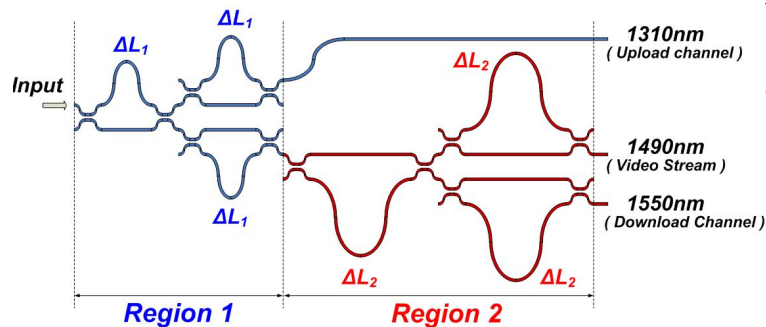


실리카 기반의 평판 광도파회로 트라이플렉서의 설계 및 분석 Design and Analysis of Silica-Based on Planar Lightwave Circuit Triplexer

이태형, 이동현, 정영철
광운대학교 전자통신공학과
taehyung@kw.ac.kr

PON(Passive Optical Network) 시스템의 구성에 있어서, 광섬유의 사용을 최소화하기 위해서 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 방법을 사용한다. 특히 최근에는 트라이플렉서 (Triplexer)를 이용함으로써, 광섬유 한 가닥에 상향(1310nm), 하향 데이터(1490nm), 하향 영상 방송(1550nm)을 제공하려는 TPS(Triple Play Service)에 대한 관심이 고조되고 있다(국제표준 ITU-T G983.3). 하지만 현재 상용화된 트라이플렉서들은 대부분 광 결합기, 박막 필터, 등의 개별 소자를 조립하여 실현되고 있다. 기존의 트라이플렉서 구현에 이용된 TFF(Thin Film Filter) 방식의 경우 평면 광도파회로 제작 후 각 파장에 대한 필터를 따로 제작해야 하고, 또한 이것을 앞서 제작된 평면 광도파회로와 결합 시키는 추가적인 정밀공정을 필요로 한다.⁽¹⁾ 격자구조(Bragg Grating)를 원리로 한 트라이플렉서 경우 주기적인 격자를 생성하는데 있어 매우 정교한 제작 공정이 필요하기 때문에 공정 오류 발생할 가능성이 높으며 이는 소자의 가격 상승 요인이 된다.⁽²⁾

이런 기존의 설계방식과는 다르게 본 논문에서는 그림1과 같이 실리카기반의 평판 광집적회로 (Planar Lightwave Circuit) 형태의 3dB 방향성결합기와 마하젠더 간섭계만으로 구성하여 단순화된 트라이플렉서의 구조를 제안하고, 시뮬레이션을 통해 그 특성을 분석하였다. 3차원 빔 전송법을 사용하여 3dB 방향성 결합기를 분석하고, 전체의 설계된 트라이플렉서는 전달행렬방법을 통해 특성을 분석하였다.

