

Ni_{0.4}Cu_{0.4}Zn_{0.2}Fe₂O₄ 물질의 외부자기장 뮌스바우어 연구

이용혜, 한승규, 김삼진, 안성용¹, 김철성*

국민대학교 물리학과

¹LCR division, 삼성전기, 수원

1. 서론

NiCuZn ferrite 물질은 뛰어난 전자기적 특성을 갖고 있으며, megahertz 영역에서 높은 투자율을 갖는 물질로 multilayer chip inductors(MLCIs) 응용에 탁월한 물질이다[1-2]. 또한 NiCuZn ferrite는 물리적인 의미에서 결정학적 및 자기적 성질을 연구함에 있어서 흥미 있는 물질이다[3-5]. 특히 NiCuZn ferrite에서 A, B site의 결정학적 구조분포와 양이온의 스핀 구조의 정렬은 많은 연구자들의 관심을 모으고 있다.

2. 실험방법

Ni_{0.4}Cu_{0.4}Zn_{0.2}Fe₂O₄시료를 NiO(99.99%), ZnO (99.99%), CuO(99.99%), α-Fe₂O₃ (99.995%) 분말을 출발물질로 하여 직접합성법으로 제조하였다. 분말시료는 1000°C에서 24시간 열처리하여 순수한 단일상을 얻을 수 있었다.

제조된 Ni_{0.4}Cu_{0.4}Zn_{0.2}Fe₂O₄시료의 결정구조를 분석하기 위해 x-선 회절실험을 수행하였으며, 실험결과를 Rietveld 분석법을 이용하여 분석하였다. 합성된 시료의 size, 형태, 및 조성을 알아보기 위하여 field emission scanning electron microscope(FE-SEM) 측정을 하였으며, 자기 모멘트 값을 알아보기 위해서는 진동형자화율측정기(VSM)을 이용하여 상온과 4.2 K에서 실험을 수행하였다. 또한 각각 시료의 미시적인 자기적 스핀 구조 정렬을 알아보기 위하여 4.2 K에서 외부자기장을 0 T부터 5 T까지 인가함에 따른 Mössbauer 분광 실험을 수행하였다. 이때 Mössbauer 분광기에 인가한 자기장과 γ-선은 평행이었으며, Rh 금속에 확산시킨 50 mCi ⁵⁷Co를 사용한 전기역학적인 등가속도형 분광기이다.

3. 실험결과 및 고찰

Ni_{0.4}Cu_{0.4}Zn_{0.2}Fe₂O₄시료에 대한 상온에서 x-선 회절도는 전형적인 입방스피넬구조에 해당하는 회절패턴을 보이고 있다. 특히 NiCuZn ferrite에서 Zn²⁺ 이온은 A site, Cu²⁺, Zn²⁺ 이온은 B site에 점유함을 확률적 분포이론으로 해석하였다. Ni_{0.4}Cu_{0.4}Zn_{0.2}Fe₂O₄ 시료의 격자상수 a₀는 8.3821 Å임을 Rietveld refinement 분석을 이용하여 알 수 있었으며, bulk density는 5.361 g/cm³임을 확인하였다. FE-SEM 측정결과로부터 불규칙적인 마이크로 size로 합성되었으며, 시료의 조성 비율은 5 % 미만의 오차로 신뢰성이 있다고 판단할 수 있다. VSM 실험으로부터 4.2 K에서 자기모멘트 값은 94.0 emu/g이고, 상온에서는 71.0 emu/g임을 알 수 있었다. Fig. 1과 Fig. 2는 각각 4.2 K에서 외부인자기장을 0 T부터 5 T까지 인가함에 따른 Mössbauer 분석스펙트럼이다. 모든 시료의 Mössbauer 스펙트럼 분석은 Zn²⁺이온이 A site에 들어간다고 가정을 하면, A site의 철 이온이 B site의 철 이온과 상호작용을 할 수 있는 확률적 분포 값 p(n, a)을 구하였다. p(n, a)이 8% 이상이 되는 값을 Mössbauer 분석에서 한 개의 set 으로 결정을 하여, 총 5set 으로분석을 하였다. 분석 결과 인가자기장이 약 1 T에서부터 2 번째와 5번째의 면적 값이 살아지는 것으로 보아 magnetic spin이 collinear 하게 정렬 함을 알 수 있었으며, 5 T까지 인가함에 따라 초미세자기장 값은 A site에서는 증가하고, B site에서는 감소함을 알 수 있었다.

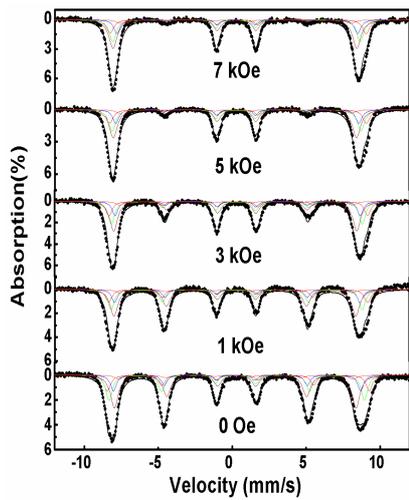


Fig. 1. The Mössbauer spectra for $\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.4}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ low fields at 4.2 K.

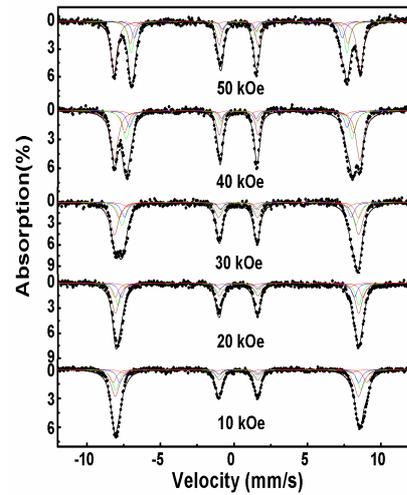


Fig. 2. The Mössbauer spectra for $\text{Ni}_{0.4}\text{Cu}_{0.4}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ high fields at 4.2 K.

4. 참고문헌

- [1] M. Kaiser, *Curr. Appl. Phys.*, 975-984, 10, (2010).
- [2] M. A. Gabal, *Mater. Res. Bull.*, 589-593, 45, (2010).
- [3] D. Wortmann, Ph. Kurz, S. Heinze, K. Hirai, G. Bihlmayer, S. Blugel, *J. Magn. Magn. Mater.*, 57-63, 240, (2002).
- [4] Z. Szotek, W. M. Temmerman, D. Ködderitzsch, A. Svane, L. Petit, and H. Winter, *Phys. Rev. B*, 174431-1~12, 74, (2006).
- [5] M. Penchal Reddy, G. Balakrishnaiah, W. Madhuri, M. Venkata Ramana, N. Ramamanohar Reddy, K. V. Siva Kumar, V. R. K. Murthy, R. Ramakrishna Reddy, *J. Phys. Chem. Sol.*, 1373-1380, 71, (2010).