1차원 자성 포토닉 결정을 이용한 자기 광학 공간 광 변조기의 제조

Fabrication of Magneto-Optic Spatial Light Modulator based on 1D Magnetophotonic Crystal (MPC-MOSLM)

박재혁, 조재경, Misuteru Inoue*, Hideyoshi Horimai**
경상대학교 공과대학 전자재료공학과,
* Department of Electrical & Electronic Engineering, Toyohashi University of Technology, Japan
** R&D Center, Optware Corp., Japan
jkcho@nongae.gsnu.ac.kr

1. 서론

공간 광변조기(spatial light modulator)는 빛의 진폭, 위상 혹은 편광 상태를 공간적으로 변조하는 소자이다. 2차원적인 화소 배열을 갖는 공간 광 변조기는, 전자 소자들이 지니지 않는, 정보를 고속으로 병렬 처리할 수 있는 기능에 힘입어, 광상관기, 광컴퓨터, 프로젝션 TV, 빔 프로젝트, 홀로그래피 메모리의 핵심 소자로 지난 50년간 활발히 연구되어, 액정 공간 광 변조기, 자기 광학 공간 광 변조기[(1)(2)] 등이 개발되었다. 이 중에서 자기광학 공간 광 변조기는 화소의 스위칭 스피드가 빠르고, 견고하고, 내방사능성을 가질 뿐만 아니라, 비휘발성이라는 장점을 가지고 있어, 주로 우주항공용의 Miniature Ruggedized Optical Correlator(MROC)[(3)]에 사용되어 왔다. 본 논문에서는 새로운 개념의 공간 광 변조기인 자성 포토닉 결정을 이용한 자기 광학 공간 광 변조기(MPC-MOSLM)의 제조에 관하여 논하고자 한다

2. MPC-MOSLM의 제조

자성 포토닉 결정은 포토닉 결정 내에 결함층으로 자성층을 삽입한 것이다. 즉, 두 종류의 유전체 층 (S, T)을 주기적으로 적층한 구조에, 가네트 박막(M)을 결함층으로 삽입한 $(S/T)_k/M/(T/S)_k$의 구조를 갖는다. 이는 수 백 nm의 자성층의 두께로 단층의 자성막에 비하여 수 십에서 수 백 배 큰 페러데이 회전각을 얻을 수 있는 특징이 있다[(4)(5)(6)(7)(8)]. MPC-MOSLM은 자성 포토닉 결정의 결함층인 자성층의 수직 자화의 방향을 X-Y 드라이브 라인을 이용하여 인위적으로 바꾸어 빛을 변조하고자 하는 공간 광 변조기이다. 반사형 MPC-MOSLM은 Fig. 1에 보듯이 $(TS)_4/(TI)/M/(IT)/(ST)_4/Al$인 구조로 유전체 층의 쌍이 자성층을 샘드위치한 구조이다. 유전체층은 T(Ta2O5, 79 nm), S(SiO2, 108 nm), I(ITO, 116 nm) 이고 자성층은 M(Bi,Al,Gd:YIG, 300 nm)으로 되어 있다. 먼저 하부 다층막인 $(TS)_4/T$가 스퍼터링법에 의해 유리 기판위에 적층되고 하부 ITO, 비절질 가네트, 상부 ITO가 각각 X 드라이브 라인, 픽셀, Y 드리이브 라인으로 적층되었다. 특히 X-Y 드라이브 라인은 3D electromagnetic field computer simulation으로, 전류가 획기적으로 작게 소비되는 새로운 모형 즉, 각 픽셀에 만입을 가지게 하여 전류가 드라이브 라인을 따라 흐를 때 만입 부분에 국부적으로 강한 수직 자기장을 픽셀에 인가할 수 있도록 설계하였다[(9)]. 픽셀의 수는 16×16=256 개이다. 각각의 픽셀 크기는 50×50 ㎛와 100×100 ㎛이고, 펫

