

큰 복굴절을 갖는 광 밴드갭 광자결정

광섬유의 제작 및 특성화

The Fabrication and Characterization

of Highly Birefringent Photonic Bandgap Fiber (PBGF)

황규진***, 김길환*, 조태용*, 이관일*, 박진우**, 이상배*

*한국과학기술연구원 지능시스템연구본부 **고려대학교 전자전기공학과 비선형 광 연구실

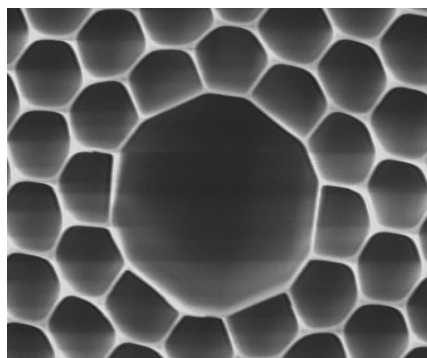
hkj820429@kist.re.kr

1. 서론

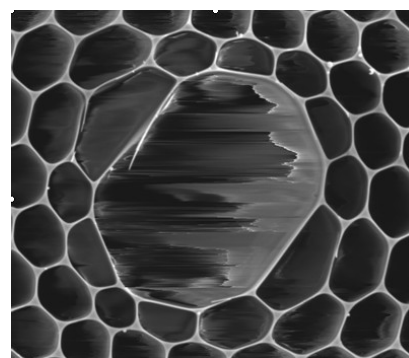
주기적으로 배열된 공기층 구조가 광 밴드갭을 형성하여, 빛을 가운데의 공기층으로 도파 시키는 광 밴드갭 광자결정 광섬유(PBGF)는 hollow-core의 직경과 공기구멍 사이의 거리를 조절하여 광 밴드갭 파장대를 바꿀 수 있다. 기존의 편광 유지 광자결정 광섬유(PM-PCF)는 코어 주위의 두 수직 교차축을 따라 공기구멍 크기를 서로 다르게 만들어 두개의 수직 편광모드간의 굴절률 차이를 만든다. 기존의 PM-PCF방식과 다르게 본 논문에서는 hollow-core의 모양을 변형시켜 편광유지 기능과 복굴절을 갖는 hollow-core 광 밴드갭 광자결정 광섬유를 제작하였다⁽¹⁾.

2. 광 밴드갭 광자결정 광섬유 (PBGF)의 제작 방법

PBGF는 stack-and-draw방법을 이용하여 제작하였다. 먼저 석영관(Quartz tube)을 광섬유 인출기를 이용하여 약 1 mm의 다수의(약 270개) 모세관과, hollow-core를 위한 약 3 mm의 모세관으로 인출하였다. 그 다음 인출된 1 mm 모세관을 9개 층(Layer)의 육각형 구조로 적층한 후 hollow-core를 위해 중심 모세관 7개를 3 mm 모세관으로 대체하여 1,900°C에서 높은 인장력으로 1차 인장하였다. 1차 인장된 모재를 외경이 각각 2.3mm, 4.3mm인 석영관에 차례대로 넣은후 모세관 사이의 틈새, 모재와 석영관사이의 틈을 제거하기 위한 적절한 진공도를 유지하며 1,700°C에서 2차 인장을 실시하였다.⁽²⁾ 클래딩과 hollow-core의 구조가 어느 정도 안정되었을 진공도에 변화를 주어, 코어의 모양을 타원형태로 변형 시켰다. 그림 1은 이러한 방법을 통해 제작된 PBGF의 단면도 사진이다.



