

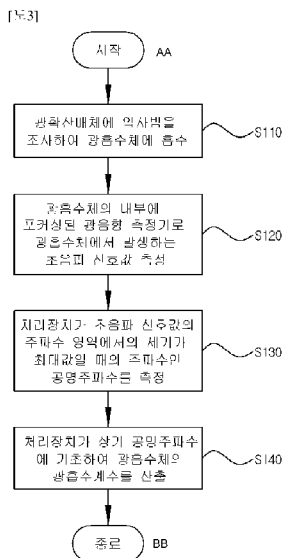


- (51) 국제특허분류:
A61B 8/00 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
A61B 8/08 (2006.01) G01N 21/17 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/IB2017/050500
- (22) 국제출원일: 2017년 1월 31일 (31.01.2017)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0176203 2015년 12월 10일 (10.12.2015) KR
- (71) 출원인: 한밭대학교 산학협력단 (HANBAT NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC CO-OPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 34158 대전시 유성구 동서대로 125, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 강동열 (KANG, Dong Yel); 34090 대전시 유성구 노은동로 111 1010 동 703 호, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 플러스 (PLUS INTERNATIONAL IP LAW FIRM); 35209 대전시 서구 한밭대로 809 10층, Daejeon (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD FOR CALCULATING LIGHT ABSORPTION COEFFICIENT IN FREQUENCY DOMAIN BY USING PHOTOACOUSTIC DETECTOR

(54) 발명의 명칭 : 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법



- AA Start
BB End
S110 Irradiate incident beam at light diffusion medium so as to absorb incident beam in optical absorber
S120 Measure ultrasonic signal value, which is generated from optical absorber, by photoacoustic detector focused on inside of optical absorber
S130 Allow processor to measure resonance frequency, which is frequency when intensity of ultrasonic signal value in frequency domain is maximum value
S140 Allow processor to calculate light absorption coefficient of optical absorber on basis of measured resonance frequency

(57) Abstract: A method for calculating a light absorption coefficient in a frequency domain by using a photoacoustic detector, according to the present invention, comprises the steps of: irradiating, at a light diffusion medium, an incident beam emitted through a light source so as to absorb the incident beam in an optical absorber positioned inside the light diffusion medium; measuring an ultrasonic signal value, which is generated from the optical absorber, by a photoacoustic detector positioned on the light diffusion medium so as to be focused on the inside of the light diffusion medium; allowing a processor connected to the light source and the photoacoustic detector to receive the measured ultrasonic signal value so as to measure a resonance frequency, which is the frequency when the intensity of the ultrasonic signal value in a frequency domain is the maximum value; and allowing the processor to calculate the light absorption coefficient of the optical absorber on the basis of the measured resonance frequency. According to the present invention, the light absorption coefficient of the optical absorber positioned inside of the light diffusion medium can be quantitatively calculated even if an effective scattering coefficient of the light diffusion medium is unknown.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))
- 하나 또는 그 이상의 우선권주장과 관련된 우선권 회복 신청에 관한 정보와 함께 (규칙 26 의 2.3 및 48.2(b)(vii))

본 발명에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법은, 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함하여 이루어질 수 있다. 이러한 본 발명에 의하면, 비록 광확산매체의 유효산란계수를 알지 못하더라도 광확산매체 내부에 위치하는 광흡수체의 광흡수계수를 정량적으로 산출해낼 수 있게 된다.

명세서

발명의 명칭: 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 광확산매체 내부에 위치하는 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정된 뒤, 처리장치가 상기 초음파 신호값을 주파수 영역에서 처리함으로써 상기 광흡수체의 광흡수계수를 정량적으로 산출하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 X선, 초음파 또는 MRI를 이용한 광음향 이미징(photoacoustic imaging) 장치가 의료분야에서 널리 사용되고 있으며, 특히 광원으로부터 방출된 입사빔을 광확산매체(예를 들어, 생체조직)에 조사시켜, 상기 광확산매체 내의 정보를 얻는 광음향 이미징 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [3] 이러한 광음향 이미징 기술에 의하면, 광원으로부터 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사할 경우 그 입사빔은 광확산매체 내에서 전파되고, 그 전파된 입사빔은 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체(예를 들어, 혈관, 암세포, 뼈 등)에 흡수되게 된다. 그리고 이에 따라 광흡수체에서는 열팽창 현상으로 인해 초음파가 발생하게 되며, 이 초음파는 광확산매체 내에서 산란이 거의 일어나지 않기 때문에 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기를 이용하여 높은 해상도로 상기 초음파의 신호값을 측정하게 된다.
- [4] 이 때, 광확산매체 내부에 위치하는 광흡수체의 광흡수계수를 정량적으로 산출해냄으로써 광흡수체의 성질과 관련된 다양한 정보를 획득할 수 있다. 예를 들어, 생체조직(광확산매체) 내부에 위치하는 종양(광흡수체)의 광흡수계수를 산출함으로써 종양의 특성을 파악할 수 있으며, 생체조직 내부에 위치하는 뼈(광흡수체)의 광흡수계수를 산출함으로써 골다공증의 진행 상황과 같은 의학적 정보를 비침습적으로 파악할 수 있는 것이다.
- [5] 하지만 광음향 이미징 기술에 있어서 광확산매체 내부에 위치하는 광흡수체의 광흡수계수를 정량적으로 산출하는 것은, 광확산매체의 광 특성이 광확산매체의 유형마다 랜덤하고, 동일한 유형이라 하더라도 개체마다 다르기 때문에(예를 들어, 사람의 피부조직마다 광확산매체의 광 특성이 상이함) 결코 쉬운 일이 아니다.
- [6] 한편, 종래부터 광음향 이미징 기술 중 하나인 광음향 토모그래피(PAT: Photoacoustic Tomography) 기술을 이용하여 광흡수계수를 정량적으로 측정하려는 시도가 행해지고 있었다. 하지만 광음향 토모그래피 기술을 이용하더라도 광확산매체 내의 광 에너지 밀도분포(광량분포)를 정확하게

측정해내기 어려워 광흡수체의 광흡수계수 역시 정확하게 측정할 수 없었으며, 이에 따라 광량분포를 정확하게 측정하기 위하여 확산 광학 토모그래피(DOT: Diffuse Optical Tomography)와의 결합을 시도하기도 하였다.

- [7] 한편, 다음의 수학적식 1은 기존 문헌들에 개시되어 있는, 광흡수로 인해 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값($g_{PA}(t)$)을 나타낸 것이다.

[8] [수학적식 1]

$$[9] \quad g_{PA}(t) = I_0 \exp(-\mu_{eff}L) \Gamma \mu_a \exp(-\mu_a v_s t)$$

- [10] 여기서, I_0 는 광원에서 방출되는 입사빔의 세기, μ_{eff} 는 광확산매체의 유효산란계수, L 은 광확산매체의 두께, Γ 는 그뤼나이젠(Gruneisen)계수, v_s 는 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도, t 는 시간이며, μ_a 는 산출하고자 하는 광흡수체의 광흡수계수이다.

- [11] 입사빔이 광확산매체의 표면에 균일하게 조사될 경우 그 입사빔의 조도는 수학적식 1의 $\exp(-\mu_{eff}L)$ 및 $\exp(-\mu_a v_s t)$ 에서 알 수 있는 바와 같이, 광확산매체와 광흡수체 내에서 지수적으로(exponentially) 감쇄된다.

- [12] 상기 수학적식 1에서 $I_0 \exp(-\mu_{eff}L)$ 는 광흡수체 표면에서의 입사빔의 조도를 나타내며, 이와 같은 광흡수체 표면에서의 입사빔의 조도는 광확산매체의 알려지지 않은 광 특성(즉, μ_{eff})으로 인해 랜덤 변수에 해당하게 된다. 이에 따라, 어떤 광확산매체로 입사되는 입사빔의 세기를 알고 있고, 광음향 측정기로 광흡수체에서 발생하는 초음파의 신호값을 측정한다 하더라도 광흡수체의 광흡수계수(μ_a)를 정량적으로 산출해내기 어렵다는 문제점이 있다.

- [13] 한편, 다음의 수학적식 2는 상기 수학적식 1을 푸리에 변환한 결과로서, 광흡수체가 입사빔을 흡수함에 따라 그 광흡수체로부터 발생하는 초음파의 스펙트럼($\tilde{G}_{PA}(\omega)$)을 나타낸 것이다.

[14] [수학적식 2]

$$[15] \quad \tilde{G}_{PA}(\omega) = \frac{\Gamma}{2} \mu_a \exp(-\mu_{eff}L) \tilde{I}(\omega) \left(\frac{1}{i\omega + \mu_a v_s} \right)$$

- [16] 여기서, $I(\omega)$ 는 입사빔의 주파수 성분으로서, 수학적식 2도 상기 수학적식 1과 마찬가지로 광확산매체의 유효산란계수(μ_{eff})는 광확산매체마다 서로 다른 값을 나타내기 때문에 광흡수체의 광흡수계수(μ_a)를 정량적으로 산출해내기 어렵다는 문제점이 있다.

