

Q-4

CoFe₂O₄ 의 초교환상호작용에 관한 뫼스바우어 분광학적 연구

국민대학교 김삼진*, 박승일, 김철성
충북대학교 이승화
군산대학교 윤성현

Mössbauer Studies of Superexchange Interaction in CoFe₂O₄

Kookmin University S. J. Kim*, S. I. Park, C. S. Kim
Chungbuk University S. W. Lee
Kunsan University S. H. Yoon

1. 서론

준 강자성체 CoFe₂O₄는 큰 보자력으로 인하여 자기기록 매체로 널리 이용되고 있다. 상온에서 결정구조는 역-스피넬 구조로서 열처리 방법에 따라 격자상수 값이 달라진다[1]. 본 연구에서는 서냉 열처리한 시료와 급냉 열처리한 시료에 대하여 초미세자기장의 온도의존성으로 부터 초교환상호작용의 세기를 결정하였다.

2. 실험 방법

시료 CoFe₂O₄의 제조를 위하여 CoO(99.999%), Fe₂O₃(99.995%) 분말을 정확한 당량비로 섞어 알약으로 만들어 석영관에 진공봉입하여 1000℃ 에서 2일간 유지후 10 ℃/h의 비율로 서냉 열처리한 시료와 급냉한 시료를 얻었다. 균질의 시료를 얻기 위하여 위의 과정을 반복하였다. 시료의 결정구조를 확인하기 위하여 Phillips 사의 x-선 회절기를 이용하였다. Mössbauer 스펙트럼은 전기역학적 등가속도형 Mössbauer 분광기를 이용하였다. γ선원은 Rh 금속에 확산시킨 ⁵⁷Co 단일선원을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

X-선 회절 실험결과 Cubic 스피넬구조인 단일상임을 확인하였으며 격자상수값은 서냉 열처리한 경우는 8.381 Å, 급냉열처리 한 경우는 8.391 Å 이었다. Mössbauer 스펙트럼은 13 K 부터 780 K 까지 취하였으며, 그림 1은 서냉시료의 대표적인 몇 가지 스펙트럼이다. 그림1에서 안쪽의 6개 공명선은 사면체자리(이하 A 자리) 바깥쪽은 팔면체자리(이하 B 자리)를 나타낸다. 상온에서 A, B 자리의 초미세자기장값은 각각 505 kOe, 527 kOe, 이성질체 이동치는 각각 0.16 mm/s, 0.27 mm/s 를 나타냈다. 따라서 두 자리의 Fe 이온의 전하상태는 모두 +3가이다. Néel온도는 ZVS(zero velocity scanning)방법을 이용하여 결정하였으며 그 결과 서냉시료의 경우 870 K, 급냉시료의 경우 853 K 이었다.

초미세자기장의 온도의존성을 2개의 A, B 부격자에 Néel 이론을 적용하여 분석하였다[2],[3]. 그림 2는 서냉열처리한 시료의 A, B 자리의 환산온도(T/T_N)에 대한 환산자기화(H(T)/H(0)) 값을 나타낸다. 실선은 컴퓨터 프로그램에 의하여 계산된 이론치이다. 분석 결과 서냉열처리한 시료의 초교환상호

작용의 세기는 $J_{A-B} = -24.4 \text{ k}_B$, $J_{A-A} = -18.2 \text{ k}_B$, $J_{B-B} = 3.6 \text{ k}_B$ 로 결정되었다. 같은 방법으로 급냉 열처리한 시료의 초교환상호작용의 세기는 각각 $J_{A-B} = -23.6 \text{ k}_B$, $J_{A-A} = -17.6 \text{ k}_B$, $J_{B-B} = 3.9 \text{ k}_B$ 로 결정되었다. 급냉시료의 경우 서냉시료와 비교하면 B-B 교환상호작용의 세기는 거의 변화가 없으나 A-B, A-A 상호작용의 세기는 감소하였다. 이에 대한 이유는 다음과 같이 해석될 수 있다. 급냉시료의 경우 격자상수 값이 서냉시료의 경우보다 0.01 \AA 증가되었다. 따라서 급냉시료의 경우 급냉시료에 비하여 이온간의 거리가 증가하고 이로 인하여 교환상호작용의 세기가 감소한 것으로 해석되어진다. 결국 급냉시료의 경우 서냉시료에 비하여 자기적 질서의 결합강도를 나타내는 교환 상호작용의 세기가 감소하므로 Néel 온도의 감소를 나타낸 것으로 해석되어진다.

4. 결론

CoFe_2O_4 의 자성이온간의 상호작용을 Néel 이론으로 해석할 수 있었으며 개별 부격자간의 초교환상호작용의 세기를 결정하였다. 분석결과 서냉열처리한 시료의 초교환상호작용의 세기는 $J_{A-B} = -24.4 \text{ k}_B$, $J_{A-A} = -18.2 \text{ k}_B$, $J_{B-B} = 3.6 \text{ k}_B$ 로 결정되었으며, 급냉열처리한 시료의 초교환상호작용의 세기는 각각 $J_{A-B} = -23.6 \text{ k}_B$, $J_{A-A} = -17.6 \text{ k}_B$, $J_{B-B} = 3.9 \text{ k}_B$ 로 결정되었다. 이들 세기의 증감을 격자상수의 증감, Néel 온도의 증감과 연관지어 해석하였다.

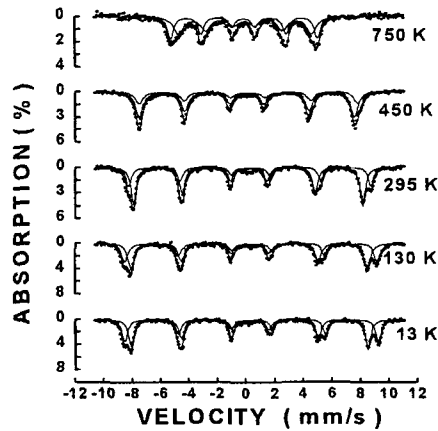


Fig. 1 Mössbauer spectra of slow cooled CoFe_2O_4 at various temperatures

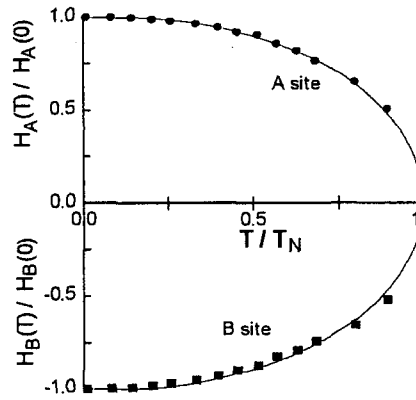


Fig.2 Reduced magnetic hyperfine field at A and B site. The solid line represents theoretical value obtained from Néel theory of ferrimagnetism

5. 참고문헌

- [1] G. D. Rieck and J. J. M. Thijssen, Acta Cryst. **36**, 161 (1965).
- [2] L. Néel, Ann. Phys. **3**, 137 (1948).
- [3] H. N. Ok, K. S. Baek, and S. J. Kim, phys. stat. sol. (b) **208**, 249 (1998).