

광섬유 용융인장 방법에 의한 DWDM용 광다중화기의 제작

Design and Fabrication of DWDM Multiplexer Using Optical Fiber
Biconical Tapered Couplers

장진현 김명생 강덕근, 한국정보통신기술대학교 정보전송설비학과

Jin-Hyeon Chang Myoung-Saeng Kim Duk-Keun Kang

Dept. of Information & Electrical Transmission, Korea Information & Communication Polytechnic College

요 약

A 광섬유 용융인장방법에 의해서 100GHz 채널간격을 갖는 DWDM용 8채널 광다중화기를 제작하였다. 8채널 광다중화기는 전광섬유형 Mach Zehnder 간섭계(MZI)를 3단으로 다단 연결하여 제작되었으며, 광다중화기 채널별 출력파장의 삽입손실을 균일하게 하기 위하여 파장에 대한 삽입손실변화가 적은 파장무의존형 커플러(WFC)를 이용하여 전광섬유형 MZI를 제작하였다. 광다중화기를 구성하는 광섬유형 MZI를 제작함에 있어서 경로차에 따른 출력 파장간격의 변화를 시뮬레이션을 통하여 알아보았고 다단연결에 의한 광다중화기 구현 방법을 논의하였다. 전용 제작 장치를 이용하여, 전광섬유형 MZI를 제작하였으며, 미세한 파장을 조절하기 위해서, CO₂ 레이저를 이용하였다. 제작된 8채널 광다중화기는 평균 삽입손실 2.1dB, 5.5dB에서의 통과대역폭이 0.8nm 이며, 25dB의 채널 Crosstalk를 갖는 특성을 얻을 수 있었고, 편광의존손실은 0.06dB 였다.

Abstract

In this paper, 8-channel multiplexer with 100GHz channel spacing is fabricated.

The 8-channel multiplexer is fabricated by connecting three cascaded Mach Zehnder Interferometer (MZI) of optical fiber type, and each interferometer has the wavelength interval of 100GHz, 200GHz and 400GHz, respectively. Furthermore, to acquire uniform insertion loss, it is fabricated by using Wavelength Flatten Coupler (WFC) in which the variation of insertion loss is low. Especially, the variation of wavelength interval in the output is explicitly simulated as a function of optical path difference, and the wavelength coupling process along with cascaded connection is discussed. CO₂ laser to adjust precisely the wavelength. In summary, The prototype composed by eight cascaded MZI has an insertion loss of 2.1 dB, the bandwidth of 0.8nm at 5.5dB point,

and channel crosstalk of 25dB. Furthermore, the loss dependent on polarization is measured as 0.06dB.

Keywords

Mach-Zehnder Interference, DWDM, All Fiber, Optical Multiplexer

I. 서 론

기간 광통신망의 구축에 이어 AON(Active Optical Network), PON(Passive Optical Network)의 등장으로 인하여 가입자까지 광이 연결되는 시대를 맞이하게 되었다. 광송수신기, 광변조기등 능동소자와 더불어 수동소자인 광 커플러, 광분리기, 파장 다중화기, 역다중화기가 폭넓게 사용되고 있으며, 이러한 수동소자의 제작방식은 크게 도파로형, 간섭박막필터형, 전광섬유형의 세가지로 분류할 수 있다[1]. 전광섬유형 소자는 제작의 편의성, 저렴한 시설 투자로 1970년대부터 많은 연구가 진행된 분야이다. 기능적으로는 일반적인 광 분리기와 커플러를 포함하여 편광분리기까지 전반적인 분야에서 가능성을 보여주었으며, 일부는 상품화하기도 하였다[2-4]. 그러나, 다분기 소자를 제작하기 힘들고 좁은 파장을 분리하기가 어렵기 때문에 주로 단순한 기능성 소자의 제작에만 국한되었었다. 그러나 광섬유 격자기술이 1990년에 이르러 다양한 상품화로 이루어졌고 1994년 캐나다의 Suzan Lacroix등이 발표한 논문에 의하면 기존의 광파이버 커플러 사이에 Mach-Zehnder 효과를 줌으로써 매우 좁은 채널간격을 갖는 필터를 제작 할 수 있음이 보고된 이후[5], 전광섬유형 소자분야는 DWDM 분야에서 가장 활발히 진행되는 분야 중의 하

