

융착 광섬유 커플러를 이용한 굴절률 및 온도 센서

Reflective Index and Temperature Sensor Base on a Fused Fiber Coupler

박규하, 양병철, 김덕기, 문남일, 김광택
 호남대학교 전자광공학부 광전자공학과
 ktkim@honam.ac.kr

광섬유 커플러는 광신호를 분배하거나 합치는 기능을 가지고 있다. 일반적으로 광섬유 커플러는 두 개의 광섬유를 나란히 정렬하거나 혹은 새끼 꼬듯 감은 후 산소 불꽃으로 고열을 인가하면서 양쪽으로 잡아당기는 방식으로 제작된다. 고열이 인가되면서 잡아당겨진 부분은 두 광섬유가 하나의 몸체로 달려 붙으며 두 광섬유 사이에 광 결합이 발생한다. 이때 두 광섬유가 결합되는 길이를 제어하여 광파워를 일정 비율로 분배하는 기능 가지는 탭 커플러, 파장 분할 기능을 가지는 WDM(wavelength division multiplexing) 커플러, 그리고 편광을 분리할 수 있는 편광 분리기로 활용할 수 있다^(1,2).

본 논문에서는 파장 분할 다중화 기능을 가진 WDM 커플러의 광센서 기능을 연구하였다. 소자의 구조는 그림 1과 같다. 결합 모드 이론의 의하면 광 결합은 파장에 의존하며 장파장으로 갈수록 광결합이 강하게 일어난다. 따라서 결합 길이를 적절하게 조절하면 하나의 입력단으로 부터 두 개의 광섬유 출력단으로 전달되는 광의 파장을 선택할 수 있다. 결합영역에서 두 광섬유는 한 몸체로 되며 동시에 매우 가늘어져 소멸장(evanescent field)은 광섬유 바깥 표면까지 확장된다. 결합영역을 둘러싸고 있는 물질의 광학적 특성에 융착 광섬유 커플러의 특성이 의존하는 성질을 센서에 적용하였다. WDM 커플러의 중심파장이 외부 물질의 굴절률에 따라 결정되는 사실로부터 매질의 굴절률을 측정할 수 있는 기능을 확인하였다. 외부 물질의 열광학 효과를 이용하면 커플러의 중심파장이 온도에 따라 이동하는 현상을 이용한 온도 센서 기능도 확인하였다.

광섬유 커플러를 두 개의 광도파로가 결합된 2차원 방향성 결합기로 등가화 하는 방식으로 소자의 거동을 예측하였다. 등가화된 소자 구조는 실제 구조와 다소 차이가 있지만 소자의 특성을 이해하는데 유용하다. 소자해석을 위해 빔 전파방법을 이용하였다. 본 논문에서는 결합영역을 둘러싸고 있는 외부 물질의 굴절률이 소자의 파장 응답 특성에 미치는 영향을 분석하는 데 초점을 맞추었다. 결합 모드 이론에 의하면 인접한 두 광섬유 사이의 결합계수는 두 광섬유 모드의 중첩(overlap) 정도에 의해 결정된다. 외부 물질의 굴절률이 클수록 소멸장이 외부 물질로 깊게 침투하며 인접한 두 광섬유 모드의 중첩은 감소하여 결합이 감소하게 된다. 즉 외부 물질과 광섬유 도파로의 굴절률 차이가 클수록 광결합이 크게 일어난다.

실험에서 통신용 단일모드 광섬유를 1.5회 새끼 꼬듯 서로 감고 산소와 LPG 가스를 이용한 불꽃을 광섬유에 인가하여 적절하게 끌어 당겨 광결합을 발생 시켰다. 두 개의 출력단의 피크 파장은 1310 nm와 1550 nm 이다. 이 광섬유를 퀴즈 튜브에 고정하고 퀴즈 튜브에 채워진 매질의 굴절률을 바꾸어 가면서 광스펙트럼 분석기로 파장 응답특성을 측정하였다. 실험 결과는 그림 2에 나타나 있다. 외부 굴절률이 커질수록 소자의 피크 파장은 장파장으로 이동함을 그림 2가 보여 주고 있다. 피크 파장은 결합계수와 결합길이의 곱에 의해 결정된다는 사실로부터, 외부 물질의 굴절률이 커짐에 따라 광결합이 작아지면 중심파장은 광결합 크지는 방향으로 이동해야한다.