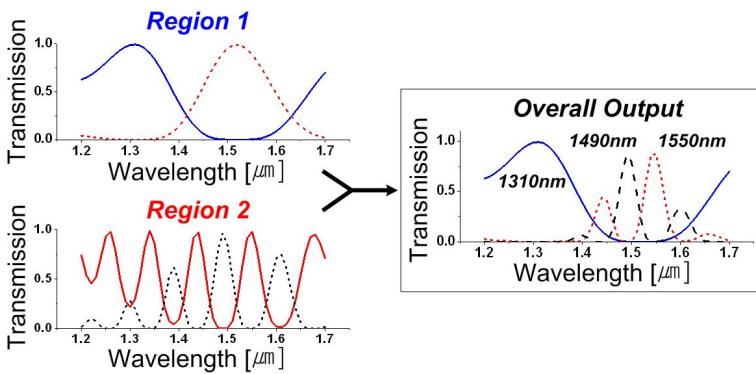


<그림 1 평판 광도파회로 트라이플렉서의 개략적 구조>

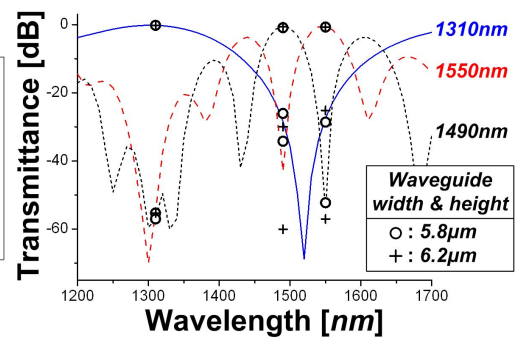
본 논문에서 고려한 도파구조는 코어와 클래딩의 굴절률차가 0.75%인 일반적인 실리카 도파구조를 채택하고, 광섬유와의 모드매칭 효율과 실제 공정의 적합성을 고려하여 도파로의 높이와 폭은 각각 6μm로 설정하였다. 마하젠더 간섭계에서 입사하는 두 혼합 파장은 3dB 커플러를 통해 분배가 되고 분배된

광파는 두 주파수의 차에 의해 결정된 마하젠더 암의 길이 차이(ΔL)로 인해 각각의 신호로 분리되며 여기서의 ΔL 은 $\Delta L = c / (2 \times \Delta f \times N_{eff})$ 로 정의된다. Δf 는 마하젠더의 bar 포트와 cross 포트에 출력되는 채널의 주파수의 차이를 말하며 n_{eff} 는 도파로의 균 굴절률, c 는 진공에서의 빛의 속도를 나타낸다.

제시한 트라이플렉서의 각 영역에서의 분리특성은 그림 2와 같다. 1310nm와 1480~1560nm 파장 대역을 분리하는 경우, 마하젠더 암의 길이 차이(ΔL_1)는 1310nm에 적정화하고, 즉 1310nm 파장의 정수배 더하기 반 파장으로 하고, 3dB 커플러는 1480nm, 1560nm에 적정화함으로써 영역 1에서는 광대역에 걸쳐서 1310nm와 1480nm~1560nm의 파장 대역을 안정적으로 분리한다. 영역 2의 마하젠더에서는 1490nm와 1550nm를 분리함으로써, 세 파장을 분리하는 트라이플렉서를 평면 광도파회로 기반으로 구현할 수 있다.



<그림2> 각 마하젠더영역에서의 파장분리특성



<그림3> 트라이플렉서의 출력특성

그림 3은 트라이플렉서의 각 파장에 따른 출력을 나타낸 그래프이다. 이는 삼차원 빔 전송법으로 얻은 산란 커플러 테이블을 가지고 트라이플렉서를 지나가는 빛의 위상과 진폭의 변화를 전송행렬방법을 통해 분석하였다. 도파로 폭과 높이는 $6\mu\text{m}$ 이고 도파로 내의 손실을 고려하지 않았을 경우 두 Downstream 채널(1490nm, 1550nm) 사이의 누화 값은 -43dB 보다 작고, Upstream 채널(1310nm)에서는 -70dB 의 매우 낮은 누화특성을 확인하였다. 또한 Downstream 채널의 삽입손실은 0.5dB , Upstream 채널에서는 0.1 로 나타났다. 가입자로부터 송출되는 상향데이터 파장(1310nm)의 경우에는 $\pm 20\text{nm}$ 의 파장변화에도 -28dB 의 누화 값을 유지하면서 잘 분리됨을 알 수 있었다. 이러한 특성은 가입 단말을 구성 하는데 있어서 저가의 Transceiver를 적용할 수 있다. 또한 본 논문에서는 도파로 폭의 변화에 따른 트라이플렉서의 출력의 변화를 고려하였다. 도파로 폭과 높이가 $\pm 0.2\mu\text{m}$ 변화하여도 Downstream 채널 사이의 누화 값은 -25dB , Upstream 채널과 두 Downstream 채널 사이의 누화 값은 -55dB 이하로 유지됨을 알 수 있다.

[감사의 글] 이 논문은 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2006-000-10751-0).

참고 문헌

- [1] M. Yanagisawa, Y. Inoue, M. Ishii, T. Oguchi, Y. Hida, H. Izumita, N. Araki, and T. Sugie, "Low-loss and compact TFF embedded silica waveguide WDM filter for video distribution services in FTTH systems," in OFC 2004, Los Angeles, CA, Feb. 2004, p. TuI4.
- [2] Jeong Hwan Song, et al, "Bragg Grating-Assisted WDM Filter for Integrated Optical Triplexer Transceivers" IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 17, No. 12, December 2005