셀 간의 거리는 5 ㎛로 하였다. 비정질 가네트를 결정화하여 수직 자화를 갖게 하기 위하여 전기로에서 750℃ 10분간 열처리하였다. 그리고 열처리가 된 ITO의 굴절율은 SiO_2의 굴절율과 유사하였다. 그 다음으로 상부다층막인 $T/(ST)_4$가 적층되고, 픽셀 전체를 덮는 반사층으로 Al이 입혀졌다. Bonding pad는 ion milling으로 open되었다. 마지막으로 passivation과 dicing 그리고 IC package에 wire binding을 하였다. Bias coil은 IC package 위에 붙혀졌다. 본 논문의 반사형 MPC-MOSLM은 자성층의 두께가 수 백 nm로 작다는데 특징이 있다. 그 하나는 MPC의 구조로 인하여 자성층의 두께가 수 백 nm로 작지만, 큰 페러데이 회전각과 투과율을 가진다는 것이고, 또 하나는 X-Y 드라이브 라인 사이의 자성층의 두께가 수 백 nm로 작으므로 픽셀의 화소 반전에 필요한 전류를 획기적으로 줄일 수 있다는 것이다.

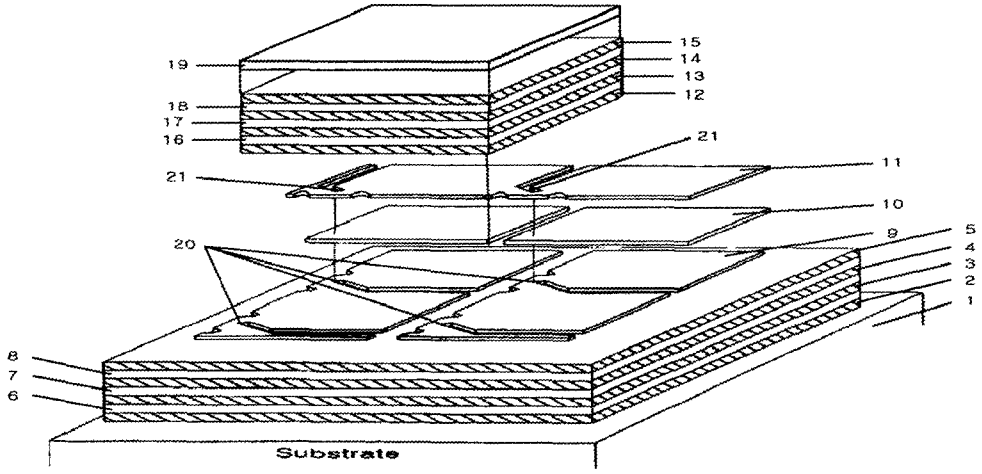

Fig.1 Structure of MPC-MOSLM

3. 결론

MPC-MOSLM은 픽셀에 만입을 가지는 새로운 형상의 X-Y 드라이브 라인과 MPC를 이용하여 큰 페러데이 회전각과 투과율을 가지게 함으로써 기존의 자기 광학 공간 광 변조기의 커다란 결점인 드라이브 라인의 전류가 커다란 문제점을 해결하였을 뿐만 아니라 보다 큰 스위칭 감도와 콘트라스트비를 얻을 수 있었다.

4. 참고 문헌

[1] J.Cho, S.Santhsnam, T.Lee, K.Mountfield, and J.Lucas, J. Appl. Phys. 76(3), 1910 (1994).

[2] David T.Carrot, Gary Mallaley, SPIE Proceeding, Vol.3386 (1998).

[3] Ross, W.E. et.al., SPIE Proceeding, Vol. 1959, 222-229 (1993).

[4] M. Inoue, Jpn. Appl. Magetics, **22**, 1105 (1998).

[5] M. Inoue, K. I. Arai, M. Abe, T. Fujii, S. Fan, and J. D. Joannopoulos, Jpn. Appl. Magnetics, **23**, 1861 (1999).

[6] M. Inoue and T. Fujii. Jpn. Appl. Magnetics, **21**, 187 (1997).

[7] M. Inoue, K. Arai, M. Abe, and T. Fujii, Digest of MORIS, Jan. 10-13, USA (1999).