

FLC를 이용한 Fiber Optic 스위치

Fiber Optic Switch Using Ferroelectric Liquid Crystal

김 인 태, 오 세 권, 유 연 석
 청주대학교 광학공학과
 ysyu@chongju.ac.kr

반사형 ferroelectric liquid crystal (FLC)의 기본적인 동작 원리는 다음과 같다. FLC의 얇은 층은 금속 컨덕터와 indium tin oxide (ITO)와 같은 투명전도층으로 코팅된 glass window 사이에 끼어있다. FLC층에 전압이 인가되면 FLC의 fast축은 전압의 극성에 의존하게 되어 두 개의 가능한 단계중 하나의 단계에 영향을 미치게된다. Fast축의 방위 벡터표현은 보통의 경우 두 개의 방위가 직각이다. 하지만 광이 45°의 각으로 들어온다면 두 개의 방위는 분리된다. 따라서 전도성 표면을 따라 본다면 이것은 fast축의 방위를 이용함으로써 전기적으로 스위치화할 수 있는 waveplate로 생각할 수 있다. 이러한 장치의 반사효과를 이해하기 위해서 우리는 Jones matrix를 이용하였다. Jones Matrix의 표현은 식(1)과 같이 나타내었다.

$$T(\theta, \varphi) = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta \cdot e^{i\varphi/2} + \sin^2 \theta \cdot e^{-i\varphi/2} & \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot (e^{i\varphi/2} - e^{-i\varphi/2}) \\ \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot (e^{i\varphi/2} - e^{-i\varphi/2}) & \sin^2 \theta \cdot e^{i\varphi/2} + \cos^2 \theta \cdot e^{-i\varphi/2} \end{bmatrix} \cdots (1)$$

여기서 θ 는 fast축과 x축이 이루는 각을 나타내고, φ 는 plate의 위상지연을 의미한다. 입사광이 가간섭성을 가지고 있고 x축을 따라 진행한다고 하자. 그럼 $\varphi/2$ 만큼 지연을 수반하는 반사장치는 φ 만큼의 지연을 수반하는 투과장치와 수학적으로 동등하게 된다. 위치는 수학적으로 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$R(\theta, \varphi/2) = T(-\theta, \varphi/2) \cdot \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot T(\theta, \varphi/2) \cdots (2)$$

식(2)는 반사형 금속 컨덕터에 대해서 표현하는 것이다. 식(2)의 우변에 Matrix승법을 실행한 결과 우리는 식(3)을 반전 할 수 있었다.

$$R(\theta, \varphi/2) = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot T(\theta, \varphi) \cdots (3)$$

그러므로 식(3)에서 보듯이, y축에 대해서는 180° 정도의 회전을 기대할 수 있는 것이다.⁽¹⁾ 본 연구에서 이러한 특성을 이용하여 입사광의 편광방향이 45° 일 때 FLC에 의해 반사되는 위상이 180°로 바뀌는 것을 이용하여 fiber optic switch로서의 가능성을 검증해 본 것이다.

반사형 FLC셀을 이용한 간단한 진폭형 변조 시스템은 FLC셀의 glass window에 선편광자를 위치시킴으로써 구현할 수 있다. 투과축은 FLC셀의 fast축과 평행하다. FLC셀의 두께는 파장에 대해서 흥미를 유발하는데, 셀은 half-waveplate와 같이 작동하기 때문이다.⁽²⁾

FLC는 진폭변조장치형태로 사용되기도 하지만 본 연구에서는 위상변조장치형태를 이용하여 실험을 하였다.

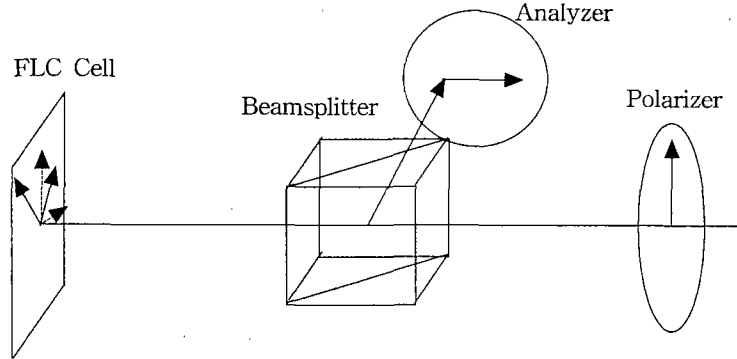


그림1. Phase modulation system configuration

그림1에서 보듯이 위상변조시스템 FLC는 입사광의 위상을 변조하는데 사용한다. 이와 같은 FLC장치는 입사광의 편광을 두 fast축에 의해서 형성된 각을 양분한다. 하나의 fast축에서 입사광의 편광 벡터는 회전된 45° 시계방향으로 FLC셀을 통하여 진행하며, 또 다른 fast축의 편광은 회전된 45° 시계반대 방향을 진행한다. 이러한 두 개의 광은 편광된 수평축을 따라 검광자를 통해 진행하면 180°의 위상차이를 나타낸다. 본 연구에서는 이러한 원리를 이용하여 실험장치를 Michelson Interferometer 형태로 하여 BS를 통하여 나누어진 빛이 각각의 FLC에 반사되어 위상차에 의한 간섭을 일으키게 하였다. 이 위상차의 형성은 FLC에 입력하는 신호에 의하여 제어되며 그 결과는 다음의 그림2와 같다.

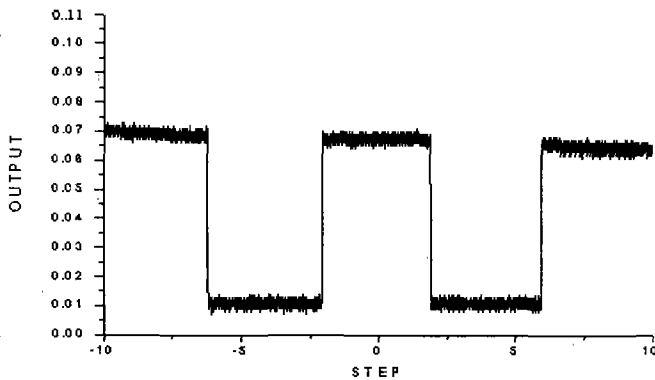


그림 2. 1×1 Fiber Optic Switch를 실험적 출력 형태

본 연구에서는 FLC의 위상변조기능을 이용하여 1×1 Fiber Optic Switch를 실험적으로 구현하여 보았고, 더 나아가 256×256 Fiber Optic Switch까지도 가능성이 있음을 검증하여 보았다

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단지정 청주대학교 정보통신 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Jeffrey A. Davis. "Physics 553 Modern Optics Laboratory Manual 6th Ed." San Diego State University Dept. of Physics.
2. Joseph W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, p.179, McGraw Hill, 1998

