었다. 자기적 성질은 뫼스바우어 분광기와 진동시료 자화율 측정기(VSM)로 측정되었다.

3. 실험결과 및 고찰

상온에서 취한 x-선 회절 실험결과 시료 $Fe_{0.92}S$ 는 NiAs의 3c-형 육방 superstructure를 가짐을 알았으며 격자상수는 $a_0 = 3.448 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.721 \text{ \AA}$ 를 각각 나타냈다. 뫼스바우어 스펙트럼은 4.5 K부터 615 K까지 여러 온도 범위에서 취하였으며 그중 대표적인 것을 그림 1에 나타내었다. 스펙트럼은 pyrrhotite (Fe_7S_8)의 것과 매우 비슷한 3개의 자기적 비등가 자리로부터 생겨나는 3개 성분의 부스펙트럼으로 구성되어 있음을 알수있었다. Fe_7S_8 의 3c superstructure 안에서 3개의 자기적 비등가 자리인 A, B, C 자리는 18, 14, 13의 내부평면 초교환 연결(Fe-S-Fe)를 각각 가지며 그리고 내부평면 상호작용보다 훨씬 더 약한 것으로 되어있는 모든 평면내 양이온-양이온 상호작용을 무시하면 18:14:13의 비율안에서 자기적 초미세 자기장의 크기를 가질것으로 기대된다. $Fe_{0.92}S$ 시료의 4.5 K에서 A, B, C 자리의 초미세 자기장은 328, 276, 247 kOe값을 가짐을 알았으며 이러한 값들은 18:15:14의 비율안에 있고 이것은 위에서 언급한 비율에 가까운 값들이다. A, B, C 자리의 면적비는 3:1.8:0.7의 값으로 Fe_7S_8 의 3:2:1의 값과는 약간의 차이를 나타냈다. 전기사중극자 분열값은 550 K 이상의 온도에서 큰 변화를 나타냈으며 이는 각 자리의 Fe 이온의 스핀회전에 의한 결과로 보여진다. 상온에서 $Fe_{0.92}S$ 의 이성질체 이동값은 0.59 mm/s, 0.56 mm/s, 0.57 mm/s를 각각 나타냈으며 이로부터 Fe 이온은 높게 공유결합된 2가의 이온으로 결합하고 있음을 알 수 있었다. Néel 온도와 Debye 온도는 $615 \pm 1 \text{ K}$ 와 $238 \pm 5 \text{ K}$ 를 가짐을 알 수 있었다. 그림 2는 상온에서 $Fe_{0.92}S$ 의 자기이력곡선과 자화의 온도의존성을 보여준다. 반강자성을 나타내는 FeS와는 달리 강자성 특성의 자기이력곡선을 보여주었으며 보자력은 $H_c = 465 \text{ Oe}$ 를 잔류자화값은 $M_R = 5.6 \text{ emu/g}$ 를 각각 나타냈다. Zero-field-cooling (ZFC)과

field-cooling (FC) 조건에서 취해진 온도에 따른 자화측정에서 두 상태 자화 사이에 큰 불가역성을 보여주었으며 ZFC 곡선에서는 온도가 증가함에 따라 완만히 증가하다 380 K 온도 근처에서 갑자기 증가하였고 다시 550 K 온도 근처에서 급격히 감소하는 행위를 나타냈다. 이것은 시료내 각자리에서의 Fe 이온들의 스핀방향의 변화에 의해서 나타난 결과로 보여진다.

4. 결론

고체상태 반응법을 이용하여 $Fe_{0.92}S$ 의 시료를 합성하였으며 X-선 회절 실험결과 결정구조는 NiAs의 3c-형 육방 superstructure를 나타내었다. 피스바우어 분광실험결과 Fe의 빈자리 질서로부터 생기는 A, B, C의 세개의 초미세 자기구조를 가짐을 알 수 있었으며 이중 A 자리가 가장 큰 초미세 자기장값을 가짐을 알 수 있었다. 상온에서 이성질체 이동값으로부터 Fe 이온은 +2를 가짐을 알 수 있었고 550 K 온도 이상에서 스핀회전이 크게 일어남을 알 수 있었다. Néel 온도와 Debye 온도는 615 ± 1 K와 238 ± 5 K로 결정되었으며 상온에서 자기이력곡선 측정결과 강자성 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

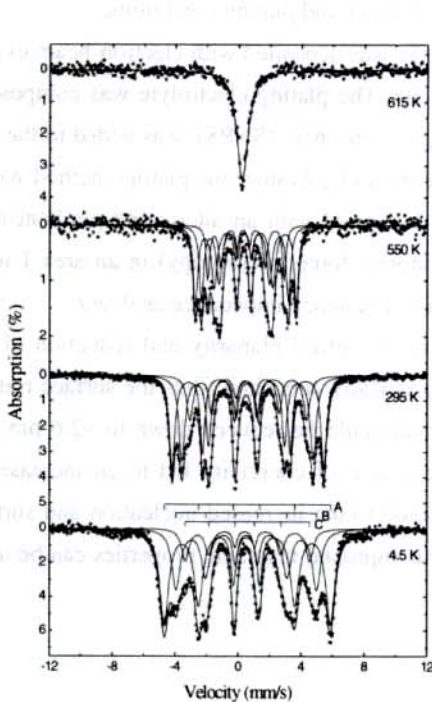


Fig. 1. The Mössbauer spectra at the various temperatures for $Fe_{0.92}S$.

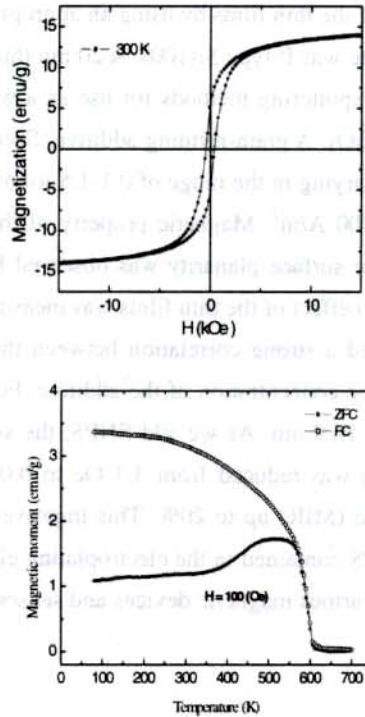


Fig. 2. Hysteresis loop at room temperature for $Fe_{0.92}S$ (above) and the temperature dependence of ZFC and FC magnetization for $Fe_{0.92}S$ (below).

5. 참고문헌

- [1] Y. Fei, C. T. Prewitt, H. K. Mao, and C. M. Berka, *Science* **268**, 1892 (1995).
- [2] H. Kobayashi, T. Kamimura, D. Alfe, W. Sturhahn, J. Zhao, and E. E. Alp, *PRL*. **93**, 195503 (2004).
- [3] T. Takayama and H. Takagi, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 012512 (2006).
- [4] G. H. Yue, R. X. Yan, X. Y. Fan, M. X. Wang, D. M. Qu, D. Yan, and J. Z. Lin, *J. Appl. Phys.* **100**, 124313 (2006).