

## 저 분산 고밀도 파장분할 다중화 박막 필터의 설계 Design of low-dispersion DWDM thin film filter

이상현\*, 황보창권

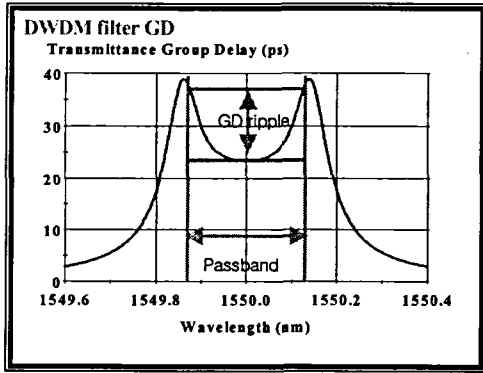
인하대학교 물리학과

e-mail: [sanghyunlee@empal.com](mailto:sanghyunlee@empal.com)

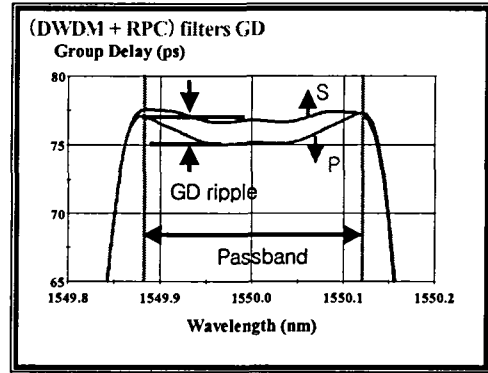
Dense Wavelength Division Multiplexing(DWDM) 박막 필터는 광통신 시스템에 널리 사용되고 있으며 고용량의 데이터를 전송하기 위하여 채널 간격이 점차 감소하고 있다. 광통신에서는 정보 전달을 펄스로 하며, 펄스는 여러 파장으로 구성되어 있다. 각 파장은 매질의 굴절률 분산 때문에 진행되는 속도가 다르게 되고, 이에 따라 도착하는 시간이 달라지게 된다. 이를 그룹지연(group delay, GD)이라 한다. 광통신에서 두 펄스의 주기가 10% 틀릴 때까지는 신호로 허락이 된다고 가정할 때, 2.5Gb/s 통신 시스템의 주기는 400ps이므로 40ps 까지 시간 지연을 허락 할 수 있고, 10Gb/s의 시스템은 10 ps, 40Gb/s는 2.5 ps 까지 가능하다. 이보다 크면 펄스의 왜곡이 일어나 비트에러율(biterror rate)이 증가할 수 있다. 따라서 초고속 광통신 시스템용 DWDM 박막 필터에서는 투과 대역(Passband)에서 GD ripple을 줄여야 한다. GD의 변화 폭을 감소시키기 위해서는 반사형 위상 보상 필터를 추가로 사용하거나 GD가 작은 WDM 박막 필터를 설계하여야 한다.

본 연구에서는 40 Gb/s 시스템에 적용 할 수 있는 저분산 DWDM 박막 필터를 설계 하는 방법으로 두 가지 방법을 제시 하였다. 첫 번째 방법으로 DWDM 박막 필터의 GD 분산이 투과대역에서 음의 값을 가질때 투과대역에서 GD 분산이 양의 값을 갖는 반사형 위상 보상(Reflection Phase Compensation, RPC)필터를 추가적으로 사용하여 DWDM 박막 필터의 분산을 줄였으며, 두 번째 방법으로는 반사형 위상보상 필터가 추가적으로 필요 없는 저분산 DWDM 박막필터를 일반적인 DWDM 박막 필터의 거울층의 주기수와 간격층의 차수를 적절히 조절하여 투과대역을 가우시안 형태를 따르게 하여 분산을 줄이는 방법을 제시 하였다. 모든 다층박막의 두께를 1/4 파장 광학두께와 1/2 파장 광학두께의 정수 배로 설계 하므로 제작상의 두께 조절을 쉽도록 하였다. 그림 1의 a) 와 같이 50 GHz DWDM 박막 필터의 GD ripple 이 14 ps 인 것을 그림 1의 b) 와 같이 RPC 박막 필터를 추가적으로 사용 하므로 GD ripple을 2 ps 까지 줄일 수 있었으며, 그림 2 a)와 같이 Passband(-0.5dB:0.075nm)가 좁고 stopband(-25dB:0.59nm)가 넓은 가우시안 형태로 설계 하므로 그림 2 b)와 같이 GD ripple 0.2ps, CD  $\pm 4$ ps/nm 로 매우 작게 설계 하였다.

