

## 다중모드 간섭현상을 이용한 1 × 16 마하젠더 스위치 개발

김성원 · 홍종균 · 이상선<sup>†</sup>

한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 통신연구실  
Ⓛ 133-791 서울특별시 성동구 행당동 17번지

(2006년 6월 9일 받음, 2006년 10월 18일 수정본 받음)

본 논문에서는 실리카 기반의 다중모드 간섭기를 이용하여 적은 초과손실을 갖는 1×16 마하젠더 스위치에 대한 설계 및 측정결과에 대하여 논하였다. 제작된 1×16 마하젠더 스위치는 마하젠더 간섭계(Mach-Zehnder Interferometer, MZI) 구조를 갖는 2×2 열광학 스위치를 단위소자로 하였으며, 15개의 단위소자를 이용하여 4단(stage)으로 구성하였다. 먼저 광분배기와 2×2 MZI 열광학 스위치 등의 개별적인 특성을 파악하였고, 그 결과를 전체 소자의 설계에 적용함으로써 보다 좋은 성능을 얻을 수 있었다. 제작된 다중모드 간섭기를 이용한 MZI 구조의 단위스위치 당 초과손실은 최소 -0.5dB로 측정되었다.

주제어 : Integrated optics devices, Waveguide, Multimode interference effects, Planar lightwave circuits.

### I. 서 론

증가된 인터넷 통신 수요를 처리하기 위해 시분할 다중화(Time Division Multiplexing: TDM) 장치의 성능이 향상되어 왔다. 또한 파장분할 다중화 시스템(Wavelength Division Multiplexing: WDM)이 도입되었고, 최근에는 점대점(Point-to-Point)통신 등에 많이 사용되고 있다. 이와 같은 파장분할 다중화 시스템에서 광전(Optical-Electrical, O-E) 변환을 하는 경우는 전체 시스템의 속도와 가격에 문제가 발생하므로 이러한 시스템에서는 공간분할 광학 스위치(Space Division Optical Switch)가 매우 중요한 핵심소자가 되고 있다<sup>[1-3]</sup>.

이러한 공간분할 스위치는 고집적화가 요구되는 소자이므로, 실리카 물질과 같이, 공정이 안정화된 물질을 사용하고 있다. 실리카 물질을 이용한 평판형 광 도파로 소자(Planar Lightwave Circuit, PLC)는 열에 의한 특성 변화가 작고, 광섬유와의 결합 손실이 작으며, 산업적으로 안정화된 기술을 이용하여 대량생산이 가능한 장점을 가지고 있다<sup>[4]</sup>. 이러한 장점을 갖는 평판형 광소자의 대표적인 형태에는 방향성 결합기(Directional Coupler)와 다중모드 간섭기(Multimode Interference coupler)가 있다. 그 중에서 다중모드 간섭기는 방향성 결합기의 경우에 비해 제작허용오차(Fabrication Tolerance)가 크고, 편광의존도(Polarization Dependency)가 낮으며, 누화(Cross-talk)가 적은 장점이 있기 때문에, 보다 효율의 저가형 소자를 설계할 수 있어서 실용성이 뛰어난 것으로 인정받고 있다<sup>[5-6]</sup>. 다중모드 간섭기는 광 스위치, 광분배기, 파장여과기 등 광소자 전반에 걸쳐 매우 널리 응용되고 있다<sup>[7-9]</sup>. 특히 실리카 물질을 기반으로 한 광 스위치는 시스템에서 광신호의 경로를 제어하는 매트릭스 스위치(Matrix Switch)의 기본이 되는 소자로서, 광 스위치의 성능이 전체

시스템의 성능에 큰 영향을 주게 되는 핵심 소자이다<sup>[10]</sup>.

본 논문에서는 평판형 광도파로 소자를 이용한 공간 분할 열광학 스위치(Space Division Thermo-Optic Switch, TOSW)에 대한 연구 결과를 소개하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 2×2 MZI 열광학 스위치에 대한 실험결과들을 소개하고, 서로 다른 길이를 갖는 다중모드 간섭기들에 대한 출력특성을 실험적으로 알아보았다. 3장에서는 단위소자에 대한 측정결과를 이용하여 제작된 1×16 MZI 스위치에 대한 연구 결과에 대해서 언급하였고, 마지막으로 간략한 결론으로 마무리하고자 한다.

