Y03

나노 크기의 결정 구조를 가지는 $ZnFe_2O_4$에서의 자성 상태 규명
(Magnetic state in Nanostructured $ZnFe_2O_4$)

심정현*, 이순칠
한국과학기술원, 물리학과
박정혜, 한승진, 정윤희
포항공과대학교, 물리학과
조영환
한국과학기술연구원, 나노재료연구부

1. 서론

고에너지 볼밀링을 사용하여 $ZnFe_2O_4$ 결정(grain)을 나노 크기 정도로 줄일 경우, 상온 이상의 전이 온도를 가지는 강자성을 보이게 되는데,[1] 이것은 일부 Fe 원자들이 B에서 A로 이동한 후 Fe(A)-O-Fe(B) 사이의 강한 초교환 상호작용을 하게 되고, 그 결과 페리(Ferri) 상태가 되기 때문으로 설명될 수 있다. 그러나 이 페리 상태는 Fe 스핀들이 모두 평행하게 정렬된(co-linear) 경우와, Yaffet과 Kittel에 의해서 발견된 기울어진(canted) 상태의 두 가지 경우가 존재한다.[2]

본 연구에서는 영 자기장 핵자기 공명을 사용하여, 나노 결정의 $ZnFe_2O_4$에서 나타나는 Fe 원자의 자리 이동현상을 확인하고 그에 따른 자성상태를 규명하려는 시도를 할 것이다.

2. 실험방법

Fritsch P-7을 사용하여 볼밀링을 하였다. WC/Co 볼을 사용하였고, 볼과 시료의 질량비는 20:1, 회전수는 500rpm으로 조정하였다. 볼밀링한 $ZnFe_2O_4$의 결정크기는 XRD 결과에서 Scherrer 방정식을 사용하여 구하였으며, 4시간 밀링한 시료는 대략 20nm의 크기를 가진다. 핵자기 공명 실험은 4.2K에서 이루어 졌으며, 시료에 높은 자기장을 가해주기 위해서 Oxford 초전도 자석을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1의 M-T 곡선을 보면 볼밀링한 $ZnFe_2O_4$가 상온 이상의 전이 온도를 가지고 있음을 알 수 있다. 삽입그림에서 나타나듯이 상온에서는 초상자성 상태를 가지고 있고, blocking 온도가 대략 200K 부근이다.

그림 2의 핵자기 공명 결과에서, 자기장 0T에서의 두 봉우리는 Fe가 단일 위치에 있는 것이 아니

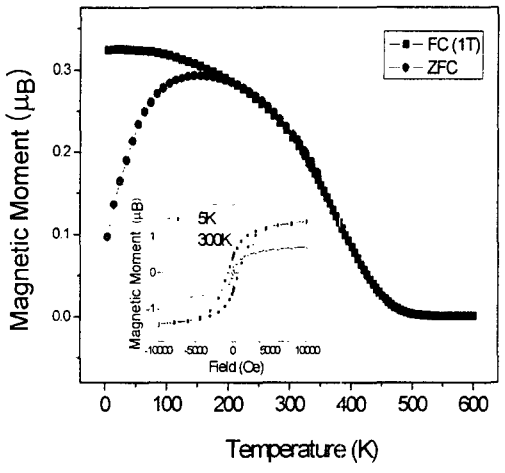

그림 1. 4시간 볼밀링한 $ZnFe_2O_4$의 M-T 곡선 (삽입 그림은 M-H 곡선)

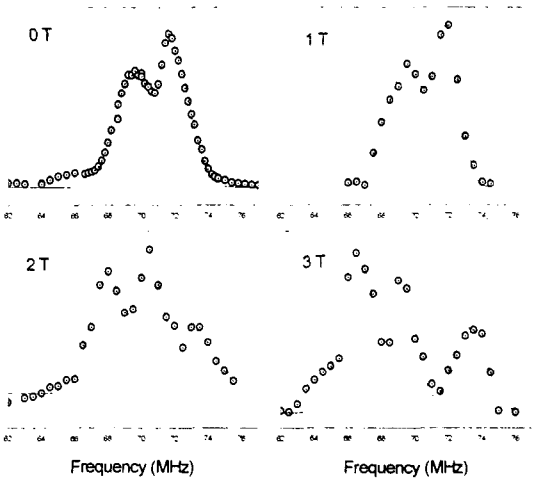

그림 2. 자기장의 변화에 따른 핵자기 공명 스펙트럼의 변화

라, B와 A 위치의 모두 분포하고 있음을 나타내준다.

자기장하에서 핵자기 공명 스펙트럼 봉우리의 위치는 주파수의 높은 쪽, 또는 낮은 쪽으로 이동할 수 있는데, 이 이동 방향은 외부 자기장에 대한 자성 모멘트의 방향으로 결정된다. 그림 2에서처럼 봉우리들이 이동 방향이 다르게 나타나는 경우에 이 물질이 페리 상태에 있음을 알 수 있고, 이것은 Fe 원자가 B에서 A로 이동했음을 의미한다.

높은 자기장을 가해줄 때, 스펙트럼에서 0T에서는 없었던 하나의 봉우리가 더 생기는 것을 볼 수 있다. 이 결과는 A와 B위치의 Fe 스핀들이 단순히 평행하게 정렬되지 않았음을 의미하는 것으로, mossbauer 실험을 통해서 기울어진 상태를 보여주었던 참고문헌 [1] 에서의 결과와 매우 유사하다.

4. 결론

핵자기 공명 실험결과를 통해서, 나노 크기의 결정.구조를 가지는 $ZnFe_2O_4$에서 Fe 원자의 위치 이동이 일어남과 함께, 이 결과로 Canted 상태를 가지게 됨을 알 수 있다.

5. 참고 문헌

[1] C. N. Chinnasamy, *et al.*, J. Phys. : Condens. Matter **12**, 7795 (2000).
[2] Y. Yaffet and C. Kittel, Physical Review **87**, 290 (1952).