

1.3 μm 대역의 고속 실시간 스펙트럼 영역

광 결맞음 단층촬영장치

High-Speed and Real-Time Spectral Domain

Optical Coherence Tomography at 1.3 μm

이상원, 정현우, 김범민
 연세대학교 의공학과
swlee76@yonsei.ac.kr

광 결맞음 단층촬영장치 (Optical coherence tomography, OCT)는 저 가간섭의 빛을 사용하여 생체 조직에 대한 고해상도 단면 영상을 획득하는 기술이다. 스펙트럼 영역 OCT (spectral domain OCT)는 주파수 영역 OCT (frequency domain OCT)의 한 종류로, 물리적(기계적)인 움직임에 의한 깊이 정보를 획득하는 시간 영역의 OCT (time domain OCT, TD-OCT)와 달리 물리적인 움직임 없이 빛을 각각의 파장대별로 분리시켜 검출한 다음 푸리에 변환을 통하여 깊이 정보를 획득하게 된다 따라서, SD-OCT는 TD-OCT와 비교하였을 때 측정 시간이 짧고, 신호 대 잡음비(SNR)가 높은 장점을 가지고 있다.

그러나, 이러한 장점에도 불구하고 1300 nm 대역의 OCT에서는 InGaAs 포토다이오드 어레이를 사용 하거나 InGaAs 선주사 카메라를 사용하여야 하기 때문에, 비용이 많이들 뿐만 아니라 고속의 영상을 얻기가 힘들었다. 본 연구에서는 고속의 InGaAs 선주사 카메라를 사용하여 1.3 μm 대역에서 실시간 영상을 획득할 수 있는 SD-OCT를 구현하였다.

