

# 공간 필터를 사용한 공초점 주사 현미경의 광섬유 굴절률 측정

## Refractive Index Measurement of an Optical Fiber in Confocal Scanning Microscope with a Spatial Filter

육영춘, 김덕영

광주과학기술원 정보통신공학과

ycyouk@gist.ac.kr

공초점 주사 현미경은 샘플의 단면이 렌즈의 초점거리에 위치할 때 데이터를 얻으므로 일반적인 광학현미경에 비해 더 좋은 분해능으로 샘플을 관측할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 샘플이 렌즈의 초점거리에 위치하도록 핀홀이나 광섬유를 사용하여 공초점 조건을 만족시켜준다<sup>(1-2)</sup>. 샘플이 렌즈의 초점거리에 위치할게 될 때 신호가 최대가 되고 약간의 offset이 발생하게 될 때는 신호를 차단시키게 함으로써 높은 공간 분해능으로 샘플 표면을 조사할 수 있게 된다<sup>(3)</sup>. 하지만, 일반적으로 사용하는 핀홀과 광섬유는 렌즈를 이용하여 작은 spot을 형성, 통과시키게 함으로써 micron scale의 정렬이 필요하다는 단점이 있다. 본 연구에서는 micron scale의 공간 정렬상의 문제점을 해결하기 위해 spatial filter의 사용을 제안하고, 공초점 조건을 만들어서 광섬유의 굴절률 분포를 측정하는데 응용하였다.

그림1은 spatial filter를 이용한 공초점 주사 현미경의 셋업이다. 일반적으로 detector 바로 앞에 핀홀이나 광섬유를 사용하여 공초점 조건을 만들어주지만, 본 연구에서는 spatial filter를 사용하여 공초점 조건을 만족시켜주었다. 렌즈의 초점거리에 위치한 샘플에서 반사된 빛은 입사된 빛과 같은 경로를 가지고 진행하게 된다. 빛이 spatial filter를 만나게 되면 회절현상을 일으키게 되는데, 평행광일때만 최대 intensity를 갖도록 filter 크기와 조리개 크기를 조절하여 공초점 조건을 만들어 주었다.

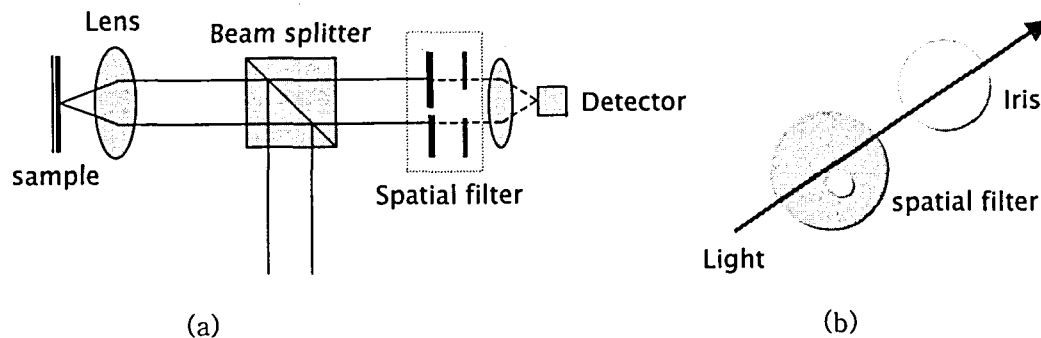
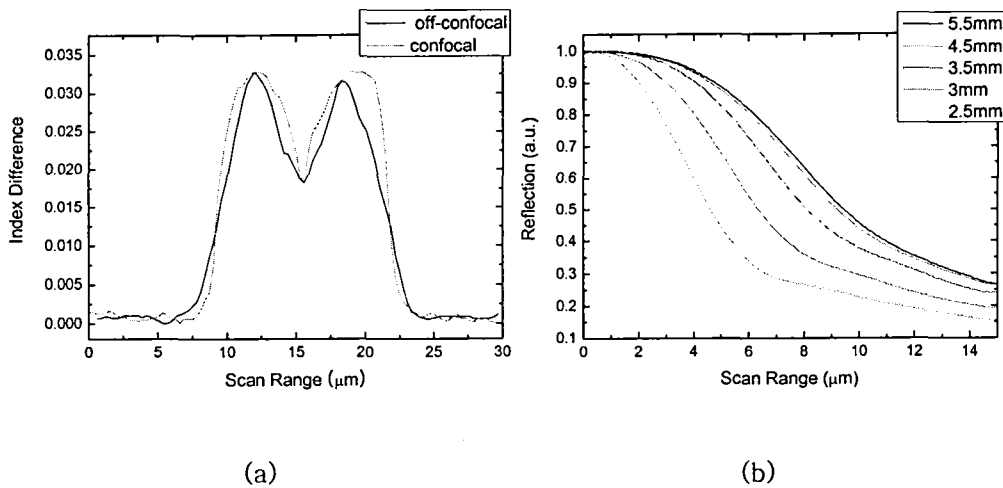


