

Lutetium orthoferrite의 결정학적 및 자기적 특성 연구

방봉규*, 이인규, 고태준, 김철성
국민대학교 물리학과

1. 서론

최근 강한 상관관계를 가지는 전이금속 산화물은 자기 정렬등의 요소와 비이상적인 물성사이의 결합 효과를 이해하기 위해 연구가 진행되어 왔다[1-2]. 또한 스핀-궤도-격자간의 상호작용에 관한 연구는 매우 활발하게 진행되고 있으며, 특히 가넷 등을 비롯한 철산화물의 4f 궤도모멘트에 의한 자기적 상호작용의 변화와 관련된 많은 연구가 이루어 지고 있다[3]. RFeO₃는 찌그러진 페롭스카이트 구조를 가지며, 이들 대부분의 Orthoferrite는 반강자성 결합에 의한 Fe³⁺-O-Fe³⁺ 초교환 상호작용으로 정렬된 두 하부 격자들로 발생하는 기울어진 스핀 때문에 약한 강자성을 나타내게 된다[4].

본 연구에서는 이러한 연구의 일환으로, orthorhombic 결정구조를 갖는 LuFeO₃를 제조하고 x-선 회절기(XRD), 뫼스바우어 분광기, 진동자화율측정기(VSM) 등을 이용하여 결정학적 및 자기적 성질을 이용하여 연구하였다.

2. 실험방법

Orthoferrite 물질인 LuFeO₃ 분말시료는 직접합성법으로 제조되었다. 출발물질은 순도 99.99 % 이상의 Fe₂O₃ 와 Lu₂O₃ 를 사용하였다. 각각의 출발물질을 1 : 1 로 혼합한 후, 유압 프레스를 이용하여 bulk 형태로 성형시키고, 1200 °C에서 24시간 열처리를 하였다. 조금 더 균질한 시료를 얻기 위하여 마노 내에서 곱게 간 후 동일 조건에서 2차 열처리를 하였다. 합성된 시료의 결정구조 확인을 위하여 CuK α 선을 사용하는 Phillips 사의 X'pert(PW1827) model을 이용하여 X-선 회절 실험을 수행하였으며, 결정학적 특성 분석을 위하여 Rietveld 분석법을 이용하여 분석하였다. 자기적 특성 분석을 위하여 VSM을 측정하였고, 뫼스바우어 스펙트럼은 300~700 K구간의 온도에서 전기역학적 등가속도형 뫼스바우어 분광기를 이용하여 취하였으며, 선원은 Dupont 회사제품의 Rh 금속에 확산시킨 실온상태의 30 mCi의 ⁵⁷Co 단일선을 사용하였다.

