

Bi가 다량 치환된 가네트 박막을 이용한 1차원 자성 포토닉 결정의 자기광학 특성의 시뮬레이션

Simulation of Magneto-optic characteristic of One Dimensional Magneto-Photonic Crystal with an Active Layer of a Highly Bi-Substituted Iron Garnet

류선열, 박재혁, 이종백, 조재경
 경상대학교 공과대학 전자재료공학과, 경남 진주시 가좌동 900번지
 jkcho@nongae.gsnu.ac.kr

1.서론

1 차원 자성 포토닉 결정은 원하는 파장에서 큰 페러데이 회전각과 투과율을 얻을 수 있기에 아주 흥미롭다. 두 종류의 유전체 층(S:SiO₂, T:Ta₂O₅)을 주기적으로 적층한 구조에, Bi를 다량 치환한 가네트 박막(M:Bi_{1.07}Y_{1.93}Fe₅O₁₂)을 결합층으로 삽입한 (A/B)_k/M/(B/A)_k의 구조를 갖는 1차원 자성 포토닉 결정의 자기 광학 특성을 수치해석하였다. 가시광과 적외선 영역에서 1차원 자성 포토닉 결정의 자성체 층의 두께(d_M)와 유전체 층의 적층수(k)를 변화시키며, 투과율(T)과 페러데이 회전각(θ_F) 및 성능지수(Q)를 조사하였다.

2.계산 방법

복소유전율 텐서(ε)를 이용하여 맥스웰 방정식을 기술해 내고, 행렬 접근법을 이용하여 이를 푸는 것에 의해, 빛의 다중반사와 다중위상간섭효과를 포함하여, 구조가 다른 다층막을 일반적으로 취급하는 것이 가능하다. 이에 따라 다층막에 대한 입사광과 출사광의 상태를 결정하여 해석이 가능해지고, 다층 박막의 광학적 및 자기광학적 응답, 즉 투과율과 페러데이 회전각을 얻을 수 있었다. 이와 같은 이론을 바탕으로 Bi_{1.07}치환된 YIG막을 이용한 1차원 자성 포토닉 결정의 특성을 시뮬레이션하였다.

3.결과 및 고찰

Fig.1은 Bi_{1.07}치환된 1차원 자성 포토닉 결정의 모식도를 나타낸다. A와 B 유전체 박막 쌍의 적층수를 k라 하고, 자성 박막으로는 Bi치환 가넷(Y_{1.93}Bi_{1.07}Fe₅O₁₂)박막을, 유전체 박막으로는 SiO₂와 Ta₂O₅를 설정했다. 유전체층들에 의한 광흡수 및 굴절률의 파장 분산은 무시하였다.

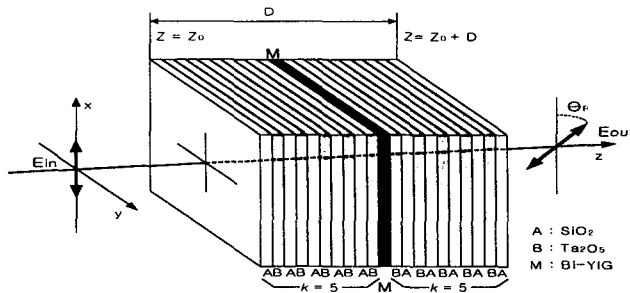
목표파장은 가시광선 영역에서는 λ=633nm를 선정하고, SiO₂층의 두께 d_{SiO2} = λ/4n_{SiO2} = 110nm(n_{SiO2} = 1.44), Ta₂O₅층의 두께 d_{Ta2O5} = 75nm(n_{Ta2O5} = 2.1)로 설정하였고, 적외선 영역에서는 λ=1000nm로 선정하고, d_{SiO2} = λ/4n_{SiO2} = 174nm(n_{SiO2} = 1.44), d_{Ta2O5} = 120nm(n_{Ta2O5} = 2.1)로 설정하였다. 그리고 자성체층의 두께 d_M을 1~535nm로, 유전체층의 적층수(k)를 5~15로 변화시키며, 페러데이 회전각과 투과율을 조사하고, 이것들로부터 성능지수를 계산했다.

