

칼코지나이드 스피넬 $Zn_{0.7}Fe_{0.3}Cr_2S_4$ 물질의 뫼스바우어 완화효과

배성환*, 김진모, 김삼진, 김철성
국민대학교 물리학과

1. 서론

Chalcogenide 자성체는 chalcogen족(S, Se, Te)의 이온을 포함하는 자성물질로써 입방정형 구조의 sulphur spinel이 주종을 이루고 있다. 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 $ZnCr_2S_4$ 는 절연체이면서 반강자성 성질을 나타내는 대표적인 Chalcogenide 자성체이다[1]. $ZnCr_2S_4$ 물질의 경우 낮은 온도 이하에서 강자성과 반강자성의 경쟁관계에서 발현되는 Bond frustration에 관한 연구가 최근 보고되었다[2].

본 연구에서는 $ZnCr_2S_4$ 의 Zn^{2+} 자리에 Fe^{2+} 를 치환한 $Zn_{0.7}Fe_{0.3}Cr_2S_4$ 를 제조하여 결정학적 및 자기적 성질을 연구하였다.

2. 실험방법

$Zn_{0.7}Fe_{0.3}Cr_2S_4$ 분말시료를 순도가 각각 99.99 %, 99.9999 %, 99.9 %, 99.95 %인 Fe, Zn, Cr, S 분말을 사용하여 직접 합성법으로 만들었다. 각각의 분말을 적정 당량비로 섞은 후 순도 높은 석영관에 넣고 진공으로 봉입하였다. 이렇게 진공 봉입한 시료는 황의 증기압에 의한 폭발을 방지하기 위하여 낮은 온도에서 24시간 이상 가열한 후, $1000^{\circ}C$ 로 온도를 올려 3일 동안 열처리한 후 3일 동안 서서히 냉각하였다. $700^{\circ}C$ 이상에서는 시료를 봉입한 석영관 외벽에 고순도 질소 가스를 흘려 시료 내부로 산소가 확산되는 것을 방지하였다. 이렇게 1차 열처리한 시료는 균질성을 좋게 하기 위하여 마노에서 충분히 곱게 간 후, 압축기를 사용하여 압력을 가해 알약 모양으로 만들었다. 이 시료를 1차 열처리 때와 마찬가지로 진공 봉입한 후 같은 조건으로 2차 열처리하였다.

결정구조의 확인을 위하여 $CuK\alpha$ 선을 사용하는 Phillips 사의 X'pert(PW1827) model을 이용하여 X-선 회절 실험을 수행하였으며 결정학적 특성 분석을 위해 Rietveld 분석법을 이용하여 분석하였다. Mössbauer 분광실험 시 선원은 RITVERC 회사제품의 Rh 금속에 확산시킨 40 mCi의 ^{57}Co 단일 선을 사용하였고 방사선원은 실온 상태를 유지하며 측정하였다. 온도 변화에 따른 자화 특성은 Lake Shore 7300을 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

