

Hybrid 사각형 격자 광결정 광섬유

Hybrid Square-lattice Photonic Crystal Fiber

김소은, 기철식

광주과학기술원 고등광기술연구소, 나노광학연구실

이충규

조선대학교 전자공학과, 통신시스템연구실

최근에 공기 구멍과 실리카로 이루어진 광 결정 광섬유 (photonic crystal fiber : PCF) 의 연구가 활발하게 진행되어 지고 있다 [1]. 연구 되어진 결과에 의하면 광 결정 광섬유가 공기 구멍의 크기와 공기 구멍 사이의 간격을 조절함으로써 기존의 계단형 광섬유가 가지지 못하는 다양한 특성을 가지기 때문이다 [2]. 그 중에서도 특히 다양한 구조를 이용하여 통신용 파장대역에서의 분산 조절 특성과 편광 조절 특성에 대해 많은 연구 결과가 발표되었다 [3-4].

본 논문에서는 hybrid 사각형 격자 구조 (hybrid square-lattice)를 이용하여 광섬유의 편광 조절 특성과 분산 조절 특성을 동시에 향상 시킬 수 있는 광결정 광섬유를 제안하였다. 평면파 전개법 (plane wave expansion method) 과 빔 전파 방식 (beam propagation method) 을 이용하여 conventional square lattice PCF와 hybrid square-lattice PCF의 구조변수에 따른 복굴절 값과 분산값을 계산하였다.

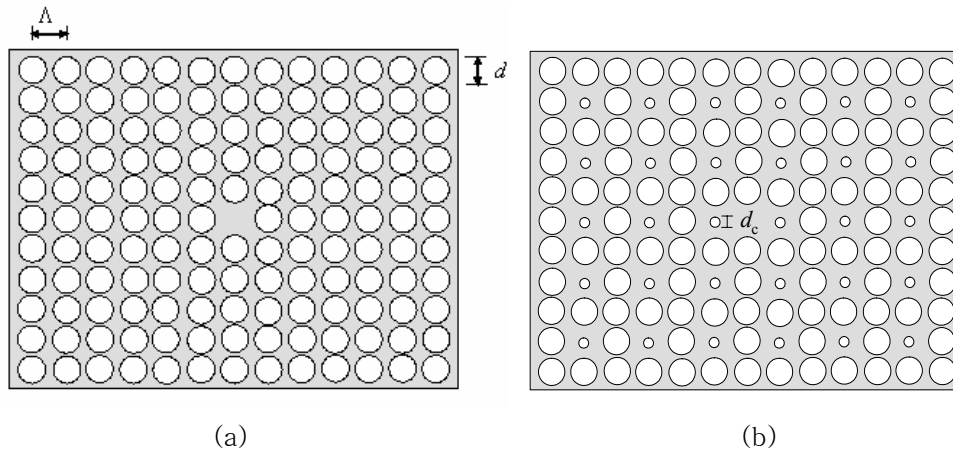


그림1. (a) Conventional square-lattice PCF (b) Hybrid square-lattice PCF 의 단면도

그림 1은 conventional square-lattice PCF와 hybrid square-lattice PCF의 단면도 이다. 높은 복굴절 값을 가지는 PCF의 가장 전형적인 구조는 코어 양쪽의 공기구멍의 크기를 변화시키는 기존의 panda-fiber의 모양과 흡사한 구조이다 [4]. Hybrid square-lattice PCF는 코어 양쪽의 공기구멍 뿐 아니라 같은 주기를 가지는 클래딩의 공기구멍의 크기(d_c)까지 변화 시켜서 PCF의 편광특성 뿐만 아니라 분산 특성까지 동시에 조절할 수 있는 광섬유 구조로 제안되었다.

