

Ba₂CoNiFe₁₂O₂₂의 자기적 특성 연구

원미희^{1*}, 임정태¹, 심인보¹, 이보화², 김철성¹

¹국민대학교 물리학과, 서울 136-702

²한국의국어대학교 물리학과, 경기도 449-791

1. 서론

최근 비선형 스핀구조를 가진 육방정 페라이트의 전기자기효과(Magnetoelectric Effect)와 온도와 자기장에 따른 스핀 구조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 뿐만 아니라 고주파 디바이스와 전파흡수체 등에 사용되는 Y-type 육방정 페라이트의 큐리 온도, 포화 자화, 그리고 자기 이방성 등의 자기적 특성도 중요한 요소이다.[1] 특히 Ni을 치환한 Y-type 육방정 페라이트는 큐리온도가 다른 물질보다 높으며 Ba자리에 Sr을 치환 할 경우 ME effect가 발현 된다.[2] 이러한 연구결과를 뒷받침해 본 연구에서는 Y-type 육방정 페라이트인 Ba₂CoNiFe₁₂O₂₂의 자기적 특성을 알아보았다.

2. 실험 방법

Ba₂CoNiFe₁₂O₂₂ Y-type 육방정 페라이트는 직접합성법(Solid state reaction method)을 이용하여 제조되었다. 출발물질로는 BaCO₃, CoO, NiO, Fe₂O₃를 사용하였다. 출발 물질을 마노에서 혼합, 분쇄한 후 하소를 1000 °C 까지 2 °C / min 으로 승온 하여 10시간 동안 유지한 후 자연 냉각 시키는 과정으로 진행하였다. 동일한 과정으로 1050 °C에서 1차 소결을 한 후 1100 °C에서 2차 소결을 하였다. 이와 같은 과정을 거친 후 단일상의 Ba₂CoNiFe₁₂O₂₂을 얻을 수 있었다. 시료의 결정학적 특성을 확인하기 위하여 Cu-Kα 선에 의한 X-선 회절 실험(XRD)을 하였고 진동자화율 측정기(VSM)를 이용해 자장에 따른 자화율 변화를 측정하였다. 마지막으로 뫼스바우어 분광기를 통해 4.2 K부터 750 K까지 넓은 온도 구간의 데이터를 통해 시료의 미시적인 특성을 확인하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

X-선 회절 측정을 한 결과, Ba₂NiCoFe₁₂O₂₂ 시료는 $R\bar{3}m$ 의 공간군을 갖는 rhombohedral 구조임을 확인하였다. 분석구조 인자(R_B)와 Bragg 인자(R_F)는 5 % 미만으로 단일상임을 확인하였고 격자상수는 각각 $a_0 = 5.85 \text{ \AA}$, $c_0 = 43.48 \text{ \AA}$ 이었다. 자기적 특성을 알기위해 진동자화율 측정기로 포화자화와 보자력을 측정하였다. 또한, 100 Oe 자기장내에서 온도에 따른 자화 곡선을 측정한 결과 204 K 에서 나선형 스핀구조에서 준강자성으로, 720K 에서는 준강자성에서 상자성으로의 스핀전이가 나타났다. 4.2 K부터 750 K까지의 뫼스바우어 분광 실험 결과 큐리온도는 720 K로 진동자화율 측정기로 측정한 온도와 같음을 확인할 수 있었다. 또, 온도에 따른 초미세자기장 분석 결과 스핀 전이 온도인 204 K 전후에서 기울기가 변하였다. 이러한 분석결과는 진동자화율 측정기로 얻어낸 스핀전이 온도와 일치함을 보여주었다. 이성질체 이동치를 통하여 모든 부격자에서 Fe³⁺ 상태로 존재함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] S. H. Chun et al., Phys. Rev. Lett. 104, 037204 (2010).
- [2] M. H. Won, C. S. Kim, J. Appl. Phys. 113, 17D906 (2013).

