

# 마하젠더 간섭계와 결합된 이중 링 Add/Drop 필터의 설계

## Design of Double Ring Resonator Add/Drop Filter Cascaded with Mach-Zehnder Interferometer

이동현, 이태형, 정영철

광운대학교 전자통신 공학과

move8009@kw.ac.kr

고도로 집적된 광 집적 회로를 실현하기 위한 단위 소자로써 마이크로 링 공진기 (MMR: Micro-Ring Resonator) 에 대한 연구가 널리 수행되고 있으며, 다양한 연구결과들이 보고되고 있다. 예를 들어 파장채널 가감 필터, 전광 스위치, 결합 링 공진기 도파로, 교차 도파로와 결합된 링 공진기, 링 공진기를 이용한 파장 가변 레이저 등이 링 공진기의 원리를 활용하여 연구되고 있다.<sup>(1)</sup> 본 논문에서는 이중 링 공진기 Add/Drop 필터를 설계하였고 마하젠더 간섭계를 이용하여 필터의 특성을 향상시켰다.

그림 1(a)는 본 논문에서 제안한 마하젠더 간섭계와 결합된 Add/Drop 필터의 개략도를 나타낸다. Add/Drop 필터는 두 개의 직선 버스 도파로 (I, II)와 두 개의 링 공진기(I, II)로 구성된 이중 링 공진기와 두 개의 마하젠더 간섭계로 구성된다. 단면구조는 그림 1(b)와 같이 도파로의 폭과 높이는 각각  $1.5\mu\text{m}$ ,  $1.6\mu\text{m}$ 로 설계 되었고, 코어와 클래딩의 굴절률은 각각 1.51, 1.378로 13.2%의 높은 굴절률 차를 갖는다. 이러한 높은 굴절률 차는 굽은 손실(bending loss)과 링의 반경을 상당히 줄일 수 있기 때문에 작은 크기의 소자를 구현할 수 있는 기반이 된다.

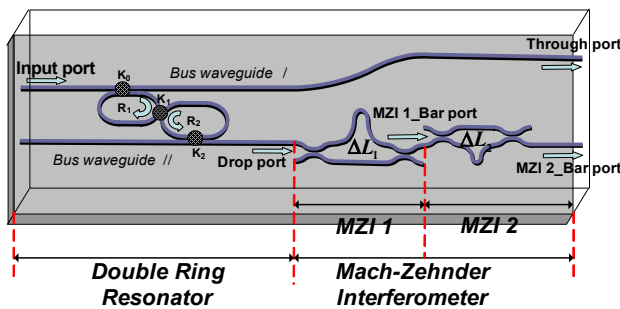


그림 1(a) Add/Drop 필터의 개략도

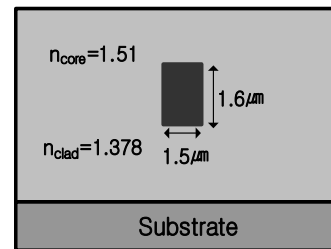


그림 1(b) Add/Drop 필터의 단면구조

Add/Drop 필터의 동작원리는 버스 도파로 I 로 입사된 광파가 링( $R_1$ )과 버스 도파로 I 사이의 광 결합을 통해 첫 번째 링 도파로로 결합 되고 다시 이는 두 번째 링으로 결합 되며 결국 버스 도파로 II 로 결합 된다. 버스 도파로 II로 결합된 광파는 마하젠더 간섭계로 입사 되어 3dB커플러를 통해 분배되고 마하젠더 암의 길이 차이 ( $\Delta L_1, \Delta L_2$ )에 의해 두 개의 링에서 동시에 공진하는 파장과 이웃 파장으로 분리될 것으로 기대된다.<sup>(2)</sup> 링 공진기의 출력은 결합비율( $\kappa_0, \kappa_1, \kappa_2$ )에 의해 결정되며 두 링의 주회 길이를 약간 다르게 설계함으로써 두 링은 반경의 차이에 의해 약간 다른 FSR(Free Spectral Ranges)을 가지게 되며, 공진하는 파장들 또한 약간 다르게 된다. 이 경우에 두 링에서 공진하는 파장이 일치하는 경우에 강한 출력이 예상된다.

