

단일 모드 광자결정 광섬유의 제작과 측정

Fabrication and Measurements of Single Mode Photonic Crystal Fiber

엄주범, 박건욱, 정영주, 한원택, 백운출, 김덕영, 이병하
 광주과학기술원 정보통신공학과
 jbeom@kjist.ac.kr

일반적인 광섬유는 실리카로 만들어진 클래딩과 이보다 약간 굴절률이 높은 코어로 구성되어 있다. 최근 활발히 연구되고 있는 광자결정 광섬유(Photonic Crystal Fiber 또는 PCF)는 코아와 클래딩이 순수 실리카로 구성되어 있다. 다만 클래딩의 효과를 주기 위하여 광섬유 축을 따라서 구멍다발을 규칙적으로 만들어준다. 이 규칙적 배열은 Photonic Band Gap를 형성하여 빛을 코어 밖으로 나가지 못하게 한다⁽¹⁾. 광자결정 광섬유의 특징으로는 넓은 파장에서 단일 모드로 진행하고⁽²⁾, 아주 큰 분산을 갖게 할 수 있고, 모드 반경을 조절 할 수 있으며, 특이한 분산 특성⁽³⁾, 단 파장에서 임계파장이 존재한다⁽⁴⁾. 이 논문에서는 광자결정 광섬유의 간단한 제조방법을 소개하며 제조된 광섬유의 광 전달 특성의 분석 및 개구수 (Numerical Aperture) 측정에 관한 내용을 소개한다.

광자결정 광섬유를 제작하기 위한 전 단계로 모세 유리관을 6각형으로 적층 하여 모재를 만들었다. 총 5개 층에 90개의 석영 유리관이 사용되었다. 만들어진 모재를 광섬유 인출기에 넣고 단일 모드 광섬유 인출시의 온도 보다 수백도 낮은 온도에서 높은 인장력으로 인출하였다. 위의 과정으로 직경 168 μm 로 인출된 광섬유를 그림 1-(a)에 나타내었다. 그림 1-(b)에 나타내었듯이 코아의 직경은 29.3 μm , 구멍 간 간격은 15 μm 으로 각각 측정되었다.

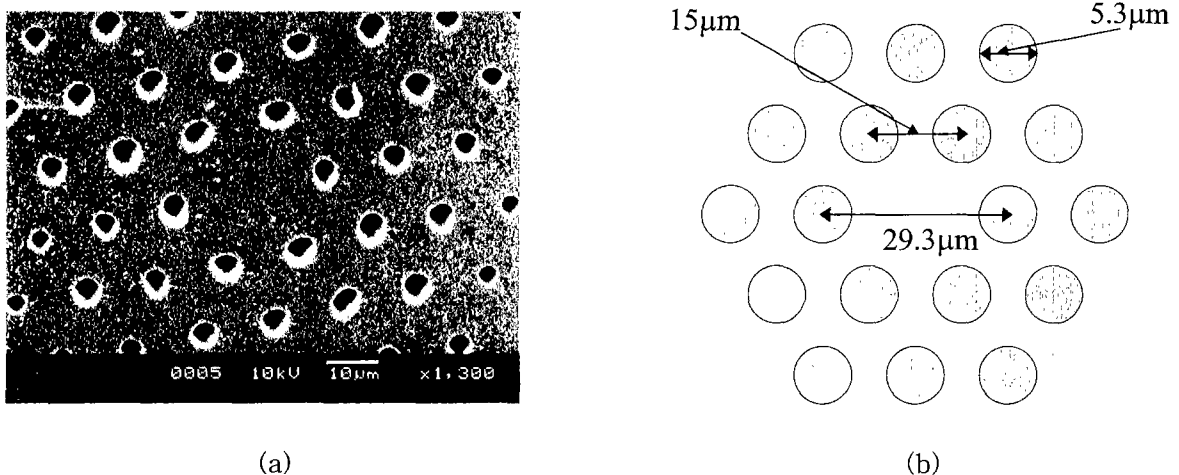


그림 1. (a) 제작된 광자결정 광섬유의 전자현미경 사진. (b) 전자현미경 사진으로부터 추출한 단면 구조.

