

측면 연마 기술을 이용한 단일모드 광섬유와 중공광섬유 사이의 광결합

Optical coupling between single mode fiber and hollow optical fiber based on side-polishing technique

김효겸, 김광택, 최상수*, 오경환*

호남대학교 광전자공학과, *광주과학기술원 정보통신공학과

링(ring)형태의 코어를 가지는 중공 광섬유(hollow optical fiber)는 광통신, 광센서 및 원자광학(atom optics)분야에서 다양하게 응용되고 있다. 중공광섬유의 소산장(evanescent field)를 이용하여 중공 광섬유 내부 공기층에 원자빔을 가두어 원하는 위치를 이동시키는 목적으로 이용될 수 있다[1]. 또한 중공 광섬유는 다중 모드 광섬유에서 그룹 속도가 비슷한 모드들을 선택적으로 여기 시켜 기가비트 이더넷(Gigabit ethernet) 통신에서 대역폭을 향상시키는 목적으로 이용될 수 있다[2]. 단일 모드 광섬유로부터 중공광섬유로 광 신호를 전송할 때 두 광섬유의 모드 패턴이 상이하기 때문에 직접 결합시 큰 결합손실이 발생한다. 단일모드 광섬유로부터 중공 광섬유로 효과적인 광 신호 전달을 위해 중공 광섬유의 끝단을 서서히 좁게 만들어 공기구멍의 지름을 줄인 후 용착 접속(fused splicing)하는 방법[2]과 두 광섬유를 병행하게 정렬 후 용착 결합(fused coupling) 시키는 방법이 알려져 있다[3].

본 논문에서는 측면 연마 기술을 이용하여 단일모드 광섬유부터 중공 광섬유로 광 신호를 결합하는 기법을 보고한다. 구현된 소자는 중간의 공기구멍이 그대로 유지 되고 있기 때문에 원자를 중공 광섬유에 가둘 수 있는 용도로 활용이 가능하다. 제안된 결합기는 두 광섬유 코어사이의 간격을 미세하게 조절하여 결합비나 중심파장을 가변 시킬 수 있다. 소자의 구조는 그림 1에 제시 되어 있다. 실험에 사용한 중공광섬유의 굴절률 분포와 구조 변수는 그림 2에 제시되어 있다. 1550nm 파장에서 일반 단일모드 광섬유의 유효굴절률(n_{eff})은 1.4456 정도이다. 이해 비해 중공 광섬유는 한쪽 클래딩이 공기이기 때문에 그림 2에 제시되어 있듯이 유효굴절률이 단일 모드 광섬유의 값 보다 작다. 공기구멍의 지름이 점점 작아지면 중공 광섬유는 유효굴절률과 모드 생김새가 단일 모드 광섬유와 비슷하게 변해간다. 단일 모드 광섬유와 직경 4 μm 및 8 μm 의 공기구멍을 가진 중공 광섬유와 용착 접속시 결합 부위에서 각각 0.7 dB 및 2.7dB의 결합 손실이 발생함을 확인하였다. 연마를 위해 실리카 블록에 파인 홈 속에 광섬유를 고정할 때 단일 모드 광섬유의 곡률반경을 25cm로, 중공 광섬유는 상대적으로 단일모드 광섬유보다 구부림에 손실이 더 민감하므로 곡률반경을 50cm로 설정하였다. 두 광섬유의 코어 사이의 간격을 제어하여 결합비를 조절하였다. 최적의 조건에서 단일모드 광섬유로부터 직경 4 μm 및 8 μm 의 공기구멍을 가진 중공 광섬유로 광 전력 전달비율은 각각 82.2%와 97.3%로 측정되었다. 일반 두개의 동일한 단일모드 광섬유를 이용하여 측면 연마 결합을 할 경우 거의 100% 결합이 발생한다. 단일모드 광섬유와 중공 광섬유 사이의 광결합 비율이 이처럼 상대적으로 작은 이유는 두 광섬유의 위상 부정합에 의한 것으로 사료된다. 직경 4 μm 의 중공 광섬유를 이용한 결합기의 무 편광 입력에 대한 파장응답이 그

림 3에 제시되어 있다. 중심파장에서 3 dB 이내로 결합비가 유지되는 파장 범위는 60 nm 이상으로 관측되었다. 1550 nm 파장에서 Throughput 포트의 편광의존성 손실은 약 2 dB로 나타났다.

