

생체의료 응용을 위한 주파수 이동 되먹임 레이저 Frequency-shifted feedback laser for biomedical application

지명훈, 이영우
목원대학교 전자 및 컴퓨터 공학과
ywlee@mokwon.ac.kr

생체의료용 Optical Coherence Tomography (OCT)⁽¹⁾는 살아있는 표피의 내부 미세구조의 고해상도 단면 영상을 얻는 기술이다. OCT는 1-2mm의 깊이의 작은 혈관이나 표피의 내부 구조 영상을 얻을 수 있다. OCT의 광원으로는 800nm대와 1300nm대의 파장을 갖는 Edge-emitting Light-Emitting Diode(ELED)와 Super-Luminescent diode(SLD)를 많이 사용하고 있다. 그러나 기존 광원의 가간섭성 길이가 정밀의료계측 분야의 응용에서 요구하는 해상도에 충분하지 못하다. 따라서 본 연구에서는 정밀의료계측 조건을 만족하는 고회도 FSF 레이저의 개발을 수행하고 있다.

FSF 레이저는 광 공진기내에 음향 광학 소자(Acousto-optic Modulator : AOM)를 삽입하여 레이저 발진 파장을 전자적으로 변조하는 방식이다. 이는 그림 1에 보이는 바와 같이 공진기내에 이득매질 및 음향광학소자(AOM)를 배치하고, AOM의 1차회절광을 이득매질에 귀환한 것으로서 구성되어진다. AOM에 광파가 입사하게 되면 Bragg 조건을 만족하는 방향에 강한 1차 회절광이 생기고, 이때, 음향 광학 결정층의 굴절률 격자는 음파의 전파와 함께 일정속도로 이동하기 때문에, 1차 회절광의 주파수는 입사광에 대해 도플러 이동을 받는다. 도플러 이동양은 음향파의 주파수와 동일하고, 일반적인 AOM에서는 100MHz 정도이다. 광파의 주파수는 파장 1 μ m인 경우 300THz 이므로, AOM이 주는 주파수 이동은 광파의 주파수에 비교하면 극히 작은 값이지만, 주파수 이동 궤환 동작에 의해 FSF 레이저의 출력은 일반 레이저와는 다른 주파수 chirp의 출력 특성을 갖는다. 이와 같은 주파수 chirp된 광원을 OCT에 응용함으로써 보다 고해상도의 OCT 영상을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

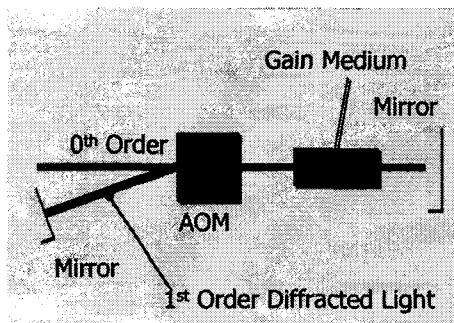


그림 1 FSFL의 공진구조

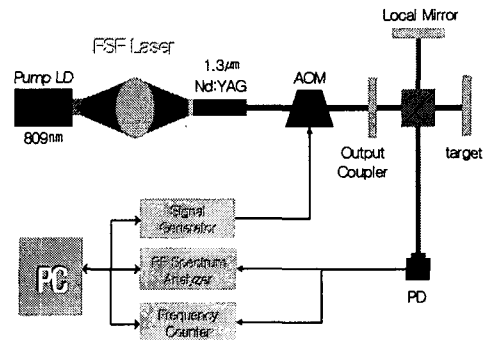


그림 2 FSF 레이저를 이용한 OCT의 장치도

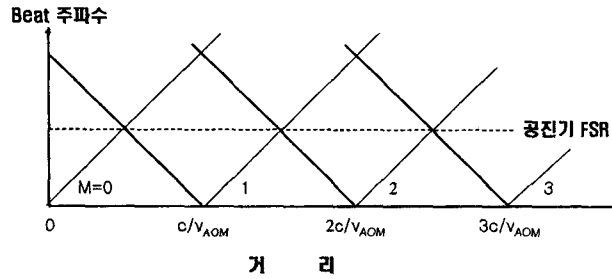


그림 3 거리의 함수로서 발생하는 m차 beat 주파수들

본 연구에서는 특히 $1.3\mu\text{m}$ 대의 반도체 여기 Nd:YAG FSF 레이저를 개발하여 Dental OCT에 응용하고자 한다. 그림 2는 반도체 레이저 여기 Nd:YAG 결정을 이득 매질로 한 FSF 레이저의 구성도이다. 음향 광학 결정은 구동 주파수 80MHz로 동작한다. FSF 레이저의 출력은 Michelson 간섭계에 입사되어 기준용과 측정 대상의 arm으로부터의 반사광을 광 검출기로 검파된다. 그림 3은 거리에 따른 beat 주파수의 함수로 계산된 결과를 보여준다. 출력 특성은 chirp된 주파수 comb과 같이 되므로 시간 지연을 주어 검파하면, 광로차에 비례한 beat frequency가 종모드 주파수마다 복수로 관측되어 질 수 있다.

참고문헌

- [1] Joseph M. Schmitt, "Optical Coherence Tomography (OCT): A Review", IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 5, p.1205-1215 (1999)
- [2] K. Nakamura, T. Hara, M. Yoshida, T. Miyahara, and H. Ito, "Optical Frequency Domain Ranging by a Frequency-Shifted Feedback Laser", IEEE J. of Quantum Electronics, Vol. 36, p. 305-316 (2000)

M
F