### II. 다중모드 결합기를 이용한 2×2 MZI 열광학 스위치

#### 2.1 MZI 구조의 열광학 스위치

본 논문에서 제안하는 다중모드 간섭기를 이용한 1×16 스위치를 구성하기 위해서, MZI 구조의 다중모드 간섭기를 이용한 2×2 광 스위치를 단위 소자로 하여, 이를 다단으로 연결하여 구성하여야 한다. 따라서 본 논문에서 제안하는 1×16 스위치를 구성하기 위해서 가장 기본이 되는 것은 전체 소자의 기본 단위 소자가 되는 그림 1과 같은 2×2 스위치가 될 것이다. 본 장에서는 전체 스위치 소자의 기본 단위 소자가 되는 2×2 스위치에 대하여, 여러 가지 특성들을 고려하여 설계하였다.

그림 1은 두개의 3-dB 광 분배기들이 서로 위상 변위단으로 연결되어 있고, 단일모드 도파로로 이루어진 입력 및 출력단을 가지고 있다. 또한 위상 변위단의 단면구조는, 그림 1에서 보이는 바와 같이, 열의 확산을 고려하여 두 도파로의 사이에 공기층(Air Trench)을 형성하였다.

광도파로의 코어(Core)와 클래드(Clad) 사이의 인덱스 차

<sup>†</sup> E-mail: ssnlee@hanyang.ac.kr

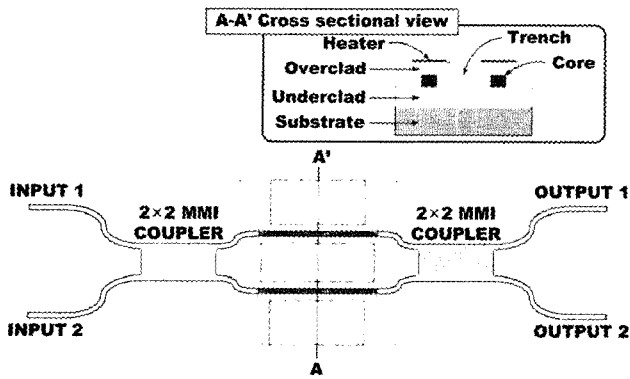


그림 1. 다중모드 간섭기를 이용한 열광학 스위치의 구조와 위상 변위단의 A-A'에 대한 단면도.

표 1. 선행논문에서 소개되었던 2x2 열광학 스위치에 대한 실험결과

Effective Length Range of MMI Coupler		1480 $\mu\text{m}$ ~ 1520 $\mu\text{m}$
Length of MMI Coupler = 1505 $\mu\text{m}$	Switching Power Consumption	202.8 mW
	Polarization Dependence Loss	0.1 dB
	Extinction Ratio	32.7 dB
	Response Time	735 $\mu\text{sec}$ for Rising Time 750 $\mu\text{sec}$ for Falling Time

(Index Difference)는 0.75%이며, 코어는  $7 \times 7 \mu\text{m}^2$ 의 단면구조를 갖고 있다. 또한 오버클래드(Overclad)와 언더클래드(Underclad)의 깊이는 각각 9  $\mu\text{m}$ 와 14  $\mu\text{m}$ 로 정하였으며, 다중모드 간섭기의 폭은 25  $\mu\text{m}$ 로 정하였다. 다중모드 간섭기에서 위상변위단과 입력 및 출력단은 굽은 도파로를 이용하였으며, 1.55  $\mu\text{m}$  파장의 신호원에서 최소한의 손실로 진행하도록 하는 최소 곡률반경인 5000  $\mu\text{m}$ 의 반경을 갖도록 설계하였다<sup>[11]</sup>. 이 때 위상변위단의 두 도파로 사이의 간격은 인접한 단위스위치 소자와의 거리를 고려하여 입력과 출력의 도파로 사이의 간격과 같은 250  $\mu\text{m}$ 로 하였다.

