

# 새로운 결점 모양 광 결정 광섬유의 모드 변환 Adiabatic Mode Conversion of Novel Defect Design Photonic Crystal Fiber

김소은, 정용민, 오경환  
광주과학기술원 정보통신공학과  
[sekim@gist.ac.kr](mailto:sekim@gist.ac.kr)

J. Kobelke, K. Schuster, J. Kirchhof  
Institute of Physical HighTechnology, Jena

최근에 공기 구멍과 실리카로 이루어진 광 결정 광섬유의 연구가 활발하게 진행되어 지고 있다 [1]. 연구 되어진 결과에 의하면 광 결정 광섬유가 공기 구멍의 크기와 공기 구멍 사이의 간격을 조절함으로써 기존의 광섬유가 가지지 못하는 유일한 특성을 가지기 때문이다.[2]

또한 중앙에 하나의 공기구멍을 가지는 고리 모양의 코어 구조와 이에 따른 환형 모양의 모드 분포를 가지는 중공 광섬유가 최근에 본 연구실에서 제안 되었고 이의 광통신 소자로의 응용에 대한 연구가 이루어져 왔다 [3]. 이를 바탕으로 본 논문에서는 중공 광섬유의 고리 모양 코어 구조를 광 결정 광섬유의 새로운 결점으로 도입하여 기존의 광 결정 광섬유에서 가지는 자유도, 즉 공기구멍 크기(D) 와 구멍 사이의 간격( $\Lambda$ ) 외에도 코어 고리의 크기( $W_{ring}$ )와 굴절률 차이( $\Delta n$ )에 의해 광학적 특성을 조절할 수 있는 자유도를 증가시켰다. 또한, 중공 광섬유에서 연구한 모드 전환을 이용하여 광섬유간의 연결 손실을 줄일 수 있는 구조적 방법을 제안하였다.

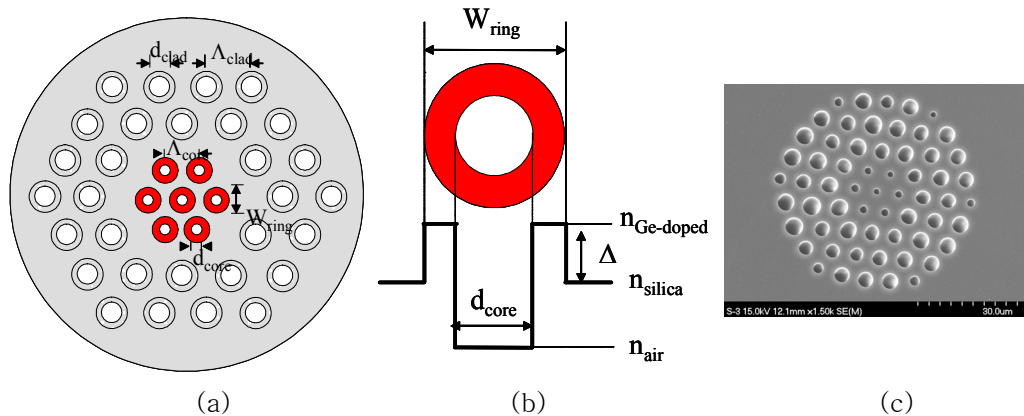


그림 1. (a) 제안된 광 결정 광섬유 단면 구조와 (b) 결점의 굴절률 분포, (c) SEM image

그림 1은 제안된 광 결정 광섬유의 단면 구조, 결점의 굴절률 분포, 그리고 제작된 광 결정 광섬유의 SEM image이다. 제작시 코어와 클래딩의 공기 구멍크기와 구멍 사이의 간격은 다음과 같다.  $\Lambda_{core}=5.5\mu m$ ,  $d_{core}/\Lambda_{core} = 0.26$ .  $\Lambda_{cladding}=7.7\mu m$   $d_{clad}/\Lambda_{clad}=0.64$ . 제안된 광결정 광섬유가 외부 열에 의해 자극을 받을 때 코어와 클래딩의 공기구멍이 막히게 되고, 7개의 germanosilicate 고리로 이루어진 코어는 7개의 germanosilicate solid 코어로 변환된다. 이는 기존의 공기과 실리카로 이루어진 광 결정 광섬유가 가지는 연결 손실의 한계를 구조적으로 극복할 수 있는 장점을 가진다. 그림 2는 공기구멍이 막히기 전과 후의 코어 구조의 변환과 이에 따른 모드 분포의 변환을 보여준다. 공기구멍이 막히

