

# Low-index trench 구조를 갖는 저굽힘 손실 단일 모드 광섬유의 제조 및 광특성

## Fabrication of Bend-insensitive Single Mode Optical Fiber with Low-index Trench and its Optical Property

주성민, P. R. Watekar, 정성묵, 김영웅, 윤영식\*, 이영섭\*, 김진한\*, 한원택

광주과학기술원 정보통신공학과/광과학기술학제학부

\*Samsung Electronics Hainan Fiberoptics-Korea Co., Ltd

wthan@gist.ac.kr

2000년 이후 닥내광가입자망(Fiber-to-the-home: FTTH)의 확대에 따라 굽힘 강도에 둔감한 광손실 특성을 갖는 장거리 전송용 단일 모드 광섬유의 개발이 활발히 진행되어 왔다. 기존의 구리선 및 동축 케이블이 아닌 광섬유를 이용하여 옥내까지 광 시그널을 전송하기 때문에 옥내의 구조적 환경 요소로 인한 광섬유의 구부림에 따른 광손실 증가를 줄이고자 하는 목적에서였다. 최근 광섬유 코어 및 클래딩의 구조적 제어를 통한 mode-field diameter 제어 기술,<sup>(1)</sup> depressed 클래딩 제조 기술,<sup>(2)</sup> low-index trench 제조 기술,<sup>(3)</sup> 그리고 클래딩 영역 내에 등방성의 링 구조를 갖는 나노크기의 air-hole 제조 기술<sup>(4)</sup> 등이 단일 모드 광섬유의 굽힘에도 광손실이 저하되는 것을 막기 위해 제안되었다. 그러나 광섬유의 구조 변경을 통한 방법들은 ITU-T규격을 만족할 수 없기 때문에 실용화에 한계가 있으며, 설령 단일 모드 조건 및 접속 조건을 만족하더라도 제조 공정이 복잡하며, 제조 단가가 높다는 문제점을 안고 있다.<sup>(3)</sup> 따라서 본 연구에서는 ITU-T G.657.B 규격의 단일 모드 광특성을 만족하면서 광섬유의 구부림 환경에서 낮은 광전송 손실을 갖는 low-index trench 구조를 갖는 단일 모드 광섬유를 제작하였으며, 제작된 광섬유의 분산 특성 및 실질적인 구부림 정도에 따른 광손실 특성을 평가하였다.

굽힘 강도에 둔감한 광손실 특성을 구현하기 위해 클래딩 영역 내에 낮은 굴절률을 갖는 골(Trench)이 형성된 광섬유 모재를 modified chemical vapour deposition (MCVD) 공정을 이용하여 제조하였다. 제조 공정에 의한 변수를 줄이기 위해 low-index trench를 갖지 않는 동일 조건의 reference용 광섬유 모재도 함께 제조하였다. 제조된 광섬유 모재는 draw tower(DT)를 이용하여 2000°C의 고온에서 125 $\mu$ m 직경을 갖는 광섬유로 인출하였다. 그림 1은 실제 제작된 광섬유 모재의 굴절률 분포이며, 인출된 저굽힘 손실 광섬유와 reference 광섬유의 코어 직경은 각각 약 7.5 $\mu$ m와 9.3 $\mu$ m, 차단 파장은 1.03와 1.23 $\mu$ m였다. 그림 1의 결과에서 보는 바와 같이 본 연구에서는 기존의 시뮬레이션 공정을 통해 도출된 최적화된 저굽힘 손실 광섬유 구조 조건과 거의 유사한 저굽힘 손실 광섬유를 성공적으로 제작할 수 있었다.<sup>(3)</sup> 제작된 저굽힘 손실 광섬유의 dispersion은 optical dispersion analyzer (AGLIENT, optical dispersion analyzer 86038A)를 이용하여 측정하였다. 굽힘 강도에 따른 광손실은 저굽힘 손실 광섬유 양단에 상용화된 단일 모드 광섬유 점퍼 코드를 용착하여 1300nm에서 1650nm 파장의 영역에서 발진 특성을 갖는 amplified spontaneous emission(ThorLabs, SOA240) 소스와 optical spectrum analyzer(ANDO, AQ6317B),

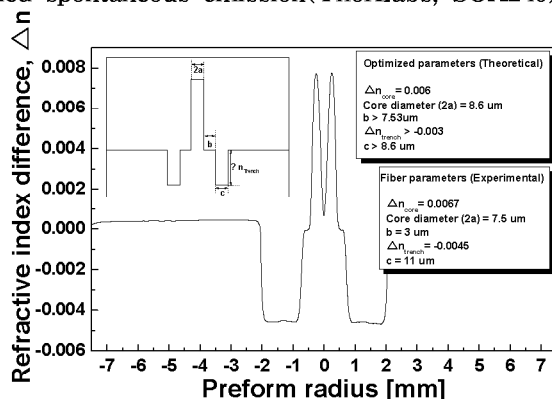


Fig. 1. The measured refractive index profile of the fabricated bend-insensitive optical fiber with low index trench.  
(Inset: The simulated refractive index profile)

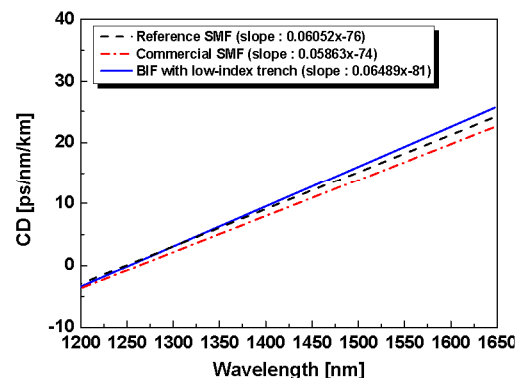


Fig. 2. The dispersion vs. wavelength of the bend-insensitivity optical fiber with low-index trench.

