

# FLC SLM을 이용한 Optical Isolator 및 Circulator

## Optical isolator and circulator using ferroelectric liquid crystal(FLC) Spatial Light Modulator(SLM)

김인태 · 유연석  
 청주대학교 정보기술공학부  
 e-mail: optics05@msn.com

광통신 시스템에는 다양한 광소자들이 삽입되어 사용된다. 특히 보다 많은 정보의 전송을 위하여 WDM 소자들이 흔히 사용되고 있다. 이와 같이 data 처리용량 및 속도 증가에 대응하기 위한 광섬유의 개발이 활발하게 연구되고 있으며 data 전송용량이 증가되면 channel 파장 대역폭이 좁아지게 되고 전송 속도가 증가되면 색분산 등 광섬유의 비선형성에 의한 영향이 크게 나타나게 된다. 또한 장거리 통신망 등에서는 온도 변화에 의해 분산 기울기 변화가 전송 제한 요인이 된다. 또한 다파장 펌프광을 사용하여 증폭 대역을 확장시킨 초 광대역 및 분배형 Raman 증폭기(distribute raman amplifiers)등이 개발되어 160Gb/s까지 가능하다는 연구 보고서도 있다. 이러한 복잡하고 다양한 장거리 고속 data 전송 시스템들에 있어서 필수적인 핵심 광학계로는 광 증폭기 시스템을 들 수가 있는데 광 증폭기 시스템과 optical time-domain reflectometry, wave length multiplexer와 demultiplexer들에는 필수적으로 optical isolator와 optical circulator 등이 사용되게 된다. optical circulator는 비가역적 기능을 갖는 수동소자로서 광통신의 발달과 함께 광범위하게 사용되고 있다<sup>(1)</sup>.

본 논문에서는 Optical isolator 및 circulator 구현에 공간 광변조기로 널리 사용되고 있는 ferroelectric liquid crystal(FLC)을  $\lambda/2$  plate의 역할로 사용하여 그 가능성을 알아보고 FLC의 외부적 조작에 의하여 Isolation 방향 가변이 가능한 Optical Isolator와 Circulator의 구조를 제안하고 그 구조에 따른 작동 원리에 대하여 알아보았다.

SLM의 동작은 "off" 상태에서의 SLM의 fast 축은 그림 1 (a)와 같이 수직으로 설치되어 있다고 가정하면 이때 수직이나 수평 방향으로 입력된 광은 편광 방향의 변화가 없이 출력이 된다. 그러나 "on" 상태가 되면 그림 1 (b)와 같이 fast 축이 시계방향으로 45° 회전을 하게 되므로 수직방향으로 편광된 광은 시계방향으로 90° 회전되어 수평방향으로 편광방향이 회전되어 출력이 된다. fast 축과 입사하는 선형 편광된 광과 이루는 각을  $\theta$ 라 하면 입사광에 대한 SLM의 영향은 초기의 편광상태를 변화시키지 않고 편광방향을  $2\theta$  회전시키는 역할을 한다. 즉,  $\lambda/2$  plate와 같은 역할을 한다<sup>(2)</sup>.

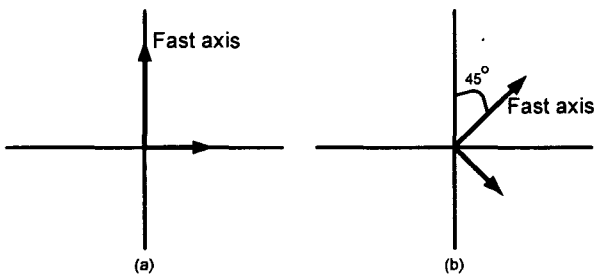


그림 1. FLC SLM의 제어에 따른 fast축의 변화. (a)"off" 상태에서의 fast axis, (b)"on" 상태에서의 fast axis

