

# Zn가 치환된 $Ba_2Co_2Fe_{12}O_{22}$ 의 자기적 특성 연구

임정태\*, 원미희, 이용혜, 현성욱, 김철성

국민대학교 물리학과

## 1. 서론

최근 Y-type hexa ferrite는 GHz 대역의 고주파소자용 ferrite 소재와 Magnetoelectric effect(ME effect)에 의한 multiferroic 물질로 활발히 연구되고 있다. Y-type hexa ferrite의 기본 구조는 S block과 T block의 층으로 구성되어 있으며, 이 block들은 6개의 부격자 (3bVI, 6cVI, 18hVI, 3aVI, 6cIV\*, 6cIV)로 구성되어 있고, 전이금속과 Fe 이온의 부격자 점유도가 스핀 구조 및 자기적 특성에 직접적으로 관련되어 있다. 따라서, 피스바우어 분광법을 통한 각 부격자의 점유도와 Fe 이온의 초미세 자기장과 같은 미시적인 자기적 특성의 이해가 중요하다. 본 연구에서는  $Ba_2Co_{2-x}Zn_xFe_{12}O_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ ) 물질의 Co자리에 미량의 Zn를 치환하여 결정구조 및 자기적 특성을 연구하였다.

## 2. 실험방법

Y-type 육방정 페라이트인  $Ba_2Co_{2-x}Zn_xFe_{12}O_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ ) 조성의 다결정 분말 시료는 직접합성법(solild-state reaction method)으로 제조하였다. 출발물질로는 순도가 99.99 % 이상의  $BaCO_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CoO$ ,  $ZnO$ 를 사용 하였고, 마노를 이용하여 혼합, 분쇄하였다. 혼합물을 1000 oC에서 10시간 동안 하소하였고, 하소 한 시료를 1050 °C에서 1차 소결을 하였다. 2 °C/분으로 1100 °C까지 승온하여 2차 소결 후 단일상의  $Ba_2Co_{2-x}Zn_xFe_{12}O_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ )를 합성하였다. 단일상의  $Ba_2Co_{2-x}Zn_xFe_{12}O_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ )의 결정학적 특성을 확인하기 위하여 Cu-K $\alpha$  선에 의한 X-선 회절 실험(XRD)을 하여, Rietveld 방법으로 분석하였다. 거시적인 자성특성을 측정하기 위해서 진동 시료 자화율 측정 장치(VSM)를 이용하여 295 K에서 자장에 따른 자화율 변화를 측정하였고, 100 Oe 외부 자기장을 인가하여 4.2 K부터 740 K까지 온도에 따른 자화율 변화를 측정하였다. 또한, 피스바우어 분광기를 통해 4.2 K부터 750 K까지 다양한 온도 구간에서 미시적인 자기적 특성을 확인하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

직접합성법으로 제조된 단일상의  $Ba_2Co_{2-x}Zn_xFe_{12}O_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ ) 시료는 Fullprof 컴퓨터 분석프로그램을 이용하여 Rietveld 정련법으로 분석되었으며, 분석 결과 공간군이  $R3m$ 인 rhombohedral 구조로 확인되었다. 분석구조 인자(RB)와 Bragg 인자( $R_F$ )은 5 % 미만으로 단일상임을 확인하였다. 격자상수는 각각  $x = 0$  일 때  $a_0 = 5.86 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 43.54 \text{ \AA}$ 이고,  $x = 0.5$  일 때  $a_0 = 5.87 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 43.56 \text{ \AA}$ 이었다. 295 K에서 10 kOe까지의 initial 곡선과 자기이력곡선을 측정한 결과, 준강자성 거동을 나타내었다.  $Ba_2Co_{2-x}Zn_xFe_{12}O_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ )의 포화 자화( $M_s$ ) 값은 각각  $M_s = 29.1, 38.1 \text{ emu/g}$  로 측정되었다. Zn가 치환 될수록  $M_s$ 의 증가는 Zn가 down spin-site에 치환 된 것으로 예상된다. 또한, 100 Oe 외부 자기장을 인가하여 측정된 온도에 따른 자화 곡선에서는 200 K 부근에서 나선형 스핀구조에서 준강자성으로 스핀 전이와, 600 K 부근에서 준강자성에서 상자성으로 스핀 전이가 나타났다. 4.2 K부터 750 K까지 피스바우어 분광 실험 결과, 큐리온도 이하에서 3bVI, 6cIV\*, 6cVI, 18hVI, 6cIV, 3aVI 부격자는 6-Sextet 의 스펙트럼으로 측정 되었으며, 분석된 이성질체 이동치를 통하여 모든 부격자에서  $Fe^{3+}$  상태로 존재함을 확인하였다.

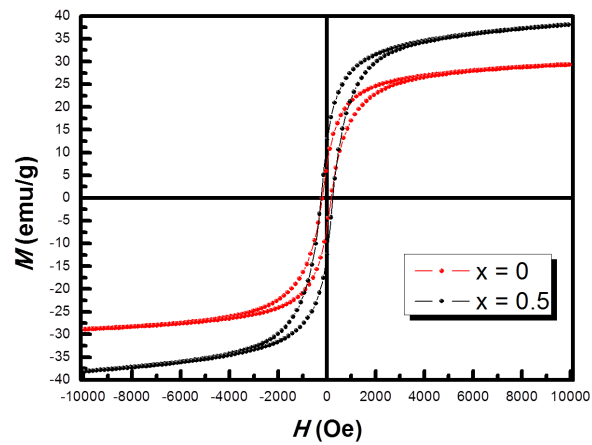


Fig. 1. Magnetization curve of the  $\text{Ba}_2\text{Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$  ( $x = 0, 0.5$ ) at 295 K

### 참고문헌

- [1] S. Ishiwata, Y. Taguchi, H. Murakawa, Y. Onose, and Y. Tokura, *Science* 319, 1643 (2008).
- [2] H. B. Lee, Y. S. Song, J. H. Chung, S. H. Chun, Y. S. Chai, K. H. Kim, M. Reehuis, K. Prokes, and S. Matas, *Phys. Rev. B* 83, 144425 (2011).