

광음향 효과에 기초한 초음파 세기의 2차원 분포 측정

Measurement of 2-D intensity distribution of ultrasound using acousto-optic effect

정유경*, 이상범, 전형수, 오명규, 최원식, 권호준, 이재형, 안경원
서울대학교 물리학과
kwan@phya.snu.ac.kr

최근에 빛을 생체 조직의 영상을 구하는 도구로 쓰기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 그 이유는 흡수, 반사, 산란과 같은 광학적인 특성을 통해 비정상적인 조직과 정상적인 조직을 쉽게 구분할 수 있기 때문이다. 그러나 빛은 인체를 잘 투과하지 못하고 투과한다고 하더라도 많은 산란을 겪게 되기 때문에 생체 조직의 영상을 구하기 위한 도구로써 단점을 가지고 있다. 투과성의 문제는 헤모글로빈(Hb)에 대하여 투과성이 좋은 근적외선 영역(650~1000nm)의 빛을 사용하면 극복할 수 있다. 산란의 문제는 초음파와 빛을 동시에 사용함으로써 해결할 수 있는데 실제로 생체내의 한 지점에 초음파를 집속하고 그 지점을 지나는 빛의 세기가 초음파의 주파수에 의해 변조됨을 이용하여 영상을 얻는 실험이 행해진 바 있다.⁽¹⁾ 이러한 실험의 해상도는 집속된 초음파의 초점에서의 spot size에 의해 결정되므로 집속된 초음파의 세기 분포를 아는 것이 중요하다. 본 연구에서는 물에서 집속된 주파수가 2MHz인 초음파 세기의 2차원 분포를 광음향 효과를 사용하여 측정하였다. 광음향 효과에 의해 굴절되는 빛은 초음파의 진동수가 더해지거나 빼진 진동수를 갖게 되고 이 빛의 세기는 초음파의 세기에 비례한다. 따라서 초음파와 상호 작용한 빛의 세기를 heterodyne 간섭 방법과 전기적 spectrum analyzer를 이용하여 측정하면 역으로 초음파의 세기를 알 수 있게 된다. 실험장치는 그림 1(a)와 같다. 광원으로는 파장이 793 nm인 다이오드 레이저를 사용하였으며 초음파 발생장치로는 공명주파수가 2.25MHz, 지름 12.7mm, 초점거리 25.4mm 의 집속형 수침형 초음파 진동자(ISL-0204-GP, Technisonic)를 사용하였다. 실험에서는 이 진동자를 2MHz로 구동하였다. 그림 1(b)에서 보듯이 Bragg 각도가 매우 작으므로 광음향(acousto-optic) 효과를 겪은 신호와 그냥 투과하는 빛이 거의 평행하다. 따라서 이 두 빛이 서로 heterodyne 간섭을 일으키게 되고 그 크기는 그림 2(a)와 같은 spectrum analyzer를 통해 얻은 주파수 신호의 크기에 비례한다. 본 연구에서는 진동자를 translation stage에 연결하고 초음파 빔의 방향(축)과 초음파와 레이저가 이루는 평면에 수직인 방향(x축)으로 주사(scan)하면서 각각의 지점에서 그림 2(a)와 같은 신호를 얻었다. x방향으로 주사하여 얻은 그래프가 그림 2(b) 이고 xz 주사를 통해 초음파 세기를 재구성한 것이 그림 2(c)이다. 실제 초음파 진동자의 위치를 그림 2(c)에서 사각형으로 표시하였는데 초음파가 나오는 부분과 일치하고 있음을 알 수 있고 실험을 통해 얻은 초음파의 초점거리는 28mm, spot size는 1.9mm 로 진동자 제품회사 spec의 초점거리인 25.4mm, 이론으로 얻은 spot size 인 1.9mm 와 어느 정도 일치함을 확인할 수 있었다.

