

## 광자결정광섬유의 굴절률 분포 측정 기술

### Refractive Index Profiling Technique of a Photonic Crystal Fiber

육영춘, 김소은, 오경환, 김덕영  
 광주과학기술원 정보통신공학과  
 ycyouk@gist.ac.kr

광도파로의 굴절률을 측정하기 위해 다양한 방법들이 소개되어 왔다. 하지만, 특수 광섬유의 굴절률 분포를 측정하기 위해서는 측정 방법들이 가지고 있는 한계 때문에 측정 자체가 불가능하거나 여러 기술적인 복잡한 과정들을 거쳐야지만이 굴절률 분포를 얻을 수 있었다<sup>(1-2)</sup>. 공초점주사현미경을 이용한 측정방법은 샘플 구조에 무관하게 삼차원적인 image profiling이 가능하므로 이 원리를 이용하면 일반적인 광섬유뿐만 아니라, 다양한 형태의 광도파로와 특수광섬유의 굴절률을 측정할 수 있다는 장점이 있다<sup>(3-4)</sup>. 본 논문에서는 코어에 도핑 물질이 첨가된 광자결정광섬유(PCF)의 굴절률 분포를 수정된 공초점주사현미경을 이용하여 측정하였다.

그림1의 (a)는 본 연구에 사용된 공초점주사현미경 셋업이다. 기존의 공초점주사현미경의 source와 feedback system, detection system을 수정하여 광소자의 굴절률을 측정할 수 있도록 수정, 보완하였다<sup>(4)</sup>. 굴절률 값은 샘플단면의 굴절률 분포에 따른 반사율을 측정하여 알 수 있으므로, 측정중에는 항상 샘플단면이 렌즈의 초점거리에 위치하도록 해야한다. 그림1의 (b)는 샘플 feedback system의 개략도이다. 샘플이 렌즈의 초점거리에 위치하게 될 때 반사되는 파워가 제일 크게 되도록 detection system을 구성해준다.

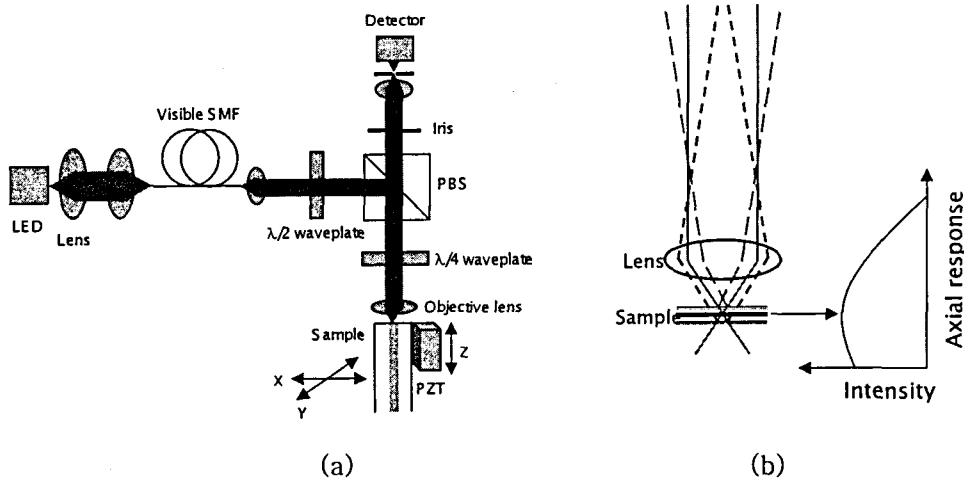


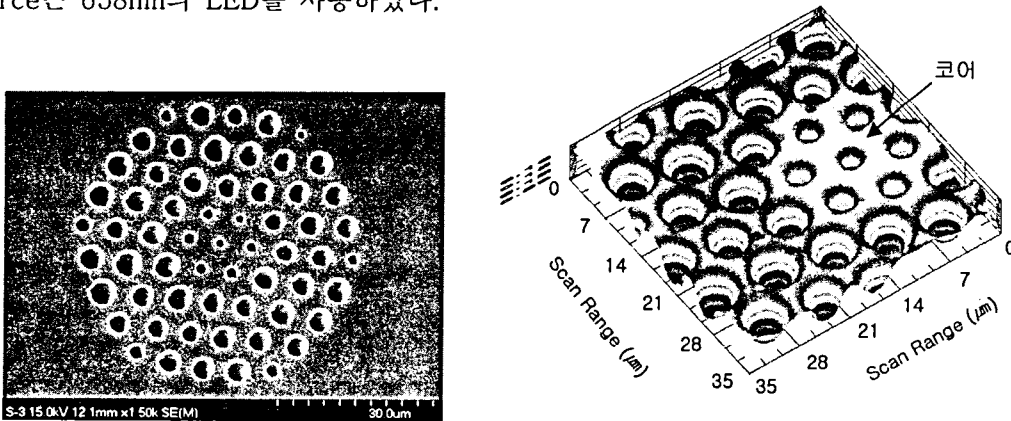
그림1. (a) 공초점주사현미경의 schematic diagram (b) sample feedback system

샘플의 XY 방향으로 scanning하면서 각각의 위치에서 Z축으로 샘플을 상하로 움직여가며 파워가 최대치가 되는 부분을 mapping하게 되면 2차원 평면의 반사율을 얻게 되고, 이를 Fresnel equation을 사용하여 계산하면, 광섬유 단면의 굴절률 분포를 알 수 있게 된다. 이 방법은 샘플안에 air hole이 존재

해도 측정이 가능하게 해준다.

그림2의 (a)는 측정에 사용된 광자결정광섬유의 SEM 사진이다. 일반적인 PCF와 달리 코어부분에도 도핑 물질이 첨가가 되어있다. 그림2의 (b)는 광자결정광섬유의 굴절률 분포를 2차원으로 측정한 것이다. scan 영역은  $35\mu\text{m}\times 35\mu\text{m}$ 이고 500nm 간격으로 측정하였다. XY축은 nanomover를 이용하여 이동시키고 Z축은 pzt로 움직이면서 공초점 조건을 만족하는 값을 취득하였다.

광섬유 단면을 측정하므로 광섬유의 단면 cleaving 상태가 중요한데, 본 실험에서는 tension cleaver를 사용하여 단면의 cleaving error를 최소화하였으며, 측정시간을 짧게하여 먼지같은 이물질에 의한 영향을 최소화하였다. 사용한 source는 658nm의 LED를 사용하였다.



(a)

(b)

그림2. (a) 광자결정광섬유의 SEM 사진 (b) 광자결정광섬유의 2차원 굴절률 분포 측정

#### 참고문헌

- [1] Y. Zhao, and et al., "Nondestructive measurement of refractive index profile for holey fiber preforms", Optics Express 11, 2474-2479 (2003)
- [2] B. L. Bachim, T. K. Gaylord, "Microinterferometric optical phase tomography for measuring small, asymmetric refractive-index differences in the profiles of optical fibers and fiber devices", Applied Optics 44, 316-327 (2005)
- [3] 옥영춘, 김덕영, "공초점주사현미경을 이용한 광섬유의 굴절률 측정", Photonics Conference FP53 (2004).
- [4] Y. Youk, D. Y. Kim, "A simple refractive index profile measurement technique for optical waveguides using a modified reflection-type confocal scanning optical microscope", Applied Optics submitted.