특히 그림 1과 같은 구조의 2x2 열광학 스위치는 본 저자의 선행논문에서 소개한 바 있다<sup>[7]</sup>. 또한 선행연구결과를 바탕으로 본 논문에서 소개하고자 하는 MZI 구조의 1x16 스위치를 설계하였다. 따라서 먼저 선행연구에 대한 결과를 표 1에 정리해 보았다.

표 1에 의하며, 최적의 다중모드 결합기의 길이는 1505  $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 하지만, 다중모드 결합기는 인덱스 차가 같더라도 코어의 인덱스 값이 달라지면, 이미지가 맺히는 길이도 달라지게 된다. 따라서 현재의 코어와 클래드의 인덱스 값들을 이용하여 최적화된 다중모드 결합기의 길이를 얻어 내야 한다.

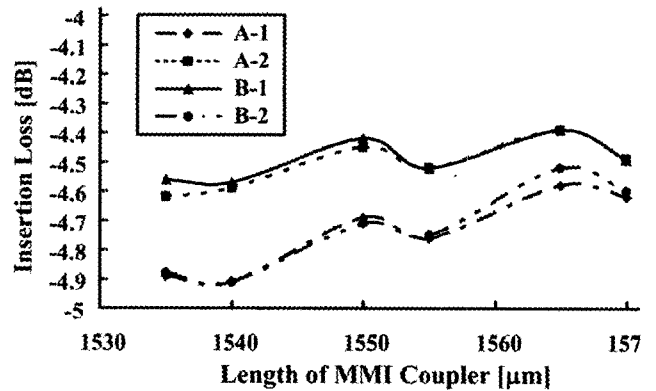


그림 2. 두 입력 도파로에 대한 다중모드 간섭기의 길이에 따른 삽입손실의 특성(A: Input1, B: Input2, 1: Output1, 2: Output2).

## 2.2 단위 소자 측정 결과

본 절에서는 1x16 광 스위치를 제작하기 위한 가장 기본요 소인 광분배기에 대한 실험결과에 대하여 논하고자 한다. 앞 절에서 설명한 바와 같이, 인덱스 차는 같지만, 코어의 인덱스가 선행연구에 사용된 모델과 다르므로, 다중모드 결합기의 최적길이를 새롭게 얻어야 한다. 하지만, 선행연구결과와 크게 달라지지 않을 것으로 기대하고, 선행연구결과를 토대로 하여, 광분배기를 제작 및 측정하였다. 제작된 2x2 광분배기를 대상으로 각 입력단에 입사된 광파에 대한 광 파워의 출력 특성을 살펴보았다.

그림 2에서는 각각의 다중모드 결합기의 길이에 대하여, 광분배기의 두 입력위치에 대한 두 출력도파로의 삽입 손실의 차이를 나타내고 있다. 이 때, 범례항목은 입력위치에 대한 출력위치를 나타내고 있다. 그림 1에 나타낸 입력과 출력 명칭을 고려하여, Input1과 Input2는 각각 A와 B로, Output1과 Output2는 각각 1과 2로 표현하였다. 예를 들면, Input1에 대한 Output1의 특성을 'A-1'과 같이 표시 하였다. 광분배기는 수동소자로서 서로 대칭적인 구조를 지니고 있으므로, 이상적인 출력상태는 입력 도파로에 상관없이 일정하게 50:50으로 분파되어야 한다. 하지만, 그림 2에서 보인 것과 같이, Input1에 대한 Output1의 출력특성(A-1)과 Output2의 출력특성(A-2)이 서로 50:50의 비율이 아니라는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고, 다중모드 결합기의 길이가 증가함에 따라서 그 비율이 비슷하게 됨을 그림 2를 통하여 확인할 수 있다. 또한 Input2에 대한 Output1의 출력특성(B-1)과 Output2의 출력특성(B-2)의 관계도 50:50인 관계는 아니지만, Input1에 대한 특성과 비슷한 특성을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 측정된 다중모드 간섭기의 길이에 대한 범위보다 더 긴 다중모드 간섭기의 길이가 최적의 광분배기임을 의미하는 것으로 생각되었다.

