

OCT를 위한 신호처리계

Electronic Signal Processing for OCT

이병하*, 최은서*, 나지훈**, 이창수**

*광주과학기술원 정보통신공학과, **수원대학교 전자공학과

*ieebh@kjist.ac.kr

최근 생체의 단층영상 촬영기법으로 각광을 받고 있는 OCT (Optical Coherence Tomography)는 백색광 간섭계를 근간으로 하여 생체의 깊이 정보를 얻어낸다.^[1,2] 2-D 또는 3-D의 입체영상을 얻기 위해서는 1축 또는 2축의 횡방향 스캔이 필요하다. 횡방향 스캔 기법은 SEM (Scanning electron microscope)이나 공초점현미경 (Confocal microscope) 등에서 널리 사용되고 있으므로 기술적인 흥미는 적으나 축방향 (깊이 방향)의 정보 취득 방법은 OCT만의 특징으로 아직 기술적으로 해결 되어야 할 부분이 많다. 본 연구에서는 OCT에서 축방향 정보를 얻기 위하여 필요한 전기신호 처리계를 분석하였다.

OCT의 구성도는 대략 그림 1과 같다. 광대역 광원을 둘로 나누어 하나는 샘플에 다른 하나는 움직이는 반사경에 보내어진다. 각각으로부터 되돌아 나온 빛은 두 빛의 광로차가 광원의 가간섭거리 이내에 있을 때 수광부에서 간섭을 일으킨다.^[1] 즉 가간섭 거리 이내에 반사체가 있을 때 움직이는 반사경의 속도에 비례하는 주파수로 변조 (modulation)된 전기신호가 수광부에서 검출된다. 이의 복조 (demodulation)를 위한 신호처리계를 그림 1의 하단부에 표시하였다.

그림 2는 Photodiode로 이루어진 수광소자에서 검출된 전류신호를 Transimpedance amplifier를 통하여 전압신호로 바꾸고 이를 pre-amplifier로 증폭하였을 때 (그림1의 A 점에서)의 신호를 나타낸다. 샘플은 190 μm 정도의 두께를 갖는 cover glass 두 장을 1 mm 두께의 slide glass 위에 겹쳐서 만들었다. 이 경우 샘플은 총 6개의 반사면을 갖게 되는데 그림 2에서도 6개의 큰 간섭무늬 군을 볼 수 있다. 그림에서 신호의 DC 레벨이 불규칙한 것은 반사경에서 되돌아 나온 빛이 반사경의 위치에 따라 다르기 때문이다. 즉 collimator의 정확도가 좋지 않기 때문이다. 여기서 변조 주파수는 반사경의 스캔 속도에 비례하게 되는데 이 주파수를 중심으로 band pass 필터를 해주면 (그림1의 B 점에서) 그림 3과 같은 정제된 신호를 얻는다.

복조를 하기 위하여 lock-in amplifier가 주로 사용되나 본 연구에서는 경제성과 실용성을 위하여 RMS (Root Mean Square)기능을 갖는 소자를 사용하였다. 즉 그림 3의 신호를 제공해준 후 low-pass 필터를 해주는 방법을 사용하였다. 그림 4는 이렇게 복조하여 얻은 (그림1의 C 점에서) 신호를 보여준다. 그림에서 6개의 Gaussian 형태의 큰 신호를 볼 수 있는데 이는 샘플내의 각 반사면에서 한번 반사되어 나온 것이다. 각 신호의 폭은 시스템의 해상도를 나타내는데 이는 주로 광원의 대역폭에 반비례함은 잘 알려져 있다. 각 신호 사이의 작은 신호들은 샘플의 경계면들에서 여러번 반사되어 나온 것들로 생체 샘플의 경우에는 잘 나타나지 않는다.

본 연구에서는 OCT 시스템의 구성에 필요한 전기신호 처리계를 제작 분석하였다. 복조를 위하여 RMS기능 소자를 사용하였는데 이는 경제적이고 제작이 간편할 뿐만 아니라 변조 주파수의 변화에 민감하게 반응하지 않는 장점이 있다.