[17] [선행기술문헌]

[18] [특허문헌]

[19] 미국등록특허 제5713356호(공개일: 1998.02.03)

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [20] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 비록 광확산매체의 유효산란계수(μ_{eff})를 알지 못하더라도, 광확산매체 내부에 위치하는 광흡수체의 광흡수계수(μ_a)를 정량적으로 산출해낼 수 있는 방안을 제공하는 것에 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [21] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법은, 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함한다.
- [22] 여기서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수와, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [23] 또는, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [24] 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법은, 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 동일한 주파수들 사이의 차이에 해당하는 주파수 폭을 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 주파수 폭에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함한다.
- [25] 여기서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 주파수 폭과, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기

광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.

- [26] 또는, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 주파수 폭 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 주파수 폭에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [27] 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법은, 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함한다.
- [28] 여기서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수와, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [29] 또는, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [30] 본 발명의 제 4 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법은, 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 동일한 주파수들 사이의 차이에 해당하는 주파수 폭을 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 주파수 폭에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함한다.
- [31] 여기서, 상기 처리장치가 상기 주파수 폭과, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [32] 또는, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 주파수 폭 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고,

상기 록업 테이블을 통해 상기 주파수 폭에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.

- [33] 본 발명의 제 5 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법은, 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 허수부의 크기가 0일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함한다.
- [34] 여기서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수와, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [35] 또는, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 록업 테이블을 포함하고, 상기 록업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [36] 본 발명에 의하면, 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정한 뒤, 처리장치에서 상기 초음파 신호값을 입력받아 공명주파수 또는 주파수 폭을 측정하는 방법을 통해, 비록 광확산매체의 유효산란계수(μ_{eff})를 알지 못하더라도 광확산매체 내부에 위치하는 광흡수체의 광흡수계수(μ_a)를 정량적으로 산출해낼 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [37] 도 1은 본 발명에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 구현하는 장치의 개략도이다.
- [38] 도 2a 및 도 2b는 광흡수체로부터 발생하는 초음파의 스펙트럼을 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.
- [39] 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [40] 도 4는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [41] 도 5a 및 도 5b는 광흡수체로부터 발생하는 초음파 스펙트럼의 실수부를 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.

- [42] 도 6은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [43] 도 7은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [44] 도 8a 및 도 8b는 광흡수체로부터 발생하는 초음파 스펙트럼의 허수부를 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.
- [45] 도 9는 본 발명의 제 5 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [46] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법에 대해 상세하게 설명한다. 첨부한 도면들은 통상의 기술자에게 본 발명의 기술적 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것으로서, 본 발명은 첨부한 도면들만으로 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 기술적 사상을 변경시키지 않는 범위 내에서 얼마든지 다른 형태로 구체화될 수 있다. 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대해서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [47] 도 1은 본 발명에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 구현하는 장치의 개략도로서, 상기 장치는 광원(100), 광음향 측정기(200) 및 처리장치(300)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [48] 광원(100)에서는 입사빔을 방출시키며, 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔은 광확산매체(10)에 조사된다. 광확산매체(10)에 조사되는 입사빔은 광확산매체(10) 내에서 전파 및 확산되며, 광확산매체(10)의 유효산란계수(μ_{eff})에 의해 그 세기가 지수적으로 감쇄되면서 광흡수체(20)의 표면에 도달하게 된다. 여기서, 광원(100)에서 방출되는 입사빔은 광흡수체(20)에 흡수됨에 따라 열팽창 현상에 의해 초음파를 발생시키도록 하는 빔으로서, 예를 들어 특정 파장의 광변조 빔 또는 펄스 레이저 빔일 수 있다.
- [49] 광흡수체(20)는 그 표면에 도달한 입사빔을 흡수하게 되며 그에 따른 열팽창 현상으로 인해 초음파를 발생시키게 된다. 이 때, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 속도는 광확산매체(10)에 따라 일정한 값으로 정해져 있기 때문에(예를 들어, 생체조직 내에서 초음파의 속도는 일반적으로 1500m/s임), 초음파의 속도는 후술하는 수학적식들에서 상수로서 취급할 수 있는 값이다.
- [50] 광음향 측정기(200)는 광확산매체(10) 상에 위치하며, 광확산매체(10)의 내부에 포커스를 맞춘 뒤 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 역할을 한다. 이 때, 광음향 측정기(200)로는, 예를 들어 초음파 트랜스듀서를 사용할 수 있다. 비록 도 1에는 광음향 측정기(200)의 포커스가 광흡수체(20)의 표면에 정확하게 맞춰진 것으로 나타냈지만, 광음향 측정기(200)의 포커스는 광흡수체(20)의 표면으로부터 위쪽이나 아래쪽으로 소정 거리 이격된 위치에

맞춰질 수도 있다.

- [51] 광음향 측정기(200)는 기기마다 초점거리와 측정기의 반지름으로 특징지어지는 개구수(NA: Numerical Aperture)가 미리 설정되어 있으며, 광음향 측정기(200)를 광확산매체(10) 상에 위치시킴에 따라, 광음향 측정기(200)의 일측과 중심축 사이에는 θ_{NA} (개구수의 각도)가 존재하게 된다. 만일 θ_{NA} 가 90° 일 경우에는 광음향 측정기(200)가 광흡수체(20)의 전 영역에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 것이 되지만, 실제 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로 측정되는 초음파 신호값은 도 1에 나타난 바와 같이 광음향 측정기(200)의 일측과 타측에 의해 설정되는 가상의 검출지점(virtual detector point)을 통과하는 광흡수체(20)의 영역(이하, '측정영역'이라 함)에 대해서만 초음파의 측정이 이루어지는 것이다. 만일 이 측정영역에서 발생하는 초음파가 가상의 검출지점을 통과하지 않고 광음향 측정기(200)에 도달하게 되면, 이 초음파는 광음향 측정기(200)의 포커싱에 대해 위상이 맞지 않으므로 유의미한 신호값으로 측정되지 않게 된다. 그리고 상기 측정영역 이외에서 발생한 초음파는 가상의 검출지점을 통과하는지 여부에 관계없이 광음향 측정기(200)의 포커싱에 대해 위상이 맞지 않으므로 이 또한 유의미한 신호값으로 측정되지 않게 된다.
- [52] 상기 수학식 1 및 수학식 2는 광음향 측정기(200)가 광흡수체(20)의 전 영역에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 경우를 가정하여 세워진 식으로서, 실제 광음향 측정기(200)의 사용 태양을 고려하는 경우(즉, 광음향 측정기(200)의 포커싱이 광확산매체(10)의 내부에 맞춰짐에 따라, 측정영역에 대해서만 초음파 신호값이 측정되는 실정을 고려하는 경우) 상기 수학식 1 및 수학식 2는 수정될 필요가 있다. 다만, 상기 수학식 1 및 수학식 2는 광확산매체(10) 내부에 위치하는 광흡수체(20)의 전 영역에서 발생하는 초음파 신호값을 각각 시간 영역 및 주파수 영역으로 나타낸 것으로서, 이하에서는 수학식 2만을 실제 광음향 측정기(200)의 사용 태양을 고려하여 수정하기로 한다.
- [53] 수학식 2의 수정은 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)에 의한 측정영역을, 가상의 검출지점을 원점($r=0$)으로 하는 구면좌표계 상에서의 적분을 수행함으로써 이루어질 수 있다.
- [54] 상기 측정영역에서 발생하는 초음파 신호값은 광확산매체(10) 내에서 광음향 측정기(200)의 초점거리인 $L(=f_L = |\vec{r} - \vec{r}_c|)$ 만큼 전파되므로, 수학식 2의 결과에 상수 위상 인자(constant phase factor)인 $\exp(-ikf_L)$ 이 추가되어야 한다.
- [55] 이에 따라, 광음향의 Helmholtz 방정식에 대한 솔루션(Green function)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[56] (1)

$$\tilde{G}_{PA}(\vec{r}, \omega) = \frac{i\omega\beta}{4\pi C_P} \int_V \frac{\exp[ik|\vec{r} - \vec{r}_0|]}{|\vec{r} - \vec{r}_0|} \tilde{H}(\vec{r}_0, \omega) dV$$

[57] 도 1에 나타낸 구면좌표계의 $r=0$, 즉 가상의 검출지점에서 초음파의 스펙트럼은 다음과 같다.

$$[58] \quad (2) \quad \tilde{G}_{PA}(r=0, \omega) = \frac{i\omega\beta}{4\pi C_P} \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=\pi-\theta_{NA}}^{\pi} \int_{r=0}^{\infty} \frac{\exp[-ikr]}{r} \tilde{H}(\vec{r}, \omega) r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi$$

[59] 식(2)에서 광음향 소스(photoacoustic source) $\tilde{H}(\vec{r}, \omega)$ 는 입사빔이

광흡수체(20) 내에 입사될 때의 열분포를 나타내며, 상기 $\tilde{H}(\vec{r}, \omega)$ 는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$[60] \quad (3) \quad \tilde{H}(\vec{r}, \omega) = \mu_a \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \exp[-\mu_a r \cos(\pi - \theta)]$$

[61] 여기서, $\tilde{I}(\omega)$ 는 $r=0$ 및 $\theta=\pi/2$ 평면에서 입사빔 세기의 스펙트럼을 나타내며, 광흡수체(20) 상에 있는 광확산매체(10)의 광 특성(즉, 유효산란계수인 μ_{eff})은 입사빔의 세기를 $\tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L)$ 로 만든다.