전달매트릭스 방법을 사용하여 Add/Drop 필터를 분석 하였으며 그림 2(a)는 Add/Drop 필터의 파장에 따른 응답 특성을 보여준다. 이때 링의 반경은  $150\mu\text{m}$ ,  $162\mu\text{m}$ 인 경우로  $1512.7\text{nm}$ 와  $1555.9\text{nm}$  파장 근처에서 FSR이 다른 두 링의 공진 파장이 일치하여 주변보다 큰 출력을 보임을 알 수 있다. 그림 2(b)는 마하젠더 간섭계들의 파장에 따른 응답 특성을 나타낸 것으로 마하젠더 암의 길이 차이( $\Delta L_1, \Delta L_2$ )에 따라 각각  $3.3\text{nm}$ ,  $6.7\text{nm}$ 의 FSR를 갖는다. 그림 3(a)와 그림 3(b)는 각각 MZI 1, MZI 2의 Bar port 출력 특성을 나타낸 것으로 이중 링 공진기의 두 링에서 동시에 공진하는 파장과 이웃하는 파장들이 분리 되는 것을 확인하였다.

본 연구팀은 그림 1(a)와 같이 두 개의 마하젠더 간섭계를 이용하여 이중 링 공진기 Add/Drop 필터를 설계하였다.  $\Delta L_1, \Delta L_2$ 는 각각  $520\mu\text{m}$ ,  $250\mu\text{m}$ 로  $\Delta L$ 이 다른 두 개의 마하젠더 간섭계를 이용하여 Drop Port의 누화 값을  $12\text{ dB}$  이상 향상 시킬 것으로 기대된다.

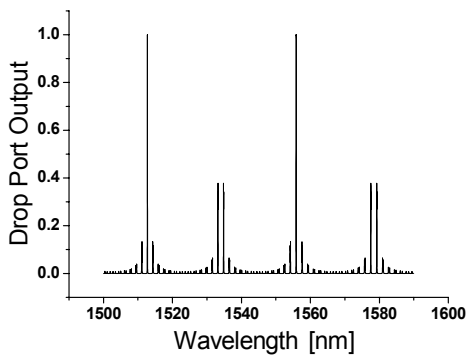


그림 2(a) Drop Port의 파장에 따른 응답특성

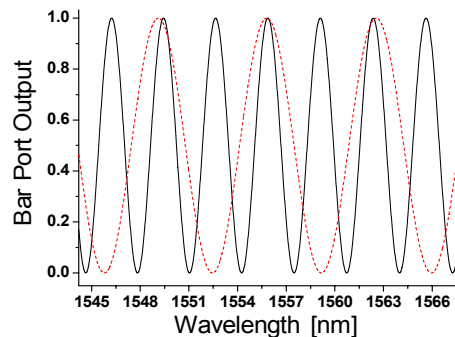


그림 2(b) 마하젠더 간섭계의 Bar port 출력특성

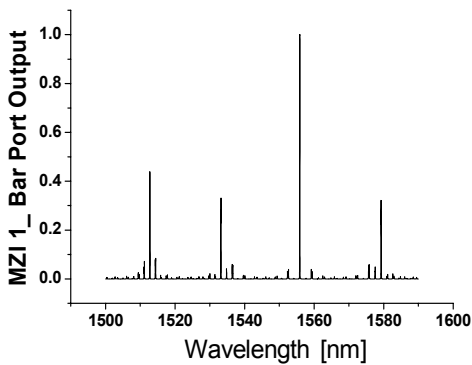


그림 3(a) Drop Port의 파장에 따른 응답특성

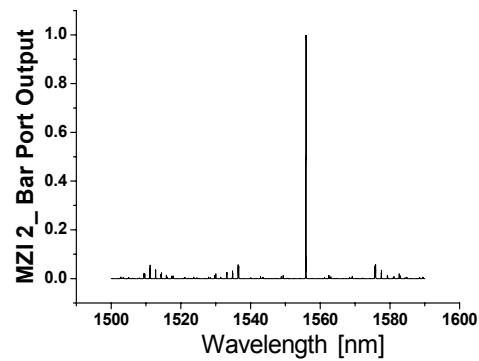


그림 3(b) 마하젠더 간섭계의 Bar port 출력특성

**[감사의 글]** 이 논문은 한국과학재단 특정기초연구비(R01-2006-000-10751-0) 지원에 의하여 수행되었습니다.

**[References]**

[1] B. E. Little, et al, "Microring Resonator Channel Dropping Filters," IEEE J. of Lightwave Technol, Vol. 15, No. 6, pp. 998-1004, 1997  
 [2] Qian Wang, et al "Optimal design of Planar Wavelength Circuits Based on Mach-Zehnder Interferometers and Their Cascaded Forms," IEEE J. of Lightwave Technol., Vol. 23, NO. 3, pp. 1284-1290, 2005