

유사 주기구조 광결정 광섬유

Quasi-Periodic Photonic Crystal Fiber

김소은, 기철식, 고도경, 이종민

광주과학기술원 고등광기술연구소 나노광학실험실

cskee@gist.ac.kr

순수 실리카로 이루어진 코어와 주기적인 공기구멍이 배열된 클래딩 구조로 이루어진 광결정 광섬유가 가지는 독특한 광학적 특성에 대한 연구가 활발히 이루어져 오고 있다 [1]. 그 중에서도 특히 기존의 계단 형 광섬유가 가지지 못하는 분산 특성은 광결정 광섬유가 가지는 가장 매력적인 요소 중의 하나이다. 최근에, 새로운 모양의 코어 구조 [2], 또는 서로 다른 크기의 공기구멍 [3]을 이용하여 통신파장대역 (1.4~1.6mm) 에서 분산 값이 0에 가깝고($\sim 0 \pm 1.2 \text{ps/nm/km}$) 또한 같은 파장영역에서 분산의 기울기가 일정한 dispersion flattened photonic crystal fiber(DF-PCF)가 연구되어지고 있다. 본 연구에서는 순수 실리카 코어를 가지고 클래딩의 주기적인 배열을 변화시킴으로서 그림 1에서 제안한 유사 주기구조를 갖는 광결정 광섬유의 분산특성에 대해 수식적으로 분석하였다.

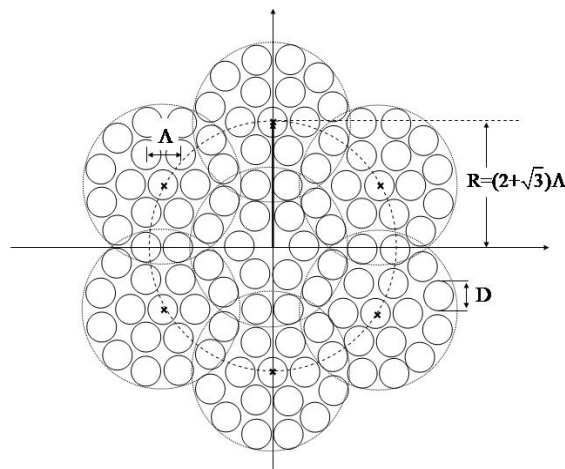


그림 1. 유사 주기구조를 갖는 광결정 광섬유

유사 주기구조 광결정 광섬유의 공기구멍의 크기를 D , 공기구멍 사이의 간격을 L , 그리고 코어에서 일정한 간격으로 떨어져있는 공기구멍과의 거리를 R 이라 할때, R 값은

$2\Lambda + 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Lambda = (2 + \sqrt{3}) \cdot \Lambda$ 이다. 이때, R 값을 변화시킴으로서 유사 주기구조를 갖

는 광결정 광섬유의 공기구멍 사이의 거리, L 가 분산특성에 미치는 영향과 L 값이 정해졌을 때, D/L 에 따른 분산특성을 Beam Propagation Method를 이용하여 계산하였다.

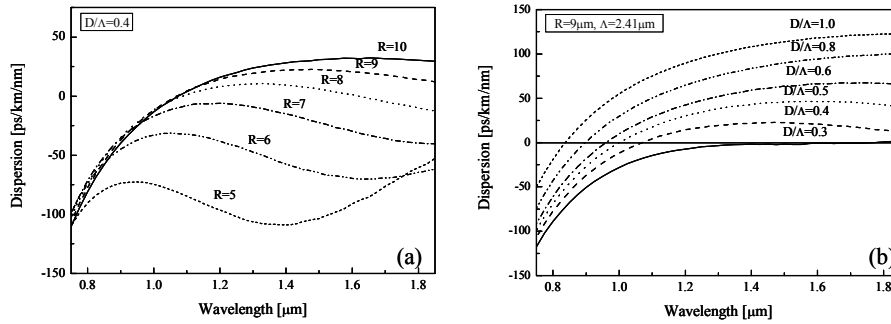


그림 2 유사 주기구조 광결정 광섬유의 (a) R 변화에 따른, (b) D/L 변화에 따른 분산 특성

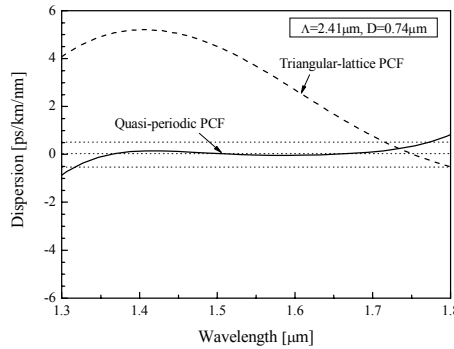


그림 3. 최적화된 유사 주기구조 광결정 광섬유의 분산특성과 같은 구조 변수를 갖는 triangular-lattice 광결정 광섬유의 분산특성 비교

그림 2(a)는 유사 주기구조 광결정 광섬유의 분산 기울기가 L 에 의해서 급격하게 변화함을 보여준다. 통신용 파장대역에서 분산 기울기가 일정한 특정 R 에서 유사 주기구조 광결정 광섬유의 D/L 값을 변화시킬 때, 공기구멍의 크기가 작아질수록 분산 값은 0에 가까운 값을 가지고, 이때의 일정한 분산 기울기는 거의 변화가 없음을 그림 2(b)에서 보여준다. 최적화된 유사 주기구조 광결정 광섬유의 분산 값과 이와 같은 $D (=0.74\text{mm})$ 와 $L (=2.41\text{mm})$ 를 갖는 triangular-lattice 광결정 광섬유의 분산 값을 그림 3에서 나타내었다. 광결정 광섬유의 주기적인 클래딩구조에 변화를 줌으로서 제안한 유사 주기구조 광결정 광섬유는 같은 구조 변수를 갖는 triangular-lattice 광결정 광섬유가 통신용 파장대역에서 음의 분산기울기 ($\approx -1 \cdot 10^{-2} \text{ps/km/nm}^2$ at 1.55mm) 갖는 반면에 넓은 파장영역에서 거의 0에 가까운 분산 값과 낮은 분산기울기 ($\approx 1 \cdot 10^{-4} \text{ps/km/nm}^2$ at 1.55mm)를 일정하게 갖는다.

결론적으로, 본 논문에서는 앞서 연구되었던 일정한 분산 기울기를 갖는 광결정 광섬유[2,3]에 비해서 보다 넓은 파장영역, $1.35 \text{ mm} \leq l \leq 1.72 \text{ mm}$ 에서 보다 낮은 분산 값 $D=0 \pm 0.3 \text{ ps/km/nm}$, 특히, 통신파장대역인 C 그리고 L band 에서는 $D=0 \pm 0.05 \text{ ps/km/nm}$ 를 갖는 새로운 형태의 DF-PCF를 제안하였다.

참고문헌

1. J. Lægsggard et al., "Photonic crystal fibers," IEEE Proceedings SBMO/IEEE MTT-S IMOC, 259-264 (2003).
2. K. P. Hansen, "Dispersion flattened hybrid-core nonlinear photonic crystal fiber.," Optics Express **11**, 1503-1509 (2003)
3. F. Poletti et. al, "Inverse design and fabrication tolerances of ultra-flattened dispersion holey fibers," Optics Express **13**, 3728-3736 (2001)