

자기장에 의해 구동 되는 소형 프로브를 갖는 스펙트럼 영역의 광결맞음 단층촬영 시스템

SD-OCT system with the probe actuated by magnetic field

민은정*, 나지훈, 유선영, 이병하

광주과학기술원 정보통신공학과 응용광학 연구실

e-mail: tasansan@gist.ac.kr

Spectral domain optical coherence tomography (SD-OCT)는 빛을 이용하는 광결맞음 단층영상 기술의 하나로서 마이켈슨 간섭계의 원리를 응용하여 주로 생체 시료의 종단면 단층 이미지를 실시간, 비파괴, 비접촉, 그러나 고해상도를 가지고 얻게 한다⁽¹⁾. 시스템의 구성요소 중 하나인 샘플단은 샘플 시료의 횡방향 스캔을 위해서 보통 갈바노미러 (Galvano mirror)와 대물렌즈를 이용하여 벌크 형태로 구성되지만 내시경 등과 더불어 인체내부를 이미징하는데 응용하기 위하여 프로브를 소형화 시키려는 연구가 활발히 진행 중이며 여러 가지 형태를 갖는 소형 프로브가 발표되고 있다⁽²⁾.

본 논문에서는 고정된 벌크 형식이 아닌 이동 가능한 소형 handheld 형식의 프로브로 구성하여 협소한 부위를 이미징할 수 있는 시스템을 구성하고자 한다. 프로브는 광섬유 끝단에 아크방전을 가함으로써 집광 렌즈를 광섬유와 일체가 되도록 제작하였으며 전자석의 원리를 이용하여 횡방향 스캔이 가능하도록 하였다⁽³⁾. 프로브의 끝단에서 약 2 cm 떨어진 부근에 소량의 철을 광섬유에 코팅 시킴으로써 프로브가 자기장에 영향을 받아 움직일 수 있도록 하였다.

그림 1은 소형 프로브를 갖는 SD-OCT 시스템의 구성도로서 50:50 광섬유 커플러를 구성하는 4개의 포트에 각각 입력단, 샘플단, 기준단, 검출단을 위치시킨 것을 나타낸다. 입력단에서 입사된 빔은 샘플단과

기준단으로 각각 50:50으로 광분할 된 후 각 단으로부터 역 산란된 빛이 검출단의 회절격자와 렌즈를 거쳐 line-CCD에 의해 검출된다. Time-Domain OCT (TD-OCT)와는 달리 기준단을 고정시키고 검출단으로부터 간섭 스펙트럼을 얻은 후 역 푸리에 변환을 통하여 TD-OCT와 동일한 깊이 정보를 획득할 수 있다⁽⁴⁾. SD-OCT은 기준단의 스캐닝을 필요로 하지 않아 시스템의 안정성을 향상시킬 뿐 아니라, 검출단에 CCD를 이용함으로써 signal-to-noise ratio를 향상시킬 수 있다⁽⁵⁾.