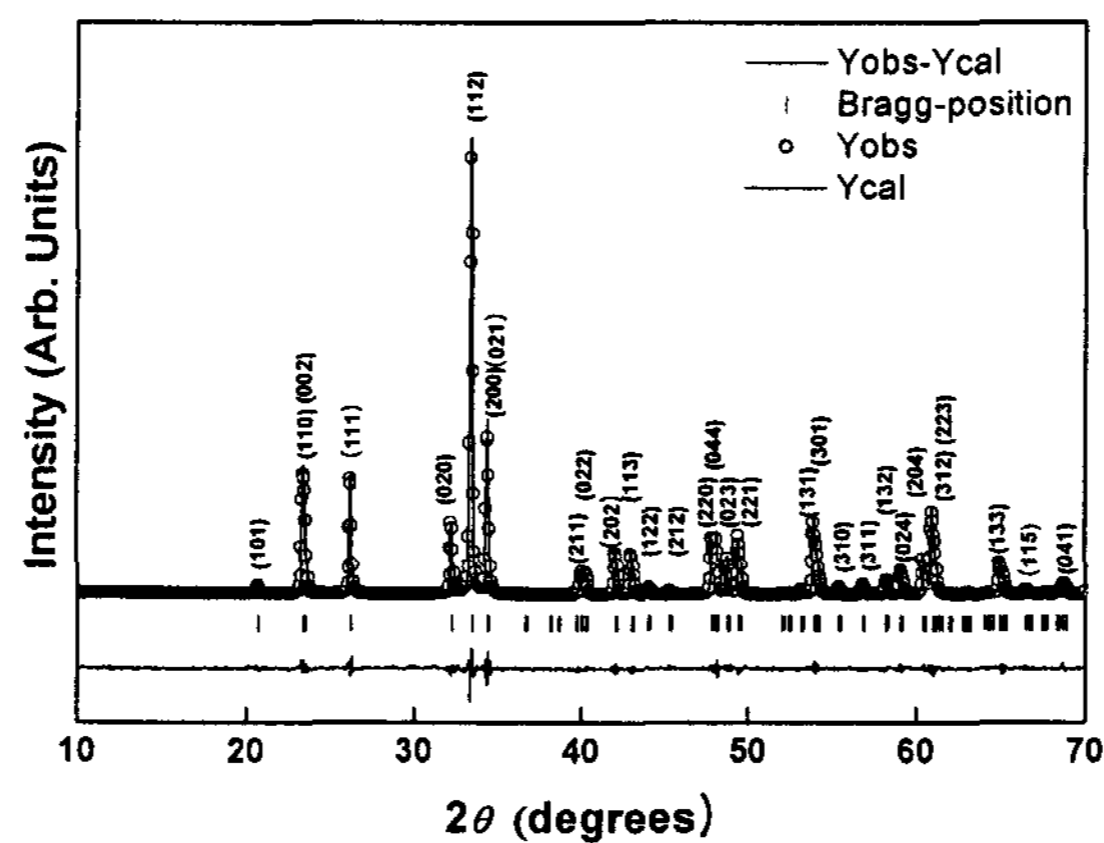


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of LuFeO₃ at room temperature.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 LuFeO₃ 분말 시료의 상온에서 X-선 회절도를 나타내었다. 시료의 결정구조와 결정구조내 양이온인 Lu와 Fe의 분포 및 결정학적 원자 위치를 알아보기 위하여 Rietveld 분석법을 이용하여 분석하였다. 분석 결과 결정구조는 이차상이 존재하지 않는 단일상이었으며, 공간 그룹이 Pbnm인 orthorhombic 구조에 해당하였다. 격자 상수는 각각 $a_0 = 5.213 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.552 \text{ \AA}$, $c_0 = 7.562 \text{ \AA}$ 임을 알 수 있었다. 온도에 따른 자기 모멘트의 변화를 측정하기 위하여 VSM을 300~700 K까지 측정하였다. 측정은 100 Oe의 인가자장 하에서 온도를 증가시키며 측정(ZFC : Zero Field Cooling)하고, 다시 동일한 인가자장 하에서 온도를 감소시키며 측정(FC : Field Cooling)하였다. 그 결과 635 K에서 자기적 전이가 일어남을 확인 하였고, 이 온도를 큐리온도(T_N)으로 결정하였다. LuFeO₃ 물질의 자기구조 및 미시적 상호작용에 대한 해석을 하기 위하여 300~700 K의 온도 구간에서 뫼스bauer 분광실험을 수행하였다. 300 K에서 뫼스bauer 스펙트럼은 Fig. 2와 같이 6라인 1개의 세트로 분석 되었다. 이는 자성이온인 Fe가 LuFeO₃ 결정 내에서 동일한 상태를 가지고 분포되어 있음을 알 수 있다. 온도가 증가함에 따라 초미세자기장 값이 감소하였고, 635 K 에서 6라인이 완전히 사라짐을 확인 할 수 있었다.