나가 되었다. 본 논문에서는 DWDM에 사용되는 전광섬유형 다중화기를 이론적으로 설명하고 설계하여 실제 제작 결과와 비교 검토한다. 이를 위해 2장에서 전광섬유형 다중화기의 설계를 위한 Mach-Zehnder 간섭계(MZI)의 원리에 대해 알아보고 경로차에 따른 출력특성을 계산한다. 3장에서는 7개의 MZI를 3단으로 연결하여 8채널 다중화기를 제작하고 출력 특성에 논의하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 전광섬유형 다중화기 설계

1. MZI의 제작 원리

1nm 이하의 매우 좁은 채널 간격으로 광신호를 분리하기 위해서는 두 개의 3dB 커플러를 Mach-Zehnder 구조를 갖도록 연결하여 제작한다. 이러한 방식에 의해 제작된 DWDM은 편광의존특성이 매우 낮으며, 출력되는 스펙트럼의 파장간격이 간섭계의 경로차에 의해서 결정된다[5]-[6]. 두 개의 3dB 커플러와 그 사이의 비대칭 간섭계로 구성된 전광섬유형 MZI는 다음 그림 1과 같다. 여기서, 커플러들은 MZI의 입력신호 세기 분할기(power splitter)로서의 역할을 한다.

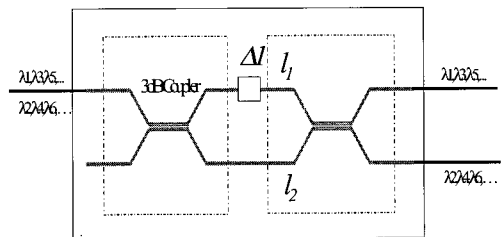


그림 1. 경로차를 갖는 전광섬유형 MZI
Fig. 1 Length difference of All Optical Fiber Type Mach Zehnder Interferometer.

그림 1의 MZI에서 출력되는 광신호의 세기 P_{out1} 과 P_{out2} 는 다음 식으로 된다.

$$P_{out1} = (E_{out1})^2 = \sin^2\left(k_1 \frac{\Delta L_{eff}}{2}\right) \cdot P_{in1} + \cos^2\left(k_2 \frac{\Delta L_{eff}}{2}\right) \cdot P_{in2} \quad (1)$$

$$P_{out2} = (E_{out2})^2 = \cos^2\left(k_1 \frac{\Delta L_{eff}}{2}\right) \cdot P_{in1} + \sin^2\left(k_2 \frac{\Delta L_{eff}}{2}\right) \cdot P_{in2} \quad (2)$$

여기서, 전파상수 $k_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1} = \frac{2\pi f_1}{c}$, $k_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2}$ 이다. 경로차에 대해서 출력 파장의 스펙트럼 간격은 다음과 같이 구해진다[5].

$$\Delta L = \frac{\Delta L_{eff}}{n} = \frac{c}{2n\Delta f} \quad (3)$$

식(3)와 같은 경로차가 다른 구조를 갖는 광섬유형 다중화기의 출력 스펙트럼은 다음 식과 같다.

$$I_0(\lambda) = I_i(\lambda) \sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} n (\Delta l - \Delta l_0)\right) \quad (4)$$

또한, 이때의 채널간격은 다음 식과 같이 된다.

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{n(\Delta l - \Delta l_0)} \quad (5)$$

경로차의 정도에 따른 출력중심파장을 나타내면 그림 2와 같다. 경로차가 커질수록 중심 파장이 장파장쪽으로 이동함을 알 수 있다.

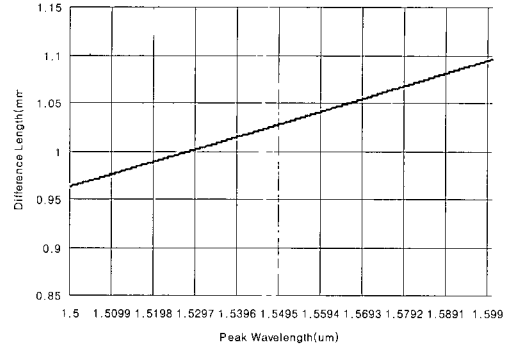


그림 2. 경로차에 따른 출력중심파장
Fig. 2 Center wavelength shift due to different path.

그림 3에 경로차에 따른 주파수 밴드폭의 변화를 나타내었다. 경로차가 커짐에 따라 주파수 밴드폭은 점차 좁아진다.

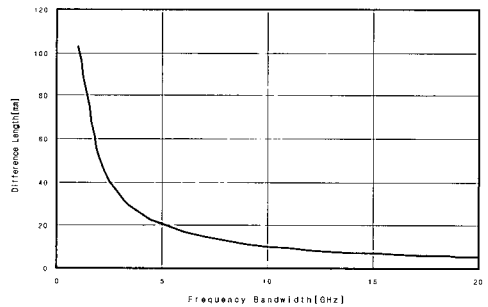


그림 3. 경로차에 따른 주파수 밴드폭
Fig. 3 Frequency bandwidth due to different path.