[62] 식(3)을 고려하면, 식(2)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[63] \quad \tilde{G}_{PA}(r=0, \omega) = \frac{i\omega\beta}{2C_P} \mu_a \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \int_{\theta=\pi-\theta_{NA}}^{\pi} \int_{r=0}^{\infty} r \exp[-ikr] \exp[-\mu_a r \cos(\pi - \theta)] \sin\theta dr d\theta$$

[64] 다음으로 위의 식을 θ 로 적분하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[65] \quad \begin{aligned} \tilde{G}_{PA}(r=0, \omega) &= \frac{i\omega\beta}{2C_P} \mu_a \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \int_{r=0}^{\infty} r \exp[-ikr] \left[\frac{-\exp[-\mu_a r] + \exp[-\mu_a r \cos\theta_{NA}]}{\mu_a r} \right] dr \\ &= \frac{i\omega\beta}{2C_P} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \int_{r=0}^{\infty} \exp[-ikr] [-\exp[-\mu_a r] + \exp[-\mu_a r \cos\theta_{NA}]] dr \end{aligned}$$

[66] 다음으로 위의 식을 변수 r 로 적분하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[67] \quad \begin{aligned} \tilde{G}_{PA}(r=0, \omega) &= \frac{i\omega\beta}{2C_P} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \left[-\frac{1}{ik + \mu_a} + \frac{1}{ik + \mu_a \cos\theta_{NA}} \right] \\ &= \frac{\beta v_s^2}{2C_P} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \frac{i\omega}{v_s^2} \left[-\frac{1}{ik + \mu_a} + \frac{1}{ik + \mu_a \cos\theta_{NA}} \right] \\ &= \frac{\Gamma}{2} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \frac{\omega}{v_s} \left[\frac{1}{i\mu_a v_s - \omega} - \frac{1}{i\mu_a v_s \cos\theta_{NA} - \omega} \right] \end{aligned}$$

[68] 따라서, 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔이 광확산매체(10)에 조사된 후, 상기 입사빔의 전파 및 확산을 통해 광흡수체(20)에 흡수될 때, 상기 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 스펙트럼은 다음의 수학식 3과 같음을 알 수 있다.

[69] [수학식 3]

$$[70] \quad G_{PA}(\omega) = \frac{\Gamma}{2} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \frac{\omega}{v_s} \left[\frac{1}{i\mu_a v_s - \omega} - \frac{1}{i\mu_a v_s \cos\theta_{NA} - \omega} \right]$$

[71]

- [72] 상기 수학식 3에서 $\Gamma = \frac{\beta v_s^2}{C_p}, \omega = v_s k$ 이다. 만일 $\cos\theta_{NA}=0$ (즉, $\theta_{NA}=\pi/2$ 또는

NA=1)일 경우에는 수학식 3은 상기 수학식 2와 동일해진다는 것을 알 수 있다. 상술한 바와 같이, $\theta_{NA}=\pi/2$ (즉, NA=1)는 광음향 측정기(200)가 광흡수체(20)의 전 영역에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 경우를 가리키는 것이지만, 광음향 측정기(200)의 실제 사용 태양에서 θ_{NA} 는 $0<\theta_{NA}<\pi/2$ (즉, $0<NA<1$)의 범위를 가지므로, 상기 수학식 2는 상기 수학식 3과 같이 수정될 것이 요구된다.

- [73] 상기 수학식 3에 대해 대수 처리를 거치면, 다음의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있으며, 이 때 공명주파수(ω_0) 및 주파수 폭(γ)은 각각 수학식 5와 수학식 6으로 정의될 수 있다.

- [74] [수학식 4]

$$[75] \quad G_{PA}(\omega) = \frac{\Gamma}{2} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \frac{\omega}{v_s} \left[\frac{i\mu_a v_s (\cos\theta_{NA} - 1)}{\omega^2 - \omega_0^2 - i\gamma\omega} \right]$$

- [76] [수학식 5]

$$[77] \quad \omega_0 = \mu_a v_s \sqrt{\cos\theta_{NA}}$$

- [78] [수학식 6]

$$[79] \quad \gamma = \mu_a v_s (1 + \cos\theta_{NA})$$

- [80] 수학식 4 내지 수학식 6에 의하면 수학식 2와는 달리, 초음파 스펙트럼이 공명주파수(ω_0)와 주파수 폭(γ)을 갖는다는 것을 알 수 있다. 즉, 광음향 측정기(200)가 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 경우에는, 그 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파의 스펙트럼에는 항상 공명주파수(ω_0)와 주파수 폭(γ)이 존재한다는 것을 알 수 있으며, 특히 수학식 5에 의하면 $\cos\theta_{NA}=0$ (즉, $\theta_{NA}=\pi/2$ 또는 NA=1)일 경우(즉, 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)가 광흡수체(20)의 전 영역에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 것으로 가정할 경우)에는 공명주파수가 존재하지 않는다는 것을 알 수 있다.

- [81] 처리장치(300)는 광원(100)과 연결되어 있어, 광원(100)에서 방출되는 입사빔의 방출시간과 파형을 조정할 수 있다. 또한, 처리장치(300)는 광음향 측정기(200)와도 연결되어 있어, 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 신호값을 입력받을 수 있다.

- [82] 처리장치(300) 내에는 광음향 측정기(200)로부터 입력받는 초음파 신호값을 처리하여 공명주파수 또는 주파수 폭을 측정할 수 있는 프로그램 및, 상기

측정된 공명주파수 또는 주파수 폭에 기초하여 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있는 프로그램이 구비되어 있다. 이에 따라, 처리장치(300)는 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔에 따라 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값을 주파수 영역에서 처리하여 광흡수체(20)의 광흡수계수를 정량적으로 산출할 수 있으며, 이에 대한 보다 구체적인 설명은 이하에서 설명하기로 한다.

- [83] 도 2a 및 도 2b는 광흡수체로부터 발생하는 초음파의 스펙트럼을 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.
- [84] 구체적으로, 도 2a는 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)가 1일 때, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 정규화된 세기(y축)를 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수(x축)에 따라 나타낸 그래프이다. 그리고 도 2b는 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)가 각각 0.6, 0.8일 때, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 정규화된 세기(y축)를 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수(x축)에 따라 나타낸 그래프이다.
- [85] 도 2a에 의하면 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수가 0일 때 최대값을 갖는 것으로 나타났지만, 도 2b에 의하면 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수가 0보다 큰 주파수에서 최대값을 갖는다는 것을 알 수 있으며, 이와 같은 시뮬레이션 결과의 차이는 광음향 측정기(200)의 실제 사용 태양에 있어서 그 개구수가 1(NA=1)이 아닌데서 기인한다는 것을 알 수 있다. 또한, 시뮬레이션 수행 결과, 도 2b에서 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 최대값일 때의 주파수는 상기 수학식 5에 따른 공명주파수(ω_0)와 일치한다는 점을 확인하였으며, 이 때 광확산매체(10)의 유효산란계수(μ_{eff})는 공명주파수에 유효한 영향을 미치지 않는다는 점도 확인하였다.
- [86] 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 본 발명의 제 1 실시예에서는 상기 수학식 5 및 도 2b의 시뮬레이션 결과를 토대로 광확산매체(20)의 광흡수계수를 산출하는 방법을 제공한다.
- [87] 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광흡수계수를 산출하는 방법은, 우선 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체(10)에 조사하여 상기 광확산매체(10)의 내부에 위치하는 광흡수체(20)에 흡수시킨다(S110). 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔은 광확산매체(10) 내에서 전파 및 확산되면서 광흡수체(20)에 도달하게 되며, 광흡수체(20)는 입사빔을 흡수하여 초음파를 발생시키게 된다.
- [88] 다음으로, 광확산매체(10) 상에 위치하여, 상기 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값(보다 구체적으로는, 도 1에 나타낸 바와 같이 광흡수체(20)의 측정영역에서 발생하는 초음파 신호값)을 측정한다(S120).
- [89] 다음으로, 광원(100) 및 광음향 측정기(200)와 연결되는 처리장치(300)가

측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정한다(S130). 즉, 처리장치(300)는 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 최대값일 때의 주파수를 공명주파수로서 측정한다.

