

광통신용 이중 대역 투과 필터의 제작

Fabrication of dual-band pass filter for optical communication

김회경, 임영민, 윤형도, 서용곤, 김명진*

전자부품연구원 하이브리드부품사업단, *(주)이스트포토닉스

kime@keti.re.kr

유무선 통신 시스템에서 기존에 사용되는 2G 광중계기 모듈은 광섬유를 통하여 1310nm 파장과 1550nm 파장의 광신호를 전송하였다. 전송 용량을 증가시키기 위하여 1510nm, 1530nm, 1570nm 파장의 광신호를 전송하는 3G 광중계기 모듈이 사용된다. 3G 광중계기를 설치할 때 별도의 광선로를 설치하지 않고, 기존에 시설된 2G 광중계기용 광선로를 활용하기 위해서는 광선로 공유 모듈이 필요하다. 광선로 공유 모듈은 1510nm, 1530nm, 1570nm 파장의 빛과 1310nm, 1550nm 파장의 빛을 합과 또는 분과하는 역할을 한다. 이러한 기능은 1310nm/1490nm 단파장 투과 필터와 1550nm CWDM(coarse wavelength division multiplexing) 대역 투과 필터를 연결하여 구현할 수도 있다. 그러나 광필터의 개수가 증가함에 따라 광선로 공유 모듈의 광손실은 증가하고, 결과적으로 모듈의 가격과 크기도 증가한다. 따라서 1310nm 파장과 1550nm 파장의 빛을 동시에 투과하는 이중 대역 투과 필터는 모듈의 광손실, 가격, 크기에 대하여 장점을 갖는다.

흡수가 없는 유전체 박막은 두께가 증가함에 따라 특정한 파장에서 측정되는 박막의 투과율 또는 반사율이 사인함수의 형태로 변화한다. 이러한 반사율의 변곡점은 박막의 광학적 두께가 1/4 파장의 정수 배가 될 때이고, 1/4 파장의 짝수 배일 때 박막의 반사율은 기판의 반사율과 같다. 이러한 특성을 이용하여 박막을 증착할 때 반사율 또는 투과율의 극값에서 박막 층의 증착을 종료하는 방법을 optical monitoring 또는 turning-value monitoring 이라고 한다.⁽¹⁾

일반적으로 유전체 다층 박막 필터는 고굴절률 물질과 저굴절률 물질을 교대로 증착하여 제작한다. CWDM 또는 DWDM(dense wavelength division multiplexing) 대역 투과 필터와 같이 복잡한 필터는 optical monitoring system을 사용하지 않고 제작하기 어렵기 때문에 2-3층의 무반사 층을 제외하고 대부분의 박막 층을 1/4 파장 광학 두께를 기본으로 설계한다. 그림 1은 1/4 파장 광학 두께를 기본으로 한 전형적인 CWDM 대역 투과 필터의 설계를 보여준다. 일반적인 CWDM 대역 투과 필터는 1550nm 파장 대역에서 좋은 투과 특성을 보여주나, 1310nm 파장 대역에서 나쁜 투과 특성을 보여준다.

CWDM 대역 투과 필터와 유사한 방법으로 그림 2와 같은 1/4 파장 광학 두께를 기본으로 한 다중 공동(multiple cavity) 구조의 이중 대역 투과 필터를 설계하였다. 이중 대역 투과 필터는 사양이 까다롭고, 1/4 파장 광학 두께 설계는 많은 제약 조건들이 있기 때문에 이중 대역 투과 필터를 1/4 파장 광학 두께만을 기본으로 설계하는 것은 쉽지 않다. 따라서 CWDM 대역 투과 필터를 기본으로 하고 1310nm 파장 대역의 투과 특성을 개선하기 위하여 몇몇의 1/4 파장 광학 두께의 층을 수정하였다. 제작 가능한 이중 대역 투과 필터를 설계하기 위하여 10% 이하의 층들만을 1/4 파장 광학 두께가 아닌 층들로 설계하였으며, 변곡점 민감도 분석 방법⁽²⁾에 의해 분석된 민감도가 나머지 층들보다 더 큰 간격

층들은 모두 1/4 파장 광학 두께를 사용하여 설계하였다.

이러한 설계를 바탕으로 이중 이온빔 스퍼터링(dual ion beam sputtering) 증착법을 사용하여 이중 대역 투과 필터를 제작하였다. 제작된 이중 대역 투과 필터의 투과 스펙트럼은 그림 3과 같다. 투과 대역인 1290nm-1350nm, 1543nm-1557nm 파장 대역에서의 손실은 0.5dB 이하이고, 반사 대역인 1502nm-1537nm, 1563nm-1578nm 파장 대역에서는 30dB 이상으로 좋은 광특성을 보여준다.

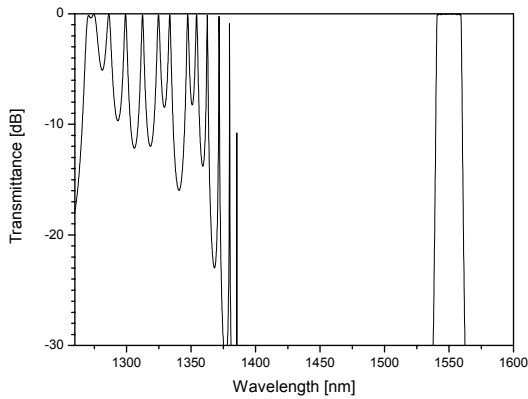


그림 1. 일반적인 CWDM 투과 필터의 설계

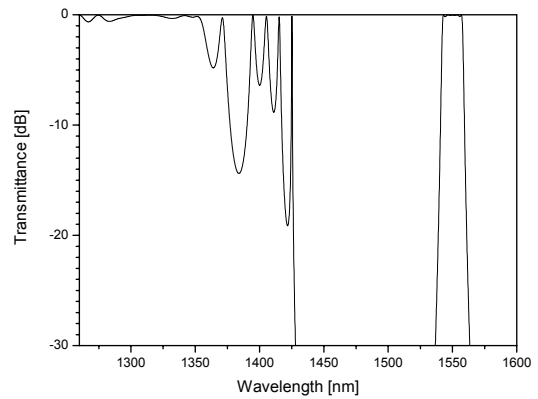


그림 2. 이중 대역 투과 필터의 설계

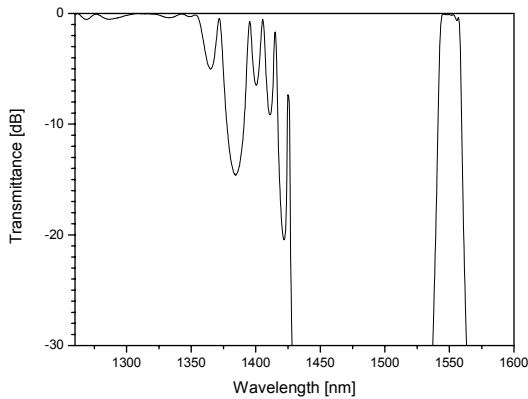


그림 3. 이중 대역 투과 필터의 투과 스펙트럼

1. H. A. Macleod, *Thin-Film Optical Filters*, (Institute of Physics, 2000), Chapter 11.
2. H. A. Macleod, "Turning Value Monitoring of Narrow-band All-dielectric Thin-film Optical Filters," *Optica Acta* **19**, 1-28 (1972).