똑같은 원리에 의해서 파장 밴드폭과 주파수 밴드폭과의 관계를 알아보면 그림 4와 같이 비례함을 알 수 있고 파장간격이 100GHz일 때 파장간격은 0.8nm, 200GHz일 때 1.6nm, 400GHz일 때 3.2nm, 800GHz일 때 6.4nm가 됨을 확인할 수 있다.

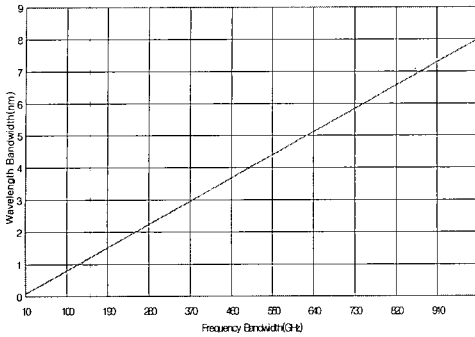


그림 4. 주파수 간격과 파장밴드폭과의 관계
Fig. 4 Relation of wavelength bandwidth & frequency bandwidth.

그림 5에 경로차가 0.5mm와 0.125mm일 경우의 전광섬유형 MZI의 출력을 나타내었다. 점선이 0.5mm의 경로차를 갖는 경우이며,

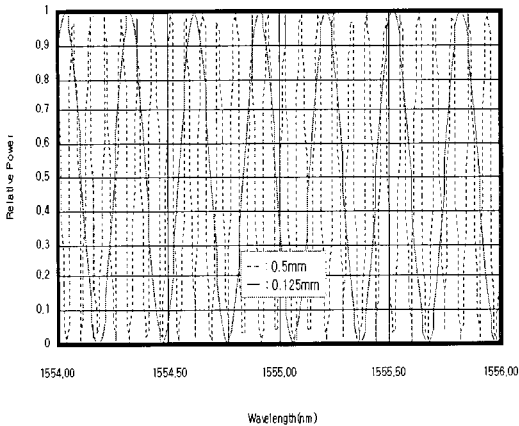


그림 5. 경로차가 0.5mm와 0.125mm일때의 스펙트럼 특성
Fig. 5 Comparison of two different path difference ($\Delta l_1 = 0.5\text{ mm}$, $\Delta l_2 = 0.125\text{ mm}$).

실선이 0.125mm의 경로차를 갖는 경우이다. 그림 5의 비교를 통하여 경로차가 큰 경우와 작은 경우보다 파장간격이 좁다는 것을 알 수 있다. a채널 다중화기를 구성하기 위해서는 그림 6과 같은 방법으로 개별적인 MZI들을 다

단으로 연결하여야 한다. 8채널 다중화기는 3단으로 연결하기 때문에 7개의 전광섬유형 MZI가 소요된다.

2. 전광섬유형 8채널 광다중화기의 구성

8채널 광 다중화기의 구성방법은 그림 6과 같으며, 정해진 채널간격에 따라 제작된 개별적인 단위소자인 전광섬유형 MZI를 다단접속 방법에 의하여 조합하여 제작한다. 전광섬유형 MZI는 두 출력이 주기적으로 대칭이 되는 원리를 이용하고 첫 번째단의 채널간격이 $\Delta\lambda$ 일 때 연결되는 두 번째단의 채널간격은 $2\Delta\lambda$, 세 번째단은 $4\Delta\lambda$ 로 단수가 증가할 때마다 주기가 배수가 되도록 채널간격을 설정해 주어야 한다.

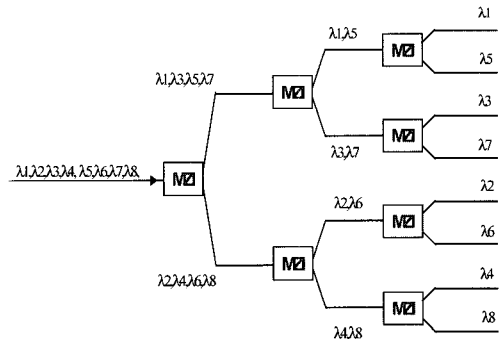


그림 6. 다단접속에 의한 광다중화기 구성
Fig. 6 Schematic diagram of DWDM multiplexer.