[90] 마지막으로, 처리장치(300)가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출한다(S140).

[91] 보다 구체적으로, 처리장치(300)는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출하기 위해, 처리장치(300) 내에 상기 수학식 5에 대응하는 프로그램을 구비할 수 있다. 즉, 처리장치(300)는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 속도 및 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)를 미리 저장해 놓은 뒤, 측정되는 공명주파수를 수학식 5에 대입하는 연산처리를 수행함으로써 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다.

[92] 또는, 처리장치(300)는 도 2b에 나타낸 결과를 통해 알 수 있는 바와 같이, 공명주파수 및 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블(LUT)을 미리 구비해 놓을 수 있으며, 이와 같은 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수도 있다.

[93]

[94] 한편, 도 2b에 의하면 도 2a와는 달리, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 서로 동일한 주파수들이 존재하며(예를 들어, 광흡수체(20)의 광흡수계수가 600m^{-1} 이고, 광음향 측정기(200)의 개구수가 0.8일 경우, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값의 정규화된 세기가 0.6을 갖는 주파수들이 2개 존재함), 이에 따라 그 주파수들 간의 차이에 해당하는 주파수 폭이 존재한다는 것을 알 수 있다. 그리고 이와 같은 시뮬레이션 결과의 차이 역시 광음향 측정기(200)의 실제 사용 태양에서는 그 개구수가 1(NA=1)이 아닌데서 기인하는 것임을 알 수 있다.

[95] 도 4는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 본 발명의 제 2 실시예에서는 상기 수학식 6 및 도 2b의 시뮬레이션 결과를 토대로 광확산매체(20)의 광흡수계수를 산출하는 방법을 제공한다.

[96] 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광흡수계수를 산출하는 방법은, 우선 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체(10)에 조사하여 상기 광확산매체(10)의 내부에 위치하는 광흡수체(20)에 흡수시킨다(S210). 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔은 광확산매체(10) 내에서 전파 및 확산되면서 광흡수체(20)에 도달하게 되며, 광흡수체(20)는 입사빔을 흡수하여 초음파를 발생시키게 된다.

[97] 다음으로, 광확산매체(10) 상에 위치하여, 상기 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값(보다

구체적으로는, 도 1에 나타낸 바와 같이 광흡수체(20)의 측정영역에서 발생하는 초음파 신호값을 측정한다(S220).

- [98] 다음으로, 광원(100) 및 광음향 측정기(200)와 연결되는 처리장치(300)가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 동일한 주파수들 사이의 차이에 해당하는 주파수 폭을 측정한다(S230). 즉, 처리장치(300)는 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 동일한 주파수들 사이의 차이를 주파수 폭으로서 측정한다.
- [99] 마지막으로, 처리장치(300)가 측정된 상기 주파수 폭에 기초하여 상기 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출한다(S240).
- [100] 보다 구체적으로, 처리장치(300)는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출하기 위해, 처리장치(300) 내에 상기 수학식 6에 대응하는 프로그램을 구비할 수 있다. 즉, 처리장치(300)는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 속도 및 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)를 미리 저장해 놓은 뒤, 측정되는 주파수 폭을 수학식 6에 대입하는 연산처리를 수행함으로써 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다. 다만, 상기 수학식 6에서 도출된 주파수 폭(γ)은 상수(constant)값에 따라 달라질 수 있으므로, 처리장치(300)에서는 상기 수학식 6에 따라 연산 처리를 수행할 때 이와 같은 상수값을 고려하여 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다.
- [101] 또는, 처리장치(300)는 도 2b에 나타낸 결과를 통해 알 수 있는 바와 같이, 주파수 폭 및 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블(LUT)을 미리 구비해 놓을 수 있으며, 이와 같은 룩업 테이블을 통해 상기 주파수 폭에 대응하는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수도 있다.

[102]

- [103] 한편, 상기 수학식 4로 나타낸 초음파 스펙트럼은, 대수 처리를 통해 다음의 수학식 7과 같이 실수부(real part)와 허수부(imaginary part)로 구분하여 나타낼 수 있으며, 이 때 공명주파수(ω_0) 및 주파수 폭(γ)은 각각 수학식 8 및 수학식 9로 정의될 수 있다.

[104] [수학식 7]

[105]

$$G_{PA}(\omega) = \frac{F}{2} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \frac{\omega}{v_s} \left[\frac{i\mu_a v_s (\cos\theta_{NA} - 1)}{\omega^2 - \omega_0^2 - i\gamma\omega} \right]$$

$$= \frac{F}{2} \tilde{I}(\omega) \exp(-\mu_{eff}L) \frac{\omega}{v_s} \left[\frac{\gamma\omega\mu_a v_s (1 - \cos\theta_{NA})}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + \gamma^2\omega^2} - i \frac{(\omega^2 - \omega_0^2)\mu_a v_s (1 - \cos\theta_{NA})}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + \gamma^2\omega^2} \right]$$

[106] [수학식 8]

[107]

$$\omega_0 = \mu_a v_s \sqrt{\cos\theta_{NA}}$$

[108] [수학식 9]

[109]

$$\gamma = \mu_a v_s (1 + \cos \theta_{NA})$$

[110] 우선, 수학식 7 내지 수학식 9에 의하면 상기 수학식 2와는 달리, 초음파 스펙트럼의 실수부가 공명주파수(ω_0)와 주파수 폭(γ)을 갖는다는 것을 알 수 있다. 즉, 광음향 측정기(200)가 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 경우에는, 그 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 스펙트럼의 실수부에는 항상 공명주파수(ω_0)와 주파수 폭(γ)이 존재한다는 것을 알 수 있으며, 특히 수학식 8에 의하면 $\cos \theta_{NA}=0$ (즉, $\theta_{NA}=\pi/2$ 또는 $NA=1$)일 경우(즉, 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)가 광흡수체(20)의 전 영역에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 것으로 가정할 경우)에는 공명주파수가 존재하지 않는다는 것을 알 수 있다.

[111] 도 5a 및 도 5b는 광흡수체로부터 발생하는 초음파 스펙트럼의 실수부를 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.

[112] 구체적으로, 도 5a는 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)가 1일 때, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기(y 축)를 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수(x 축)에 따라 나타낸 그래프이다. 그리고 도 5b는 광음향 측정기(200)의 개구수가 0.6일 때, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기(y 축)를 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수(x 축)에 따라 나타낸 그래프이다.

[113] 도 5a에 의하면 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수가 0일 때 최대값을 갖는 것으로 나타났지만, 도 5b에 의하면 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수가 0보다 큰 주파수에서 최대값을 갖는다는 것을 알 수 있으며, 이와 같은 시뮬레이션 결과의 차이는 광음향 측정기(200)의 실제 사용 태양에 있어서 그 개구수가 1($NA=1$)이 아닌데서 기인한다는 것을 알 수 있다. 또한, 시뮬레이션 수행 결과, 도 5b에서 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 최대값일 때의 주파수는 상기 수학식 8에 따른 공명주파수(ω_0)와 일치한다는 점을 확인하였으며, 이 때 광확산매체(100)의 유효산란계수(μ_{eff})는 공명주파수에 유효한 영향을 미치지 않는다는 점도 확인하였다.

[114] 도 6은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 본 발명의 제 3 실시예에서는 상기 수학식 8 및 도 5b의 시뮬레이션 결과를 토대로 광확산매체(20)의 광흡수계수를 산출하는 방법을 제공한다.

[115] 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광흡수계수를 산출하는 방법은, 우선 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체(10)에 조사하여 상기

광확산매체(10)의 내부에 위치하는 광흡수체(20)에 흡수시킨다(S310).

광원(100)을 통해 방출되는 입사빔은 광확산매체(10) 내에서 전파 및 확산되면서 광흡수체(20)에 도달하게 되며, 광흡수체(20)는 입사빔을 흡수하여 초음파를 발생시키게 된다.

[116] 다음으로, 광확산매체(10) 상에 위치하여, 상기 광확산매체(10) 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값(보다 구체적으로는, 도 1에 나타낸 바와 같이 광흡수체(20)의 측정영역에서 발생하는 초음파 신호값)을 측정한다(S320).

[117] 다음으로, 광원(100) 및 광음향 측정기(200)와 연결되는 처리장치(300)가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정한다(S330). 즉, 처리장치(300)는 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 최대값일 때의 주파수를 공명주파수로서 측정한다.

[118] 마지막으로, 처리장치(300)가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출한다(S340).

[119] 보다 구체적으로, 처리장치(300)는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출하기 위해, 처리장치(300) 내에 상기 수학식 8에 대응하는 프로그램을 구비할 수 있다. 즉, 처리장치(300)는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 속도 및 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)를 미리 저장해 놓은 뒤, 측정되는 공명주파수를 수학식 8에 대입하는 연산처리를 수행함으로써 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다.

