

중공 광자 결정 광섬유의 제조 및 전송 특성

Fabrication of hollow-core photonic crystal fiber and their transmission properties

김봉균, 문대승, 심찬욱, 정영주

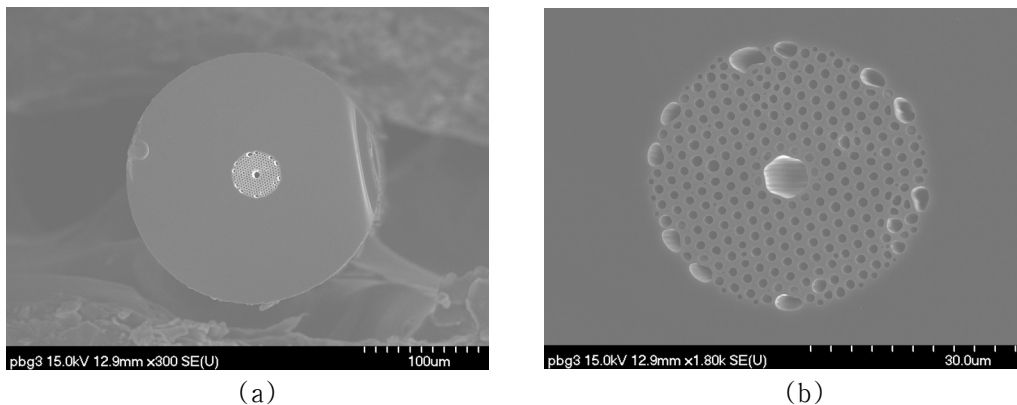
광주과학기술원 정보통신공학과

ychung@gist.ac.kr

광자 결정 광섬유 (photonic crystal fiber)는 단일 silica로 제조된 광섬유 내부에 air hole들의 주기적인 배열로써 광신호를 전달 할 수 있는 특성을 갖는다.^(1,2) 광자 결정 광섬유 (photonic crystal fiber)는 우수한 광학적 특성 및 내부 구조의 변경이 비교적 손쉬운 제조상의 이점으로 인하여 최근 활발한 연구가 진행되고 있다. 일반적인 광섬유의 경우 실리카로 만들어진 클래딩과 굴절률이 클래딩 보다 높은 코어로 구성되어 있으며 내부 전반사 (total internal reflection)에 의해서 빛의 전송이 이루어지게 된다. 광자 결정 광섬유는 광섬유 내부에 배열된 air hole의 크기 및 배열 주기를 변화시켜 다양한 광학적 특성을 얻을 수 있다. 특히 코어가 공기 홀로 이루어진 중공 광자 결정 광섬유 (hollow-core photonic crystal fiber)의 경우는 microparticle의 guiding이나, 고출력 레이저 전송 등의 응용에 매우 유용 할 것으로 평가되고 있다.⁽³⁾

중공 광자 결정 광섬유는 일반적으로 광섬유 내부의 코어는 air hole의 주기적 배열로 이루어진 클래딩에 의해 둘러싸인 공기 홀이며 클래딩의 격자 구조로 인한 광자 밴드갭 (photonic bandgap) 현상은 비어있는 광섬유 코어 (hollow-core)에 의한 광신호의 전송을 가능하게 한다. 본 논문에서는 중공 광자 결정 광섬유의 제작 방법과 제조된 광섬유의 전송 특성에 대하여 논의하고자 한다.

중공 광자 결정 광섬유와 유사 전반사에 의해 guiding 되는 광자 결정 광섬유의 제작 방법은 유사하며 광섬유의 제작상의 차이는 광섬유 모재 제작 단계에서 결정되어진다. 광섬유 모재 제작은 직경 1mm 내외의 석영 모세관을 쌓아 이루어지며 석영 모세관은 모세관 인출을 위해 개조된 광섬유 인출 타워에서 매우 균일한 직경으로 제작되어진다.