설계된 광분배기는 다중모드 간섭기가 50:50의 분배비율을 가지는 소자길이를 갖는다. 따라서 입력에 대한 두 출력도파

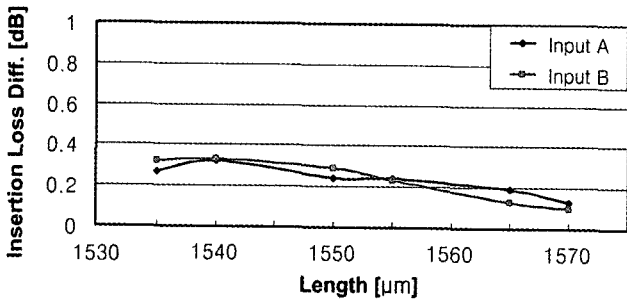


그림 3. 광분배기의 각각의 입력에 대한 두 출력도파로 사이의 삽입 손실 차이.

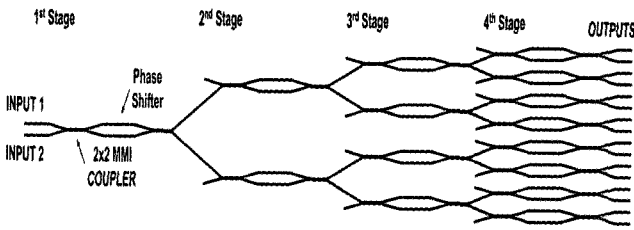


그림 4. 1×16 MZI 스위치의 구조.

로의 출력차이가 최소가 되는 특성을 찾으면 다중모드 간섭기의 길이를 최적화 할 수 있다. 이것은 그림 3에서 나타낸 범위의 입력에 대한 두 출력도파로 간의 출력특성에서 다중모드 간섭기의 길이가 1570 μm인 경우에 최소의 차이를 갖는 것을 알 수 있었다. 그림 3의 범위에서는 다중모드 간섭기의 길이가 1570 μm인 경우까지의 범위에 대해서 측정을 하였으나, 보다 긴 길이를 갖는 경우, 삽입손실의 차이가 줄어들 것으로 예상된다. 따라서 1×16 MZI 스위치의 제작과정에서는 1570 μm이상의 길이를 갖는 다중모드 간섭기에 대해서도 고려하였다.

### III. MZI 구조의 실리카 광도파로의 측정

#### 3.1 1×16 MZI 스위치의 구조

지금까지 다중모드 간섭기의 폭과 그에 따른 최적의 길이를 전산모의실험을 통해 찾아내었고, 이를 이용하여 단위스위치 소자를 설계 하였다. 이제 위의 결과를 종합하여 설계된 단위 소자를 그림 5와 같이 다단으로 연결하여 1×16 스위치를 구성하였다. 1×16 스위치를 이루고 있는 4개의 각 단(stage)은 2×2 열광학 스위치를 기본단위소자로 하여 구성하였다. 또한, 각 단위스위치 사이를 굵은 도파로를 이용하여 연결하였다. 각 단위스위치 소자를 연결하는 굵은 도파로 곡률에 대해서 1.55 μm 파장의 신호원에 대해 최소의 손실로 도파로를 진행할 수 있도록 5000 μm의 최소곡률을 사용하여 설계 하였다. 또한 입력과 출력의 단일 모드 도파로의 간격은 광섬유와의 결합을 고려하여 250 μm가 되도록 설계 하였다.

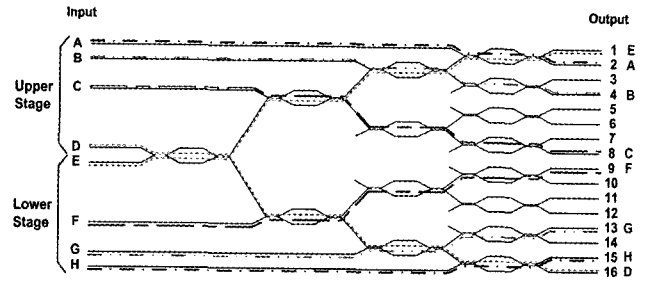


그림 5. 제작된 1×16 MZI 스위치의 입력에 대한 출력 위치.

