

1차원 자성 포토닉 결정의 설계 및 제조

Simulation and Fabrication of One-Dimensional Magnetophotonic Crystals

박영호, 박재혁, 이종백, 조재경, M. Inoue*

경상대학교 공과대학 전자재료공학과, 경남 진주시 가좌동 900
park05@yahoo.com

1. 서론

유전체 층으로 SiO_2 와 Ta_2O_5 , 자성층으로 Bi:YIG를 가지는 구조 $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)_5/\text{Bi:YIG}/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)_5$ 의 1차원 자성 포토닉 결정의 광학적 및 자기광학적 특성을 수치해석을 통하여 계산하고⁽²⁾, 이를 바탕으로 1차원 자성 포토닉 결정을 RF magnetron sputtering과 rapid thermal annealing 방법을 이용하여 제작하였다.⁽¹⁾ 제조된 자성 포토닉 결정은 선명한 포토닉 밴드갭을 보였고, 원하는 파장에서 큰 페러데이 회전각과 투과율이 얻어졌다.

2. 1 차원 자성 포토닉 결정의 제조

Fig. 1과 같이 1차원 자성 포토닉 결정을 제조했다. 기판(corning #7059) 쪽으로부터 굴절률이 서로 다른 두 종류의 유전체 박막(SiO_2 와 Ta_2O_5)을 교대로 적층하고, 그 위에 자성체 박막(Bi:YIG)을 적층한 후 rapid thermal annealing을 하여 결정화 시켰다. 그리고, Ta_2O_5 와 SiO_2 를 적층하였다.

이와 같은 1차원 자성 포토닉 결정은 유전체 박막 쌍(SiO_2 와 Ta_2O_5)의 적층 수를 k라고 하면 $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)_k/\text{Bi:YIG}/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)_k$ 로 나타낼 수 있다.

다층막 각 층의 두께 d는 목표 파장을 λ 로 하였을 때 각 유전체 층의 굴절률 n에 따라 $d = \lambda/4n$ 으로 설정하였다. 목표 파장을 $\lambda = 633\text{nm}$ 로 할 때 SiO_2 의 굴절률 1.44, Ta_2O_5 의 굴절률 2.1이므로 각 층의 두께는 $d_{\text{SiO}_2} = 110\text{nm}$, $d_{\text{Ta}_2\text{O}_5} = 75\text{nm}$ 가 된다. 기판 온도를 100°C 로 하고 rf power을 SiO_2 는 100W로 Ta_2O_5 는 70W로, 챔버 압력 10mtorr에서 증착하였다. 자성층은 기판 온도를 상온으로 하고 rf power을 150W로, 그리고 압력 10mtorr에서 증착하였다. 열처리 온도는 750°C 10분간 이었다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2 는 이론적으로 계산한 결과(-)와 실험적으로 측정한 결과(○)를 비교한 것이다. 참고로 Garnet 단층막의 측정결과(●)도 함께 나타내었다. 그림에서 보듯이 계산결과와 실험결과가 잘 일치하는 것을 알 수 있다. 실험적 측정값을 보면 $d = 120\text{nm}$ 일 때 $725(\text{nm})$ 에서 투과율 T는 63%, 페러데이 회전각 θ_F 는 728nm 에서 $-0.22[\text{deg.}]$ 이었고, $d = 230\text{nm}$ 일 때는 두 피크가 나타나는데 657nm 에서 T는 53%, θ_F 는 664nm 에서 $-0.80[\text{deg.}]$, 792nm 에서 T는 65%, 800nm 에서 θ_F 는 $-0.28[\text{deg.}]$ 였으며, $d = 300\text{nm}$ 일 때는 632nm 에서 T는 57%, θ_F 는 634nm 에서 $-0.83[\text{deg.}]$, 737nm 에서 T는 43%, 736nm 에서 θ_F 는 $-0.76[\text{deg.}]$ 였다.

이 실험적 수치는 Garnet 단층막에 비해 실험적으로 설계한 국제파장에서 페러데이 회전각 θ_F 가 수배에서 수십배로 크게 증대되는 것을 알 수 있다.

4. 결론

유전체 층으로 SiO₂와 Ta₂O₅, 자성층으로 Bi:YIG를 가지는 구조(SiO₂/Ta₂O₅)₅/Bi:YIG/(Ta₂O₅/SiO₂)₅의 1차원 자성 포토닉 결정의 광학적 및 자기광학적 특성을 수치해석하고, 이를 바탕으로 제작하여 본 결과 수치해석의 계산값과 잘 일치하는 실험결과를 얻었다. 제조된 자성 포토닉 결정은 단층의 가네트에 비하여 큰 페러데이 회전각을 나타냈다.