[120] 또는, 처리장치(300)는 도 5b에 나타낸 결과를 통해 알 수 있는 바와 같이, 공명주파수 및 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블(LUT)을 미리 구비해 놓을 수 있으며, 이와 같은 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수도 있다.

[121]

[122] 한편, 도 5b에 의하면 도 5a와는 달리, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 서로 동일한 주파수들이 존재하며(예를 들어, 광흡수체(20)의 광흡수계수가 600m^{-1} 이고, 광음향 측정기(200)의 개구수가 0.6일 경우, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값의 정규화된 실수부의 크기가 0.6을 갖는 주파수들이 2개 존재함), 이에 따라 그 주파수들 간의 차이에 해당하는 주파수 폭(γ)이 존재한다는 것을 알 수 있다. 그리고 이와 같은 시뮬레이션 결과의 차이 역시 광음향 측정기(200)의 실제 사용 태양에서는 그 개구수가 1($\text{NA}=1$)이 아닌데서 기인하는 것임을 알 수 있다.

[123] 도 7은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 본 발명의 제 4 실시예에서는 상기 수학식 9 및 도 5b의 시뮬레이션 결과를 토대로

- 광확산매체(20)의 광흡수계수를 산출하는 방법을 제공한다.
- [124] 본 발명의 제 4 실시예에 따른 광흡수계수를 산출하는 방법은, 우선 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체(10)에 조사하여 상기 광확산매체(10)의 내부에 위치하는 광흡수체(20)에 흡수시킨다(S410). 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔은 광확산매체(10) 내에서 전파 및 확산되면서 광흡수체(20)에 도달하게 되며, 광흡수체(20)는 입사빔을 흡수하여 초음파를 발생시키게 된다.
- [125] 다음으로, 광확산매체(10) 상에 위치하여, 상기 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값(보다 구체적으로는, 도 1에 나타낸 바와 같이 광흡수체(20)의 측정영역에서 발생하는 초음파 신호값)을 측정한다(S420).
- [126] 다음으로, 광원(100) 및 광음향 측정기(200)와 연결되는 처리장치(300)가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 동일한 주파수들 사이의 차이에 해당하는 주파수 폭을 측정한다(S430). 즉, 처리장치(300)는 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 동일한 주파수들 사이의 차이를 주파수 폭으로서 측정한다.
- [127] 마지막으로, 처리장치(300)가 측정된 상기 주파수 폭에 기초하여 상기 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출한다(S440).
- [128] 보다 구체적으로, 처리장치(300)는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출하기 위해, 처리장치(300) 내에 상기 수학식 9에 대응하는 프로그램을 구비할 수 있다. 즉, 처리장치(300)는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 속도 및 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)를 미리 저장해 놓은 뒤, 측정되는 주파수 폭을 수학식 9에 대입하는 연산처리를 수행함으로써 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다. 다만, 상기 수학식 9에서 도출된 주파수 폭(γ)은 상수값에 따라 달라질 수 있으므로, 처리장치(300)에서는 상기 수학식 9에 따라 연산 처리를 수행할 때 이와 같은 상수값을 고려하여 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다.
- [129] 또는, 처리장치(300)는 도 5b에 나타낸 결과를 통해 알 수 있는 바와 같이, 주파수 폭 및 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블(LUT)을 미리 구비해 놓을 수 있으며, 이와 같은 룩업 테이블을 통해 상기 주파수 폭에 대응하는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수도 있다.
- [130]
- [131] 도 8a 및 도 8b는 광흡수체로부터 발생하는 초음파 스펙트럼의 허수부를 시뮬레이션을 통해 나타낸 결과이다.
- [132] 구체적으로, 도 8a는 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)가 1일 때, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 허수부의 크기(y축)를 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수(x축)에 따라 나타낸 그래프이다. 그리고 도 8b는 광음향 측정기(200)의 개구수(NA)가 0.6일 때, 초음파 신호값의 주파수 영역에서의

허수부의 크기(y 축)를 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수(x 축)에 따라 나타낸 그래프이다.

- [133] 도 8a에 의하면 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값을 주파수 영역에서 나타낸 스펙트럼의 허수부는 주파수 전 영역에서 0이 되는 값이 존재하지 않는 것으로 나타났지만, 도 8b에 의하면 초음파 스펙트럼의 허수부의 크기는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 주파수가 어느 특정 주파수일 때에는 0이 된다는 것을 알 수 있으며, 이와 같은 시뮬레이션 결과의 차이는 광음향 측정기(200)의 실제 사용 태양에 있어서 그 개구수가 1($NA=1$)이 아닌데서 기인한다는 것을 알 수 있다. 또한, 시뮬레이션 수행 결과 및 상기 수학식 7로부터, 도 8b에서 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 허수부 크기가 0일 때의 주파수는 상기 수학식 8에 따른 공명주파수(ω_0)와 일치한다는 점을 확인하였으며, 이 때 광확산매체(100)의 유효산란계수(μ_{eff})는 공명주파수에 유효한 영향을 미치지 않는다는 점도 확인하였다.
- [134] 도 9는 본 발명의 제 5 실시예에 따른 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 본 발명의 제 5 실시예에서는 상기 수학식 8 및 도 8b의 시뮬레이션 결과를 토대로 광확산매체(20)의 광흡수계수를 산출하는 방법을 제공한다.
- [135] 본 발명의 제 5 실시예에 따른 광흡수계수를 산출하는 방법은, 우선 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체(10)에 조사하여 상기 광확산매체(10)의 내부에 위치하는 광흡수체(20)에 흡수시킨다(S510). 광원(100)을 통해 방출되는 입사빔은 광확산매체(10) 내에서 전파 및 확산되면서 광흡수체(20)에 도달하게 되며, 광흡수체(20)는 입사빔을 흡수하여 초음파를 발생시키게 된다.
- [136] 다음으로, 광확산매체(10) 상에 위치하여, 상기 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로, 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값(보다 구체적으로는, 도 1에 나타낸 바와 같이 광흡수체(20)의 측정영역에서 발생하는 초음파 신호값)을 측정한다(S520).
- [137] 다음으로, 광원(100) 및 광음향 측정기(200)와 연결되는 처리장치(300)가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 허수부의 크기가 0일 때의 주파수인 공명주파수를 측정한다(S530). 즉, 처리장치(300)는 광음향 측정기(200)에 의해 측정되는 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 허수부의 크기가 0일 때의 주파수를 공명주파수로서 측정한다.
- [138] 마지막으로, 처리장치(300)가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출한다(S540).
- [139] 보다 구체적으로, 처리장치(300)는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출하기 위해, 처리장치(300) 내에 상기 수학식 8에 대응하는 프로그램을 구비할 수 있다. 즉, 처리장치(300)는 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파의 속도 및 광음향

측정기(200)의 개구수(NA)를 미리 저장해 놓은 뒤, 측정되는 공명주파수를 수학적 식 8에 대입하는 연산처리를 수행함으로써 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수 있다.

[140] 또는, 처리장치(300)는 도 8b에 나타낸 결과를 통해 알 수 있는 바와 같이, 공명주파수 및 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블(LUT)을 미리 구비해 놓을 수 있으며, 이와 같은 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 광흡수체(20)의 광흡수계수를 산출할 수도 있다.

[141] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의하면 광확산매체(10)의 내부에 포커싱된 광음향 측정기(200)로 광흡수체(20)에서 발생하는 초음파 신호값을 측정한 뒤, 처리장치(300)에서 상기 초음파 신호값을 입력받아 공명주파수 또는 주파수 폭을 측정하는 방법을 통해, 비록 광확산매체(10)의 유효산란계수(μ_{eff})를 알지 못하더라도 광확산매체(10) 내부에 위치하는 광흡수체(20)의 광흡수계수(μ_a)를 정량적으로 산출해낼 수 있게 된다.

