

연마휠을 이용한 측면 연마 광섬유 제작과 그 응용

Fabrication of side-polished fiber using a polishing wheel and its applications

문정원, 이준옥, 황중호, 정인수, 윤대성, 최종운, 김광택
 호남대학교 광전자 공학과
 ktkim@honam.ac.kr

측면 연마된 광섬유 표면 위에 새로운 물질층을 형성시킨 후 광섬유 모드의 소산장(evanescent field) 결합을 유도하여 다양한 능동 및 수동 광섬유로 응용이 가능하다⁽¹⁾. 광섬유를 연마하기 위하여 퀴츠에 형성된 홈에 광섬유를 에폭시로 고정시키고 퀴츠와 함께 광섬유 클래딩을 연마하는 방법이 잘 알려져 있다. 이러한 방법은 측면 연마된 광섬유를 연마하는데 다소 긴 시간이 필요하다.

본 논문은 광섬유의 클래딩을 연마휠로 제거하는 기법을 소개하고 연마된 광섬유의 클래딩 위에 금속이나 유전체층을 결합하여 기능성 광섬유 소자를 제작할 수 있음을 보인다. 광섬유의 클래딩 연마의 개념은 그림 1에 제시되어 있다. 다이아몬드 연마 가루가 고팅된 휠이 회전하면서 광섬유 클래딩을 제거한다. 파장 633nm He-Ne 레이저광을 입사하여 광섬유가 충분히 연마되었을 때 연마부위에서 산란광이 관측된다. 이러한 방법으로 광섬유를 연마하면 매우 짧은 시간 안에 연마를 마무리 할 수 있고 남은 클래딩의 두께가 일정하게 유지시킬 수 있으며 재현성이 높은 장점을 가지고 있다⁽²⁾. 이러한 연마 공정은 연마 시간으로 남은 클래딩의 두께(g_0)를 조절할 수 있고 표면의 거칠기는 연마 휠의 표면 거칠기로 제어가 가능하다. 연마후 광섬유의 측면 방향 단면 구조는 그림 2와 같이 주어진다. 연마된 부분의 길이(L_p)는 휠의 반경(R)과 그림 1에 표시된 라디안 각(θ)으로 근사적으로 표현된다.

$$L_p = 2\theta R \quad (1)$$

그리고 남은 광섬유 클래딩의 깊이는 일반적으로 연마된 표면에 광섬유 코어 보다 굴절률이 높은 용액을 몇 방울 놓고 이때 발생하는 광학적 손실을 가지고 측정 가능하다⁽³⁾.

실험에 사용한 휠의 반경은 1.7cm 이다. 거칠기 #4000인 다이아몬드 연마가루를 휠에 코팅하였다. 연마 휠은 회전 속도는 300rpm으로 설정하였고 연마된 길이는 약 1cm 이다. 연마가 완료되는데 소요되는 시간은 약 3분 정도였다. 연마 후 절단된 광섬유의 단면 사진이 그림 3에 제시되어 있다. 연마된 광섬유 클래딩 표면 위에 물과 글리세린의 혼합액의 굴절률에 따른 연마된 광섬유의 전달특성을 측정하였다. 글리세린의 굴절률이 광섬유의 유효굴절률 보다 큰 경우 매우 편광에 관계없이 손실이 발생함을 그림 4로 부터 알 수 있다. 연마된 클래딩 표면위에 금속(알루미늄)을 약 20nm 증착 경우 TE 편광은 금속박막에 의해 광섬유 코어에 잘 간혀 진행하기 때문에 상부 유전체의 굴절률(n_D) 관계없이 손실이 거의 발생하지 않지만 TM 편광은 금속에 의해 흡수되거나 금속을 투과하여 상부 유전체로 누설되기 때문에 큰 손실이 발생한다⁽⁴⁾. 그림 4에서 광섬유 모드와 표면 플라즈몬 모드 사이에 위상 정합 조건을 만족 할 때 TM편광성분이 가장 큰 손실을 가진다. 이러한 효과를 이용하여 이 소자를 편광기로 이용 가능함을 알 수 있다.

결론적으로 광섬유 클래딩을 연마휠을 이용하여 제거하는 기법은 광섬유의 소산장 결합을 이용하는 광통신 및 광센서 소자 개발에 효과적일 것으로 기대 할 수 있다.

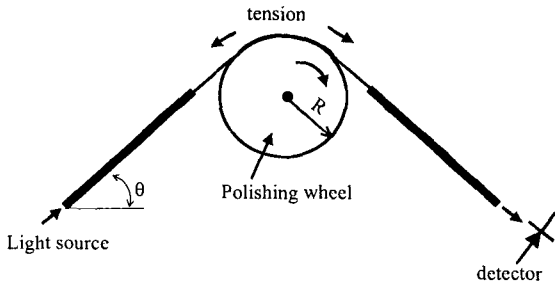


그림 1 연마 휠을 이용한 광섬유 클래딩 연마 개념도.

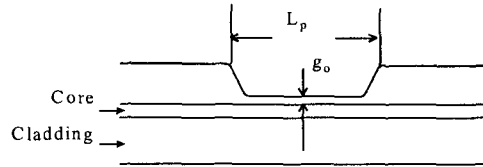


그림 2 연마 후 측방향 광섬유 단면 구조도.

M
D



그림 3 측면 연마된 광섬유의 단면 사진.

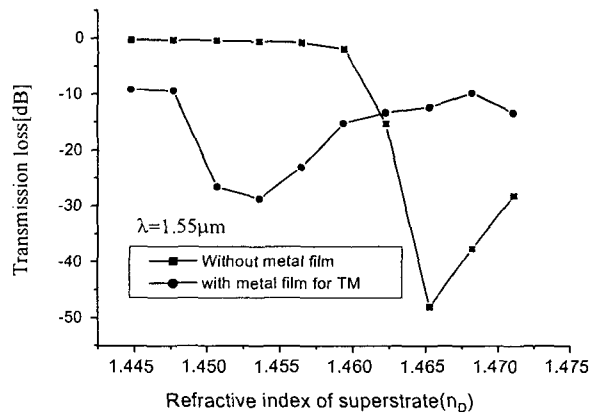


그림 4 상부 유전체의 굴절률에 따른 연마 광섬유의 손실.

참고 문헌

[1] K. T. Kim, J. W. Song, " Investigation of thermo-optically tunable fiber-to-planar waveguide coupler," Optics Comm. . 205, 113-121(2002).
 [2] C. D. Hussey, J. D. Minelly," Optical fiber polishing with a moter-driven polishing wheel," Electron. Lett. 24, 805-806, (1988).
 [3] S. M. Tseng, C. L. Chen, " Side-polshed fibers," Appl. Optics, 31, 3483-3447 (1992).