그림1. (a) spatial filter를 이용한 공초점주사현미경의 schematic diagram  
(b) offset-spatial filter

그림2의 (a)는 index difference가 0.0328인 멀티모드광섬유의 굴절률 분포를 다른 종류의 spatial filter를 이용하여 측정한 것이다. 중심부가 막혀있는 4 hole spatial filter를 사용하였는데, off-confocal인 경우에는 평행광보다 필터 사이즈가 충분히 큰 경우이고 confocal인 경우에는 평행광과

필터사이즈가 거의 일치할 때이다. 같은 샘플을 측정하였으므로 spatial filter의 크기가 평행광과 비슷할 때 공초점 조건을 만족하고 최적의 공간분해능을 가진다는 것을 확인할 수 있다. 실험에 사용된 평행광의 크기는 2.5mm이다.

그림2의 (b)는 spatial filter에 의해 diffraction된 빛을 조리개의 개방정도에 따라 한번 더 필터링한 경우의 샘플의 axial response이다. 빛이 spatial filter를 통과하면서 회절현상을 일으키는데, 평행광일 때보다 curvature를 가진 빛이 회절현상을 일으킬 때 진행방향에 따라 더 퍼져나가게 된다. 이때 조리개를 이용하여 한번 더 평행광 사이즈로 빛을 차단시키게 되면 그림2 (a)처럼 평행광과 같은 2.5mm로 조리개를 개방했을 때가 가장 좋은 axial response를 보이게 된다. 대물렌즈는 NA가 0.65인 aspheric lens를 사용하였다.



(a) spatial filter에 따른 멀티모드광섬유의 굴절률 분포 측정  
 (b) 조리개 개방에 따른 axial response

본 논문에서는 spatial filter를 이용한 공초점주사현미경을 구성하여 광섬유의 굴절률 분포와 spatial filter의 조건에 따른 axial response를 측정하였다. 이 새로운 spatial filter를 이용한 detection system은 기존의 detection system에 비해 쉽게 셋업을 정렬할 수 있다는 장점이 있다.

참고문헌

- [1] T. Wilson, A. R. Carlini, "Three-dimensional imaging in confocal imaging systems with finite sized detectors", Journal of Microscopy 149, 51-66 (1988).
- [2] S. Kimura, T. Wilson, "Confocal scanning optical microscope using single-mode fiber for signal detection", Applied Optics 30, 2143-2150 (1991).
- [3] M. Glass, T. Dabbs, "The experimental effect of detector size on confocal lateral resolution", Journal of Microscopy 164, 153-158 (1991).
- [4] 육영춘, 김덕영, "공초점주사현미경을 이용한 광섬유의 굴절률 측정", Photonics Conference FP53 (2004).

T  
E