결론적으로 단일 모드 광섬유와 중공 광섬유 결합기를 측면 연마 기법으로 구현하였고 광 결합 현상을 확인 하였다. 향후 결합 모드이론으로 소자의 편광 및 파장 응답 특성을 분석할 계획이다.

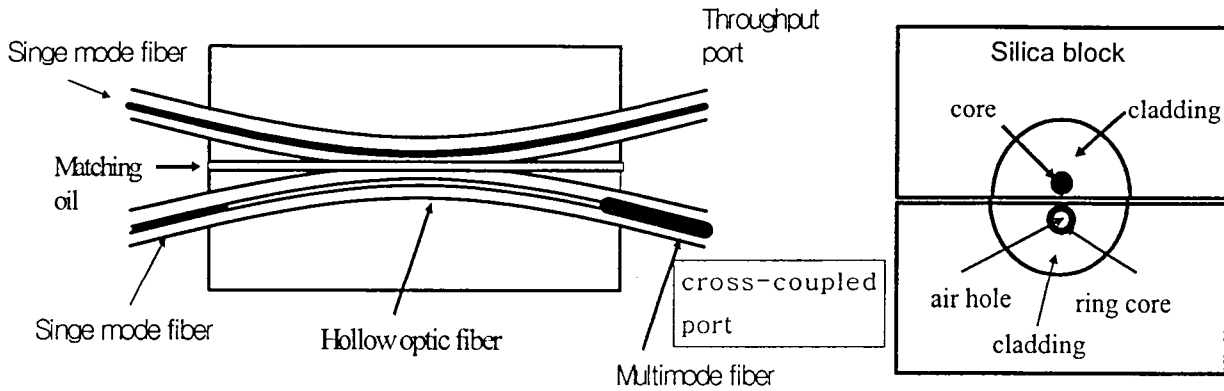


그림 1(a). 결합기의 종 방향 단면 구조.

그림 1(b). 소자 중심부에서 횡 방향 단면 구조.

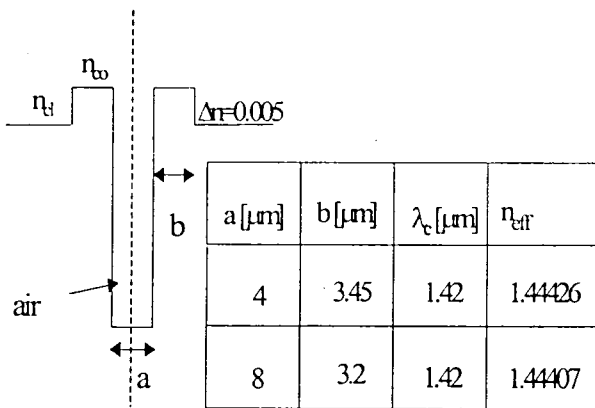


그림 2. 중공 광섬유의 굴절률 분포. n_{eff} 은 1550nm 파장에서 유효굴절률, n_{cl} 은 클래딩의 굴절률로 1.444이고 n_{co} 는 코어의 굴절률, Δn 은 코어와 클래딩 굴절률 차이를 나타냄.

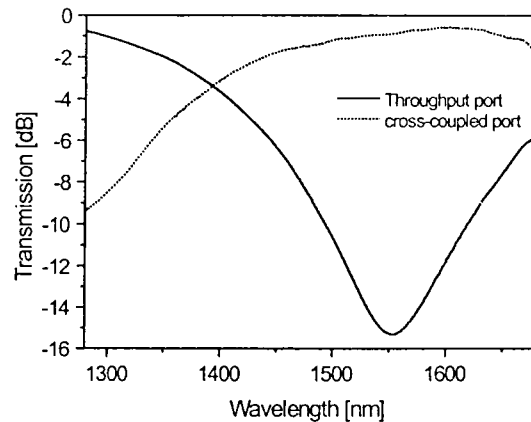


그림 3. 결합기의 파장 응답 특성.

참고 문헌

1. H. Ito, K. Sakaki, W. Jhe, M. and Ohtsu, Opt. Commun. 141(1997), 43-47.
2. S. Shoi, K. Oh, W. shin, C. S. Park, U. C. Paek, K. J. Park, Y. C. Chung, G. Y. kim and Y. G. Lee, IEEE Photon. Technol. Lett., 14(2002), 248-250.
3. W. Shin, S. Choi and K. Oh, Opt. Lett. 27(2002), 1884-1886.