

실리카 기반의 16채널 CWDM 광도파로의 설계 및 집적화

Design and Integration of Silica-Based 16 Channel CWDM

신호섭*, 심사용*, 이재우*, 이상선**

한양대학교 전자통신전파공학과*, 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부**

hshongik@hanmail.net

MZI 하나를 이용하여 한 단을 구성한 CWDM 설계에서는 출력 특성이 sine wave 의 제곱 특성을 가지므로 각 채널당 통과 대역이 좁다. 이러한 특성은 WDM System 에서 Laser Source 의 온도 변화에 의한 파장 변화에 대해 좋은 특성을 보이지 못함을 의미한다. 따라서 Laser Source 의 파장 변화에 좋은 특성을 갖는 넓은 통과대역을 갖을 필요가 있다.⁽¹⁾ 본 연구 그룹은 MZI 2개와 3개를 이용하여 평평한 출력 특성을 갖는 4 채널 CWDM 광 도파로 소자의 설계와 해석을 발표한바 있다.⁽²⁾

본 논문에서는 넓은 통과대역을 갖는 16 채널 CWDM 광도파로 소자의 설계 및 특성과 더불어 소자 집적화시 유용한 방법을 살펴본다. 그림 1 은 두 개의 결합기와 한 개의 위상지연 부분으로 구성된 MZI 소자를 개략적으로 나타내는 그림이다.

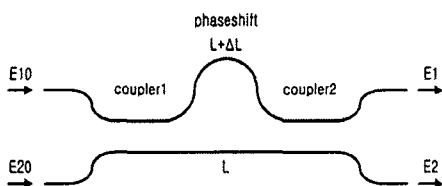


그림 1. 2×2 MZI 구조

$$M_{coupler} = \begin{bmatrix} \cos \delta d & i \sin \delta d \\ i \sin \delta d & \cos \delta d \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$M_{phaseshift} = \begin{bmatrix} e^{i \frac{k \Delta L}{2}} & 0 \\ 0 & e^{-i \frac{k \Delta L}{2}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

이때 결합기의 전달행렬은 (1) 과 같으며 여기서 δ 는 결합계수이고 d 는 결합길이를 나타낸다. 또한 직선 도파로와 굽은 도파로의 길이 차를 이용한 위상지연부분은 행렬형태 (2)로 표현된다. 여기서 $k = 2\pi n_{eff} / \lambda_0$, n_{eff} 는 유효 굴절률이고 λ_0 는 입력파장이다. ΔL 은 굽은 도파로와 직선도파로의 길이차를 나타낸다. 입력파 E_{10} 과 E_{20} 에 대한 출력파 E_1 과 E_2 의 관계는 (3)의 형태를 가진다. ⁽³⁾

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} = M_{coupler2} M_{phaseshift} M_{coupler1} \begin{bmatrix} E_{10} \\ E_{20} \end{bmatrix} \quad (3)$$

기본 MZI 를 이용하여 광 신호 채널의 중심 주파수를 1510, 1515, 1520, 1525, 1530, 1535, 1540, 1545, 1550, 1555, 1560, 1565, 1570, 1575, 1580, 1585 nm 갖는 16 채널 CWDM 광도파로 소자를 설계하였다. 그림 2 는 16 개의 채널분배를 위해 MZI 단을 2 개 사용하는 interleave filter 15개를 다단으로 연결하여 설계한 CWDM 을 보여준다.