외부 물질로 공기, 물, 그리고 글리세린과 물의 혼합액(무게비로 물 10% + 글리세린 90%)을 사용하였다. 외부 물질로 물과 공기일 때는 파장 응답의 변화가 미미하였다. 이러한 이유는 외부 물질의 큰 굴절률의 큰 변화에도 불구하고 외부물질에 침투하는 소멸장의 변화가 크지 못하기 때문이다. 즉 외부 물질의 굴절률이 광섬유 클래드의 굴절률 보다 훨씬 작기 때문이다. 제작된 소자의 온도 특성을 측정하기 위하여 퀴즈 튜브에 굴절률이 1.44인 매질을 채우고 이를 금속 봉에 다시 넣어 양쪽을 예폭시로 밀봉하였다. 이를 온도 센서로 사용하기 위해선 외부 물질의 열광학 계수가 높아야 한다. 실험에 사용한 매질의 열광학 계수는 약 -3×10^4 정도이며 부의 값을 가진다. 즉 온도가 올라갈수록 이 매질의 굴절률은 감소한다. 제작된 소자를 핫플레이트에 올려 놓고 온도를 바꾸어 가면서 파장 응답을 측정한 결과가 그림 3에 나타나 있다. 단위 온도 변화에 대하여 피크 파장이 1.5~2.0 nm 로 이동하는 현상이 나타났다.

결론적으로 광섬유 WDM 커플러는 주위를 둘러싸인 매질의 굴절률에 따라 파장 응답특성이 바뀐다. 이 현상을 매질의 굴절률이나 온도센서에 적용 가능성을 실험으로 검증하였다. 단위 온도 변화에 대하여 1.5~2.0 nm의 높은 감도를 보였다.

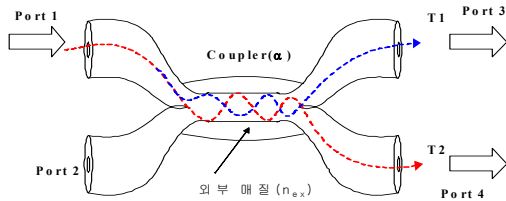


그림 1. WDM 커플러를 이용한 센서 구조

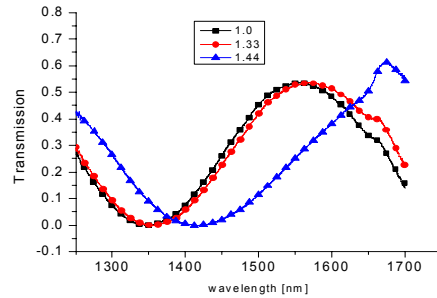


그림 2. 외부 물질의 굴절률에 따른 파장 응답 실험 결과.

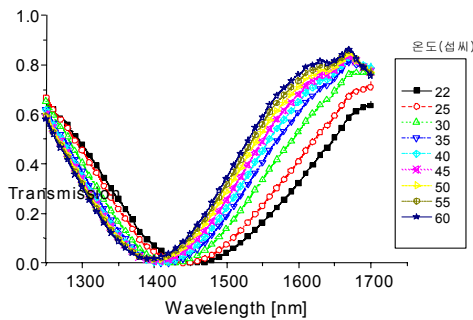


그림 3. 주위 온도 변화에 따른 파장 응답 측정결과

[1] M. S. Yataki, D. N. Payne, and M. P. Payne, " All-fiber polarization beamsplitter," Electron. Lett., Vol. 21, No. 6, pp. 249-251, 1985.

[2] T. Brichenno and V. Baker, "All-fiber polarization splitter/combiner," Electron. Lett., Vol. 21, No. 6, pp. 251-252, 1985.

감사의 글

본 논문은 전남대학교 광소재부품연구센터(R/2-2002-054)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.