

# 스펙트럼영역 광결맞음간섭계를 이용한 두께와 굴절률의 동시 측정 Simultaneous measurements of thickness and refractive index by using spectral-domain optical coherence interferometry

나지훈, 최해룡, 박성준, 이병하  
광주과학기술원 정보통신공학과  
e-mail : [jhna@gist.ac.kr](mailto:jhna@gist.ac.kr)

매질의 두께와 굴절률을 동시에 측정하는 기술은 물질의 광학적 특성 연구와 바이오 의공학 등 여러 산업 분야에 응용될 수 있다. 광결맞음 간섭계를 이용하여 얻는 측정값들은 매질의 물리적 두께가 아닌 이에 굴절률 값이 곱해진 광학적 두께이기 때문에 시료의 두께와 굴절률 값을 분리하기 위한 많은 연구가 수행되었다[1]. 광결맞음 간섭계를 이용하는 방법 중 가장 많이 사용되는 방법은 기준단을 이송시키며 간섭신호를 얻는 시간영역의 방법 (optical low coherence reflectometry, OLCR)과 기준단의 이송 없이 분광기를 이용하여 간섭스펙트럼을 얻는 주파수 영역의 측정방법 (optical frequency domain reflectometry, OFDR) 등이 있다. 하지만 기존의 시간영역의 방법은 기준단을 이송시켜야 하는 단점이 있고 주파수 영역에서는 두께와 굴절률을 모두 알지 못할 때 정확한 피팅값을 찾기 어려운 문제점이 있다.

본 논문에서는 광섬유 기반의 스펙트럼 영역 간섭계를 이용하여 샘플시료에 대한 사전정보 없이도 두께와 굴절률을 동시에 측정하는 기술에 대하여 논하고자 한다. 제안하고자 하는 방법을 이용하면 OLCR에서와 같이 기준단의 이송이 필요없고, OFDR에서와 같이 시료의 사전정보가 필요없는 시스템을 구축할 수 있으며, 기준이 되는 신호 측정 후 단 한번의 측정으로 시료의 두께와 굴절률을 동시에 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그림 1 은 구성된 스펙트럼 영역 간섭계의 개략도이다. 광원으로는 1310 nm의 중심파장과 40 nm의 밴드폭을 갖는 SLD를 사용하였으며 간섭 스펙트럼을 측정하기 위하여 optical spectrum analyzer (OSA)를 사용하였다. 광원에서 출광된 빛은 광경로차 (optical path-length difference, OPD)가 가간섭거리에 있을 때 간섭스펙트럼으로 나타나게 되며 이를 역 푸리에 변환하여 상관함수 (coherence function)를 얻으면 광 경로차에 따른 거리를 계산할 수 있다 [2].

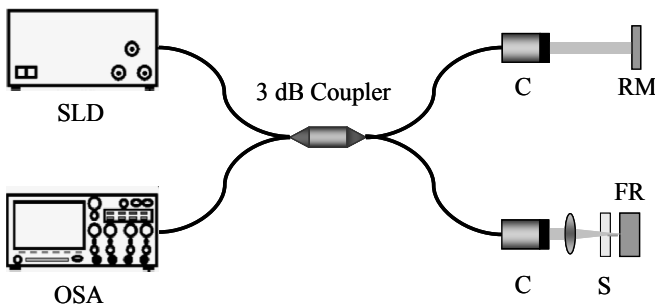


그림 1. 광섬유 기반의 스펙트럼 영역 간섭계의 개략도. SLD, superluminescent diode; OSA, optical spectrum analyzer; C, collimator; RM, reference mirror; S, sample; FR, flat reflector.

그림 2 는 fused silica가 샘플단에 있을 때와 없을 때 각각의 측정을 통하여 얻은 상관함수들이다. 우선 기준이 되는 신호를 측정하기 위해서 기준단의 기준거울 (reference mirror, RM)과 샘플단의 반사체 (flat reflector, FR)의 OPD를 약 2 mm 정도의 광 경로차를 갖도록 하고 이의 간섭 스펙트럼부터 상관함수를 그림

2의 점선과 같이 얻었다. 이후 샘플단의 대물렌즈와 FR 사이에 측정하고자 하는 시료 (sample, S)를 올려놓은 후 앞의 방법으로 그림 2의 실선과 같은 상관함수를 얻었다. 시료의 앞면 (front surface, FS) 신호와 뒤면 (rear surface, RS) 신호의 차가 시료의 광학적 거리에 해당되고  $\Delta l$ 로 나타내었다. 또한 시료의 굴절률로 인해 앞서 측정한 FR 신호가 FR'으로 이동되었고 그 양을  $\Delta$ 로 표시하였다. 따라서 시료의 실제 두께는  $t = \Delta l - \Delta$ 로부터 계산할 수 있고 굴절률은  $n_g = \Delta l / t$ 로부터 계산할 수 있다 [3].

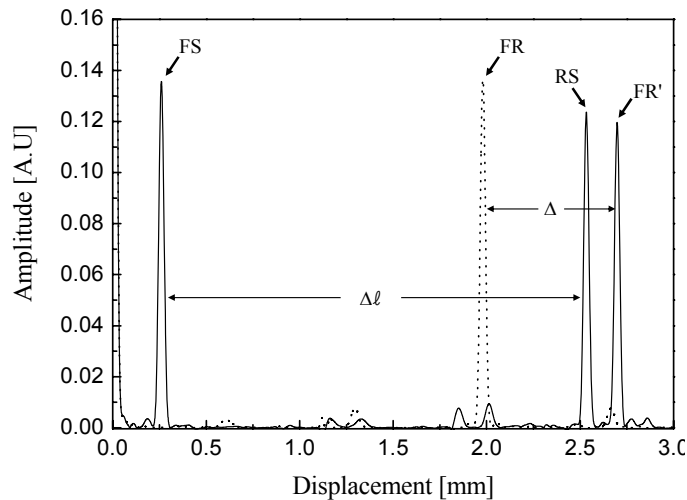


그림 2. Fused silica가 있을 때 (실선)와 없을 때 (점선)간섭 스펙트럼으로부터 얻은 상관도 함수

본 논문에서 제안하는 방법을 이용하여 fused silica plate의 두께와 굴절률을 동시에 측정한 결과, 두께는  $1.5556 \pm 0.0002$  mm, 굴절률은  $1.4613 \pm 0.0002$  인 값을 얻었다. 이는 해상도  $1 \mu\text{m}$  인 디지털 마이크로미터와 Sellmeier equation을 이용하여 얻은 두께 1.555 mm와 굴절률 1.4616을 비교했을 때 매우 정확함을 알 수 있었다. 따라서 제안된 방법은 물질의 광학적 특성 연구와 생체시료를 측정하는 바이오 의공학 등 여러분야에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원(NCRC 사업, No. R15-2008-006-02002-0)과 광주과학기술원 의료시스템 공학연구소(iMSE)의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. H. Maruyama, S. Inoue, T. Mitsuyama, M. Ohmi, and M. Haruna, "Low-coherence interferometer system for the simultaneous measurement of refractive index and thickness," *Appl. Opt.* 41, 1315 (2002).
2. W. V. Sorin and D. F. Gray, "Simultaneous thickness and group index measurement using optical low-coherence reflectometry," *IEEE Photon. Technol. Lett.* 4, 105-107 (1992).
3. G. Häusler and M. W. Lindner, "Coherence radar and spectral radar—new tools for dermatological diagnosis," *J. Biomed. Opt.* 3, 21 (1998).