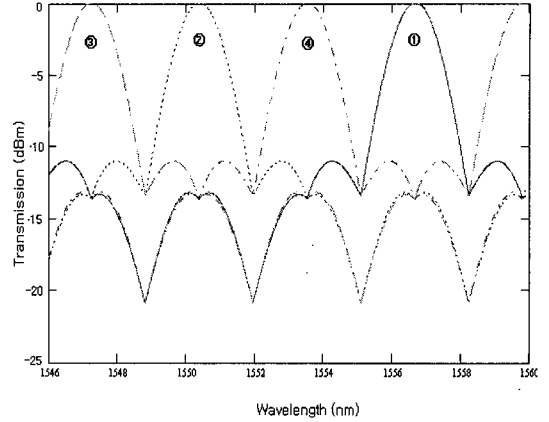
그림 6에서 입력된 파장은 광섬유형 MZI를 거치면서 홀수와 짝수 파장으로 분리되어 나간다. 즉, $\Delta\lambda$ 의 주기를 갖는 첫 번째 MZI에 입력된 파장은 양쪽 출력으로 주기적으로 대칭이 되어 분리된다. 한쪽 출력 포트로는 $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \lambda_7$ 이 출력되어 나가고, 다른

출력 포트로는 $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \lambda_8$ 이 출력된다. $2\Delta\lambda$ 의 주기를 갖는 두 번째 MZI에 입력된 $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \lambda_7$ 는 또다시 λ_1, λ_5 와 λ_3, λ_7 로 나누어지고 $4\Delta\lambda$ 의 주기를 갖는 세 번째 MZI에 입력된 λ_1, λ_5 는 λ_1 와 λ_5 로 각기 분리된다. 이와 같이 광섬유형 MZI들을 조합하여 시뮬레이션을 통하여 다중화기를 구성하는 과정을 살펴보면 다음과 같다. $\Delta\lambda$ 의 파장 간격을 갖는 첫 번째 광섬유형 MZI의 출력을 각각 f_0, f_1 이라고 하고, $2\Delta\lambda$ 의 파장간격을 갖는 두 번째 광섬유형 MZI의 출력을 f_2, f_3 그리고 $4\Delta\lambda$ 의 파장 간격을 갖는 3번째 광섬유형 MZI의 출력을 f_4, f_5 라고 할 때 두 번째 단 광섬유형 MZI에서의 총 출력되는 4개의 신호를 S_1, S_2, S_3, S_4 라고 하면 다음과 같은 조합에 의해 표현된다.

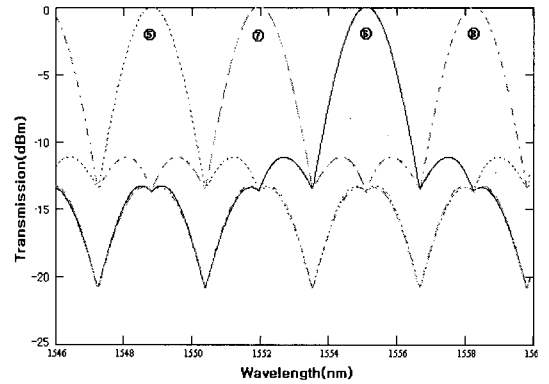
$$\begin{aligned} \text{1번 출력 } S_1 &= f_0 + (f_2 + \Delta\lambda/2) \\ \text{2번 출력 } S_2 &= f_0 + (f_2 + 3\Delta\lambda/2) \\ \text{3번 출력 } S_3 &= (f_0 + \Delta\lambda/2) + (f_2) \\ \text{4번 출력 } S_4 &= (f_0 + \Delta\lambda) + (f_2 + \Delta\lambda) \end{aligned}$$

또한 세 번째 단에서의 8채널 다중화기의 출력을 각각 $S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}$ 라고 하면 두 번째 단에서와 마찬가지로 정의할 수 있으며 그림 7과 같은 출력특성을 갖는다.

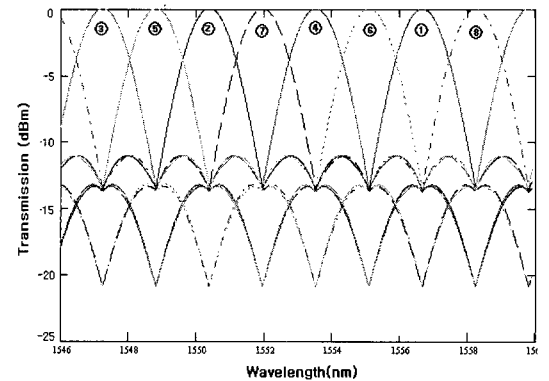
$$\begin{aligned} \text{1번 출력 } S_5 &= S_1 + (f_4 + 3\Delta\lambda/2), \\ \text{2번 출력 } S_6 &= S_1 + (f_4 + 7\Delta\lambda/2), \\ \text{3번 출력 } S_7 &= S_2 + (f_4 + 5\Delta\lambda/2), \\ \text{4번 출력 } S_8 &= S_2 + (f_4 + \Delta\lambda/2), \\ \text{5번 출력 } S_9 &= S_3 + (f_4 + 3\Delta\lambda), \\ \text{6번 출력 } S_{10} &= S_3 + (f_4 + \Delta\lambda), \\ \text{7번 출력 } S_{11} &= S_4 + (f_4), \\ \text{8번 출력 } S_{12} &= S_4 + (f_4 + 2\Delta\lambda), \end{aligned}$$



