

# 넓은 선폭을 지닌 광원을 이용한 굴절률 분산 효과와 분석

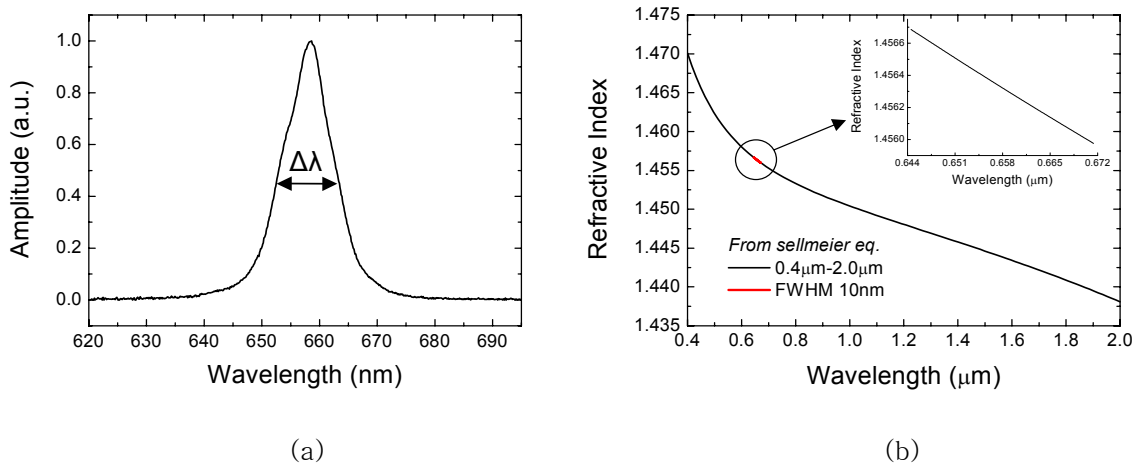
## Dispersion effect of refractive index measurement and its analysis by using a broad light source spectrum

육영춘, 김덕영

3D나노광이미징시스템연구단, 광주과학기술원 정보통신공학과  
ycyouk@gist.ac.kr

광섬유의 굴절률 분포를 정확히 측정하기 위해 수정된 공초점주사현미경을 제작하였다<sup>(1)</sup>. 측정원리는 샘플 단면에 입사된 빛이 샘플 단면의 굴절률 분포에 따라 반사되는 빛의 양이 달라지는 것을 이용하여 굴절률 분포를 측정하는 것이다. 하지만, 일반적으로 공초점주사현미경에 사용되는 광원은 광세기가 큰 레이저가 사용되는데, 레이저는 cavity 구조에서 만들어진 빛의 특성 탓에 외부 광학면들과의 multi-reflection에 의해 굴절률 분포를 측정할 만큼 안정된 소스 파워를 얻을 수 없었다<sup>(2)</sup>. 따라서 본 논문에서는 굴절률 측정에 적합한 안정된 소스 파워를 얻기 위해 선폭이 10nm정도 되는 가시광원을 사용하였는데, 선폭과 중심파장의 변화에 따라 광섬유 단면에서 반사되어지는 반사율의 변화(굴절률)와 오차요인을 정량적으로 분석하였다.

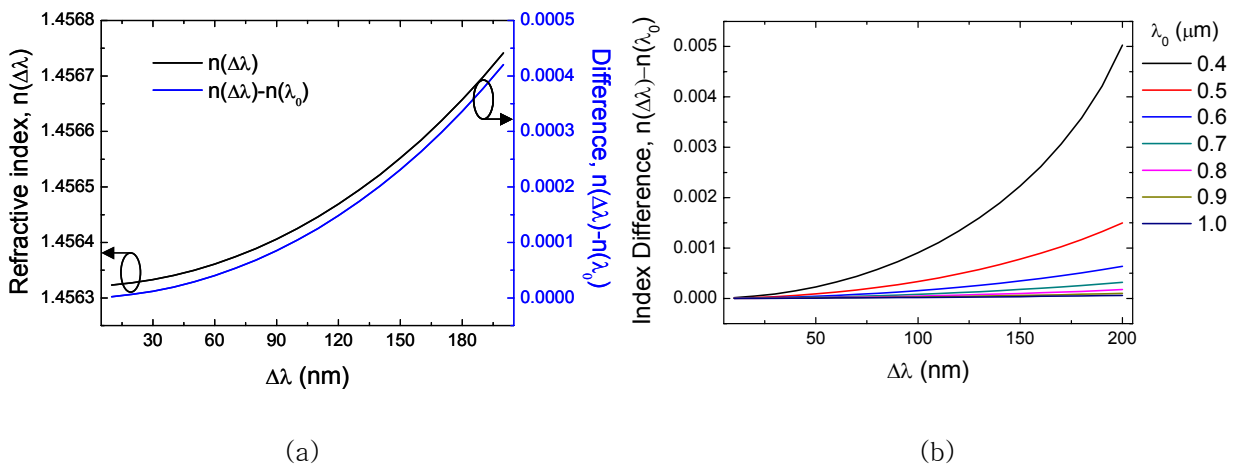
그림1(a)은 실험에 사용된 광원의 스펙트럼 그림이다. 중심파장은 658nm 이고 FWHM은 대략 10nm 이다. 그림에서 알 수 있듯이 광원의 스펙트럼이 가우시안 모양을 하고 있어서 본 계산에서는 입사빔의 모양을 가우시안으로 가정하고 계산하였다. 그림1(b)는 Sellmeier equation에 의한 silica glass의 index dispersion 그림이다. 사용된 파장에 따라 굴절률 값이 그림과 같이 변하는 것을 알 수 있다. 하지만, 사용된 소스의 파장과 선폭에 해당되는 부분의 index dispersion curve는 대략 선형적인 것을 알 수 있다.



