

# Mach-Zhender 간섭계와 등지 내장형 링 공진기를 이용한 광 필터

## Optical Filter Based on Mach-Zhender Interferometer and Nested-Ring Resonator

허용구, 정영철  
 광운대학교 전자통신공학과  
 heoyongku@kw.ac.kr

고밀도 파장분할 다중화 시스템 (DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing) 의 효율성이 극대화 되고 있음에 따라 채널 간격은 100GHz, 50GHz, 25GHz로 점점 감소하는 추세이다. 이에 따라 채널 사이의 누화 값의 감소와 독립성의 유지는 급증하는 데이터 수용을 위해 필수적이며, 이를 충족시키는 광 모듈에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히 평판 광 도파 회로(PLC: Planar Lightwave Circuit) 기반의 미소 링 공진기 (MRR: Micro-ring resonator) 를 이용한 Add-Drop 필터 또는 대역 저지 필터와 같은 파장 선택 형 필터의 개발을 위하여 많은 노력들이 이루어지고 있다<sup>(1)</sup>. 최근에는 Mach-Zhender Interferometer(MZI) 와 등지 내장형 링 공진기를 이용한 Nested-Ring Mach-Zhender Interferometer (NRMZI) 에 대한 설계 및 분석에 대한 연구가 진행 된 바 있다. 이러한 NRMZI 구조는 넓은 파장범위에 걸쳐 평탄한 필터 특성과 낮은 누화 특성을 가진다<sup>(2)</sup>. 상술한 NRMZI는 짝수 신호와 홀수 신호를 분리하는 인터리버로서의 효율성이 매우 높다.

본 논문에서는 NRMZI와 여러 단에 걸친 MZI를 이용한 광 필터에 대하여 논의하고자 하며, 이 광 필터의 개략적인 구조를 그림 1에 보였다.

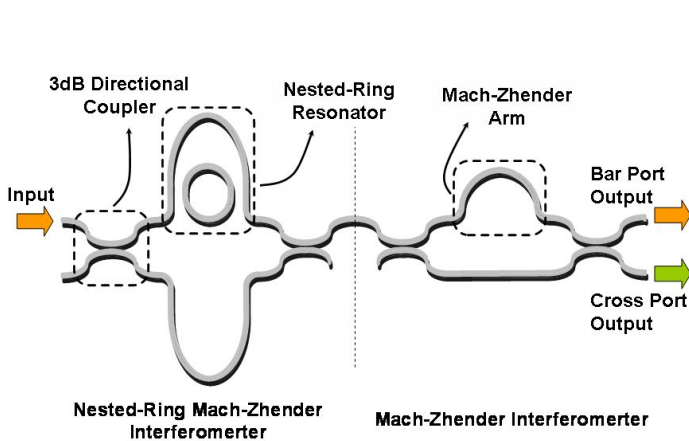


그림 1 NRMZI와 MZI 기반으로 한 광 인터리버의 구조

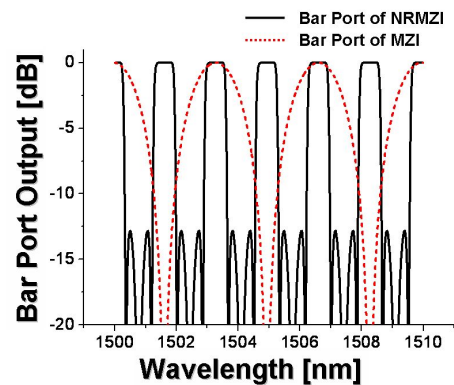


그림 2 NRMZI와 MZI의 특성

Nested-Ring Resonator (NRR) 는 이중 버스 링 필터의 두 버스의 출력을 U 형태의 도파로로 연결하여 형성하고, NRR의 양 입력단에 3dB 커플러를 연결하여 NRMZI를 형성한다. 여기서 U 형태 도파로의 길이는 링 원주의 일정 배율이 되도록 정하며, 특히 배율이 정수배이거나 정수배 반인 경우 비선형 위상 특성에 의해 넓은 flat-top 특성을 쉽게 얻을 수 있다. MZI구조는 두 개의 3dB 커플러와 직선 도파로와의 길이 차이가 만큼 차이가 나는 Mach-Zhender Arm으로 형성한다. 적정화된 Mach-Zhender

Arm 길이차에 의해 우리가 원하는 파장은 Bar Port에서만 출력되고 나머지 파장들은 Cross Port로 출력 된다.