(a) 1, 2, 3, 4번 출력



(b) 5, 6, 7, 8번 출력



(c) 전체 출력

그림 7. 8채널 다중화기 출력 스펙트럼
Fig. 7 8 channel DWDM output spectrum.
(a) output port 1,2,3,4 (b) output port 5,6,7,8
(c) total output port.

Ⅲ. 전광섬유형 다중화기 제작

전광섬유형 다중화기를 제작하기 위해서는 먼저 각각의 연결단에 적합한 채널간격을 갖는 개별적인 MZI가 필요하며 또한 각각의 MZI들은 두개의 WFC로 구성된다. 이 때 사용된 커플러는 1529.32nm에서 1561.32nm에서 0.2 dB 이하의 파장 균일성과 3.3dB이하의 삽입손실을 갖는다. 두 커플러 사이의 길이조절을 통한 파장간격 조절에는 thermal stripper, CO₂ 레이저와 커플러 위치조정 지그가 사용되며, 기구적으로 온도에 따른 영향을 줄이기 위해서 thermal stripper를 이용하여 탈피한 후 MZI를 전용지그에 장착한다. 마이크로미터를 이용하여 두 커플러의 위치를 조절할 수 있게 하였고 위치조절이 끝나면 고정용 나사를 이용하여 두 커플러 사이의 위치를 고정시켰다.

1. 미세파장조절

양쪽의 커플러를 고정후 전광섬유형 MZI를 광스펙트럼분석기에 연결하고, 파장간격을 확인한다. 이후 광섬유에 CO₂ 레이저를 조사하여 광섬유 길이를 변화시킨다. 이때 광섬유의 길이차 정확도는 $\pm 3\mu m$ (파장간격 : $\pm 0.002nm$) 이내로 조절한다. 이때 CO₂ 레이저의 조사조건은 레이저 빔의 spot size가 3mm, 레이저 파워는 6W, 레이저의 조사시간은 30초이었다.

파장간격 조절 후, 양쪽 커플러를 고정시킨다. 커플러 위치 조정 지그의 마이크로미터를 돌려 광 스펙트럼 분석기의 파장위치를 관찰하며 찾는다. 이때 커플러 사이의 간격이 좁아짐에 따라 파장이 장파장으로 이동한다.

2. 중심파장 위치조정

기판에 올려 고정된 전광섬유형 MZI의 길이차를 준 광섬유들중 하나에 CO₂ 레이저를 조사하여, 중심파장을 변화시킨다. 레이저가 조사된 광섬유의 코어가 확장되어 실제적인 광경로차가 변화하여 중심파장이 변화한다.

CO₂ 레이저의 조사조건은 레이저 빔 spot size가 3mm, 레이저 파워는 3W, 조사시간은 5분/0.2nm이었다. 이때, 너무 레이저의 세기가 강하면 광섬유가 휘어져 손실의 원인이 된다. 짧은 길이의 광섬유에 레이저를 조사할 경우 파장이 장파장으로 이동하고, 긴쪽의 광섬유에 조사시에는 파장이 단파장으로 이동하였다.

3. 패키징 및 제작특성

커플러를 제작한 후 사각 켈츠 봉(quartz tube)에 패키징 한다. 여기서 사각 켈츠 봉을 사용한 이유는 기판과의 고정이 용이하고 뚜껑을 사용하여 밀봉함으로써, 외부환경과 차단하는 효과가 있으며, 켈츠 봉의 양단에 실리콘 접착제로 처리시 광섬유가 안정적으로 고정되기 때문이다. 사용된 기판재질은 AL (CTE 23×10^{-6})과 Acryle (CTE 68×10^{-6})에 대해서 적용하였고 고정 접착제는 Epotek OG-205, Tracon LX 90050 와 상온 경화제인 Visible Epoxy (LCR 3050)을 사용하였다. 그림 8에서 100GHz 채널간격을 갖는 MZI의 파장특성을 나타내었고 전체 1546.02nm에서 1559.02nm의 파장에서 대해서 나타내었다.

