

**Bi함량에 따른 1차원 자성 포토닉 결정의 페러데이 회전각과 투과율의 수치해석**

**Numerical Analysis of Faraday Rotation and Transmittance of One-Dimensional Magnetophotonic Crystals as a Function of Bi content**

이동훈, 박재혁, 이종백, 조재경  
 경상대학교 공과대학 전자재료공학과  
 경남 진주시 가좌동 900  
 lee109@dreamwiz.com

1. 서론

1차원 자성 포토닉 결정이란, 결합층으로 삽입된 자성층에 빛이 국재화되어 거대한 페러데이 회전각 ( $\theta_F$ )과 투과율(T)을 나타낸다는 점에서 주목을 받고 있다. 본 논문에서는 두 종류의  $SiO_2$ 와  $Ta_2O_5$ 를 절연층으로 하는 샌드위치 구조에 Bi를 치환한 가네트 박막을 결합층으로 하는 1차원 자성 포토닉 결정으로부터 가시광선이나 적외선 영역에서의 Bi함량에 따른 1차원 자성 포토닉 결정의 성능지수를 조사하였다.

2. 수치해석

k가 적층수인  $(AB)_kM(BA)_k$ 의 구조를 가진 1차원 자성 포토닉 결정을 통한 빛의 투과는 복소 절연 텐서를 사용한 맥스웰 방정식으로 기술할 수 있다.[1] 많은 계면을 가진 일차원 자성 포토닉 결정의 각 계면에서의 다중 간섭과 다중 위상 간섭 효과를 포함한 특성은 행렬 접근 방식을 사용한 맥스웰 방정식을 풀어서 일반적으로 논하여진다. 이 이론을 근거로 하여 1차원 자성 포토닉 결정의 특성을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 수치해석을 하였다. 해석을 위해 Bi함량이 0.5와 1.07로 치환된 가네트의 유전율 텐서는 참고문헌 [2,3]에 보고된 값을 사용하였다.  $SiO_2$ 의 굴절률은 1.44 그리고  $Ta_2O_5$ 의 경우는 2.1을 사용하였고, 파장의 분산과 빛의 흡수는 무시했다.[1] 목표파장은 633nm와 1000nm이었다.  $Ta_2O_5$ 와  $SiO_2$ 의 두께는 목표파장의  $1/(4n_D)$ 로 설정하였다. 여기서  $n_D$ 는  $Ta_2O_5$ 와  $SiO_2$ 의 굴절률이다. 적층수 k는 3-13까지 범위에서 변화시켰으며, 자성층의 두께( $d_M$ )는 1-1000nm의 범위에서 변화시켰다.

3. 결과

Figs.1과 2는 ( $\lambda_i$ )=633nm일 때  $Bi_{0.5}$ 와  $Bi_{1.07}$  치환된 가네트( $Bi_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$ ) 박막을 포함하는 1차원 자성 포토닉 결정의 투과도와 페러데이 회전각을 보여주며, Figs.3과 4는 ( $\lambda_i$ )=1000nm일 때  $Bi_{0.5}$ 와  $Bi_{1.07}$  치환된 가네트 박막을 포함하는 1차원 자성 포토닉 결정의 투과도와 페러데이 회전각을 보여주고 있다.

Figs.1과 2에서 보듯이 일반적으로  $Bi_{1.07}$ 의 경우에는  $Bi_{0.5}$ 의 경우보다 T가 작고 페러데이 회전각  $\theta_F$ 가 크게 나타남을 알 수 있다. 그 이유로는 단층 가네트 박막의 T와  $\theta_F$ 는 Bi의 함량에 의해 T가 감소하고  $\theta_F$ 가 증가하기 때문으로 생각된다. 성능지수는 가시광선 및 적외선 영역 모두에서 k가 작을 때는  $Bi_{1.07}$ 의 경우가  $Bi_{0.5}$ 의 경우보다 크나, k가 증가하면  $Bi_{0.5}$ 의 경우가  $Bi_{1.07}$ 보다 큰 값을 나타낸다는 것을 발견했다.

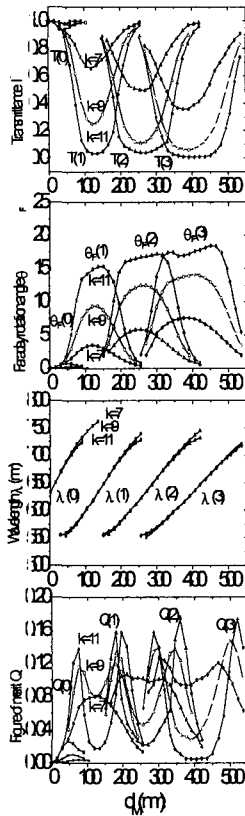


Fig.1 Transmittance  $T$ , Faraday rotation angle  $\theta_F$ , wavelength  $\lambda$  and figure of merit  $Q$  of the localized modes vs  $d_M$  and  $k$  in the wavelengths of 550-770nm for the 1D-MPCs with the magnetic garnet layer having Bicontent of 0.5