(a)

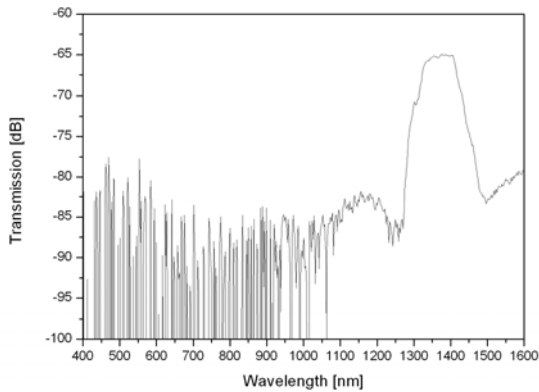


(b)

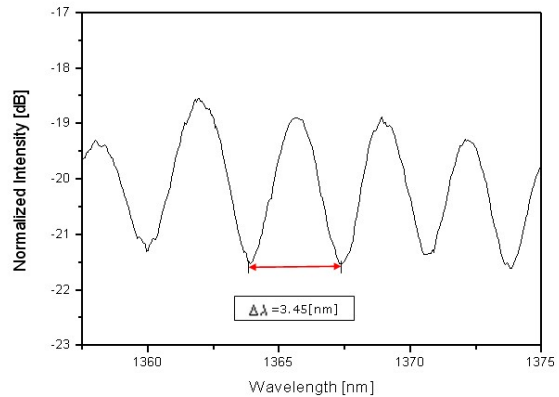
[그림 1] (a) 모세관 적층 방법에 의해 제작된 PBGF의 SEM (Scanning Electron Micrograph)
(b) 진공도 변화 후의 PM-PBGF의 SEM

3. 제작된 PBGF의 물리적 특성, 전송특성 및 복굴절 측정

제작된 PBGF의 직경은 125 μm 이고 공기층이 차지하는 범위는 62.94 μm 이다. Hollow-core의 직경은, 짧은 축은 10.75 μm , 긴 축은 15.06 μm 이고 공기구멍의 직경(d)은 2.98 μm , 공기구멍과 공기구멍 사이의(Λ) 거리는 3.04 μm 로 측정되었다. 이를 통해 계산된 공기층이 차지하는 비율(d/Λ)은 0.98 이었다. 제작된 PBGF 를 단일 모드 광섬유(SMF)와 용융 접속한 후 백색 광원(white light source)과 광 스펙트럼 분석기(optical spectrum analyzer)에 각각 연결하여 전송특성을 측정하였다. 측정된 밴드갭 영역은 1320~1400 μm , 중심 파장은 1365 μm 이었다. 전송 특성은 그림 2에 나타내었다.



[그림 2] 제작된 PBGF의 전송 특성



[그림 3] 복굴절 측정 스펙트럼

다음으로, 광섬유의 복굴절을 측정하는 여러 방법 중 Sagnac 간섭계 방법을 이용하여 제작된 PBGF의 복굴절을 측정 하였다. 3dB 결합기, 1300nm 영역 대 LED를 사용하여 실험을 구성하였고, 광 스펙트럼 분석기로 측정하였다. 측정된 복굴절 스펙트럼을 그림 3에 나타내었다.

복굴절(Δn)은 다음과 같은 식에 의해 계산 된다.

$$\Delta n = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda \cdot L}$$

위의 식에서 $\Delta\lambda$ 는 간섭 스펙트럼에서 최대치 사이의 거리, λ 는 중심 파장, L 은 광섬유의 길이를 나타낸다. 실험에 사용된 광섬유의 길이는 0.6 m, 최대치 사이의 거리는 3.45 nm, 중심 파장은 1365 nm 였고, 위 식을 이용하여 계산된 복굴절 값은 9.0×10^{-4} 이었다.

4. 결론

Hollow-core의 두 수직축의 유효 굴절률에 차이를 나게 하여 편광 유지기능과 큰 복굴절을 갖는 PBGF를 제작하였다. 제작된 PBGF의 광 밴드갭 영역은 1320~1400 nm로 측정되었고, 복굴절은 9.0×10^{-4} 정도 였다.

참고 문헌

1. Xin Chen, *et al.*, "Highly birefringent hollow-core photonic Bandgap fiber", Optics Express, Vol.12, No.16, 9 August 2004
2. Tai yong Cho, *et al.*, "Study on the Fabrication Process of polarization Maintaining Photonic Crystal Fibers and Their Optical Properties", JOSK, Vol.12, No.1, Match 2008