

저 결맞음 간섭계를 이용한 피부 표면 굴곡 측정 : Rapid Scanning Optical Delay Line의 적용

손상륜*, 오정택**, 이상원*, 김법민*

*연세대학교 보건과학대학 의공학부

**연세대학교 의료공학연구원

fmssl@hanmail.net

OCT 개발 이후 저 결맞음 간섭계(Low coherence Interferometry)는 여러 분야로 응용 및 발전되어가고 있다. 본 논문에서는 저 결맞음 간섭계의 Delay Line에 RSOD(Rapid Scanning Optical Delay Line)을 이용하여 피부 표면의 굴곡을 측정하였다. 피부 표면의 굴곡의 정량적인 측정은 피부 노화의 분석 및 정량화, 아토피 피부의 진단 및 치료의 효과 확인, 항주름 화장품 및 약품의 평가 등을 위해 반드시 필요한 과정으로 기존의 측정 방법 등은 스캔 속도와 정확성, 설비 비용 등에 문제점을 지니고 있다. 하지만 RSOD를 이용한 저 결맞음 간섭계를 사용하여 피부 표면 굴곡에 적절한 해상도(~10um)를 가지고 빠른 속도로 3차원 굴곡을 얻어낼 수 있다.

그림 1에 보이는 저 결맞음 간섭계는 광원에서 나온 빛이 coupler를 거쳐 delay line과 sample line으로 각각 분배되며 reference mirror와 sample의 역 산란된 빛의 광경로가 일치 했을 때 나타나는 간섭 원리를 이용한 것이다. reference line은 빠른 스캐닝을 위해 RSOD를 사용하였는데 RSOD는 phase delay와 group delay를 독립적으로 조절할 수 있으며 reference mirror의 작은 움직임만으로도 충분히 긴 depth scanning을 할 수 있으며 원하는 중심 주파수를 만들 수 있다는 장점이 있다.^{(1),(2)} 설계 시에는 Group velocity dispersion을 방지하기 위해 Grating과 Lens, Lens와 reference mirror 사이의 거리를 Lens의 초점 거리에 일치시켜야 하며 Grating의 각도도 사용하는 차수의 빛이 수직으로 반사되도록 하여야 한다.⁽³⁾ sample line은 objective lens 전에 galvanometer를 이용하여 x축 스캐닝을 하였으며 motion controller를 이용하여 y축 스캐닝을 하여 3차원 영상을 구현하였다.

$$\Delta l_g = \frac{4\sigma l \lambda_0}{p}, \quad (\Delta l_g = \text{path length difference})$$

$$f_0 = \frac{4x}{\lambda_0} \frac{\partial \sigma(t)}{\partial t}, \quad (f_0 = \text{center frequency})$$

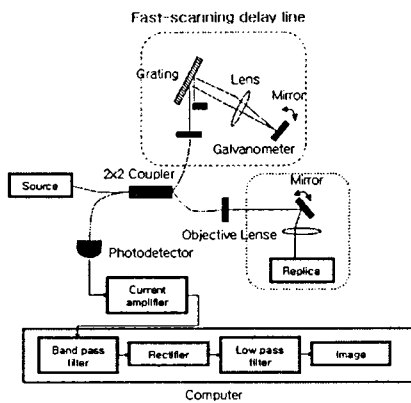


그림 1 사용된 저결맞음 간섭계의 개략도

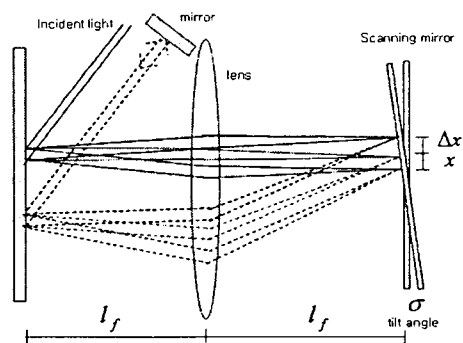


그림 2 Rapid Scanning Optical Delay Line

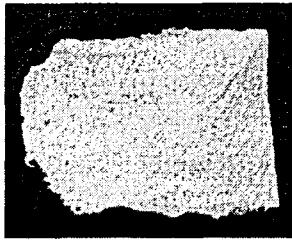


그림 3 피부 모사판(Replica)

이상적인 피부 표면의 굴곡 측정을 위해서는 실제 사람의 피부를 이용해 야 하나 피부는 색이 일정하지 않고 움직임에 따른 Motion artifact가 발생할 수 있으므로 실험 시에는 사람 피부에서 얻어낸 실리콘 피부 모사판(Replica)를 사용해 표면 굴곡을 측정하여 그림 4와 6의 영상을 획득하였다. 그림 4는 치료 전의 피부 모사판을 스캔한 것이고 그림 6는 치료 후의 피부 모사판을 스캔한 것으로 전체적으로 치료 전의 영상이 치료 후보다 굴곡이 완만함을 확인할 수 있다. 하지만 이미지는 시각에 따라 다르게 보일수 있으므로 데이터 분석을 위하여 이차원 FFT를 하였다. 그

림 5과 7을 비교해 보았을 때 치료 전의 FFT 이미지가 치료 후의 이미지보다 고주파영역이 많이 나타남을 볼 수 있다.

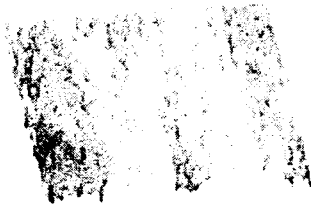


그림 4 주름 치료 전의 이미지

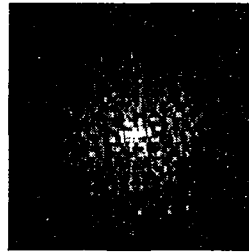


그림 6 치료 전의 2D FFT

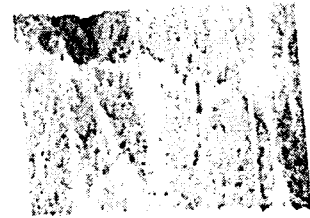


그림 8 아토피 피부

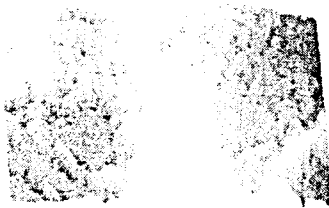


그림 5 주름 치료 후의 이미지

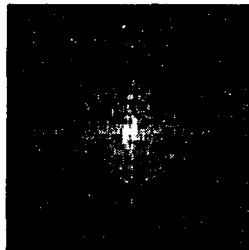


그림 7 치료 후의 2D FFT

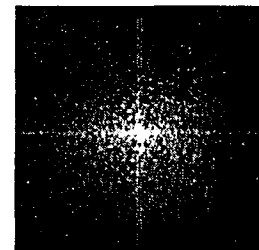


그림 9 아토피 피부의 2D FFT

참고 문헌

1. G. J. Tearney, et. al. *High-speed phase- and group-delay scanning with a grating-based phase control delay line*, Opt. Lett.,1997
2. A. M. Rollinse, et. al. *In vivo video rate optical coherence tomography*, Optics Express, 1999
3. D. J. Smith, et. al., *Real-time dispersion compensation in scanning interferometry*, Opt. Lett., 2002.