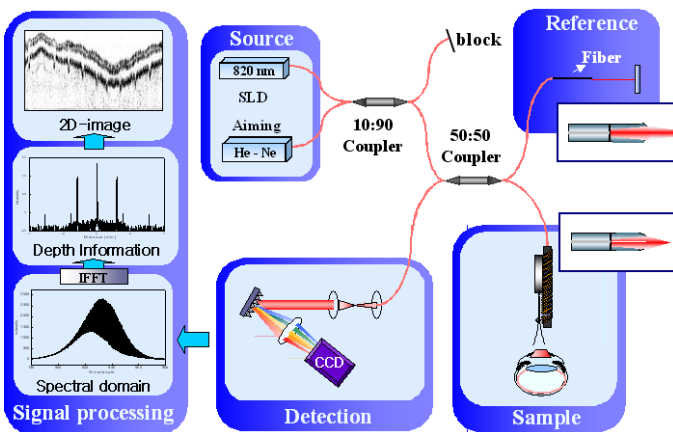


그림 1. 소형 프로브를 갖는 SD-OCT 시스템

샘플단 프로브를 스캔하는 원리는 전자석을 구성하는 코일에 전류를 흘려 줌으로서 자기장을 형성하고, 형성된 자기장이 프로브를 구성하는 광섬유 위에 코팅 된 연철 가루에 자기력을 가함으로써 프로브를 끌어당기는 것이다. 본 실험에서는 입력전압 10 V, 공명진동수 15 Hz에서 약 4 mm의 스캔거리를 획득하였다. 프로브의 공명진동수와 스캔거리는 연철의 구조, 코일의 감은 수, 코일에 흐르는 전류, 광섬유 위의 연철 가루 위치 등에 의해 조절이 가능하다.

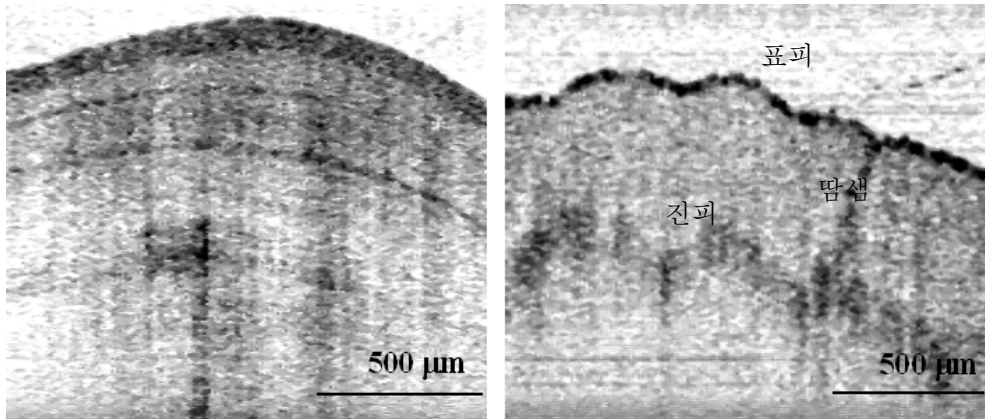


그림 2. 구현된 소형 프로브를 갖는 SD-OCT 시스템에 의해 획득한 이차원 단층 이미지;
진주(왼쪽), 검지 손가락(오른쪽).

그림 2는 자기장에 의해 구동 되는 프로브를 갖는 SD-OCT 시스템으로 획득한 단층 이미지이다. 왼쪽 그림은 진주의 단층 이미지로 진주의 특성인 여러 개의 층을 볼 수 있다. 오른쪽 그림은 검지 손가락의 끝 부분에 대한 단층 이미지로서 표피와 진피 그리고 그 사이에 땀샘 구조를 확인할 수 있다.

본 실험에서는 소형화의 장점인 협소한 공간에서 이동과 조절이 용이한 프로브와 SD-OCT 시스템을 결합시켜 생체시료의 단층 이미지를 얻음으로써 handheld 타입의 컴팩트한 프로브를 이용하여 생체 내부의 광단층이미징이 가능함을 확인 하였다. 향후 프로브 구동의 안정성을 높여 좀 더 향상된 이미지를 획득하고, 이미지 획득과 영상 처리시간을 단축시켜 실시간 이미지를 얻고자 한다.

본 연구는 산업자원부 산업기술기반조성사업, 광주과학기술원 Top Brand Project “Photonics 2020”와 GTI 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

■ Reference

1. Gerd Ha“usler et. al., “Coherence and spectral radar”, J. of Biomed. Opt. 3(1), 21 (1998).
2. Zahid Yaqoob et. al., “Methods and application areas of endoscopic optical coherence tomography”, J. of Biomed. Opt. 11(6), 063001 (2006).
3. 민은정 et. al., “자기장에 의해 구동 되는 소형 광섬유 스캐닝 프로브”, Photonics Conference 2007, F2B-5 (2007).
4. Huang D et. al., "Optical coherence tomography", Science 254, 1178 (1991).
5. Johannes F. de Boer et. al., “Improved signal-to-noise ratio in spectral-domain compared with time-domain optical coherence tomography”, Optics Letter 28(21), 2067 (2003).