

열광학 효과를 이용한 파장 가변 필터의 특성

Characteristics of Tunable Filter Using the Thermo-optic Effect

박현용*, 황병철, 이승걸, 오범환, 이일항, 박세근, 최두선*

인하대학교 정보통신공학부 마이크로 포토닉스 연구센터(micro-PARC), *한국 기계 연구원
optics2k@hanmail.net

최근 급속히 성장하고 있는 Wavelength-division-multiplexing (WDM) 시스템에 파장가변 필터는 핵심적인 소자로 적용될 수 있으며, 높은 가격 경쟁력과 광학 필터로서 좋은 특성과 높은 가변 특성을 구현할 수 있다. 이러한 파장가변 필터는 multi-beam 간섭을 이용하고, Micro electro mechanical systems (MEMS) 공정 기술인 벌크 마이크로 머시닝 기술을 이용하여 구현되어지고 있다⁽¹⁾. 또한 파장 가변 필터는 Optical-performance monitoring, Spectrometer, Optical noise filter, Sensor 등 여러 분야에 응용될 수 있다.

페브리-패럿 파장 가변 필터는 공진을 일으키는 중간 cavity층과 cavity 층 양쪽에 반 투과성의 Distributed Bragg Reflector (DBR) 거울로 구성되어 있다. DBR 거울은 고 굴절률 물질 poly-Si ($n=3.48@1550\text{nm}$) 과 저 굴절률 물질 SiO_2 ($n=1.44@1550\text{nm}$) 를 각각 LPCVD 와 PECVD 를 사용해 4층씩 증착된 DBR 거울을 구현하였다. 또한 중간 cavity 층을 열광학 계수가 높은 poly-Si ($dn/dT=2.25 \times 10^{-4}\text{K}^{-1}$) 을 사용하였으며, 온도에 대해 굴절률이 변하는 열광학 효과를 이용하여 필터 투과 중심파장을 가변 하였다. 그림 1은 제작된 필터의 SEM 사진이다.

필터가 증착 되어 있는 실리콘 웨이퍼는 필터의 삽입 손실을 줄이고, 불필요한 공진 현상을 없애며, 열광학 효과를 극대화시키기 위하여 뒷면을 식각하였다. 뒷면 식각은 항온 수조를 이용하여 식각 환경을 80°C 로 고정시키고, 42 weight % KOH solution 을 이용하여 membrane 구조를 형성하였다(그림 2). 온도변화에 따라 투과되는 파장의 변화를 분석하기 위하여 온도 가변 시스템과 센서가 포함되어 있는 광학 시스템을 구현하였다. 광학 시스템의 입력 광원으로 중심 파장이 1550nm 영역대의 broad-band source (JDSS FITEL, BN1415)를 사용했고, 필터 투과 특성 분석을 위하여 optical spectrum analyzer (ANRISU, MS9710B)를 사용하였으며, 입·출력 단의 광 시준화 및 집속을 위하여 GRIN lens(Selfoc, SLW-1.8)를 사용하였다. 구성된 광학 시스템에 의한 필터의 직접적인 투과 특성 및 온도 가변 효율도 분석 할 수 있었다. 그림 3은 제작된 필터의 온도 변화에 따라 투과하는 파장의 변화를 나타낸 그래프이다. 25.3°C 에서 투과되는 파장의 피크 값은 1554.4nm 이고 삽입 손실은 2.67dB를 나타내었다. 온도가 증가할수록 투과 되는 파장의 피크 값은 장파장 대역으로 옮겨가며, 90°C 에서 파장의 피크 값은 1563.8nm 임을 확인할 수 있었다. 총 64.7°C 의 온도 변화에서 파장 가변 범위는 9.4nm 로서 열광학 효과에 의한 온도 가변 효율은 0.144nm/K^{-1} 이었다.

실제 실험 결과는 membrane 구조에 의해 열광학 효과를 극대화 시킬 수 있었으며, 필터 층의 열적 팽창에 의한 휨 현상(buckling effect)⁽²⁾으로 발생하는 응력으로 인해 파장 가변 효율을 더욱 높일 수 있었다.

본 논문에서는 페브리-페롯 타입의 필터를 제작하고, 제작한 필터는 광학 시스템에 의해 열광학 효과에 의한 파장 가변 효율을 분석해 보았다. 온도 가변 시스템과 센서가 포함된 광학 시스템을 이용하여 필터에서 투과되는 중심 파장의 가변특성을 직접 확인 할 수 있었고, 높은 파장 가변 효율을 얻을 수 있었다.

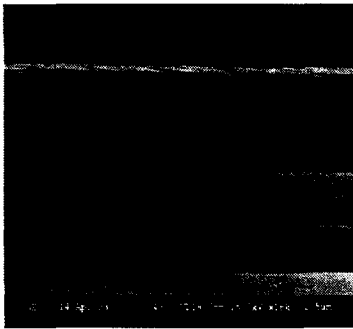


그림 1. 필터의 단면 SEM 사진

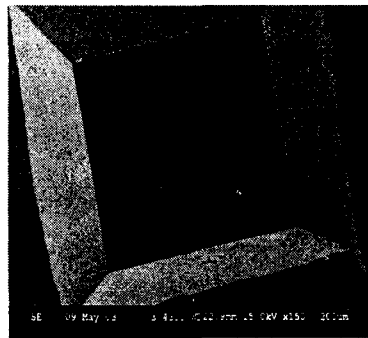


그림 2. 필터의 Membrane SEM 사진

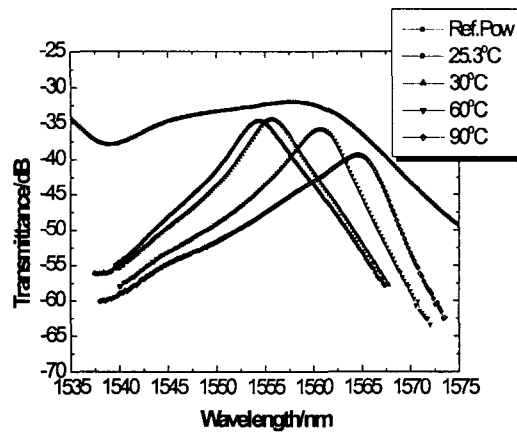


그림 3. 필터의 온도에 따른 투과 특성

감사의 글

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발 사업 중 한국기계연구원이 주관하는 고기능 초미세 광열유체 마이크로부품 기술개발 사업의 세부과제로서 수행중이며, 이에 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 올립니다.

참고 문헌

1. D. Hohlfeld, M.Epmeier, H.Zappe, "Tunable Thermo-Optic Filter for WDM Applications," The 15th IEEE International Conference on, 564-567 (2002).
2. M. Aziz, J. Pfeiffer, M. Wohlfarth, C. Luber, S. Wu, and P. Meissner, A New and Simple Concept of Tunable Two-Chip Microcavities for Filter Applications in WDM Systems, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 12, pp. 1522-1524 (2000).