[142] [부호의 설명]

[143] 10: 광확산매체

[144] 20: 광흡수체

[145] 100: 광원

[146] 200: 광음향 측정기

[147] 300: 처리장치

청구범위

- [청구항 1] 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계;
- 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수와, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 공명주파수 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.
- [청구항 4] 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계;
- 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 세기가 동일한 주파수들 사이의 차이에 해당하는 주파수 폭을 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 주파수 폭에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함하는, 광음향 측정기를 이용하여

주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

[청구항 5]

제 4 항에 있어서,

상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는,

상기 처리장치가 상기 주파수 폭과, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

[청구항 6]

제 4 항에 있어서,

상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는,

상기 처리장치가 상기 주파수 폭 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 주파수 폭에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

[청구항 7]

광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기

광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계;

상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된

광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계;

상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 최대값일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및

상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

[청구항 8]

제 7 항에 있어서,

상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는,

상기 처리장치가 상기 공명주파수와, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

[청구항 9]

제 7 항에 있어서,

상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는,

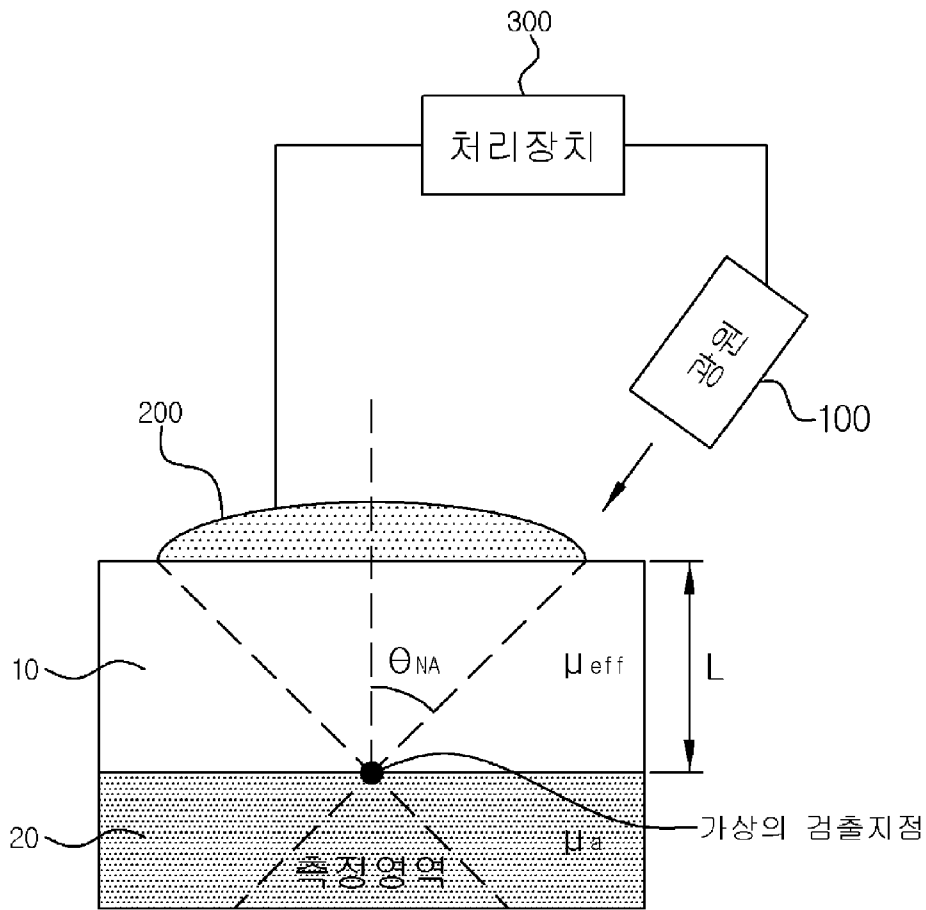
상기 처리장치가 상기 공명주파수 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 공명주파수에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로

하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

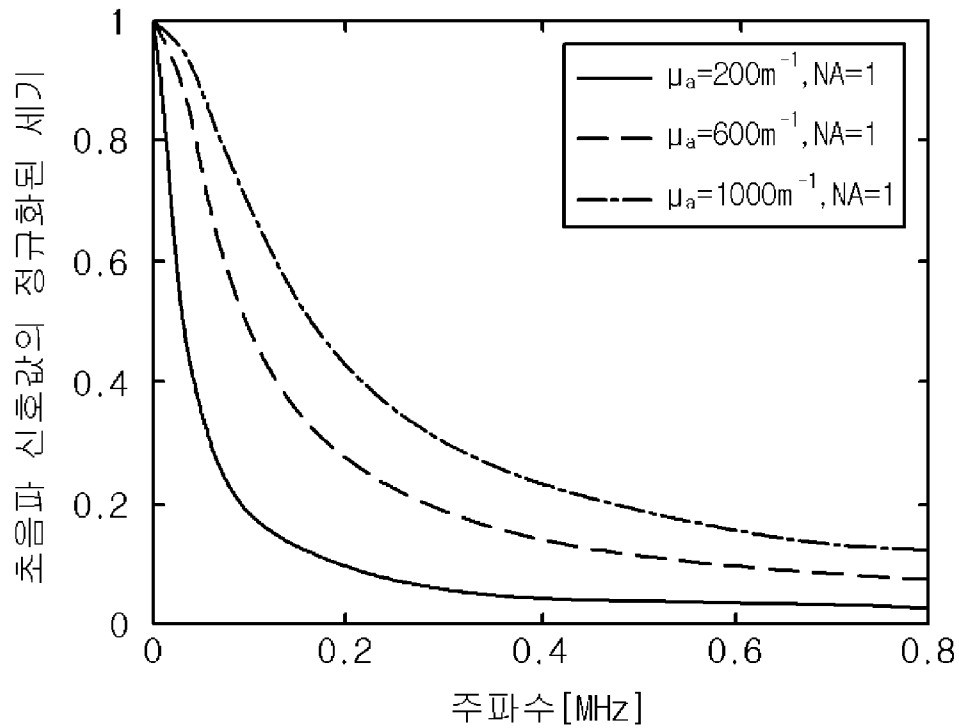
- [청구항 10] 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 실수부의 크기가 동일한 주파수들 사이의 차이에 해당하는 주파수 폭을 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 주파수 폭에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.
- [청구항 11] 제 10 항에 있어서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 주파수 폭과, 상기 처리장치 내에 미리 저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향 측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.
- [청구항 12] 제 10 항에 있어서, 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는, 상기 처리장치가 상기 주파수 폭 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여 기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기 주파수 폭에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로 하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.
- [청구항 13] 광원을 통해 방출되는 입사빔을 광확산매체에 조사하여 상기 광확산매체의 내부에 위치하는 광흡수체에 흡수시키는 단계; 상기 광확산매체 상에 위치하여, 상기 광확산매체의 내부에 포커싱된 광음향 측정기로 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파 신호값을 측정하는 단계; 상기 광원 및 상기 광음향 측정기와 연결되는 처리장치가 측정된 상기 초음파 신호값을 입력받아, 상기 초음파 신호값의 주파수 영역에서의 허수부의 크기가 0일 때의 주파수인 공명주파수를 측정하는 단계; 및 상기 처리장치가 측정된 상기 공명주파수에 기초하여 상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계;를 포함하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를 산출하는 방법.

- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는,
상기 처리장치가 상기 공명주파수와, 상기 처리장치 내에 미리
저장해놓은 상기 광흡수체에서 발생하는 초음파의 속도 및 상기 광음향
측정기의 개구수를 이용하여 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로
하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를
산출하는 방법.
- [청구항 15] 제 13 항에 있어서,
상기 광흡수체의 광흡수계수를 산출하는 단계는,
상기 처리장치가 상기 공명주파수 및 상기 광흡수계수가 서로 대응하여
기록된 룩업 테이블을 포함하고, 상기 룩업 테이블을 통해 상기
공명주파수에 대응하는 상기 광흡수계수를 산출하는 것을 특징으로
하는, 광음향 측정기를 이용하여 주파수 영역에서 광흡수계수를
산출하는 방법.

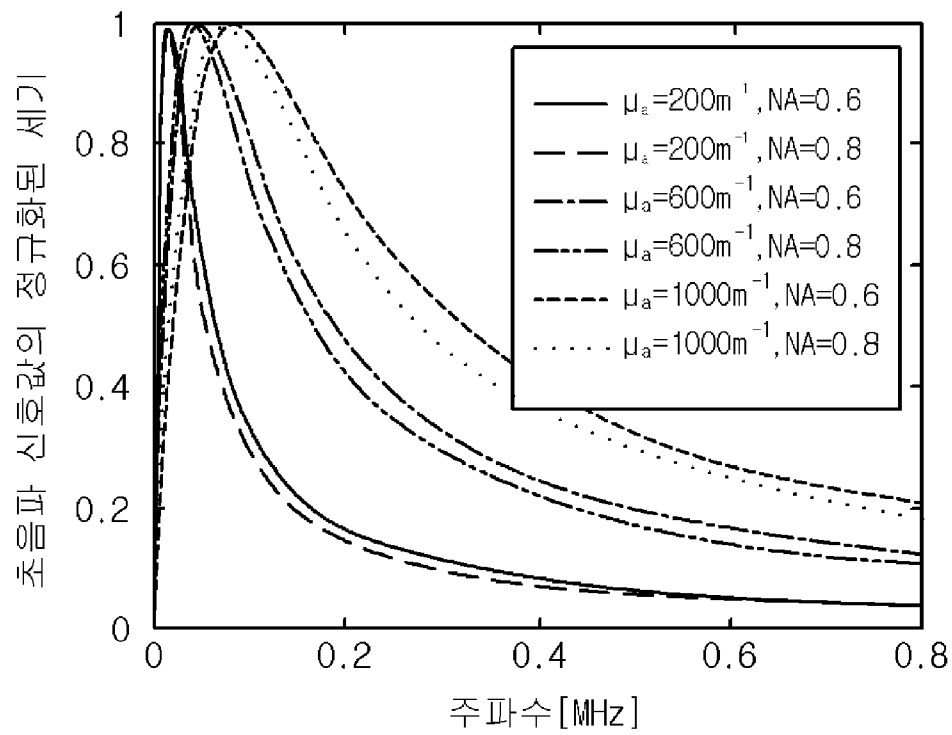
[도1]