그리고 optical power meter(EXFO, FDM-600)를 이용하여 다양한 구부림 환경에서 측정하였다.

그림 2에 제작된 저굽힘 손실 광섬유와 reference 광섬유의 광분산 특성을 측정한 결과를 나타내었으며, zero-dispersion 파장은 각각 1253.04 nm와 1249.34 nm였으며, 1550nm 파장에서 각각 19.27 ps/km/nm와 18.20 ps/km/nm dispersion 값을 나타내었다. 이는 현재 상용화된 단일 모드 광섬유 (zero-dispersion wavelength = 1263.37nm, dispersion at 1550nm = 16.81 ps/km/nm)와 유사한 값으로 기존의 상용화된 단일 모드 광섬유와의 광손실 및 융착 접속 손실 등의 고려가 필요치 않아 쉽게 바로 상용화 될 수 있는 장점이 있다.

그림 3은 이러한 광분산 특성과 함께 FTTH 활용을 위한 실질적인 구부림 환경에서의 광손실 평가를 수행한 결과를 보여주는 것으로 1 meter의 제작된 광섬유를 이용하여 Ø10mm와 Ø15mm의 서로 다른 구부림 반경 하에서 각각 1번과 10번을 감아 측정한 결과이다. 제작된 저굽힘 손실 단일 모드 광섬유의 굽힘 손실은 15mm 구부림 직경의 조건에서 1550nm 및 1625nm 파장에서 각각 0.03 dB/turn과 0.01 dB/turn을 얻어 ITU-T G.657.B 기준의 0.5 dB/turn 보다 낮은 값으로, 구부림 환경에서도 광손실이 거의 변하지 않은 것을 알 수 있었다. 측정된 결과 알 수 있듯이, low-index trench 구조를 갖는 광섬유는 본 연구에서 제안된 광섬유 클래딩 영역 내에 기존 클래딩 굴절률 보다 낮은 굴절률을 갖는 골 (Trench)을 만드는 기술을 이용하여 개발된 저굽힘 광손실 광섬유는 광섬유가 구부러짐에 따라 클래딩의 유효 굴절률이 감소하여 코팅 영역으로 빠져 나가는 광파워 또한 감소하여 낮은 광손실 값을 얻게 된 것이다.

이러한 구부림 환경에서도 우수한 광손실 특성을 갖는 저굽힘 손실 광섬유의 실용화를 위해 mode field diameter를 측정해 본 결과, 1550nm 파장에서 각각 약 8.38 $\mu$ m로 상용화된 단일 모드 광섬유에 비해서는 약간 낮은 값을 보였다. 그리고 본 연구에서 비교 대상이 된 low-index trench가 존재하지 않는 reference 광섬유의 mode field diameter는 1550nm 파장에서 각각 약 11.69 $\mu$ m로 상용화된 단일 모드 광섬유와 유사한 값을 보였다. 따라서, 본 실험을 통해 제작된 광섬유의 구부림 환경에서의 낮은 광손실은 광섬유 클래딩 영역 내에 존재하는 low-index trench와 작은 mode field diameter에 기인한 것으로 사료된다.

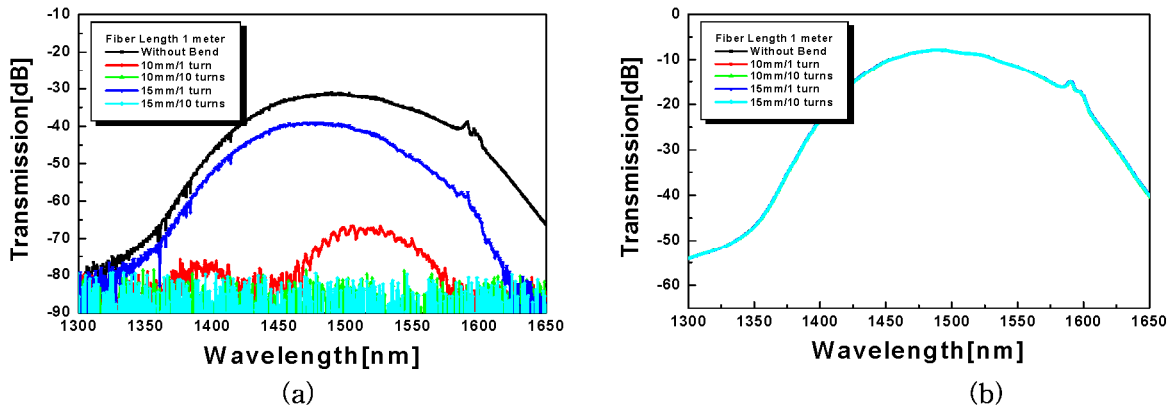


Fig 3. Transmission spectra of (a) the reference optical fiber without low-index trench and (b) the bend-insensitivity optical fiber with low-index trench at bending diameter of 10mm and 15mm, with 1 and 10 turns each.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (R01-2008-000-21021-0), 산업자원부의 공통핵심기술개발사업, 광주과학기술원 재원인 Photonics 2020 및 BK-21, 그리고 부산대학교 국가핵심연구 센터(NCRC)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. Stokeryale bend insensitive fiber(2007), <http://www.stockeryale.com/o/fiber/products/bif-1550-12.htm>
2. F. Wu *et al.*, A new G.652.D, zero water peak fiber optimized for low bend sensitivity in access networks, Int. wire nd Cable System (2007)
3. P. R. Watekar *et al.*, Optics Express, vol. 16, No. 18, pp. 13545-13551 (2008)
4. M.-J. Li *et al.*, Proceedings of OFC/NFOEC-2008, San Diego, USA, PDP 10 (2008)