제작된 광자결정 광섬유의 전송모드를 보기 위하여 길이 300 mm의 광섬유를 통과한 빛의 근접장을

확대하여 CCD 카메라로 찍었다. 그림 2-(a)는 635 nm 파장의 He-Ne 레이저를 광원으로 하였을 때의 근접장 이미지인데, 주로 중심의 코아로 빛이 분포하지만 클래딩 영역에도 적지 않은 빛이 있음을 알 수 있다. 반면 그림 2-(b)에서는 1550 nm 파장의 레이저 다이오드를 광원으로 하였을 때, 빛이 코아를 따라 단일 모드 형태로 잘 도파됨을 알 수 있다. 이로써 광자결정 광섬유 특성의 하나인 단 파장에서의 임계파장 존재를 확인할 수 있었다.

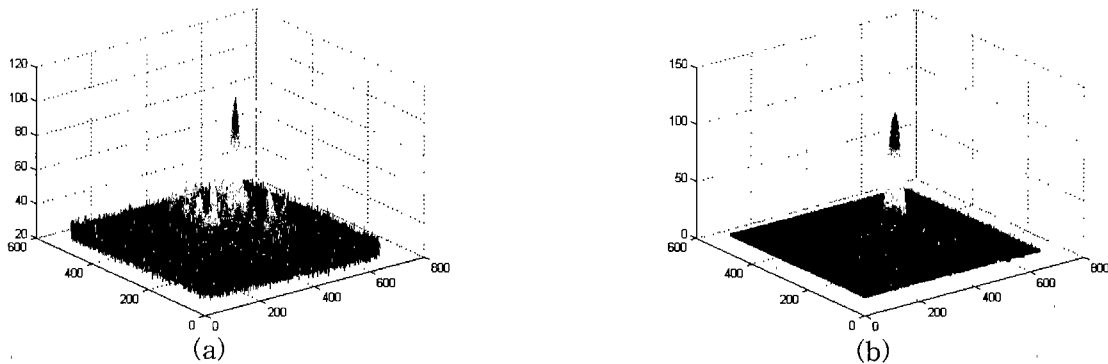


그림 2. (a) 635 nm 파장에서 측정된 근접장 이미지의 장 분포. (b) 1550 nm 파장에서 측정된 근접장 이미지의 장 분포. 1550 nm의 경우 빛이 단일 모드로 잘 전송되는 것을 볼 수 있다.

제작된 광자결정 광섬유의 개구수를 측정하기 위해 10×의 대물렌즈와 CCD카메라를 사용하여 전

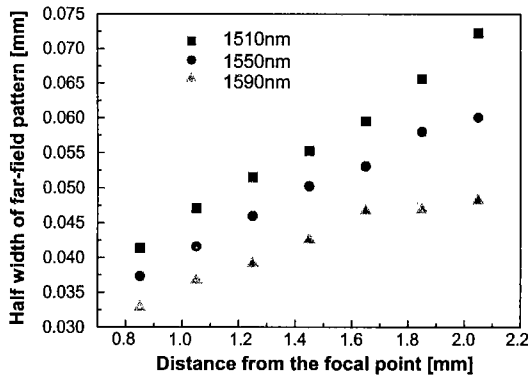


그림 3. 파장에 따른 광자결정 광섬유의 개구수 측정.

송된 빔의 원접장 이미지를 광섬유의 끝단면으로부터 움직인 거리에 따라서 측정하였다. 측정된 원접장 이미지를 가우시안 형태의 함수로 피팅하여 반치폭을 얻었다. θ 가 작을 때 $N.A. = \sin \theta \approx \theta \approx \tan \theta$ 와 같이 근사할 수 있다. 그림 3의 그래프에서 기울기가 방사된 빔의 $\tan \theta$ 이다. 3가지 다른 파장을 사용하여 측정된 PCF의 N.A.는 1510 nm, 1550 nm, 1590 nm에서 각각 0.025, 0.019, 0.013 이었다.

본 연구는 광주과학기술원의 ERC, BK-21 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

1. J. C. Knight et. al., Opt. Lett., **21**(19), pp. 1547-1549 (1996).
2. T. A. Birks et. al., Opt. Lett., **22**(13), pp. 961-963 (1997).
3. T. A. Birks et. al., IEEE Photon. Technol. Lett., **11**(6), pp. 674-676 (1999).
4. K. W. Park et. al., OFC2001 Technical Digest, TuC5 (2001).