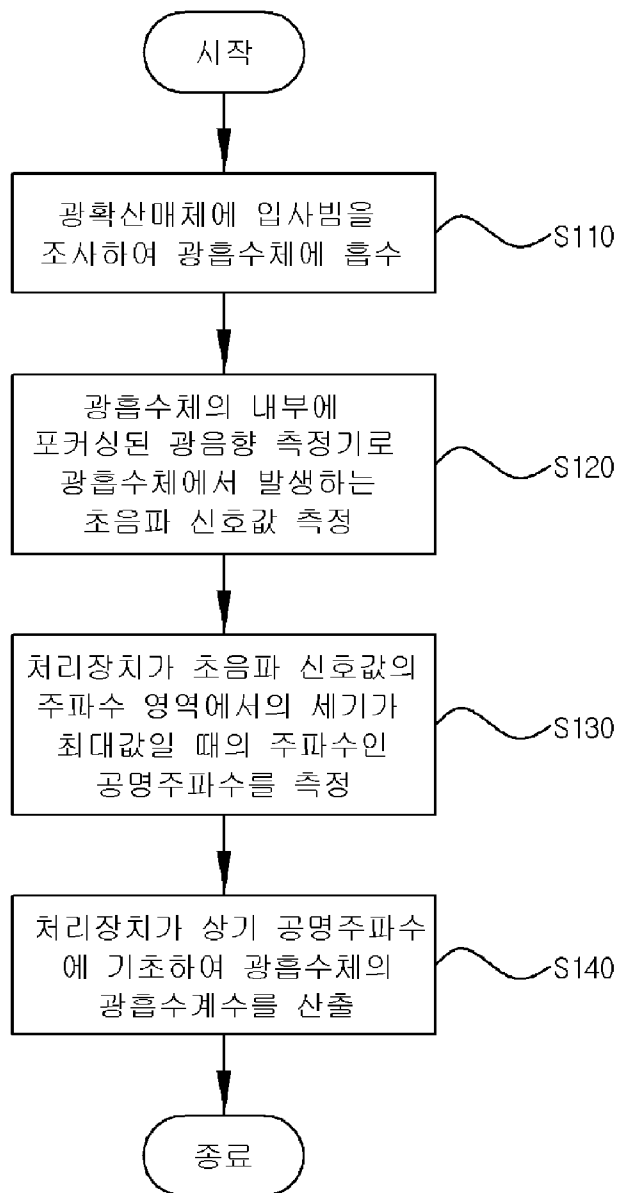
[도2a]



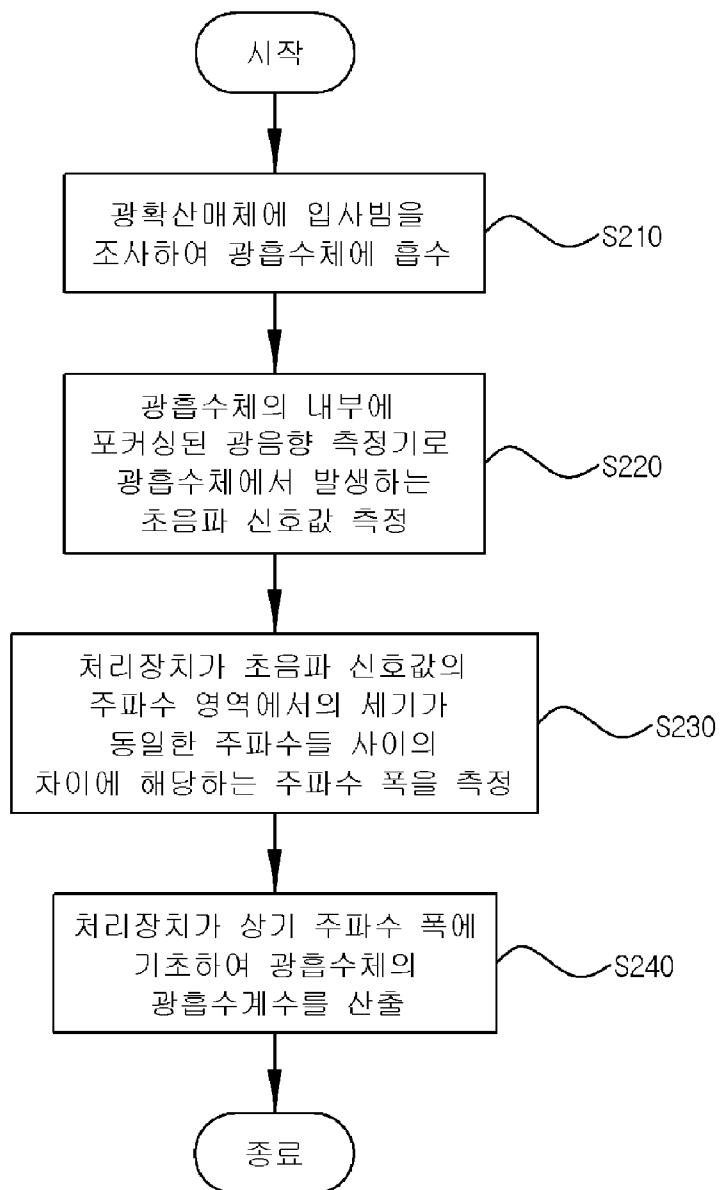
[도2b]



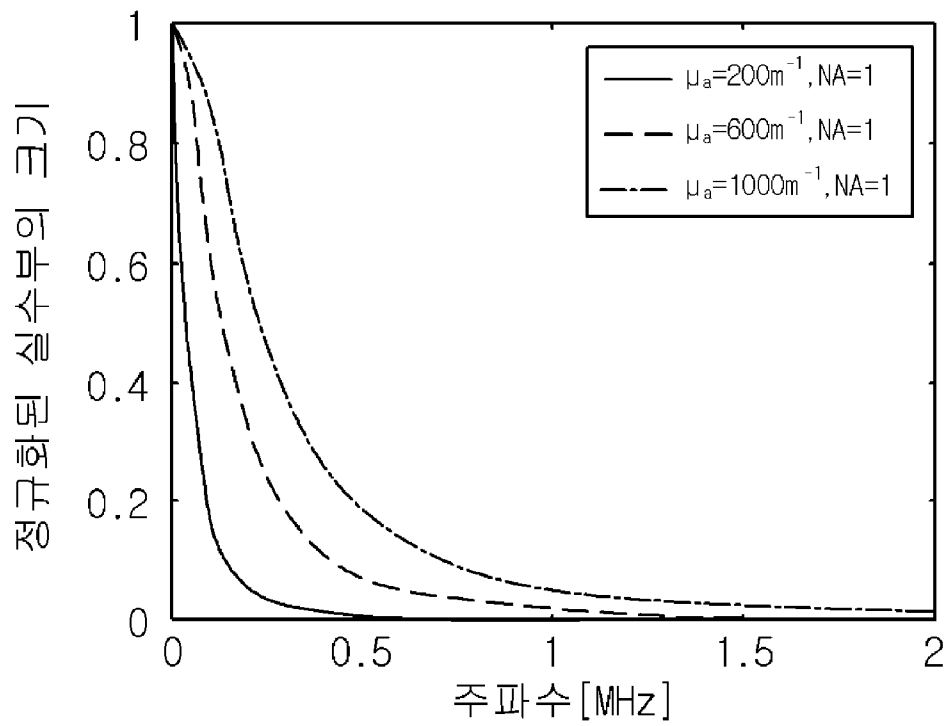
[도3]



