

위상천이 모아레 간섭방법을 이용한

GI-POF 굴절률 분포 측정

Measurement of GI-POF Refractive Index Profile
by Phase-Shifting Moire Deflectometry

김대규, 김대근, 김경환, 윤기혁, 정호중, 오경환, 박승한
연세대학교 물리학과
shpark@yonsei.ac.kr

최근 통신에서는 유비쿼터스와 홈 네트워크에 대한 중요성이 증대됨에 따라 높은 대역폭, 저가성과 설치, 유지 및 보수가 쉬운 광통신 매체로 GI-POF(Gradient-Index Plastic Optical Fiber)가 주목 받고 있다. GI-POF는 광통신을 위한 최적화된 굴절률 분포를 통해 기존의 플라스틱 광섬유의 대역폭 한계를 극복하였으며, 현재는 아파트의 FITH(Fiber In The Home), 자동차 통신 시스템 등과 같은 근거리 광통신 분야에서 실제 적용되고 있다. GI-POF의 굴절률 분포는 광통신의 대역폭을 결정하는 중요한 요소로, 개발 단계나 양산 단계에서 반드시 평가되어야 하는 항목이다. 그동안 다양한 형태의 광섬유 굴절률 측정 방법이 연구되어 왔으나,^(1,2) 중앙 부분의 굴절률과 외각의 굴절률 차이가 큰 플라스틱 광섬유의 경우에는 굴절각이 크게 생기게 되어 기존의 방법으로 플라스틱 광섬유의 굴절률을 측정하기에 적합하지 못하다. 본 연구에서는 모아레 간섭법을 이용하여 플라스틱 광섬유의 굴절률을 측정하기에 적합한 측정법을 고안하였으며, 굴절률 측정법의 적합성을 검증하기 위해 측정한 굴절률 분포를 통해 계산된 이론적 광통신 대역폭과 실제 광통신 시스템에 적용되었을 때의 통신 성능을 비교하였다.

그림 1(a)에서는 GI-POF의 굴절률 분포를 측정하기 위한 실험 셋업을 보여 준다. 측정하고자 하는 GI-POF는 두 개의 동일한 Ronchi grating($p=25\mu\text{m}$) 사이로 두 번째 grating과 접하게 설치한다. 레이저 빔은 첫 번째 grating과 측정 시료를 통과하여 GI-POF의 굴절률 분포에 따라 변형된 Talbot image를 형성하며, 두 번째 grating image와 겹쳐 GI-POF의 굴절 정보를 가지는 모아레 무늬를 만든다. 이러한 변형된 모아레 무늬의 위상을 통해 GI-POF의 굴절에 의한 광선의 변위 정보를 산출할 수 있다.

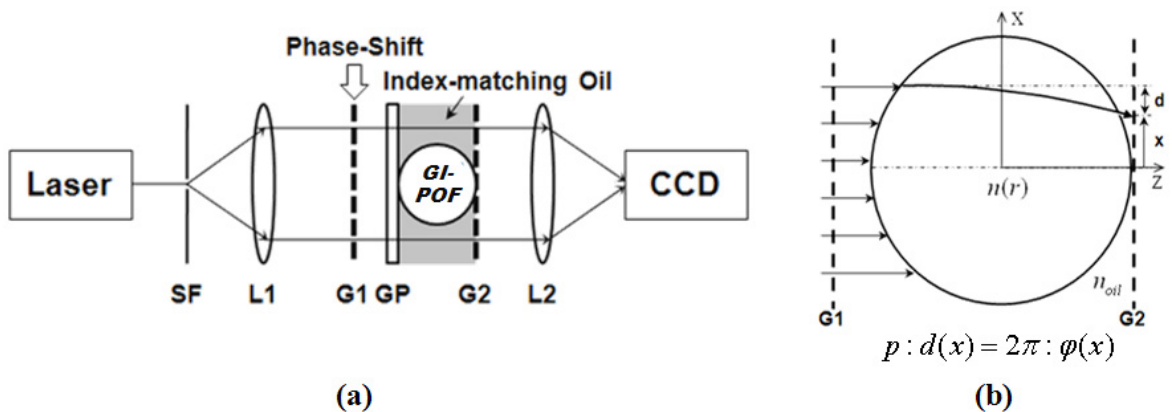


그림 1. (a) 실험 셋업과 (b) 모아레 형성의 원리와 위상과 굴절 변위의 관계

측정된 굴절 변위 정보로부터 굴절률 분포식의 주요변수인 Δn 과 α 값을 바꿔가며 Bouguer 이론을 통해 계산된 굴절 변위 정보와 반복적으로 비교하여, 최종적으로 최적화된 Δn 과 α 값으로 산출할 수 있었다. 본 실험에서 모아레 기법을 이용하여 측정한 GI-POF의 굴절 변위 정보와 굴절률 분포는 그림 2(a)와 같았으며, Δn 과 g 값은 각각 0.035, 1.801로 측정되었다.