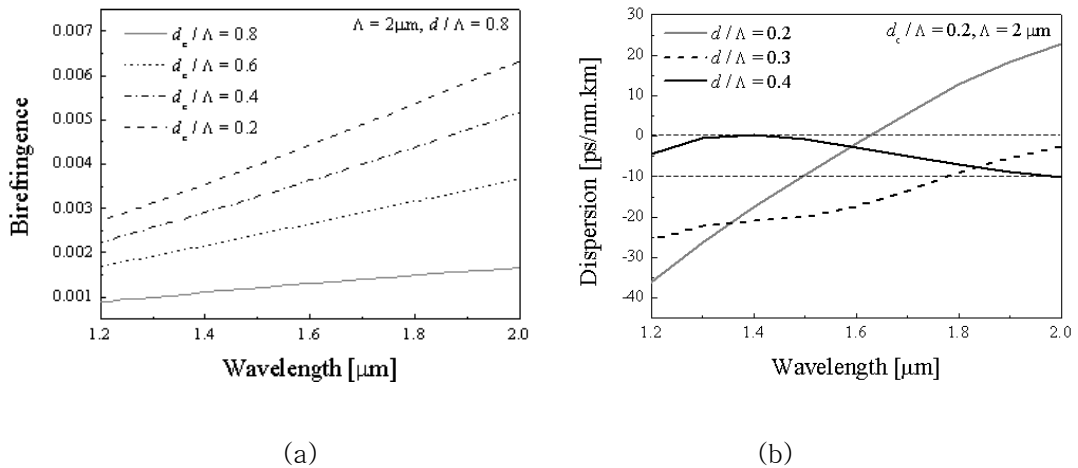


그림2. conventional square-lattice PCF와 hybrid square-lattice PCF의 (a) d_c / Λ 에 따른 복굴절 값 과 (b) d / Λ 에 따른 분산 특성

그림 2(a)는 $\Lambda = 2 \mu\text{m}$ 그리고 $d / \Lambda = 0.8$ 인 경우 d_c / Λ 의 값을 0.8에서 0.2 까지 변화시키면서 계산한 복굴절 값이다. $d_c / \Lambda = 0.8$ 인 conventional square-lattice PCF의 경우 파장이 $1.55 \mu\text{m}$ 일 때 복굴절 값은 1.2×10^{-3} 인 반면 $d_c / \Lambda = 0.2$ 인 hybrid square-lattice PCF의 경우 파장이 $1.55 \mu\text{m}$ 일 때 복굴절 값은 4.2×10^{-3} 으로 증가하였다. 또한 $d / \Lambda = d_c / \Lambda = 0.8$ 의 conventional square-lattice PCF가 multimode 전송 특성을 나타내는 반면 $d / \Lambda = 0.8$, 그리고 $d_c / \Lambda = 0.2$ 의 hybrid square-lattice PCF는 단일 모드 전송이 가능하다. 그림 2(b)에서는 conventional square-lattice PCF와 hybrid square-lattice PCF의 분산 특성을 비교하였다. $\Lambda = 2 \mu\text{m}, d / \Lambda = d_c / \Lambda = 0.8$ 의 conventional square-lattice PCF의 분산 기울기는 양의 값을 가지고 파장이 높아짐에 따라 분산 값도 증가하였다. 이에 반해 $\Lambda = 2 \mu\text{m}, d / \Lambda = 0.8$, 그리고 $d_c / \Lambda = 0.2$ 의 hybrid square-lattice PCF는 파장 대역 1.2부터 2.0 μm , 즉 모든 통신파장 대역을 걸쳐서 $-5 \pm 5 \text{ ps} / (\text{nm.km})$ 로 편평한 분산 특성을 나타냄을 알 수 있다.

본 논문에서는 두 개의 서로 다른 크기의 공기구멍을 가지는 hybrid square-lattice 구조를 가지는 PCF를 제안하였다. Hybrid lattice PCF는 넓은 파장 대역에서 편평한 분산 특성을 보임과 동시에 통신 파장대역에서 높은 복굴절 값을 가진다. 광섬유의 편광 특성과 분산 특성을 동시에 조절할 수 있는 hybrid square-lattice PCF는 보다 효율적인 통신 시스템을 구축하는 데 유용할 것이라 전망한다.

참고문헌

1. T. A. Birks, J. C. Knight, and P. St. J. Russell, "Endlessly single-mode photonic crystal fiber," Opt. Lett. 22, 961-963 (1997)
2. J. K. Ranka, R. S. Windeler, and A. J. Stenz, "Optical properties of high-delta air-silica microstructure optical fibers," Opt. Lett., 25, 796-798 (2000)
3. D. Mogilevtsev, T. A. Birks, and P. St. J. Russell, "Group velocity dispersion in photonic crystal fibers," Opt. Lett., 23, 1662-1664 (1998).
4. J. Ju, W. Jin, M. S. Demokan, "Properties of a highly birefringent photonic crystal fiber" IEEE Photonics Technol., 15, 1375-1377 (2003).