[그림1] (a) 실험에 사용된 광원의 스펙트럼. 중심파장 658nm, 선폭 10nm (b) Sellmeier equation에 의한 silica glass의 index dispersion graph.

그림2(a)는 가우시안 선폭을 지닌 입사빔이 silica glass 단면에서 반사되어질 때 선폭에 포함된 파장 성분과 glass의 굴절률 관계에 따른 분산(dispersion) 효과에 의해 굴절률 값이 바뀌는 것을 나타낸 그림이다. 선폭이 10nm에서 200nm로 증가할 때, silica glass의 굴절률 값이  $10^{-4}$  영역에서 바뀌는 것을 확인할 수 있다. 또한 단일 파장(658nm)을 사용할 때 얻어지는 굴절률 값과의 차이도 함께 표현되어 있다. 대략 10nm와 100nm 정도의 선폭을 지닌 소스를 사용하였을 때 index error는 각각  $2.2 \times 10^{-6}$ 와  $1.04 \times 10^{-4}$ 인 것을 확인할 수 있다. 따라서 그림1(a)와 같이 10nm 정도의 스펙트럼을 사용한 굴절률 측정에서는 중심파장에 대한 index error가 측정시스템의 분해능( $10^{-4}$ )보다 훨씬 작으므로 문제가 되지 않지만 선폭이 100nm 이상인 경우에는 측정시스템의 분해능과 같거나 커지므로 적합하지 않음을 알 수 있다. 그림2(b)는 소스의 중심파장을 400nm에서 1000nm까지 변화시켰을 때 각 중심파장에 따른 silica glass의 굴절률 분산 차이를 계산한 그림이다. 파장이 짧아질수록 선폭의 변화에 대한 분산값이 증가하고 파장에 따른 index error의 값이  $10^{-3}$  영역에서 바뀌는 것을 알 수 있다. 이는 그림1(b)의 index dispersion의 기울기와 연관이 있다.

본 논문에서는 넓은 선폭을 지닌 광원을 이용한 광소자 단면의 굴절률 측정에 있어서 파장과 선폭에 따른 분산효과를 계산하였고 이에 따른 error level을 조사하였다. 658nm 중심파장과 100nm이하의 선폭인 광원과 긴파장의 광원인 경우에는 error level이 크지 않음을 확인할 수 있었다.



[그림2] (a) 광원의 선폭 변화(10nm-200nm)에 따른 silica glass의 굴절률 값의 변화와 중심파장에 대한 굴절률의 차이. (b) 사용된 소스 파장을 달리 했을 때 중심파장에 대한 굴절률 차이.

Acknowledgment

This work was supported by Creative Research Initiatives (3D Nano Optical Imaging Systems Research Group) of MOST/KOSEF.

참고문헌

1. Youngchun Youk and Dug Young Kim, "A simple reflection-type two-dimensional refractive index profile measurement technique for optical waveguides," *Opt. Comm.* **262**, 206-210, 2006.
2. O. Hirota, Y. Suematsu, and K.-S. Kwok, "Properties of intensity noises of laser diodes due to reflected waves from single-mode optical fibers and its reduction," *IEEE J. Quantum Electron.* **QE-17**, 1014-102, 1981.