결정학적 특성을 알아보기 위하여 XRD를 이용하여 X-선 회절도를 측정하였고 Rietveld refinement

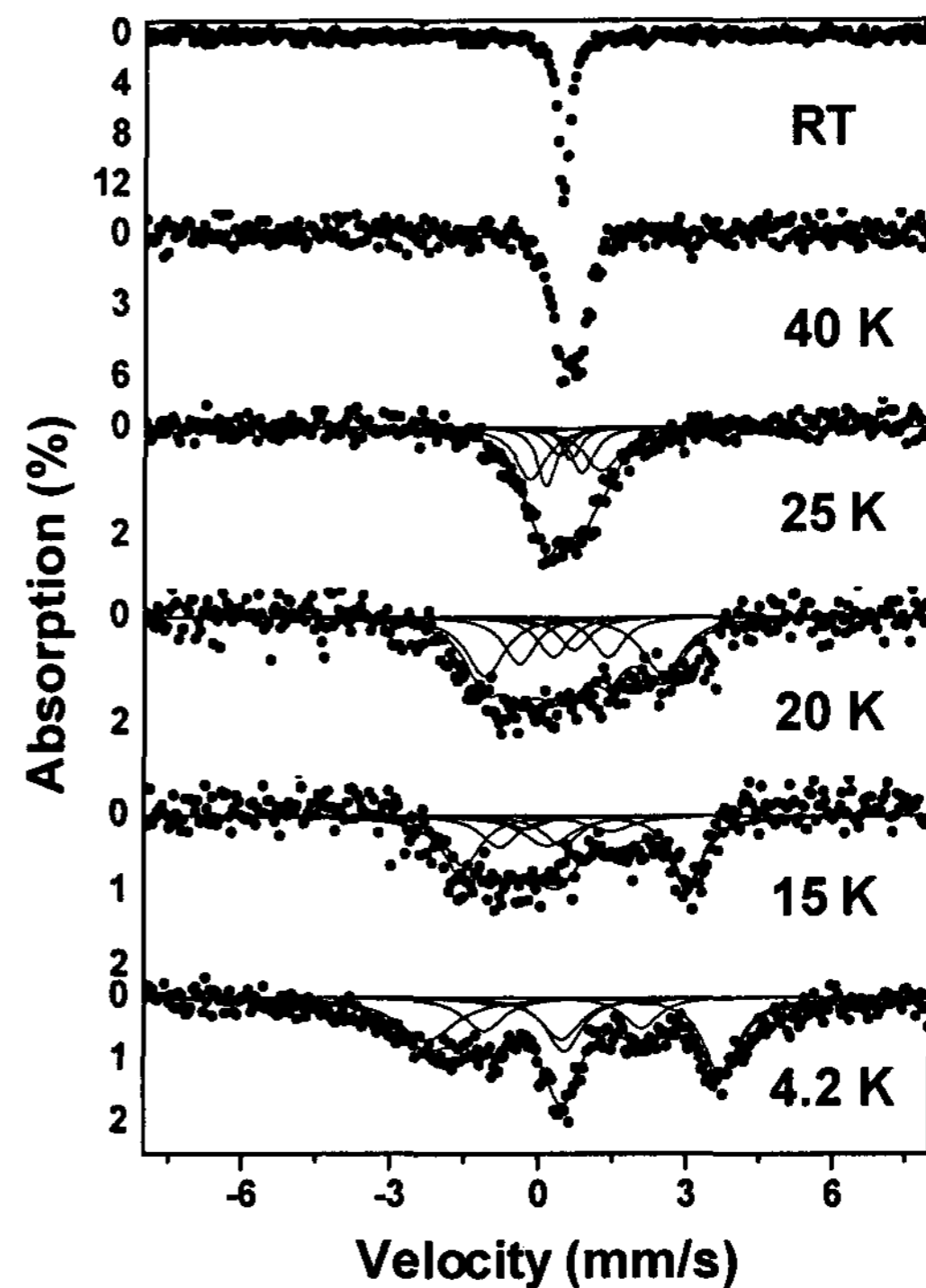


Fig. 1. The Mössbauer spectra of $Zn_{0.7}Fe_{0.3}Cr_2S_4$ at various temperatures.

를 이용하여 분석하였다. 분석 결과 $Zn_{0.7}Fe_{0.3}Cr_2S_4$ 은 공간그룹 $Fd3m$ 을 가지는 단일상의 정스피넬 구조임을 확인하였고 격자상수는 $a_0=9.9908 \text{ \AA}$ 로 결정하였다. VSM(vibrating sample magnetometer)을 이용하여 100 Oe의 외부자장 하에서 온도를 올리며 자화곡선(ZFC:zero field cooling)을 측정하였고 그 결과 18 K 부근에서 반강자성에서 상자성으로 상전이를 보였다. Fig. 1은 $Zn_{0.7}Fe_{0.3}Cr_2S_4$ 시료의 4.2 K에서 상온까지의 Mössbauer 스펙트럼을 나타낸다. 15 K 이하에서는 Zn^{2+} 자리에 치환된 Fe^{2+} 의 영향으로 인하여 8개의 공명흡수선이 임의의 위치에서 중첩된 모습을 보이고 있다. 20 K 이상에서 Mössbauer 스펙트럼은 상자성 특성을 나타내었던 VSM 자화곡선과는 달리 매우 넓은 선폭의 공명 흡수선을 보였다. 이는 국부적으로 치환되어진 Fe^{2+} 이온의 단일 자기구역 형성에 의한 완화효과로 해석되어 진다.

4. 참고문헌

- [1] P.K. Baltzer, P. J. Wojtowicz, M. Robbins, and E. Lopatin, *Phy. Rev.* **151**, 367 (1966).
- [2] J. Hemberger, T. Rudolf, H-A. Krug von Nidda, F. Mayr, A. Pimenov, V. Tsurkan, and A. Loidl, *Phys. Rev. Lett* **97**, 087204 (2006).