

Bi<sup>3+</sup>이온의 치환에 따른 TbIG의 자기적 특성 변화에 관한 연구

박일진\*, 강진욱, 김철성

국민대학교 물리학과

## Magnetic properties of Bismuth substituted Terbium iron garnets

Park Il Jin\*, Kun Uk Kang, and Chul Sung Kim

Dept. of Physics, Kookmin Univ.

## 1. 서 론

(TbBi)<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>는 광 분리기 소자로써의 Yttrium Garnet의 단점인 온도에 대해 의존적인 부분을 보완해 줄 수 있는 물질[1]이며, 광통신 분야에서 적외선 영역의 파장대 에서도 쓰일 수 있는 광 분리기 소자로써 주목을 받고 있는 물질[2]이다. 또한 Garnet {R<sub>3</sub><sup>3+</sup>} [Fe<sub>2</sub><sup>3+</sup>] {Fe<sub>3</sub><sup>3+</sup>}의 구조에서 24c(12면체) 자리(희토류 금속의 자리)에 Bismuth 를 치환하면 Bi<sup>3+</sup> 이온과 Fe<sup>3+</sup> 이온간의 직접적인 covalent interaction에 의해 광자기적 특성을 증대시키는 것으로 알려져 있다[3].

본 연구 에서는 Bi<sup>3+</sup> 이온의 치환에 따른 (TbBi)<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>의 결정학적 및 거시적인 자기적 특성의 변화와 Mössbauer 분광법을 이용하여 TbIG에 Bi<sup>3+</sup>이온의 첨가가 Fe<sup>3+</sup> 이온들의 상태에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 연구하였다.

## 2. 실험방법

Tb<sub>3-x</sub>Bi<sub>x</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>는 sol-gel법으로 합성하였으며 출발시료는 순도 99.9%의 Tb(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O와 99.99%의 Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O, 99.99%의 Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O를 사용하였으며 용매로는 Acetic acid와 2-Methoxy-ethanol를 사용하여 액상인 sol을 제조하였다. 제조된 sol을 120 °C에서 48시간 동안 건조하여 400 °C와 900 °C에서 각각 3시간 동안 열처리를 하여 단일상의 Tb<sub>3-x</sub>Bi<sub>x</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 분말을 제조하였다.

제조된 Tb<sub>3-x</sub>Bi<sub>x</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 시료의 결정성 및 단일상의 시료임을 확인하기 위해 X-선 회절실험을 하였고 진동시료형자화율 측정기(VSM)를 통하여 거시적 자성을 측정하였다. 미시적 자성 측정 및 Fe 이온들의 상태를 알아보기 위해 Mössbauer 분광기를 사용하였고 4.2K부터 여러 온도 구간에서 Mössbauer 스펙트럼을 취하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Tb<sub>3-x</sub>Bi<sub>x</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 시료의 X-선 회절 실험에 대한 분석은 Rietveld분석법을 이용하여 분석하였고, 분석 결과 Ia3d의 space group을 갖는 cubic garnet spinel구조임을 확인 할 수 있었다. 이에 대한 X-선 회절 패턴 및 분석 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Bi<sup>3+</sup>가 x= 0.5, 1.0 치환된 시료에 대해 격자상수는

각각  $a_0 = 12.4657 \text{ \AA}$ ,  $12.4996 \text{ \AA}$ 로, 치환 량이 증가함에 따라 시료의 격자상수도 증가함을 알 수 있었다. 5 kOe의 외부인가 자장 하에서 측정된 상온 자기이력곡선 측정 결과  $x = 0.5$ 에서 1.0으로 치환됨에 따라 보자력( $H_c$ )은 122.9 Oe 에서 56.6 Oe로 감소하였고 포화자화( $M_s$ ) 값은 6.5 emu/g에서 10.2 emu/g으로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

상온에서 두 시료의 Mössbauer spectrum 분석결과  $\text{Bi}^{3+}$ 가  $x = 0.5$ 치환되었을 경우 초미세 자기장( $H_f$ ) 값은 16a, 24d site가 각각 496, 407 kOe로 분석되었으며  $x = 1.0$ 인 경우 역시 초미세 자기장 값은 498, 413 kOe로 두 시료 간의 큰 차이는 보이지 않는 것으로 분석되었다. 이성질체 이동치는 16a site에서 0.26 ~ 0.37 mm/s로 나타나 Fe의 전하상태는 +3임을 알 수 있었다. 그러나 24d site는 이성질체 이동치가 0.05~0.06 mm/s로 나타나 24d site가 공유결합적 성질을 보이고 있음을 알 수 있었다.

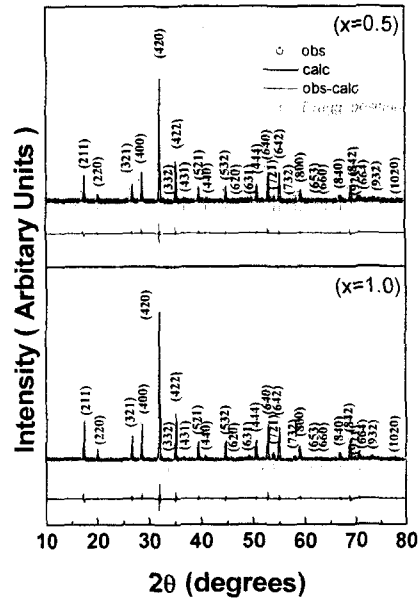


Fig. 1.  $\text{Tb}_{3-x}\text{Bi}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 의 X-선 회절도

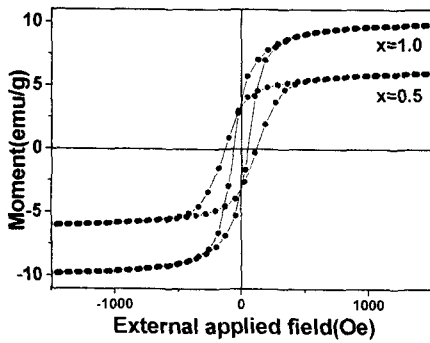


Fig. 2.  $\text{Tb}_{3-x}\text{Bi}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 의 Hysteresis loop

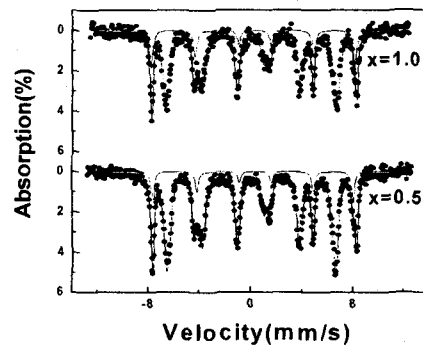


Fig. 3.  $\text{Tb}_{3-x}\text{Bi}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 의 Mössbauer spectrum

#### 참고논문

- [1] Y.Honda, T.Ishikawa, T.Hibiya, J.Magn. Soc. Jpn. 11(1987)361.
- [2] G.Y. Zhang, X.W. Xu, T.C.Chong, J.Appl.Phys.95(10), 15 May 2004.
- [3] G.F.Dionne, G.A.Allen, J.Appl.Phys.75(10), 15 May 1994.