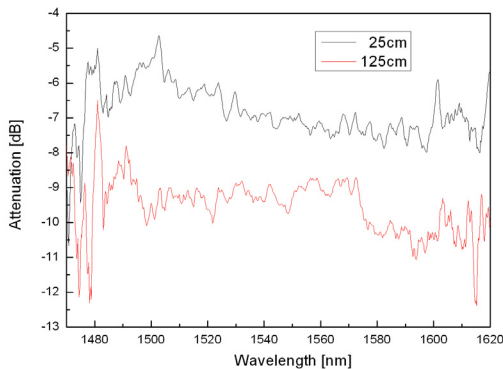


[그림 1] 제작된 중공 광자 결정 광섬유의 전자 현미경 사진(a) 과 확대된 microstructure 구조(b)

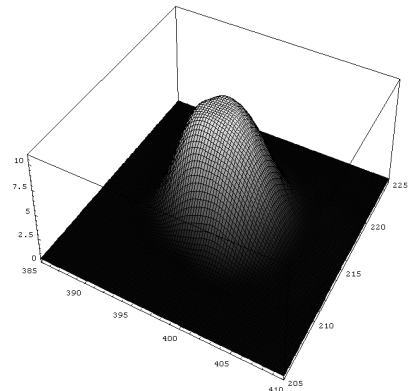
제작된 석영 모세관은 균일한 형태로 적층되어지는데 전반사 원리를 이용한 광자 결정 광섬유의 경우 적층된 석영 모세관 중의 일부는 같은 직경을 가진 solid rod로 대체 될 수 있고 이것이 최종적으로 제작된 광섬유의 코어가 된다. 본 논문의 중공 광자 결정 광섬유의 경우 코어는 짧은 길이의 석영 모세관을 모재 양 끝에 쌓아 제작되었으며 이것은 제작 중인 모재의 air core 구조의 변형을 막을 수 있도록 한다. 이렇게 제작된 광섬유 모재는 다시 광섬유 인출 타워로 옮겨져 최종적인 광섬유로 인출되게 되는데 광섬유 클래딩의 미세 구조를 얻기 위하여 코어와 클래딩에 각각 다른 가스 압력을 가하고 일반적인 광섬유의 인출 온도 보다 수백 도 낮은 온도에서 높은 인장력으로 인출하였다. 그림 1은 제작된 중공 광자 결정 광섬유의 전자 현미경 사진이다. 제작된 광섬유 코어의 직경은 6.29 μm , 클래딩의 air hole의 직경은 1.38 μm , air hole 들의 배열 주기는 2.30 μm 로 측정되었다.

1550nm의 중심 파장을 갖는 broadband source를 이용하여 제작된 광섬유의 전송 실험을 하였으며 동일 파장 영역에서의 전송 손실을 측정하였다. 그림 2는 1550nm 근처 대역에서의 25cm와 125cm 길이의 광섬유에서 측정한 손실을 보여준다. 또한 800nm 대역의 중심 파장을 갖는 광원은 제작된 광섬유에 의해서 전송이 되지 않음을 확인하였다. 그림 3에서는 1550nm 대역에서 측정된 근접장 이미지를 보여준다.

결론적으로 석영 모세관의 적층 방법을 이용한 중공 광자 결정 광섬유를 제작하였으며, 광섬유 인출 시 코어와 클래딩의 내부에 각기 다른 가스 압력을 인가하여 광섬유를 인출하였다. 제작된 광섬유에서 공기 홀 코어에 의한 1550nm의 중심 파장을 갖는 광원이 전송됨을 확인하였다.



[그림 2] 1550nm 부근에서의 손실 측정



[그림 3] 1550nm 에서의 근접장 이미지

* 본 연구는 정보통신 선도기반기술개발사업과 광주과학기술원의 BK 21 사업의 일부 지원금에 의하여 수행되었습니다.

References

1. J. C. Knight, T. A. Birks, P. St. J. Russell, and D. M. Atkin, "Pure silica single-mode fiber with hexagonal photonic crystal cladding," presented at the Conf. Optical Fiber Commun. (OFC), San Jose CA, Mar. 1996, Postdeadline Paper PD3.
2. P. St.J. Russell, "'Photonic crystal fibers,'" *Science*, vol. 299, no. 5605, pp. 358-362, Jan. 2003.
3. S. O. Konorov, A. B. Fedotov, O. A. Kolevatova, V. I. Beloglazov, N. B. Skibina, A. V. Shcherbakov, E. Wintner, and A. M. Zheltikov, *J. Phys. D* 36, 1375 (2003).