참고문헌

- 1 M. Inoue, K.I. Aral, M. Abe, T. Fujii, S. Fan, and J. D. Joannopoulos, Jpn. Appl. Magnetics, 23, 1861 (1998)
- 2 M. Inoue, K. Arai, T. Fujii, and M. Abe, J. Appl. Phys. Vol.85, No. 8, pp.5768 5770, (1999)

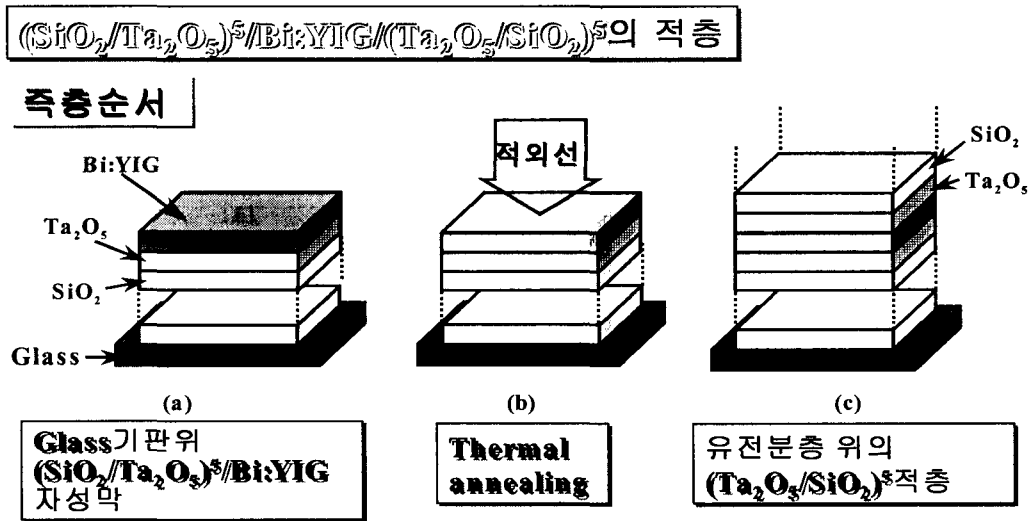


Fig. 1 1-Dimension magnetophotonic crystal with YIG film fabrication structure process

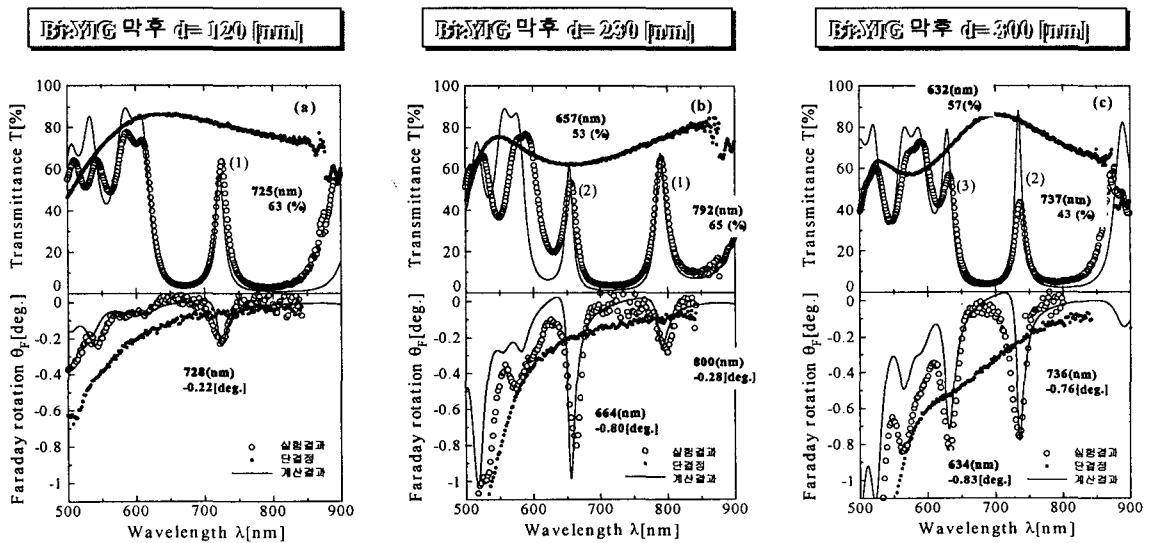


Fig. 2 (SiO₂/Ta₂O₅)₅/Bi:YIG/(Ta₂O₅/SiO₂)₅ properties