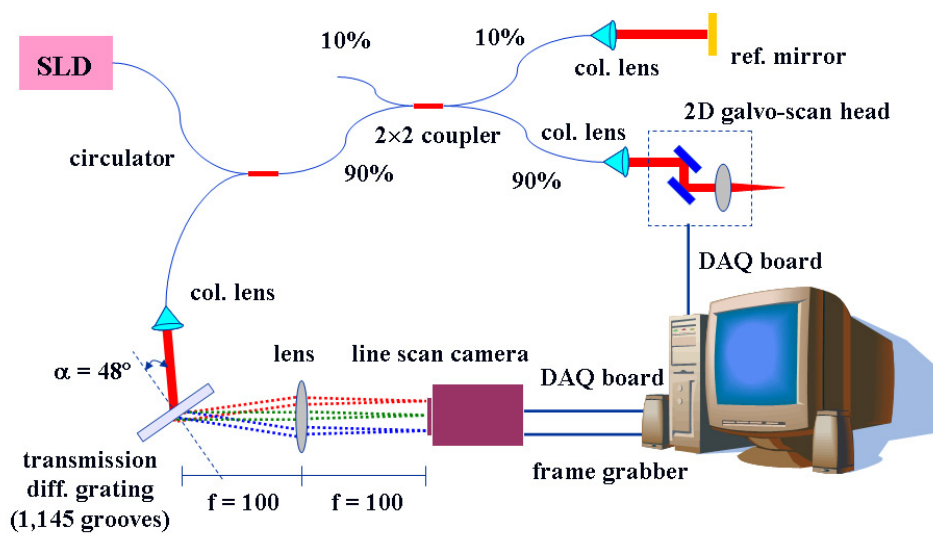


그림 1. SD-OCT의 개략도

그림 1은 SD-OCT의 개략도를 보여준다. 광원으로는 중심 파장이 1310 nm 이며, 대역폭은 86 nm, 파워는 7 mW인 SLD를 사용하였다. SLD에서 나온 빛은 circulator와 10:90 coupler에 의해서 10%는 기준단으로 90%는 샘플단으로 나뉘게 된다. 기준단에서 반사된 빛과 샘플단에서 반사된 빛은 다시 coupler에서 합쳐지게 되며, 합쳐진 빛은 circulator를 통하여 분광기(spectrometer)에 들어간다. 두 빛에 의해 발생한 간섭신호는 분광기에 의해서 검출되며 푸리에 변환을 통하여 깊이 정보를 획득하게 된다. 분광기는 1145 lines/mm 투과형 회절격자(diffraction grating)를 사용하였으며, 회절격자에 의해 분광된 빛들은 볼록렌즈에 의해서 InGaAs 선주사 카메라의 픽셀 크기에 맞게 전체 길이와 각각의 픽셀 크기에 맞게 조절되었다. 분광기에 사용된 InGaAs 선주사 카메라의 검출 속도는 최대 46,990 lines/s이며 전체 픽셀 개수는 1024개이다.

본 시스템의 성능으로 선주사 카메라의 노출 시간을 16.96 ms로 맞추고 샘플단과 기준단에서 각각 31.48 dB, 8.97 dB 감쇄 시켰을 때 시스템의 다이내믹 범위(dynamic range)는 약 68.27 dB로 측정되었다. 따라서 시스템의 민감도는 약 108.72 dB가 된다. 또한 깊이 방향으로의 해상도는 14.05 mm로 측정되었다. 512 × 512 픽셀의 이미지를 기준으로 했을 때 이미지 획득 속도는 10.9 ms이다. 이는 약 91 fps의 영상 속도에 해당하지만, linear interpolation 연산과 푸리에 변환 연산에서 시간이 걸리기 때문에 실제로 화면에 뿌려주는 속도는 15 fps가 된다.

그림 2와 그림 3은 본 시스템을 이용하여 얻은 피부와 손톱의 경계 면을 2D와 3D로 구현한 이미지이다. 그림1에서는 표피층, 진피층, 손톱층이 뚜렷하게 보이고 있다.

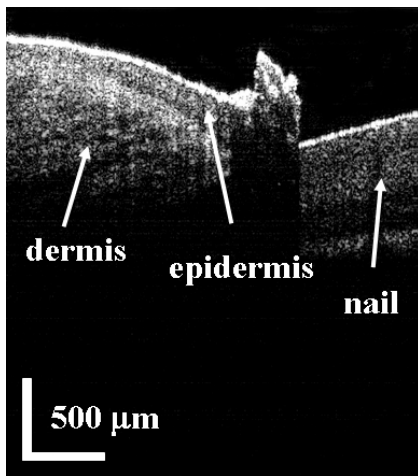


그림 2. 손톱-피부면의 2D 이미지.

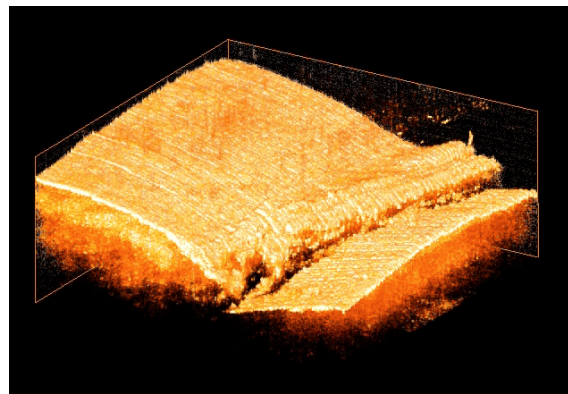


그림 3. 손톱-피부면의 3D 이미지

[1] N. A. Nassif, B. Cense, B. H. Park, M. C. Pierce, S. H. Yun, B. E. Bouma, G. J. Tearney, T. C. Chen, and J. F. de Boer, "In vivo high-resolution video-rate spectral-domain optical coherence tomography of the human retina and optic nerve," *Optics Express*, Vol. 12, No.3, pp.367-376, 2004.

[2] S. H. Yun, G. J. Tearney, B. E. Bouma, B. H. Park, and J. F. de Boer, "High-speed spectral-domain optical coherence tomography at 1.3 μm wavelength," *Optics Express*, Vol. 11, No. 26, pp.3598-3604, 2003.