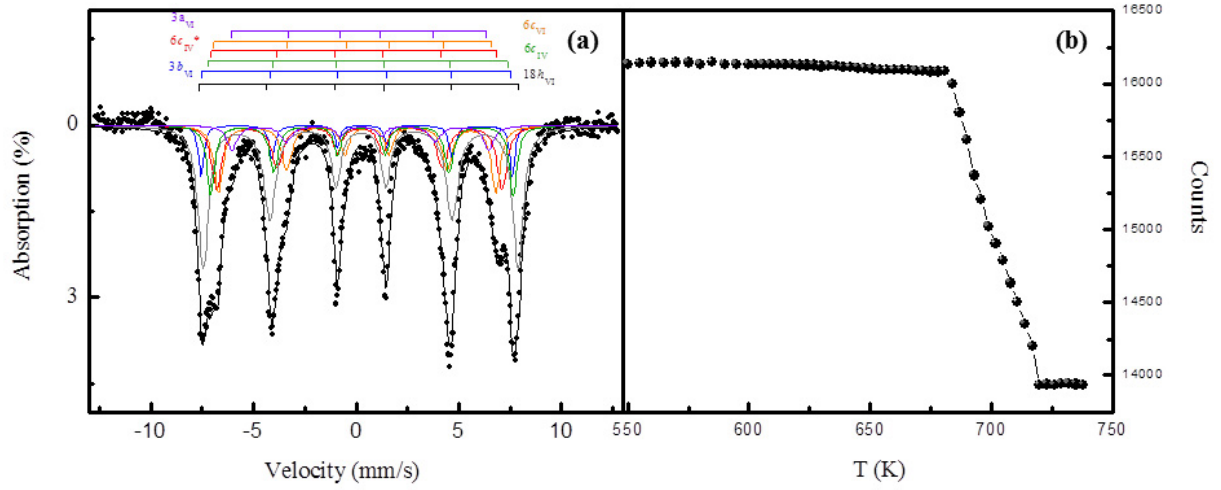


Figure 1. (a) Mössbauer spectrum of $\text{Ba}_2\text{CoNiFe}_{12}\text{O}_{22}$ at 295 K, (b) Temperature dependence of the counts of the 14.4 keV γ -ray zero velocity for $\text{Ba}_2\text{CoNiFe}_{12}\text{O}_{22}$.

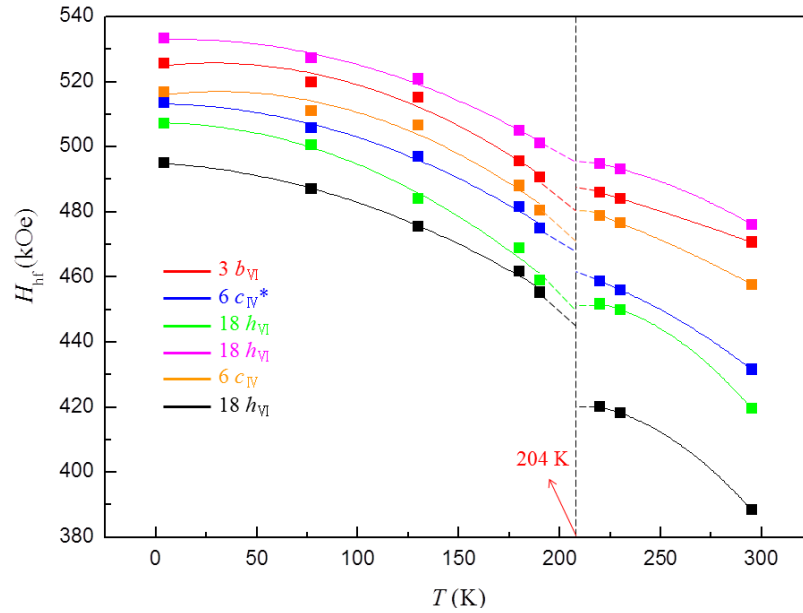


Figure 2. Temperature dependence of the magnetic hyperfine field (H_{hf}) of $\text{Ba}_2\text{CoNiFe}_{12}\text{O}_{22}$.