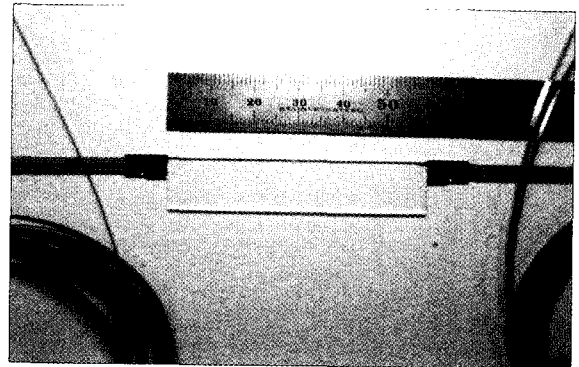


그림 6. 제작된 1×16 MZI 스위치의 사진.

#### 3.2 1×16 MZI 스위치 측정

본 장에서는 1×16 스위치를 실제 제작하여 그 출력의 특성을 살펴보았다. 그림 5에서는 단위스위치를 4단으로 연결하여 구성된 1×16 스위치를 나타내고 있다. 표기의 편의상 Input-A에서 Input-D를 상위 입력단(Upper stage)으로, Input-E에서 Input-H를 하위 입력단(Lower stage)으로 부르기로 한다. 그림 5의 입력 도파로들은 1×16 스위치의 다단으로 연결된 단위스위치의 각 입력부분에 위치시킴으로서 각 단에서의 출력 특성을 볼 수 있도록 하였다. 예를 들면, Input-D에 입력된 광 신호는 스위칭 전압을 인가하지 않는 경우, Output-16에서 출력되게 된다. 따라서 Input-D에 입력된 광파는 4개의 단위스위치 단(stage)을 거치고 출력되는 것이다. 이와 같은 각각의 입력에 대한 출력특성을 측정하면 1×16 스위치를 구성하는 각각의 단위스위치에서 발생하는 출력 특성을 확인 할 수 있다. 그림 5에서는 스위칭 신호를 인가하지 않은 경우, 광파가 각각의 입력 도파로에 입력되는 경우 출력의 위치를 표시하였다.

제작된 1×16 MZI 스위치들 중에서 가장 좋은 성능을 보이는 소자를 찾기 위해 Input-D와 Input-E에 광파를 입력시키고 출력되는 특성을 파악하였다. Input-D와 Input-E에 입력된 광파는 총 4개의 단위스위치를 거쳐서 나오게 되므로 정확한 다중모드 간섭기의 길이를 갖는 경우와 그렇지 못한 경우에 대하여 손실 차이가 크게 나타나게 된다. 그림 6은 그림 5에서 나타낸 것과 같은 구조를 갖는 소자를 실제 제작하여 이를 사진으로 나타낸 것이다.

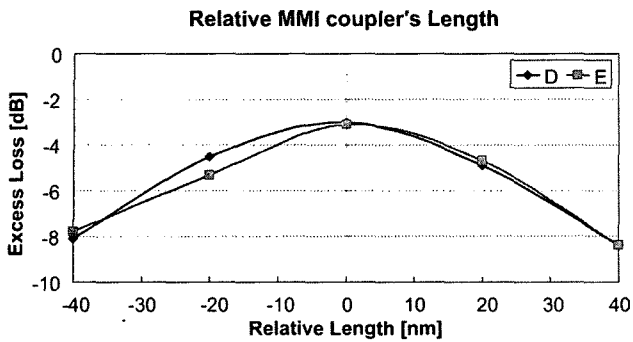


그림 7. 다중모드 간섭기의 길이에 변화에 따른 출력 특성.

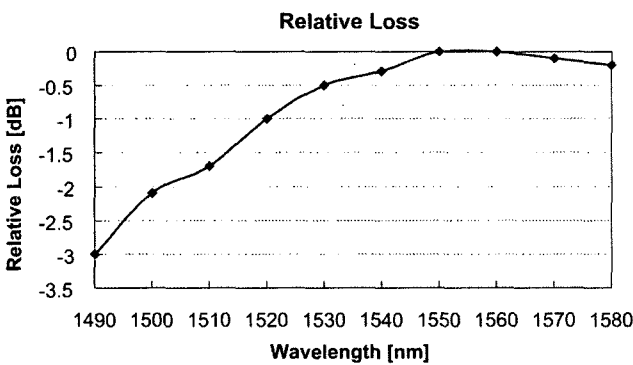


그림 8. 입력파장의 변화에 따른 출력 특성.