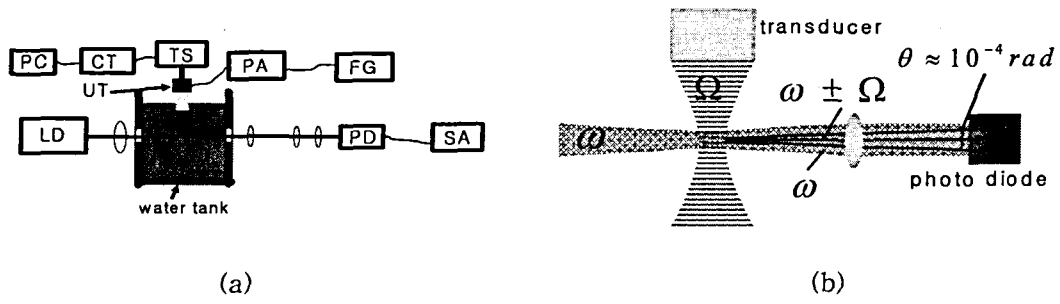
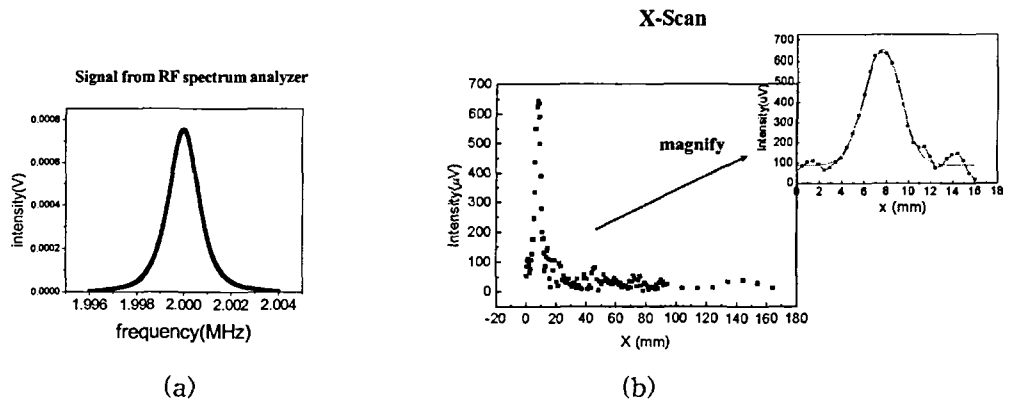


그림1. (a) 실험장치 (CT: controller, TS: translation stage, PA: power amplifier, FG: function generator, LD: laser diode, PD: photo diode, SA: spectrum analyzer)
(b) 실험의 개략도: 레이저와 초음파의 상호작용과 이로부터 나오는 신호



Intensity distribution of ultrasound wave near the focal point

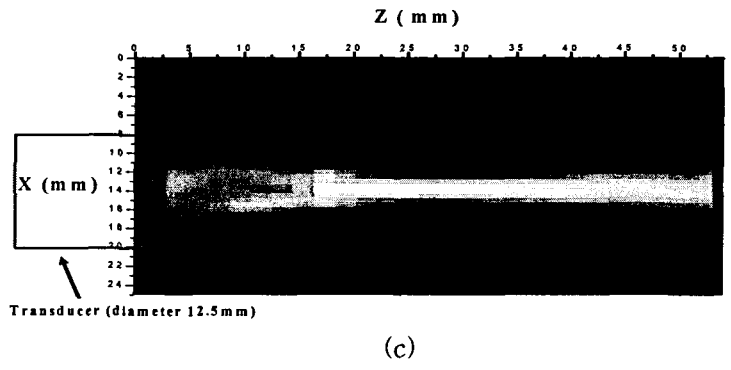


그림2. (a)spectrum analyzer를 통해 나온 신호, (b) (a)에서 얻은 신호의 최대값을 x축 방향으로 주사하면서 기록, (c) 초음파 세기의 2차원 분포

참고문헌

1. Lihong Wang, Steven L.Jacques, and Xuemei Zhao, Continuous-wave ultrasonic modulation of scattered laser light to image objects in turbid media, Opt. Lett.20, 629 (1995)
2. Lihong Wang and Xuemei Zhao, Ultrasound-modulated optical tomography of absorbing objects buried in dense tissue-simulating turbid media, Appl. Opt. 36, 7277 (1997)
3. M.Kempe, M. Larionov, D. Zaslavsky, and A. Z. Genack, Acousto-optic tomography with multiply scattered light, Appl. Opt. 14, 1151 (1997)