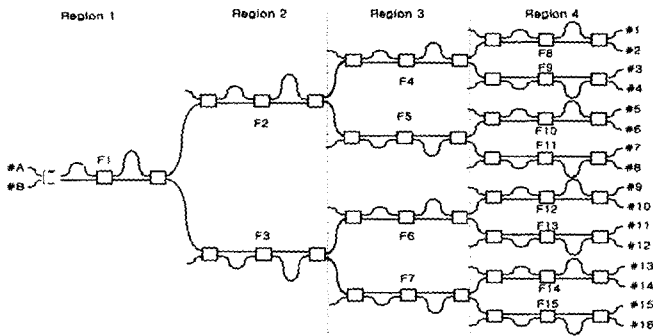


그림 2. 16 채널 CWDM

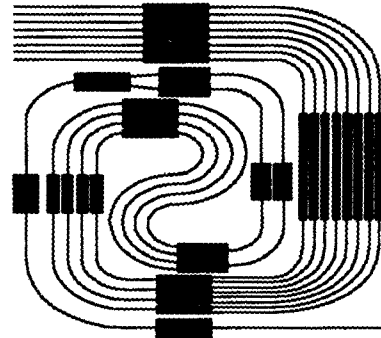


그림 3. PLC 를 이용한 집적회로 구조

그림 2에서 Region 1은 입력된 광신호의 채널간격을 5 nm가 되도록 만들어주고 5 nm 간격으로 교차 선택된 파장들을 다시 분리하기 위해 10 nm, 20 nm, 40 nm의 채널간격을 갖는 Region 2, 3, 4 를 연결하였다. 표 1은 설계 요소를 나타내며, 그림 3은 그림 2에서 보인 15개의 기본 interleave filter 를 다단으로 구성된 CWDM의 제작 시 각 Region 의 interleave filter 를 집적화 시킴으로써 소자의 크기를 줄일 수 있는 구조를 나타낸다. 그림 4 는 출력 단에서의 특성을 보여 주며 -0.5 dB 이상을 통과대역이라 할 때 2.1 nm 의 통과대역을 가지고 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 설계한 CWDM의 특성은 16개 채널에 대한 출력에 있어 넓은 통과 대역 spacing 을 가짐을 알 수 있었고 그림 2 의 기본적인 구조와 그림 3 에서 보인 PLC 를 이용한 집적회로 구조의 특징을 비교했을 때 기본적인 구조보다는 집적회로 제작 시 구조에서 소자의 길이 면에서는 74.38 mm 더 짧아지며, 높이 면에서는 24.68 mm 더 길어짐을 알 수 있었다.

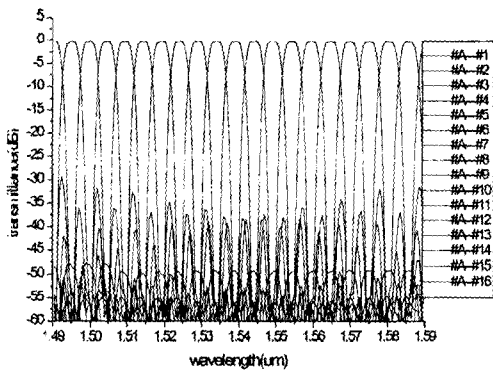


그림 4. 출력 특성

	filter 1	filter 2	filter 3	filter 4	filter 5
ΔL_1	162.320	81.428	82.227	40.714	41.514
ΔL_2	324.104	162.321	163.918	80.896	82.491
	filter 6	filter 7	filter 8	filter 9	filter 10
ΔL_1	40.846	41.648	19.825	20.621	19.954
ΔL_2	81.157	82.760	39.122	40.707	39.377
	filter 11	filter 12	filter 13	filter 14	filter 15
ΔL_1	20.756	19.890	20.688	20.020	20.824
ΔL_2	40.972	39.249	40.839	39.506	41.106
Coupler	C 1: 50%		C 2: 59%		C 3: 3%
그림2	92.6×3.95 [mm ²]		그림3	18.22×28.63 [mm ²]	

표1. 16채널 CWDM 설계 요소

* 본과제는 한국과학재단 기초과학연구사업 양자광기능 물성 연구센터의 위탁과제에 의해 수행되었습니다.

참고문헌.

1. M. Oguma, et al., "Four-channel flat-top and low-loss filter for wide passband WDM access network", Electron. Lett., vol.37, pp.514-515, 2001.
2. 이재우, 심사용, 신호섭, 이상선, 김제민, 서용곤, 윤형도, "실리카 기반의 MZI 구조를 이용한 CWDM 광도파로의 설계", 제10회 광전자 및 광통신 학술회의 논문집, pp.41-42, 2003.
3. B. H. Verbeek, et al., "Integrated Four-Channel Mach-Zehnder Multi/Demultiplexer Fabricated with Phosphorous Doped SiO₂ Waveguides on Si", Lightwave Technol., vol.16, pp.1011-1015, 1988.