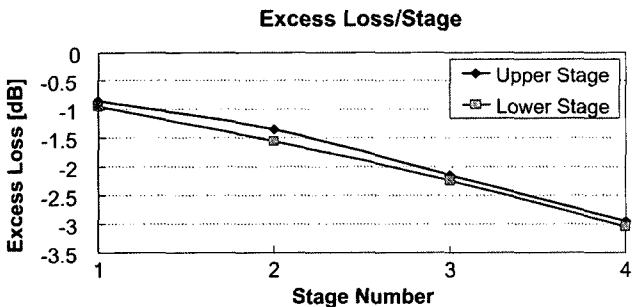


그림 9. 1×16 스위치의 각 단위스위치에서의 출력 특성.

그림 7은 각 다중모드 간섭기의 길이에 대해서 4개의 단위 스위치를 통해 출력되는 광 파워를 측정하여 초과손실(Excess Loss)을 나타낸 그래프이다. 가장 좋은 성능을 보이는 소자를 중심으로 다중모드 간섭기의 길이가 짧은 소자와 긴 소자의 특성이 서로 대칭적으로 초과손실이 증가되는 것을 알 수 있다. 이러한 특성으로부터, 정점에 대한 다중모드 간섭기의 길이가 최적의 성능을 지니는 것을 알 수 있다. 그림 7의 결과를 표 2에 정리하여 나타내었다.

다음으로는 위의 측정 결과로 얻어진 다중모드 간섭기의 길이에 대하여 파장에 대한 특성을 살펴보았다. 본 논문의 1×16 MZI 스위치는 1.55  $\mu\text{m}$  파장 신호에 대해 최적의 성능을 지니도록 설계되었다. 따라서 파장에 대한 의존도를 살펴

표 2. 다중모드 간섭기의 길이 변화에 따른 초과손실 특성

		Relative MMI Length [ $\mu\text{m}$ ]				
		-40	-20	0	20	40
Input Port	D	-8.05dB	-4.55dB	-2.75dB	-4.85dB	-8.35dB
	E	-7.75dB	-5.25dB	-2.85dB	-4.65dB	-8.35dB

표 3. 1×16 스위치의 각 단위스위치에서의 출력 특성

Input Port	Upper Stage [dB]				Lower Stage [dB]			
	A	B	C	D	E	F	G	H
Stage Number	1	2	3	4	4	3	2	1
Excess Loss	-0.65	-1.15	-1.95	-2.75	-2.85	-2.05	-1.35	-0.75
Loss Diff./Stage [dB]		-0.5	-0.8	-0.8	-0.1	-0.8	-0.7	-0.6

봄으로써 설계된 바와 같이 1.55  $\mu\text{m}$  파장 신호에 대해 최적의 특성을 지니도록 소자가 제작되었는지 확인 하였다. 파장에 대한 소자의 의존도를 1.55  $\mu\text{m}$  파장의 신호의 초과손실에 대한 1.55  $\mu\text{m}$  주변 파장의 상대적인 손실을 측정된 결과를 표시하여 그림 8에서 나타내었다.