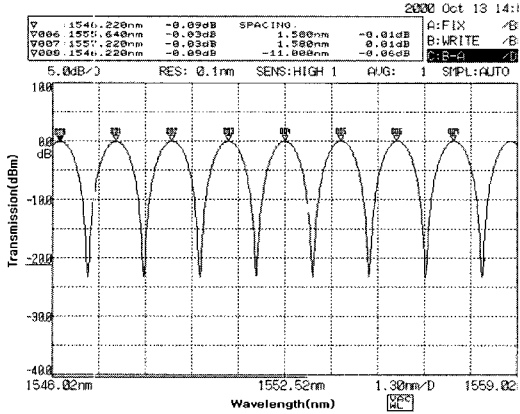


그림 8. 100GHz 채널간격시의 스펙트럼 특성
Fig. 8 Output spectrum of 100GHz channel spacing.

이때 3개 지점의 중심파장을 나타내면, 첫 번째 중심파장은 1546.220nm이었고, 7번째와 8번째는 각각 1555.640nm, 1557.220nm의 중심파장을 갖는 것을 알 수 있다.

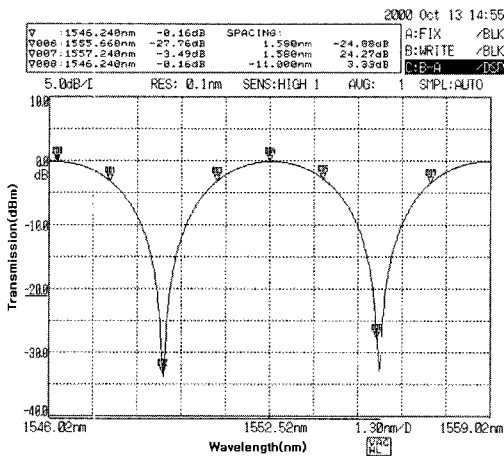
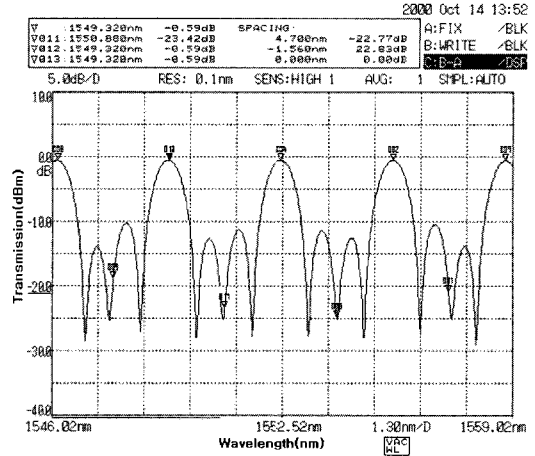
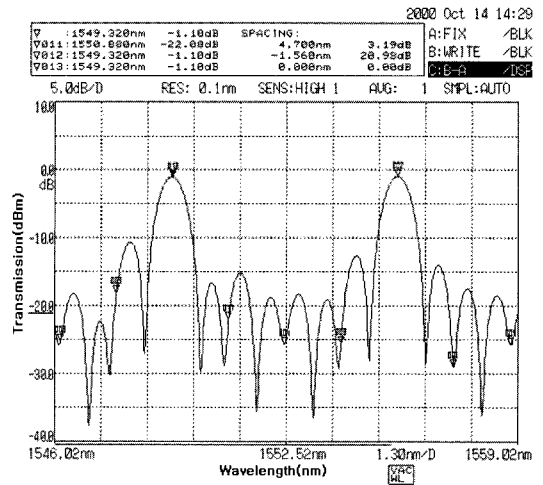


그림 9. 400GHz 채널간격시의 스펙트럼 특성
Fig. 9 Output spectrum of 400GHz channel spacing.

두 번째단은 200GHz 채널간격을 갖는 광섬유형 MZI를 사용하였고, 마지막으로 세번째단에 사용하기 위해 400GHz 채널간격을 갖는 광섬유형 MZI를 그림 9에 나타내었다.



(a) 첫 번째단과 두 번째단 연결시 파형



(b) 세번째단에서의 파형

그림 10. 다단접속에 의한 광다중화기 필터구현
Fig. 10 Filtering characteristics of multiplexers by cascading.