반사형 위상보상 필터의 경우 두개의 서로 다른 필터를 사용하여야 하므로 하나의 필터만으로 위상을 보상 할 수 있도록 지속적인 연구가 필요 하며, 투과대역인 가우시안 형태를 갖는 DWDM 박막 필터의 경우 일반적인 DWDM 박막 필터보다 다층 박막의 층수가 100여층 이상 많으므로 층수를 줄이는 연구가 필요 하다. 또한 반사형 위상보상 필터를 추가적으로 사용할 경우 DWDM 필터와 RPC 필터 간의 정렬 문제와 RPC 필터가 중심 파장의 이동에 매우 민감하게 GD 값이 변화함으로 증착시 유전체 다층박막의 두께 조절이 매우 중요 하며, 하나의 DWDM 필터를 사용하는 저분산 DWDM 박막 필터의 경우 투과대역의 모서리로 갈수록 삽입 손실이 크게 증가함으로 광원의 파장 변화를 안정 적으로 조절 하여야 하고 유전체 다층박막의 층수가 일반적인 DWDM 박막 필터 보다 100여층 이상 많으므로 고급 증착 기술이 필요하다.

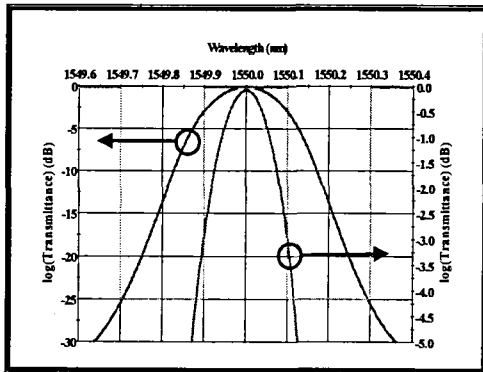


a) 50 GHz DWDM 박막 필터의 GD (GD ripple=14ps)

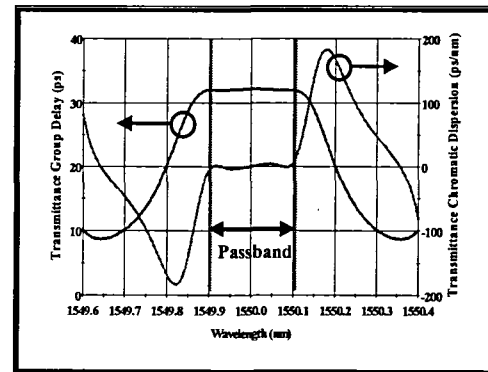


b) 50 GHz DWDM + RPC 박막 필터의 GD [GD ripple:(p=2),(s=1)ps]

그림1. 50 GHz DWDM 박막 필터의 GD 와 50 GHz DWDM + RPC 박막 필터의 GD



a) 가우시안 모양을 같은 DWDM 박막 필터의 투과 스펙트럼(dB)



b) 가우시안 모양을 같은 DWDM 박막 필터의 GD(ps)와 CD(ps/nm)

그림2. 가우시안 모양의 투과율을 같은 50 GHz DWDM 박막 필터의 설계 값

### 참고 문헌

- [1] 황보창권, *박막광학*, 2nd ed. (다성, 서울, 2001)
- [2] H. A. Macleod, *Thin-film Optical Filters*, 3rd ed, (Institute of physics Publishing, U.K, 2001)
- [3] Tony D. Noe "Design of reflective phase compensator filters for telecommunications" *Appl. Opt.* 41, 3183-3186, (2002)
- [4] A. Zhao, H. Pinkney, S. Moffat, "Demonstration of a novel low-dispersion thin-film DWDM filter for high datarate applications", *Optical Society of America*, (2004), paper ThD7