마지막으로 제작된 1×16 MZI 스위치를 구성하는 단위스위치들이 각각 어떤 특성을 지니는지 확인해 보았다. 각 단위스위치의 특성은 1×16 MZI 스위치가 그림 5와 같은 구조로 제작되어 스위치의 각 입력에 대한 출력 특성을 측정할 수 있도록 고려되어 있기 때문에 가능하였다. 단위스위치들의 개별적인 특성을 파악하기 위해 각각의 모든 입력위치에 대한 출력 특성을 측정하여 이를 그림 9에서 나타내었다. 또한 이를 정리하여 표 3에 나타내었다. 표 3에서는 각각의 입력 도파로에 따라 거치게 되는 단위스위치 단의 개수를 나타내었고, 각 입력에 대한 초과손실을 나타내었다. 따라서 하나의 단위스위치 단을 거쳐야하는 입력 도파로의 초과손실은, 두개의 스위치 단을 거치게 되는 입력 도파로에 비해, 작은 값을 갖게 되고, 그 두 경우의 차이는 하나의 단위스위치 단에 대한 초과손실을 의미한다. 따라서 표 3의 마지막 줄에는 하나의 단위스위치를 거칠 때 마다 추가로 발생하는 손실 특성을 보일 수 있게 되었다. 따라서 하나의 단위스위치에 대한 최소 초과손실은 -0.5dB, 최대 초과손실은 -0.8dB로 측정되었다. 또한 표 3에서 굵은 선으로 표시한 하나의 단위스위치 단을 통과하는 Input-A와 Input-H에 대한 초과손실과 각 단의 손실차이의 값들에 대한 평균값을 단위스위치에 대한 평균 초과손실로 간주할 수 있으며, 그 값은 -0.7dB로 계산되었다.

1×16 MZI 스위치는 그림 5에서 알 수 있듯이 상하 대칭적인 구성을 하고 있다. 또한 그림 9의 측정된 결과에서도 알

수 있듯이, 상위입력단과 하위입력단의 출력 특성이 서로 대칭적인 것을 알 수 있다. 이 실험의 결과로 본 논문의 1×16 MZI 스위치는 다중모드 간섭기의 설계에서부터 세심한 주의를 기울여 제작한 결과 하나의 단위스위치에서 발생하는 초과손실이 -0.7dB 정도의 적은 손실을 갖는 것을 알 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 1×16 MZI 스위치에 대한 제작 및 특성분석에 대한 결과를 논의하였으며, 적은 초과손실을 갖는 MZI 구조의 2×2 열광학 스위치의 개발에 대하여 논하였다. 적용된 다중모드 간섭기의 폭은 입력 및 출력 도파로로 사용되는 단일모드 도파로 간의 간섭이 최소가 되는 길이와 도파로 내에 유지되는 총 모드의 수를 고려하여 25 μm가 되도록 하였다. 다중모드 결합기와 2×2 열광학 스위치와 같은, 1×16 MZI 스위치의 골격을 이루는 기본 소자들에 대한 실험적 고찰을 먼저 수행하였다. 단위소자들의 실험적 특성들을 고려하여, 1×16 MZI 스위치를 제작하였다. 특히 1×16 MZI 스위치는 각각의 단위스위치에 대한 특성을 실험을 통해 확인 할 수 있도록 입력 및 출력도파로를 설계하였다. 이를 통해 각각의 단위스위치에 대한 출력특성을 확인 할 수 있었다.

본 논문에서는 1×16 MZI 스위치의 골격을 이루는 세부 구조들에 해당하는 개별 소자들을 고려함으로써 전체 소자의 우수한 특성을 확보할 수 있었다. 측정결과 1×16 MZI 스위치를 구성하는 일반적 다중모드 간섭기의 길이는 1580 μm 인 경우가 최적의 특성을 보였으며, 제작된 스위치는 설계된 의도대로 1.55 μm 파장의 신호원에 대해 최적의 성능을 지니는 것을 측정을 통해 확인 하였다. 특히, 제작된 1×16 MZI 스위치의 단위스위치에 대한 초과손실이 약 -0.7dB 로 매우 적은 손실을 갖는 것을 확인하였다.

본 논문에서 밝힌 바와 같은 적은 초과손실을 지니는 스위치 소자에 대한 연구결과를 바탕으로 추가적인 메탈공정에 대한 최적화 방안을 연구한다면, 매우 좋은 특성을 얻을 수 있을 것이다. 또한 이러한 스위치를 응용하여, 매트릭스 스위치나 OXC(Optical Cross-Connect), OADM(Optical Add/Drop Multiplexing) 등의 1×N 스위치 소자를 사용하는 응용분야에 적용한다면 우수한 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

“본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITA-2005-C1090-0502-0009)