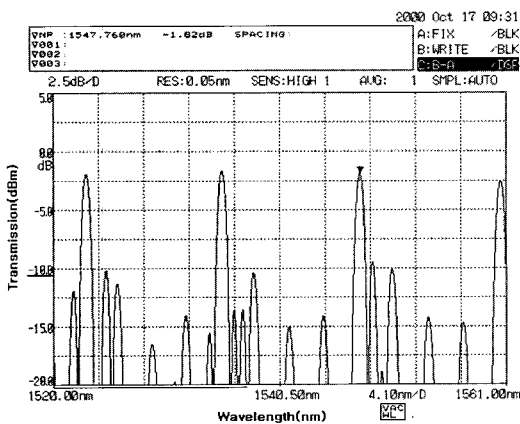
- (a) Combination of first and second filter,
- (b) Combination of first, second and third filter.

각 단에 사용되는 광섬유형 MZI의 파장특성 중 파장간격이 넓을수록 조금씩 Isolation이 증가하는 것을 알 수 있다. 첫 번째단과 두 번째단의 광섬유형 MZI 조합에 의한 필터링특성을 그림 10(a)에 나타냈으며 세 번째단을 통과한 후의 출력을 10(b)에 나타내었다.

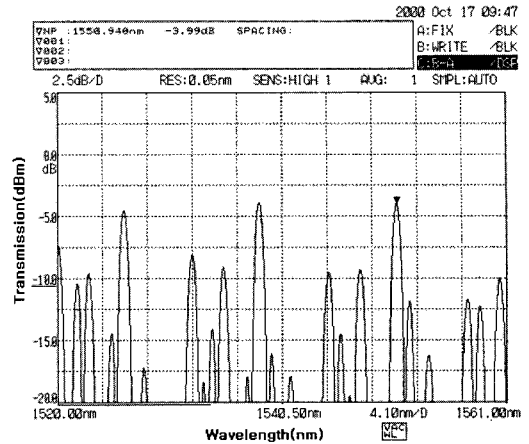
8채널 광 다중화기를 구현한 후 각각의 출력 포트에서 파장특성을 알아보기 위해서 2번 출력, 4번 출력과 5번 출력에서의 특성을 그림 11(a), 11(b)와 11(c)에 나타 내었다. 그림 11(a)에서 2번째 출력에 해당하는 파장이 주기 적으로 출력됨을 알 수 있고, 앞서 정의한 1546.02nm에서 1559.02nm의 파장대에서 보 면 1547.760nm 에서 중심파장이 발생됨을 알 수 있다.

그림 11(b)는 8채널 광 다중화기의 4번째 출력 포트에서의 출력 파장을 나타낸 결과로서 1546.02nm에서 1559.02nm의 파장범위에서 중심파장이 1550.940 nm에서 발생됨을 알 수 있다. 따라서 2번 출력과의 중심파장 차이는 3.2nm로 정확히 채널간격을 만족한다.

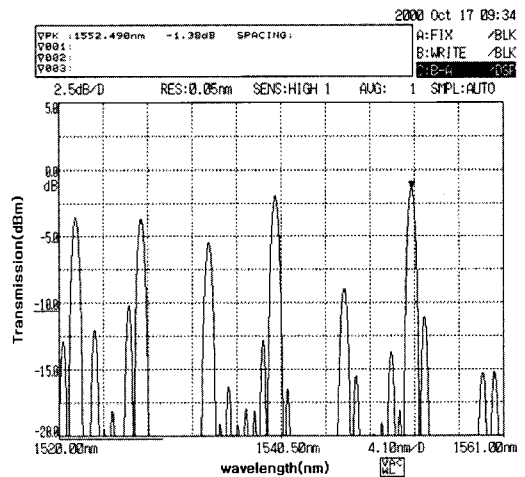
그림 11(c)는 8채널 광 다중화기의 5번째 출력 포트에서의 출력 파장을 나타낸 결과로서 1546.02nm에서 1559.02nm의 파장 범위에서 중심파장이 1552.490 nm에서 발생됨을 알 수 있다.



(a) 2번째 포트 출력



(b) 4번째 포트 출력



(c) 5번째 포트 출력

그림 11. 광다중화기의 출력 제작특성

Fig. 11 Channel Output Spectrum of Multiplexer.

- (a) Second channel output port,
- (b) 4-th channel output port
- (c) 5-th channel output port

제작된 8채널 광 다중화기의 주요평가항목에 대한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 다른 제작방법과의 비교
Table 1. Compared of other technology.