NRMZI와 MZI는 그림 2에서 보는 바와 같이 주기적인 대역 통과 필터의 특성을 갖는다. 여기서 FSR(Free Spectral Range) 은  $FSR = \lambda^2/n_g D$  의 식으로 표현된다. 여기서  $n_g$ 는 도파로의 군 굴절률이 고, D는 공진거리이다. NRMZI에서의 공진거리는 내부 링 공진기의 주회길이이다. 그림 2는  $150\mu m$  링 반지름을 가지고, 링의 주회길이가 U 형태 도파로의 길이 비가 1.5, U 형태의 버스 도파로와 링 도파로 사이의 커플링 비율이 0.76인 NRMZI의 Bar Port 출력과, Mach-Zhender Arm 들의 길이 차이가  $471.24\mu m$ 인 MZI의 Bar Port 출력이다. 이 경우 NRMZI와 MZI는 각각  $1.66nm$ 와  $3.32nm$  의 FSR 값을 가진다.

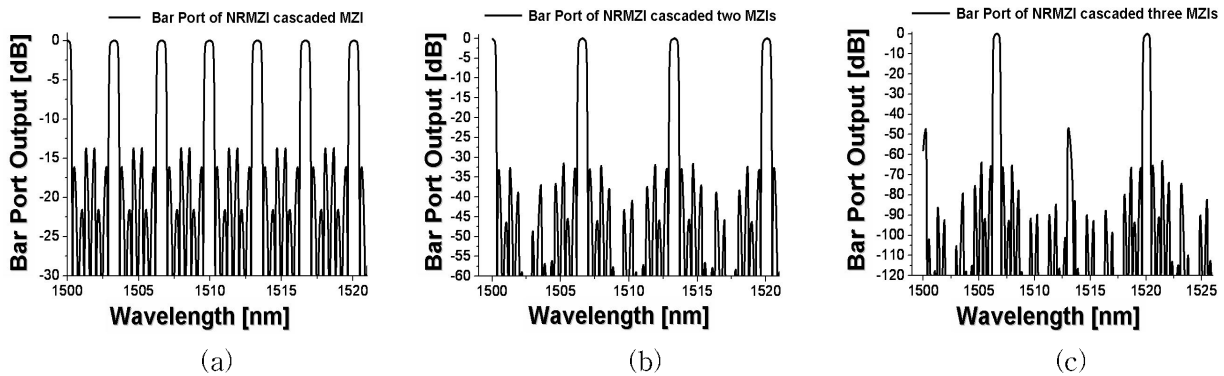


그림 3 설계된 광 인터리버의 시뮬레이션 결과 (a) MZI가 한단 연결된 특성 (b) MZI가 두단 연결된 특성 (c) MZI가 세단 연결된 특성

투과 대역 파장의 간격을  $1.66nm$  에서  $3.32nm$ 로 배가시키기 위해 위에 언급한 MZI와 NRMZI를 다 단 연결한다. 이 광필터의 파장 특성 해석 결과를 그림 3(a)에 나타내었다. MZI의 FSR 과 Mach-Zhender Arm 들의 길이 차이와의 관계는  $\Delta L \approx c/2\Delta f N_{eff}$  로 표현된다. 여기서  $c$ 는 진공에서의 빛의 속도,  $\Delta f$ 는 MZI의 Bar Port와 Cross Port로 출력되는 주파수의 차이를 말하며,  $N_{eff}$ 는 도파로의 유효굴절률 이다. 정확히 MZI가 NRMZI의 두 배의 FSR을 가질 수 있게  $\Delta L$ 을 조절하여 설계하면 NRMZI로 필터링 된 신호가 짝수 신호 와 홀수 신호로 나뉘게 한다. FSR은 결합된 MZI의 FSR와 동일 하며, -3dB 이상의 Flat-Top 파장의 범위는 NRMZI와 동일하다. 그리고 누화특성은 NRMZI보다 더 낮은 우수한 특성을 확인 할 수 있다. 또한 그림 3과 같이 원하는 투과 파장 간격을 얻기 위한 적정화된  $\Delta L$ 을 가지는 MZI를 연속적으로 연결한다면, 투과 파장 대역 간격을 더 넓히는 것이 가능하다. 이와 같이 NRMZI 의 후단에 암의 길이 차이가 적절히 구성된 보통 MZI 들을 다단 연결함으로써, 우수한 특성의 flat-top 파장 역다중화기 (Demultiplexer) 를 구현할 수 있다.

[감사의 글] 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구 임 (R01-2007-000-10751-0).

[참고문헌)

1. B. Little, S. Chu, J. Hryniewicz, and P. Absil, "Filter synthesis for periodically coupled microring resonators," Opt. Lett. 25, 344-346 (2000).
2. S. Darmawan, Y. M. Landobasa, and M. K. Chin, "Nested ring Mach-Zehnder interferometer," Optics Express, Vol. 15, No. 2 (2007).