기 전의 제안된 광 결정 광섬유의 모드 분포는 중공 광섬유에서 확인한 환원 모양의 분포 (그림 2(a))이다. 그리고 공기구멍이 막힌 후의 solid core 광 결정 광섬유는 단일 모드 광섬유의 LP<sub>01</sub> 모드 분포 (그림 2(b))를 가진다. 이 때의 유효 모드 면적은 58.1 $\mu\text{m}^2$ 이고 mode field diameter (MFD)는  $\lambda = 1.55\mu\text{m}$ 에서 8.6 $\mu\text{m}$ . 이 값은 단일 모드 광섬유와 매우 유사함을 보인다.

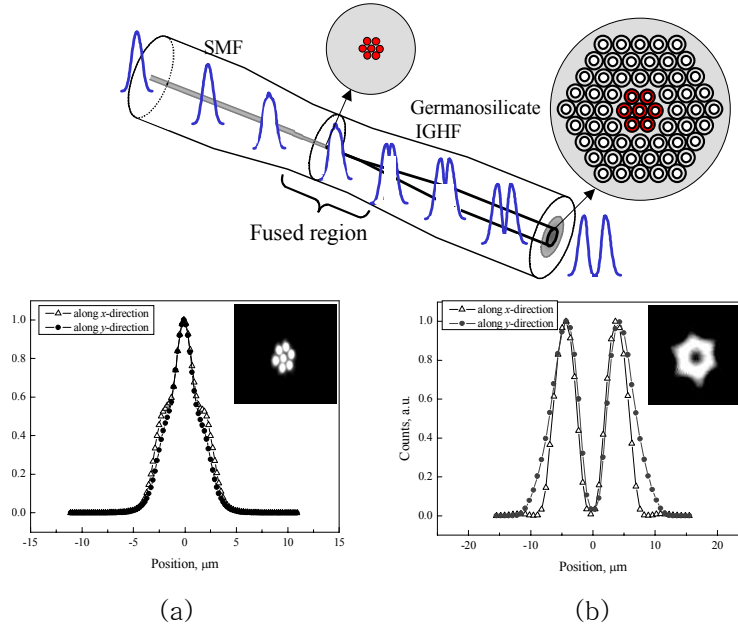


그림 2. (a) 새로운 광결정 광섬유 단면의 SEM image 와 (b) 모드 분포의 계산 결과

제안된 광 결정 광섬유의 다른 광섬유와의 연결손실에 대한 연구는 이러한 모드 변환에 기반을 둔다. 20번의 시도를 통해 측정된 단일 모드 광섬유와의 연결 손실은 0.7dB, 이 때의 장력은 3GPa임을 확인하였다. MFD의 불일치에 따른 연결손실의 계산결과가 0.4dB임을 감안할 때 0.3dB의 오차값은 제안된 광결정 광섬유의 자체 손실에 기인한다고 예측할 수 있다. 또한 측정된 장력은 단일 모드 광섬유간의 연결 장력과 일치함을 알 수 있다.

본 논문에서는 새로운 결점 모양의 광 결정 광섬유를 제안하여 기존의 광 결정 광섬유와 다른 광섬유간의 연결 손실의 한계를 극복할 수 있음을 실험적으로 입증하였다.

### 참고문헌

1. T. A. Birks, J. C. Knight and P. St. J. Russell, "Endlessly single-mode photonic crystal fibre," Opt. Lett. 22, 961 (1997).
2. J. C. Knight, T. A. Birks, R. F. Cregan, P. St. J. Russell, J.-P. de Sandro, "Large mode area photonic crystal fibre," Electron. Lett. 34, 1347 (1998).
3. K. Oh, S. Choi, Y. Jung, and Jhang. W. Lee, "Novel hollow optical fibers and their applications in photonic devices for optical communications," Journal of Lightwave Technologies, 23, 524-532 (2005).