평가 항목	간섭박막	AWG	광파이버형
삽입손실	< 4.3	< 7	< 2.5
0.5dB BW(nm)	0.2	0.2	0.3
Isolation (dB)	> 30	> 22	> 25
Uniformity (dB)	1.5	2.5	0.4
PDL (dB)	0.1	0.3	0.06
Temp.coef (pm)	1 - 3	10	2

이때, 삽입손실이 2.5dB로 다른 제작방식에 비해 상당히 우수하였다.

IV. 결 론

광섬유 용융인장방법에 의해서 100GHz 채널간격을 갖는 DWDM용 8채널 다중화기를 제작하였다. 8채널 광다중화기는 총 7개의 광섬유형 MZI를 3단으로 다단 연결하여 제작되었으며, 첫 번째 단은 100GHz, 두 번째 단은 200GHz, 세 번째 단은 400GHz 파장간격을 갖는 광섬유형 MZI를 사용하였다. 또한, 광 다중화기 채널별 출력파장의 삽입손실을 균일하게 하기 위하여 파장에 대한 삽입손실변화가 적은 WFC를 이용하여 광섬유형 MZI를 제작하였다. 광다중화기를 구성하는 전광섬유형 MZI를 제작함에 있어서 경로차에 따른 출력 파장간격의 변화를 시뮬레이션을 통하여 알아 보았다. 전용 제작장치를 이용하여, 광섬유형 MZI를 제작하였으며, 미세한 파장을 조절하기 위해서, CO₂ 레이저를 이용하였다. 양산성면에서 광섬유형 광다중화기는 8채널 이하의 광

다중화기에서 경쟁성을 가질 수 있다. DWDM용 8채널 광다중화기를 제작하여 평균 삽입손실 2.1dB, 5.5dB에서의 통과대역폭이 0.8nm 이며, 25dB의 채널 Crosstalk를 갖는 특성을 얻을 수 있었고, 편광의존손실은 0.06dB 였다.

향후 양산성을 높이기 위해서 전용 지그의 효율적인 개선, 중심 파장 조절, 미세 파장 조절시 공정시간 단축이 필요하며, 외부의 온도 제어기 없이 비교적 넓은 온도범위에서 사용할 수 있도록 패키지가 개선되어야만 할 것이다.

■ REFERENCE

- [1] *DWDM Filter Module Global Market Forecast*, ElectroniCast, 1997.
- [2] J. Noda, I. Yokohama, and K. Okamoto, "Single Mode Fiber Devices", *Optoelectronics Devices and Technologies*, vol. 1, pp. 175 -194, 1986.
- [3] D. B. Mortimore "Wavelength flattened 8*8 single mode star coupler," *Electron. Lett.*, Vol. 22, pp. 1205-1206, 1986
- [4] V. J. Tekippe, "Passive fiber optic components made by the fused biconical taper process," *Fiber Integr Opt.*, Vol. 9, pp. 97-123, 1990.
- [5] J. Bures, and S. Lacroix, "All fiber dense wavelength division multiplexers," *Proc. ICOESE 1994*.
- [6] F.Gonthier, "Fused coupler technology for DWDM applications," *Fiberoptic*

Product News, 9, 1998.

[7] P. E. Green, *Fiber Optic Networks*,
Printice Hall, pp. 123-127, 1993.

Biography



장진현(張眞賢)

Chang Jin Hyeon

1995년 2월 호서대학교 대학원
전자공학과졸업 (공학석사)
2001년 2월 건국대학교 대학원
전자공학과졸업 (공학박사)
1995.3 ~ 2000.6 두일전자통신(주)
광소자 개발팀장

2000.6 ~ 2001.9 청호정보통신(주) 광사업부 과장
2001.9 ~ 2004.1 (주) 지누스 광통신사업본부 광연구
소장
2004.2 ~ 현재 한국정보통신기능대학 정보전송설비과
전임강사
주관심분야 : 광통신용 WDM 광소자, 비선형 광통신
시스템 해석



강 덕 근 (Kang Duk Keun)

1988년 8월 연세대학교 공학대학원
전자공학과 졸업(공학석사)
2004년 2월 중부대학교 대학원전자
공학과 명예공학박사
2001년 1월 정보통신부 중앙전파
관리소장

2003년 2월 정보통신부 전남체신청장 황조근정훈장
수상
2003년 5월 ~ 현재 한국정보통신기능대학 초대학장
주관심분야 : 전파 방송정책, 주파수 자원관리기술,
EMI, EMC



김명생 (金明生)

Kim Myoung Saeng

1992년 2월 경상대학교 공과대학
전자공학과 졸업 (공학사)
2000년 8월 건국대학교 산업대학원
전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 1월 ~ 현재 한국정보통신기능대학 정보전송설
비과 전임강사
주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 광통신시스템