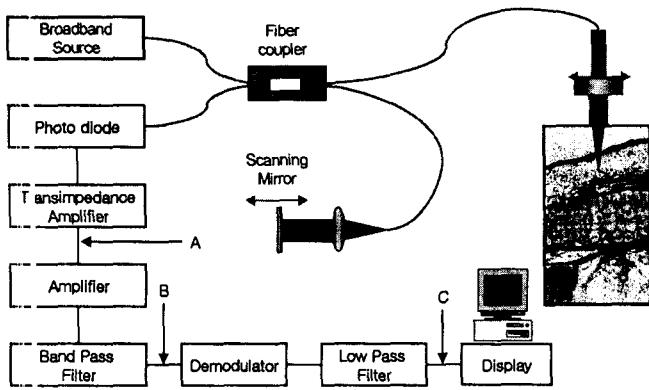


그림 1. OCT 시스템의 구성도. 그림의 하단부는 전기신호 처리를 위한 Block Diagram이다.

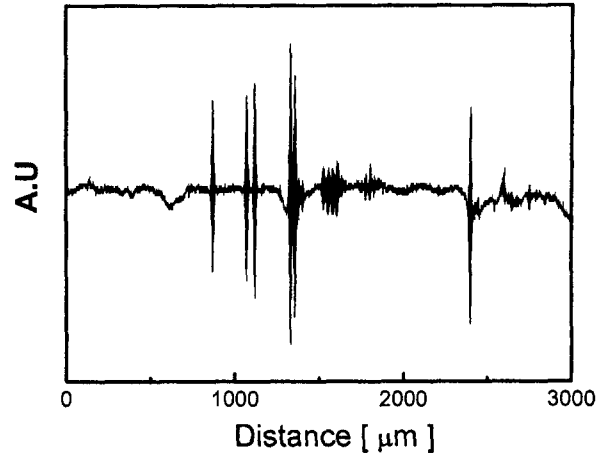


그림 2. 그림 1의 점 A에서 본 전기 신호. 변조된 신호와 반사경의 움직임에 따른 신호 크기의 변화를 보여준다.

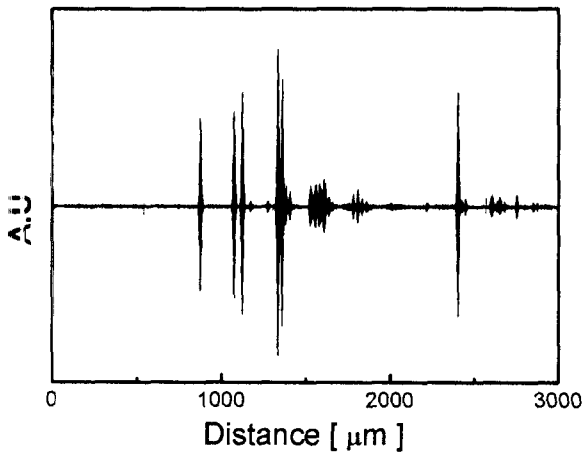


그림 3. 그림 1의 점 B에서 본 전기 신호. Band Pass 필터에 의하여 정제된 신호를 보여준다.

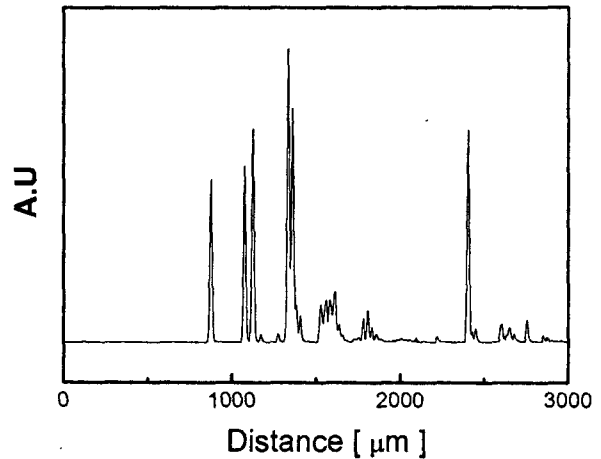


그림 4. 그림 1의 점 C에서 본 전기 신호. RMS 소자를 사용하여 복조시킨 신호를 보여준다. 각 신호의 정점은 샘플 내에 있는 반사면의 위치를 나타낸다.

본 연구는 광주과학기술원의 ERC, BK-21, 산업자원부 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

[1] J. G. Fujimoto, M. E. Brezinski, G. J. Tearney, S. A. Boppart, B. E. Bouma, M. R. Hee, J. F. Southern, and E. A. Swanson, *Nature Med.*, **1**, 970 (1995).
 [2] 최은서, 김영재, 이창수, 나지훈, 나창수, 이병하, BOPM 2002 (Asian Symposium on Biomedical Optics and Photomedicine), TB2-2, 2002.