그림 2는 본 논문에서 제안하는 optical isolator의 구조이다. FLC가 "off" 상태에 있을 때 port 1로

입력된 광은 port 2로 출력 되고 반대로 port 2로 입력된 광은 port 1로 출력되지 못한다. 반대로 FLC가 "on" 상태에 있을 때에는 port 1로 입력된 광은 port 2로 출력이 되지 못하고, port 2로 입력된 광은 port 1로 출력되는 것을 알 수 있다. 즉, FLC가 "off" 상태이면 port 1에서 port 2로 광이 진행하고 "on" 상태이면 port 2에서 port 1로 광이 진행되는 결과가 나타난다. 이러한 결과는 외부에서의 전기적 조작에 의하여 Isolation 방향을 가변할 수 있다는 것을 보여준다.

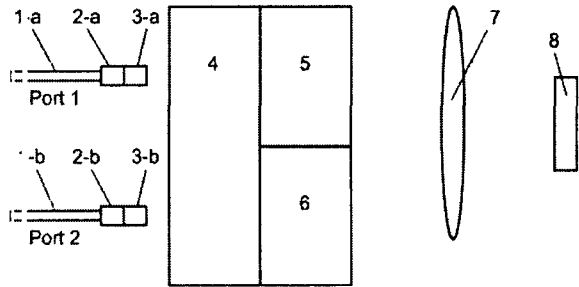


그림 2. 강유전성 액정장치(FLC)를 이용한 방향가변형 광 아이솔레이터의 구성도.

- 1-a, b: port 1, 2 측 광섬유
- 2-a, b: port 1, 2 측 페룰(Ferrule)
- 3-a, b: port 1, 2 측 콜리메이터 렌즈
- 4: Work-Off Crystal 5: Spacer
- 6: Faraday Rotator 7: Focus lens
- 8: 강유전성 액정장치(FLC)

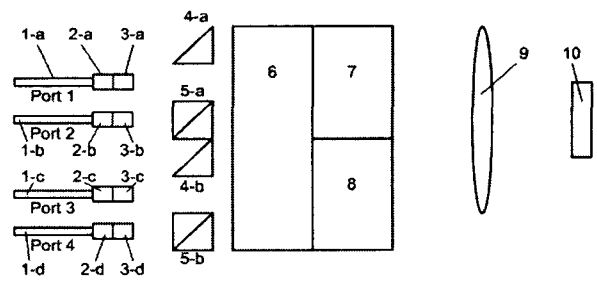


그림 2. 강유전성 액정장치(FLC)를 이용한 방향가변형 광 서큘레이터의 구성도.

- 1-a~d: port 1~4 측 광섬유
- 2-a~d: port 1~4 측 페룰(Ferrule)
- 3-a~d: port 1~4 측 콜리메이터 렌즈
- 4-a, 4-b: 반사 프리즘
- 5-a, 5-b: PBS 6: Work-Off Crystal
- 7: Spacer 8: Faraday Rotator
- 9: Focus lens 10: 강유전성 액정장치(FLC)

그림 3의 경우 FLC를 이용한 optical circulator의 구상도이다. 각 입력 port로 들어온 광은 FLC의

표 1. FLC의 "off/on"에 따른 출력 port 변화

		FLC 상태	
		off	on
입력 port	port 1	port 3	port 4
	port 2	port 4	port 3
	port 3	port 2	port 1
	port 4	port 1	port 2

기능을 동시에 수행 할 수 있음을 알 수가 있다.

"off/on"에 따라 표 1과 같이 서로 다른 port로 출력됨을 알 수가 있다. port 1로 광을 입력하고 FLC를 "off/on" 한다면 출력은 port 3과 port 4로 변할 것이다. port 2로 입력을 하고 FLC를 "off/on" 한다면 출력은 port 4와 port 3으로 변할 것이다. 이와 같이 하나의 port에 입력을 하여도 FLC의 외부적인 조작에 의하여 그 출력 위치를 변화시킬 수 있는 2×2 optical switch로서의 기능과 4-port optical circulator의 기

※ 본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

[1] Harry J. R. Dutton, Understanding optical communications, p253~256  
 [2] Displaytach SLiM Driver II Manual