이미 연구되어진 통신 매질의 굴절률 분포와 통신 매질에서 일어나는 분산의 관계로부터⁽³⁾ 측정된 굴절률 분포를 이용하여 대역폭을 이론적으로 예상할 수 있었다. 실제 통신 시스템에서 material dispersion를 무시할 수 있도록 작은 파장 폭을 갖는 광원을 사용할 경우를 가정하여 굴절률 분포의 g 값을 통해 계산한 대역폭은 약 1.3Gbps이었다. 실제 통신 시스템에 적용하여 GI-POF의 통신 성능을 1.25Gbps의 PRBS(Pseudo random binary sequence) signal에 대한 eye diagram 측정을 통해 확인하였다. 실험 결과, 그림 2(b)에서 볼 수 있듯이, 1.25Gbps data에 대해 10^{-12} 의 BER 이하의 전송 특성을 보였으며, 이는 모아레 간섭법을 이용하여 예상한 대역폭과 거의 일치하는 결과이다.

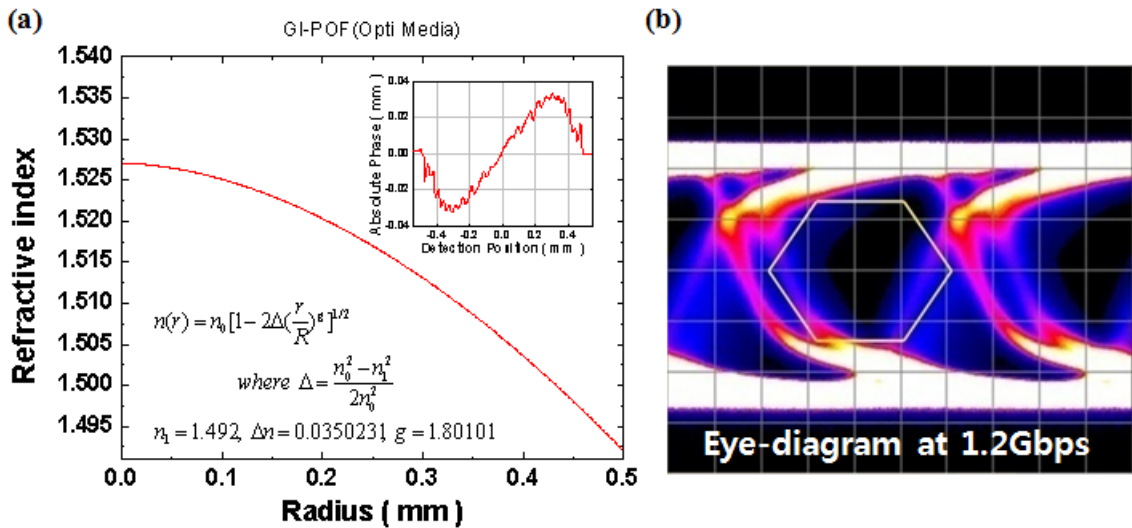


그림 2. (a) 측정된 GI-POF의 굴절 변위 정보와 굴절률 분포
(b) 실제 구현된 통신시스템의 Eye Diagram

참고문헌

1. M. J. Saunders, and W. B. Gardner, "Nondestructive interferometric measurement of the delta and alpha of clad optical fibers," Appl. Opt. **16**,2368(1977).
2. K. Morishita, "Refractive-index-profile determination of single-mode optical fibers by a propagation-mode near-field scanning technique," Journal of Lightwave Technology, **LT-1**, 445 (1983).
3. T. Ishigure, E. Nihei, and Y. Koike, "Optimum refractive-index profile of the graded-index polymer optical fiber, toward gigabit data links," Appl. Opt. **35**, 2048-2053 (1996).