

Y_{3-x}La_xFe₅O₁₂ 분말과 박막의 합성 및 자기적 특성에 관한 연구

국민대학교 엄영랑*, 김성백, 김철성

전국대학교 이재광, 채광표

Growth and magnetic properties of Y_{3-x}La_xFe₅O₁₂ particles and films

Kookmin University, Y. R. Uhm*, S. B. Kim, C. S. Kim

Konkuk University J.-G. Lee, K. P. Chae

1. 서론

자성 garnet Y₃Fe₅O₁₂ (YIG)의 Y자리에 La를 치환할 경우 La의 치환량이 증가 할수록 공명선폭이 감소하는 특징을 보인다. 또한 일본 연구팀에 의하여 소개된 sol-gel 방식에 의하면 산화물을 이용하여 1350 °C 이상에서 합성이 가능하던 garnet 결정을 저온에서 합성 가능하게 하였다.[1],[2]

2. 실험 사항

Garnet 분말과 박막의 제작을 위하여 sol-gel 방법을 사용하였으며, 시약은 적정한 비율로 ethylene glycol에 녹여 80 °C의 온도에서 12 시간 reflux하여 sol 상태의 용액을 합성 하였다. 분말과 박막시료의 물리적 및 자기적 상태를 확인하기 위하여 X-선 회절기, SEM과 AFM, Mössbauer 분광기 및 VSM을 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 분석

Fig. 1은 Y_{3-x}La_xFe₅O₁₂ 분말과 박막의 X-선 회절도를 나타내고 있다. La 치환량이 작은 경우에는 1000 °C의 열처리로 단일상의 garnet 분말과 박막이 생성됨을 알 수 있었다. 본 연구에서는 sol-gel 방법을 이용하여 garnet 분말을 생성함으로써 La 치환량이 x=0.75인 Y_{2.25}La_{0.75}Fe₅O₁₂ 시료의 경우에서도 상대적으로 낮은 열처리 온도 (1000 °C)에서 단일상의 garnet 결정구조를 가지는 분말을 얻을 수 있었다. 박막의 XRD 실험결과로 800 °C에서 2 시간 열처리 후에는 단일상의 garnet 박막이 생성되었음을 알 수 있었다. 입자크기와 박막의 표면상태에 관한 측정을 위하여 SEM과 AFM의 실험을 하여 많은 garnet 입자가 박막과 수직의 방향으로 성장하고 있음을 알 수 있었다. SEM 측정에 의하면 분말의 모양은 등근모양의 나선형을 이루고 있으며, 분말시료의 입자크기는 200~300 nm로 낮은 온도에서도 상대적으로 큰 결정입자가 성장되었음을 알 수 있다.

Fig. 2는 1000 °C에서 열처리한 Y_{3-x}La_xFe₅O₁₂ 분말을 실온에서 측정한 Mössbauer 흡수 spectrum은 전형적인 garnet의 구조를 가지는 물질의 Mössbauer spectrum과 일치함을 알 수 있었다.

이것은 La 첨가량이 $x=0.75$ 까지 치환하더라도 단일상의 garnet 구조를 가지고 있음과 동시에 입자의 크기가 충분히 큼으로 garnet 분말의 자기적 특성이 ferrimagnetic 임을 의미한다. $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 열처리한 $\text{Y}_{3-x}\text{La}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 분말시료의 성분비 변화에 따른 자기적 특성을 측정된 결과 최대 포화자화는 30 emu/g 과 최소 보자력은 53 Oe 로 YIG에 La 치환량이 증가함에 따라 시료들의 포화자화 (M_s)는 감소하며, 한편으로 보자력이 증가하는 경향을 나타내고 있다. $800\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 열처리한 $\text{Y}_{2.5}\text{La}_{0.5}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 박막의 시편에 수직 및 평행한 방향으로 측정된 자화곡선으로부터 수직방향과 평행한 방향 모두 38 Oe 전후의 크기를 가지므로 분말에 의한 측정값 53 Oe 보다 크게 감소함을 보였다. 또한 이 값은 Matsumoto 등이 제시한 40 Oe 와 유사한 값을 가짐을 알 수 있다. 또한, 외부 자장의 방향에 평행과 수직으로 측정된 자화곡선이 박막의 방향과 무관함을 보이고 있으며, 이것은 박막을 구성하는 garnet 입자의 자화용이축이 일정한 방향성을 갖지 않음을 의미하였다. 이러한 실험결과는 XRD의 실험결과에서와 같이 박막을 구성하는 입자가 방향성 없이 성장한 결과와 일치한다.

참고문헌

- [1] F. Bertaut and F. Forrat, *Compt. Rend.* **242**, 382 (1956).
- [2] K. Matsumoto, K. Yamaguchi, and T. Fujii, *IEEE Trans. Magn.* **JPN 6**, 614 (1991).

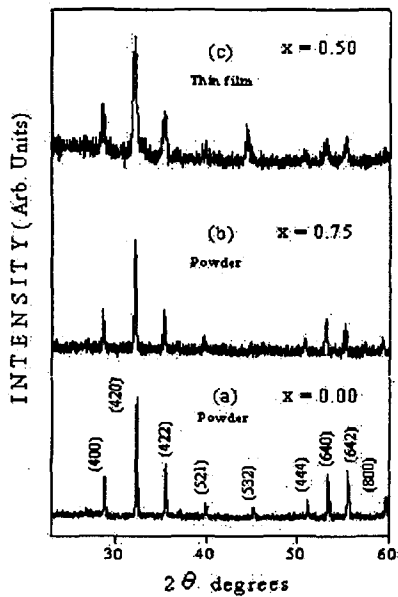


Fig. 1 X-ray diffraction patterns of (a) and (b) powder $\text{Y}_{3-x}\text{La}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ($x=0.0, 0.75$), and (c) film $\text{Y}_{2.5}\text{La}_{0.5}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$

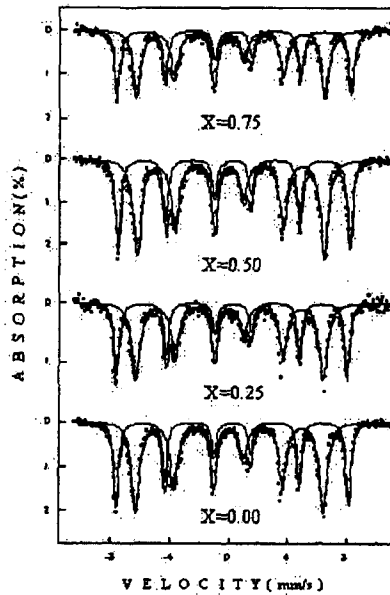


Fig. 2. Mössbauer spectra for $\text{Y}_{3-x}\text{La}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ($x=0.0, 0.25, 0.5, 0.75$) at various temperature.