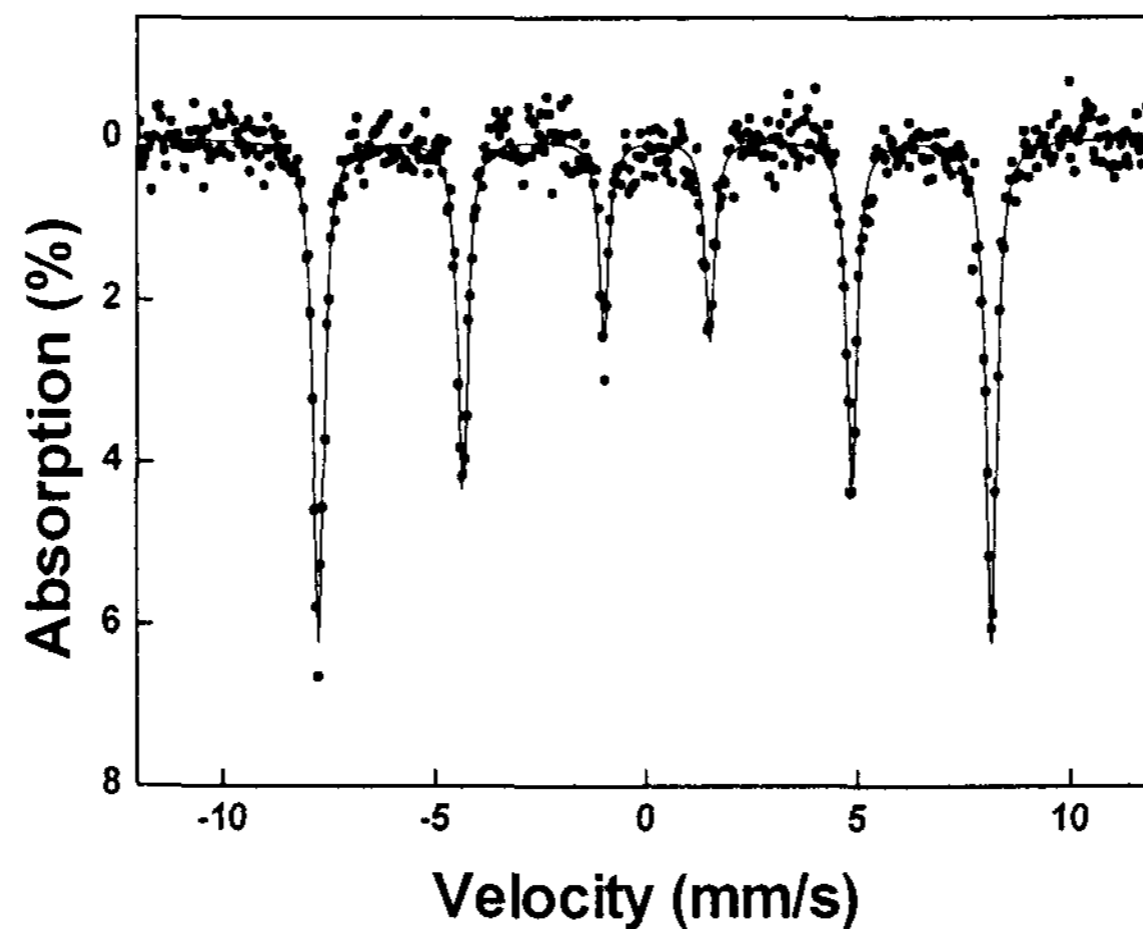


Fig. 2. The Mössbauer spectra of LuFeO₃ at 300 K.

4. 참고문헌

- [1] T. Kimura, T. Goto, H. Shintani, K. Ishizaka, T. Arima and Y. Tokura, *Nature* **426**, 55 (2003).
- [2] N. Ikeda, H. Ohsumi, K. Ohwada, K. Ohwada, K. Ishii, T. Inami, K. Kakurai, Y. Murakami, K. Yoshii, S. Mori, Y. Horibe, and H. Kitô, *Nature* **436**, 1136 (2005).
- [3] I. J. Park and C. S. Kim, *J. Appl. Phys.* **101**, 09M512 (2007).
- [4] A. Bombik, B. Leśniewska, and A. W. Pacyna, *J. Magn. Magn. Mater.* **250**, 325-337 (2002).