Fig.2,3,4에서 보여주듯 각 국제 모드의 투과율은 d_M이 증가함에 따라 감소하다 증가하는 경향을 보였고, θ_F는 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈으며, 각 국제 모드가 얻어지는 파장은 단조 증가하였다. 또한 k가 큰 경우, T의 극소와 θ_F의 극대가 현저해졌고, 각 국제 모드에서의 θ_F의 극대치는 단층 자성막에 비해 수 배에서 수십 배가 더 컸다. 이에 따른 성능지수는 d_M이 증가함에 따라 증가하다가 감소하는데, 이 때 k가 큰 경우 모드에 따라 두 개의 극대가 얻어졌다. 가시광 영역에서는 k=11일 때 최대값

$Q=0.15$ 가, $d_M=375\text{nm}$ 에서 얻어졌고, 이 값은 단층가네트 막에 비해 약 30배 큰 값이며, 이 때의 $\lambda=720\text{nm}$, $T=0.54$, $\theta_F=8.13^\circ$ 였다. 적외선 영역에서는 $k=11$ 이고 $d_M=800\text{nm}$ 일 때, 최대값 $Q=0.285$ (단층가네트 막에 비해 100배 큰 값)가 얻어졌고, 이 때의 $\lambda=1114\text{nm}$, $T=0.485$, $\theta_F=18^\circ$ 였다.

4. 결론

$\text{Bi}_{1.07}$ 치환된 다층 1차원 MPC의 자성체층의 두께(d_M)와 유전체층의 적층수(k)를 변화시키며($d_M = 1\sim 555\text{nm}$, $k = 5\sim 15$), 그에 따른 가시광과 적외선에서의 투과율과 페러데이 회전각 및 성능지수를 조사했다. 이를 통해 조사한 $\text{Bi}_{1.07}$ 치환된 다층 1차원 MPC의 각 국제 모드에서의 페러데이 회전각 및 성능지수의 극대값들은 단층 Bi치환 가네트 박막에 비해 수 배 내지 수십 배 큰 값을 가짐을 알 수 있었다.



[Fig.1] Structure of 1-dimensional magneto-phonic crystal

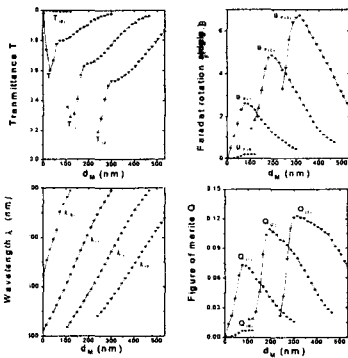


fig2

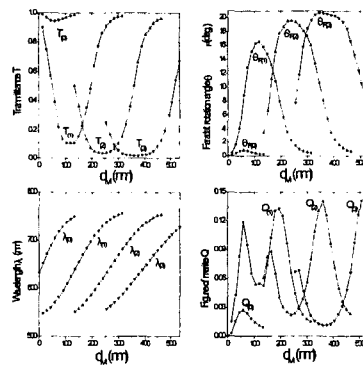


fig3

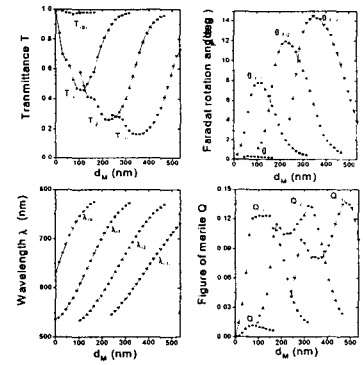


fig4

[Fig.2] Dependence of transmittance T , Faraday rotation angle θ_F , wavelength λ and figure of merit Q of the localized modes in 1D-MPCs as a function of d_M when $k = 5$

[Fig.3] Dependence of transmittance T , Faraday rotation angle θ_F , wavelength λ and figure of merit Q of the localized modes in 1D-MPCs as a function of d_M when $k = 7$

[Fig.4] Dependence of transmittance T , Faraday rotation angle θ_F , wavelength λ and figure of merit Q of the localized modes in 1D-MPCs as a function of d_M when $k = 9$

참고문헌

[1] M. Inoue, Jpn. Appl. Magetics, 22, 1105 (1998).
 [2] M. Inoue and T. Fujii. Jpn. Appl. Magnetics, 21, 187 (1997)
 [3] M. Inoue, K. Arai, M. Abe, and T. Fujii, Digest of MORIS, Jan. 10-13, USA (1999)
 [4] V. Doorman, J. P. Krumme, and H. Lenz, J. Appl. Phys. 68, 3544 (1990)