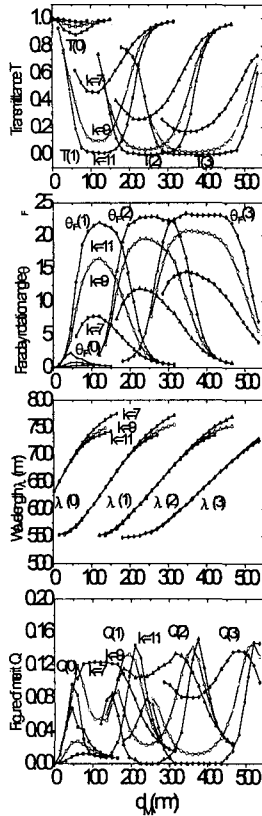


Fig.2 Transmittance  $T$ , Faraday rotation angle  $\theta_F$ , wavelength  $\lambda$  and figure of merit  $Q$  of the localized modes vs  $d_M$  and  $k$  in the wavelength of 550-770nm for the 1D-MPCs with the magnetic garnet layer having Bi content of 1.07

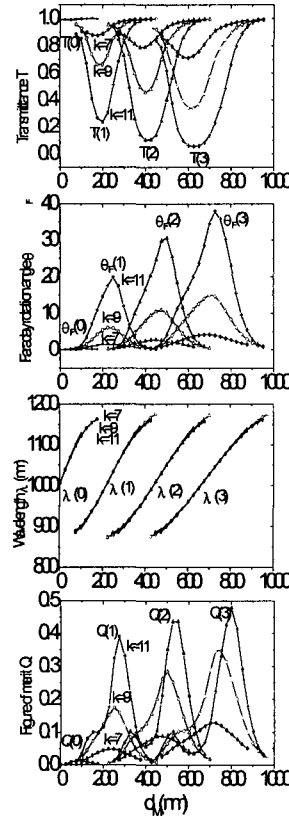


Fig.3 Transmittance  $T$ , Faraday rotation angle  $\theta_F$ , wavelength  $\lambda$  and figure of merit  $Q$  of the localized modes vs  $d_M$  and  $k$  in the wavelengths of 850-1150nm for the 1D-MPCs with the magnetic garnet layer having Bi content of 0.5

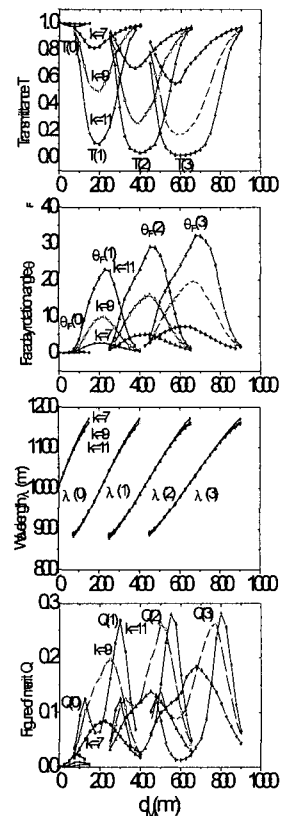


Fig.4 Transmittance  $T$ , Faraday rotation angle  $\theta_F$ , wavelength  $\lambda$  and figure of merit  $Q$  of the localized modes vs  $d_M$  and  $k$  in the wavelengths of 850-1150nm for the 1D-MPCs with the magnetic garnet layer having Bi content of 1.07

#### 4. 결론

Bi 함량에 따른  $(AB)_kM(BA)_k$ 의 구조를 가진 1차원 자성 포토닉 결정의 가시광과 적외선 영역에서의 성능지수를 시뮬레이션 했다. 성능지수는 가시광선 및 적외선 영역 모두에서  $k$ 가 작을 때는  $Bi_{1.07}$ 의 경우가  $Bi_{0.5}$ 의 경우보다 크나,  $k$ 가 증가하면  $Bi_{0.5}$ 의 경우가  $Bi_{1.07}$ 보다 큰 값을 나타낸다는 것을 발견했다.

#### 5. 참고문헌

- [1] M. Inoue, K. Arai, T. Fujii, and M. Abe, "One-dimensional magnetophotonic crystals", *J. Appl. Phys.* Vol.85, No. pp.5768-5770, 1999.
- [2] M. Inoue, K. Arai, M. Abe, T. Fujii, S. Fan, and J. D. Joannopoulos, "Magneto-Optical Figure-of-Merit Parameters of Localized Modes in One-Dimensional Magnetophotonic Crystals", *Jpn. J. Appl. Phys.* vol.23, pp.1863-1866, 1999.
- [3] V. Doorman, J.P. Krumme, and H. Lenz, "Optical and magneto-optical tensor spectra of bismuth-substituted yttrium-iron-garnet films", *J. Appl. Phys.* vol.68, No. 7. pp.3544-3553, 1990.