

La 치환에 의한 Bi:YIG 박막의 가시광 영역에서의 광자기 성능지수의 향상

경상대학교 이 의복*
조 재경
박 문기

ENHANCEMENT OF MAGNETO-OPTIC FIGURE OF MERIT IN VISIBLE WAVELENGTHS OF Bi:YIG THIN FILMS BY La-SUBSTITUTION

Gyeongsang National University E. B. LEE *
J. K. CHO
M. K. Park

1. 서론

자성가넷($R_3Fe_5O_{12}$, R:희토류)은, 가시광 영역에서 강한 광자기 효과를 나타내므로, 광 아이솔레이터, 광자기 공간 광변조기, 광자기 전류 자장 센서 등에 현재 사용되고 있고, 장래에는, 가시광 광자기 기록매체, 가시광 아이솔레이터등에의 응용이 기대되고 있다.

이러한 소자에 사용되는 가넷 박막의 광자기 성능지수는 $\theta_F \exp(-\alpha d)$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 θ_F 는 페러데이 회전각, α 는 흡광계수, d 는 막후이다. 따라서, 막후가 결정되면, 성능지수는 흡광계수의 지수함수이므로, 흡광계수에 의해 가장 큰 영향을 받는다.

본 연구에서는, Bi:YIG 박막에 La를 치환함으로써 흡광계수를 감소시켜 성능지수를 향상시키고자 한다. 구체적으로는, La를 Y 대신에 치환하면, La-O 결합간의 전기음성도의 차(2.34)가 Y-O 결합간의 전기음성도차(2.22)보다 크기 때문에①, 이온 결합성이 증대되므로, 가전대와 전도대간의 에너지 갭이 증가하여 광흡수단이 단파장쪽으로 이동함으로써, 가시광 영역에서의 흡광계수가 감소할 것으로 예상된다. 또한, La^{3+} 의 이온반경(0.118 nm)이 Y^{3+} 의 이온반경(0.102 nm) 보다 크기 때문에 La를 치환함에 따라 격자상수가 증가하므로, 결정장 분열폭이 감소하여 결정장 전이에 의한 흡수대는 장파장 쪽으로 이동함으로써, 가시광 영역에서의 흡광계수를 감소시키는데 기여할 것으로 기대된다.

2. 실험 방법

La 치환량을 변화시킨 $Bi_{0.5}La_xY_{2.5}Fe_4AlO_{12}$ ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2$)의 조성의 다결정 가넷 박막을 glass (Corning 7059)기판 ($45 \times 45 \times 1mm^3$)위에 스피ن 코터를 이용하여 제조했다. Fe의 일부를 Al으로 치환한 이유는 La의 고용한계를 증가시키기 위해서이다.

출발원료로는 질산염을, solvent로는 증류수를 사용하여, 농도 0.2 mol garnet/l의 용액을 제조한후, 용액과 기판의 wetting을 향상시키기 위해서 기판을 plasma 전처리하여 스피ن 코팅을 실시했다.

코팅된 기판을, 즉시, 130℃로 예열시켜 놓은 hot plate에 옮겨서 5분간 유지함으로써 용매를 건조시킨 후, 연이어 hot plate를 50℃/min의 속도로 450℃까지 상승시킨후 5분간 유지함으로써 열분해를 실시하였다. 이와같은 방법을 5회 반복함으로써 두께 약 0.3 μm 의 박막을 얻었다. 얻어진 비정질 박막을 최종적으로 전기로를 이용하여 680℃에서 3시간 열처리하여 결정화시켰다.

제조한 박막의 결정구조, 자기특성, 광학특성, 광자기 특성을 각각 XRD, VSM, Optical Spectrometer,

Magneto-Optical Spectrometer를 이용하여 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1 결정구조 및 자기특성

제조한 박막을 XRD로 조사해본 결과, 본 실험의 La 치환량 범위에서는 모든 시료가 단상의 가넷임을 알 수 있었다. XRD 라인으로부터 격자 상수를 계산해본 결과, La 치환량이 증가함에 따라 격자상수가 거의 직선적으로 증가하는 것으로부터 치환한 La이 가넷 구조에 모두 고용된 것으로 판단되었다. VSM으로 포화자화를 조사한 결과 포화자화는 La 치환량에 관계 없이 거의 일정한 것으로부터, La은 12면체 자리에 치환된 것으로 생각된다.

3-2 광학특성 및 광자기 특성

La을 치환함에 따라 흡광계수는 파장 500 ~ 400 nm 영역에서 감소하는 경향을 보였다. 이것은 서론에서 논한 이온 결합성의 증가에 의한 것으로 사료된다. 단위 길이당 페리데이 회전각의 절대치는, La 무치환시의 500 nm 부근의 극대가 La을 치환함에 따라 단파장쪽으로 이동하는 경향을 보여, 470 nm 이하에서는 La을 치환함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이 결과, 서론에서 정의한 광자기 성능지수를 계산한 결과(Fig. 1) 470 nm 이하에서는 La 치환량이 0.6일 경우 무치환 박막과 비교하여 성능지수가 2배 정도 향상되었다.

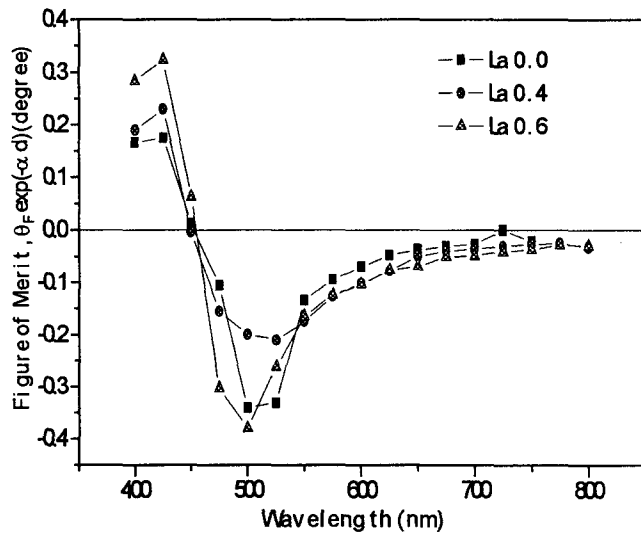


Fig. 1. Magneto-optic figure of merit spectra of La-substituted Bi:YIG thin films.

4. 결론

La을 치환한 Bi:YIG 박막을 열분해법을 이용하여 제조했다. 제조한 박막의 XRD 다이어그램, 격자상수, 포화자화로부터 La이 가넷 구조의 12면체 자리에 있는 Y을 치환한 것으로 추정됐다. La을 치환함에 따라 박막의 흡광계수는 500 nm이하에서 감소하는 경향을 보였고, 500 nm부근의 페리데이 회전각의 절대치의 극대가 단파장쪽으로 이동하여 470 nm이하에서는 페리데이 회전각이 증가했다. 그 결과 La을 치환함에 따라 광자기 성능지수는 단파장쪽에서 증가하여, La 치환량이 0.6일때는 470 nm 이하에서 성능지수가 약 2배로 증가함을 발견했다. 따라서, La치환 Bi:YIG 박막은 차세대 가시광 광자기 기록매체 및 가시광 아이솔레이터용 재료로써의 사용이 기대된다.

5. 참고문헌

- ① D. T. Griffen, Silicate Crystal Chemistry, New York (1992)