

위상천이 모아레 간섭방법을 이용한 스텝 인덱스형 플라스틱 광섬유의 굴절률 측정 Measurement of SI-POF Refractive Index by Phase-Shifting Moire Deflectometry

김대규, 김대근, 안홍규, 이규승, 박승한
연세대학교 물리학과
kimdak@gmail.com; shpark@yonsei.ac.kr

최근 통신의 정보량이 증가함에 따라 광통신 분야가 점점 부각되고 있다. 특히 플라스틱 광섬유는 높은 대역폭, 저가성과 설치, 유지 및 보수가 쉬운 특성으로 근거리 광통신 분야에서 주목받고 있으며, 그와 관련된 광통신 산업 또한 활발하게 개발되고 있다.

본 연구에서는 모아레 간섭을 이용하여 플라스틱 광섬유의 광전송 특성을 결정짓는 중요한 요소 중 하나인 굴절률 측정법을 고안하였다.⁽¹⁾ 그동안 다양한 형태의 광섬유 굴절률 측정 방법이 연구되어 왔으나, 기존에 개발된 일반적이고 효과적인 방법 중 하나인 coherent 빛의 간섭을 이용한 transverse interferograms 분석 방법은 Fizeau 간섭계와 같은 간섭계를 이용하여 위상 변화를 측정하고 측정된 위상을 tomography적인 해석방법을 통해 굴절률 분포를 계산하기 때문에, 유리 광섬유의 굴절률 분포 측정에 적합하다.⁽²⁾ 본 연구에서는 유리 광섬유보다 비교적 직경이 큰 플라스틱 광섬유를 측정하기 위하여 모아레 간섭 방법을 이용하고, 이러한 모아레 간섭 방법이 플라스틱 광섬유의 굴절률을 측정하기에 효과적임을 보고자 한다.

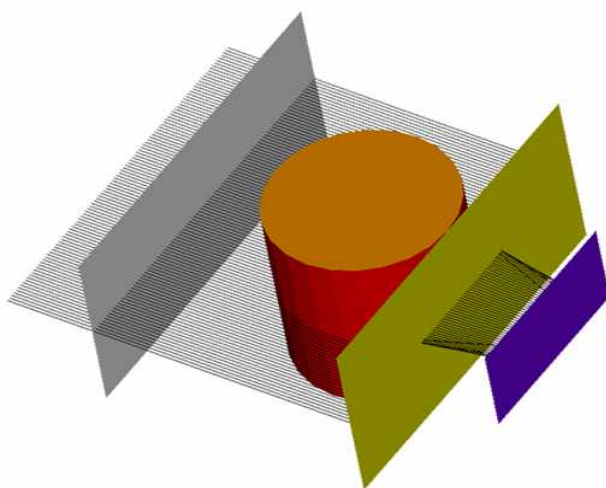


그림 1. ASAP program을 이용한 Simulation

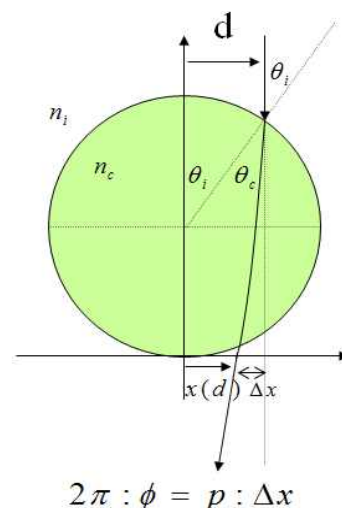


그림 2. Ray Tracing을 이용한 위상 계산

플라스틱 광섬유의 굴절률을 측정하기 위한 실험에서는 두 개의 grating을 사용하여 모아레 간섭 패턴을 만들고 이를 통하여 플라스틱 광섬유의 굴절률을 측정한다. 본 실험에서는 동일한 pitch($p=25\mu\text{m}$)를 가지는 두 개의 Ronchi grating을 사용하였으며, 첫 번째 grating의 Talbot image가 두 번째 grating에 맺게 한 후, 두 Ronchi grating 사이에 플라스틱 광섬유를 삽입하여 모아레 간섭 패턴을 변형시켰다. 그리고 첫 번째 grating의 위치를 단계적으로 이동함으로써 변형된 모아레 간섭 패턴들을 이용하여 광선이 처음 지나게 되는 grating의 위상 정보를 산출할 수 있었다(그림 3).