### 참고문헌

- [1] Masayuki Okuno, Takashi Goh, Shunichi Sohma, Tomohiro Shibata, ‘Recent Advances in Optical Switches Using Silica-based PLC Technology’, NTT Technical Review, Vol. 1 No. 7 Oct. 2003
- [2] S. Okamoto, M. Koga, H. Suzuki, and K. Kawai, “Robust photonic transport network implementation with optical cross-connect, IEEE Commun. Mag., pp. 94-103, Mar. 2000.
- [3] Terumi Chikama, Hiroshi Onaka, Satoshi Kuroyanagi, ‘Photonic networking using optical add drop multiplexers and optical cross-connects’, FUJITSU Sci. Tech. J., 35,1,pp.46-55(July 1999)
- [4] A. Himeno. et at. “Silica-Based Planar Lightwave Circuits,” J. Selected Topics in Quantum Electronics, vol.1.4,pp. 913-924, 1998
- [5] Lucas B. et al. “Optical Multi-Mode Interference Devices Based on Self-Imaging: Principles and Applications,” J. of Lightwave Technology IEEE Vol. 13, no 4, pp. 615-617 1995
- [6] M. Rajarajan, et at. “A Rigorous Comparison of the Performance of Directional Couplers with Multimode Interference Devies,” J. Lightwave Tech., vol. 17, no. 2, pp. 243-248, Feb. 1999.
- [7]J. K Hong, S. S. Lee, ‘Silica-based MMI-MZI thermo-optic switch with large tolerance and low PDL’ Journal of the optical society of Korea, Vol. 9, No.3 sept.2005.
- [8] 홍종균, ‘이상선, 다중모드 결합기를 이용한 소형 1×2 실리카 열광학 스위치’, Photonics conference 2003, 한국 광학회, 2003.11
- [9] Okuno, M., Takahashi, H. ‘Recent progress in optical switches based on planar lightwave circuit technology’, 2002 IEEE/LEOS Summer Topi 15-17 July 2002 Page(s):WD2-55 - WD2-56
- [10] Hirochika Nakajima, ‘Development on guided-wave switch arrays’, IEICE TRANS. ELECTRON., VOL. E82-C, NO.2 FEBRUARY 1999
- [11] Y. Hibino, H. Okazaki, Y. Hida, Y. Ohmori, ‘Propagation loss characteristics of long silica-based optical waveguides on 5 inch Si wafers’, Electronics letters, 14th Vol. 29 No. 21, Oct. 1993.

## Development of $1 \times 16$ Thermo-optic MZI Switch Using Multimode Interference Coupler

Sung-Won Kim, Jong-Kyun Hong, and Sang-Sun Lee<sup>†</sup>

*Communications Research Lab., Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University  
17 Hangdang-Dong, Sungdong-Ku, Seoul, 133-791 Korea.*

<sup>†</sup>*E-mail: ssnlee@hanyang.ac.kr*

(Received June 9, 2006, Revised manuscript October 18, 2006)

A  $1 \times 16$  thermo-optic switch with small excess loss using multimode interference(MMI) couplers is designed, fabricated, and measured. This paper introduces the proposed  $1 \times 16$  thermo-optic switch, and discusses the measurement results. The  $1 \times 16$  thermo-optic switch is formed as 4-stage which consists of 15 unit devices. The unit devices are the  $2 \times 2$  thermo-optic switches with Mach-Zehnder interferometer(MZI) structure. The characteristics of the  $1 \times 16$  thermo-optic switch depends strongly on each unit device. The unit device consists of two 3-dB general interference MMI couplers and two single mode waveguide arms as a phase shifter. First of all, the 3-dB optical splitter and  $2 \times 2$  MZI thermo-optic switch have been tested to confirm the characteristics of the unit devices of the  $1 \times 16$  MZI thermo-optic switch. Using the measurement results of the unit devices, the  $1 \times 16$  MZI thermo-optic switch can be produced with better characteristics. The resultant structure of the MMI coupler with the optical light source of wavelength of 1550nm for the  $1 \times 16$  thermo-optic switch is that the width and the optimized length are 25  $\mu\text{m}$  and 1580  $\mu\text{m}$ , respectively. The smallest excess loss for the unit device is -0.5dB and the average excess loss is -0.7dB.

OCIS code : 230. 0230, 230.3120, 260.3160, 230.7390.