주기적인 pitch 간격을 가지는 grating의 위상 정보는 굴절 정도에 따른 광 경로와 관련되어 있어 플라스틱 광섬유의 굴절률 분포를 예상할 수 있다. 이러한 플라스틱 광섬유의 굴절률 분포에 따른 광 경로는 이론적으로 계산하였다. 그림 2와 같이 스텝 인덱스형 플라스틱 광섬유에서의 코어와 클래드의 굴절률에 대해 Snell의 법칙을 적용하여 계산할 수 있었으며, 굴절된 광선이 도달하는 위치에 대한 정보는 첫 번째 grating의 위상 정보로 변환할 수 있었다. 이와 함께 ASAP program을 이용하여 실제 실험과 같은 광학계를 구성하고 광 경로를 확인할 수 있었으며, ASAP program을 이용한 가상 실험을 통하여 위상 정보를 산출하여 그림 4와 같이 실제 실험값과 일치함을 확인하였다.

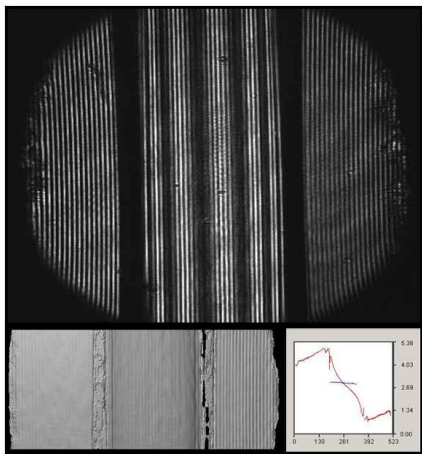


그림 3. 모아레 간섭 패턴과 이를 이용한 위상 측정 데이터

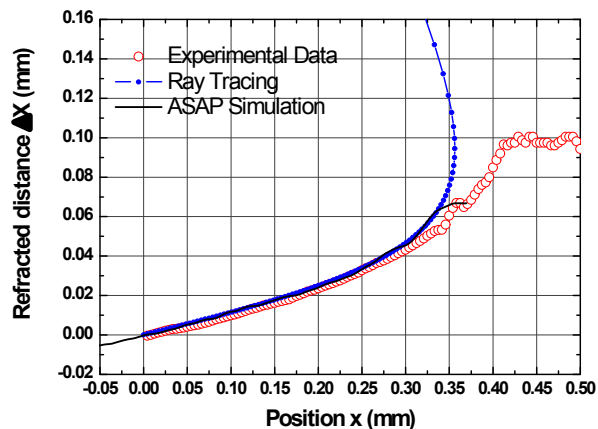


그림 4. 실험 데이터와 이론적 계산 및 ASAP 산출 데이터의 비교

위와 같은 검증 결과를 이용하여 모아레 간섭 방법을 이용한 굴절률 산출 프로그램을 개발하였다. 모아레 간섭 방법을 이용하여 측정한 위상 정보를 굴절률에 따른 Ray Tracing 정보와 비교하여 최적화된 굴절률 정보를 산출 있도록 하였다. 결과의 정밀도는 0.005이하로 실제 스텝인덱스형 플라스틱 광섬유의 굴절률 측정에 효과적으로 적용할 수 있음을 확인하였다. 이와 같은 방법은 광섬유의 직경이 비교적 큰 경우나 플라스틱 광섬유 코어 굴절률의 크기가 큰 경우에도 적용할 수 있는 방법으로서 광섬유를 세밀하게 가공하거나 복잡한 실험 장비를 사용하지 않고도 정밀하게 스텝 인덱스형 광섬유의 굴절률 분포를 측정할 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

1. D.K. Kim, K.H. Kim, D.Y. Kim, and S.H. Park, "POF Evaluation Techniques in Korea," Proceedings of 15th International conference on POF, Seoul, Korea, pp.320-327, 2006.
2. Jose A. Ferrari, "Retrieval algorithm for refractive-index profile of fibers from transverse interferograms," Optics Comm. 117, 25 (1995)