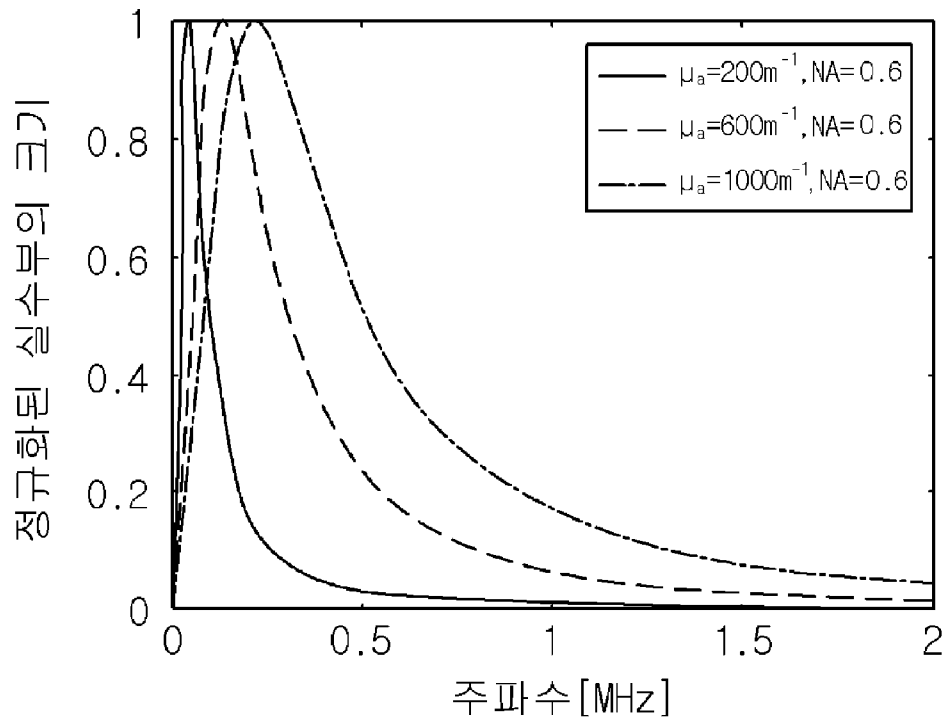
[도4]



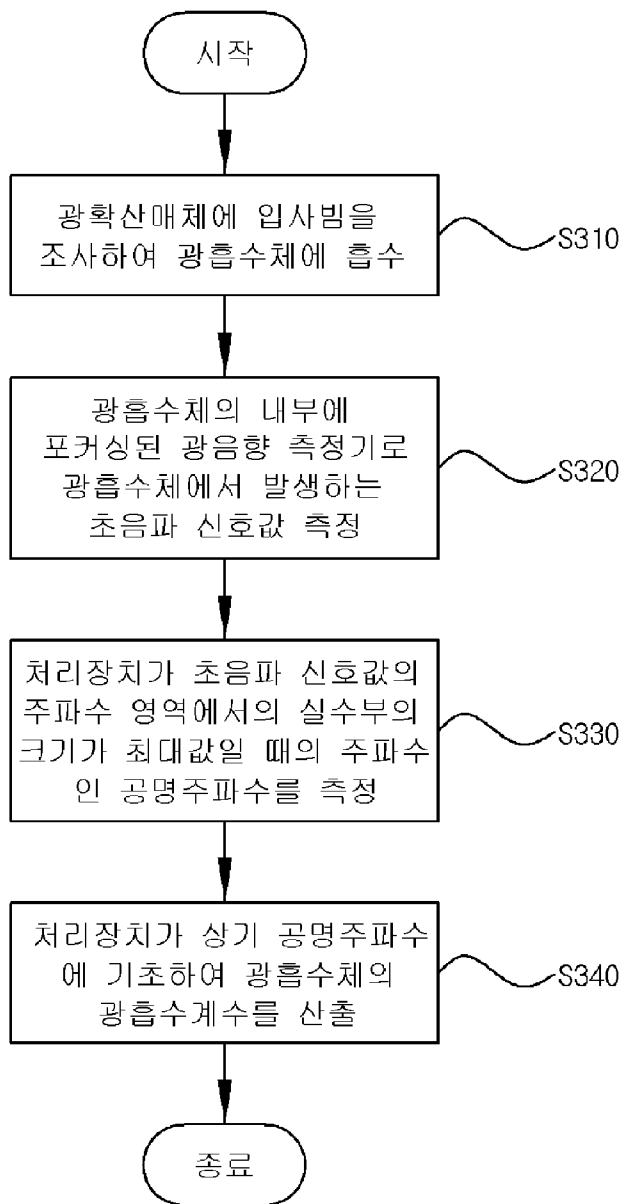
[도5a]



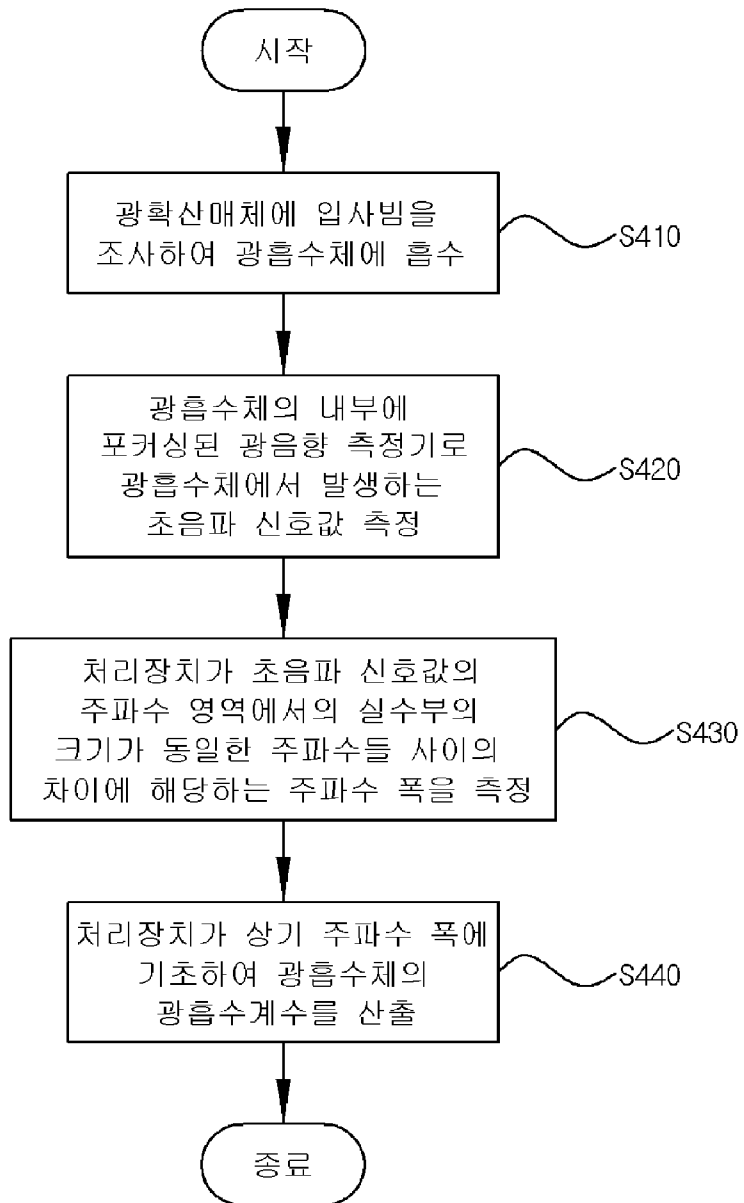
[도5b]



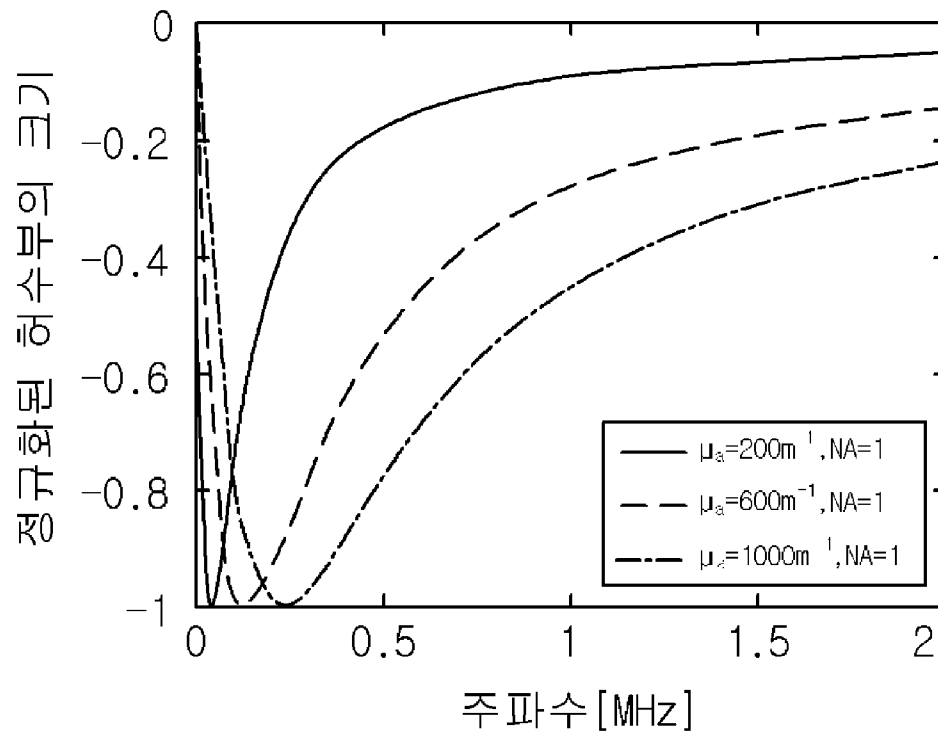
[도6]



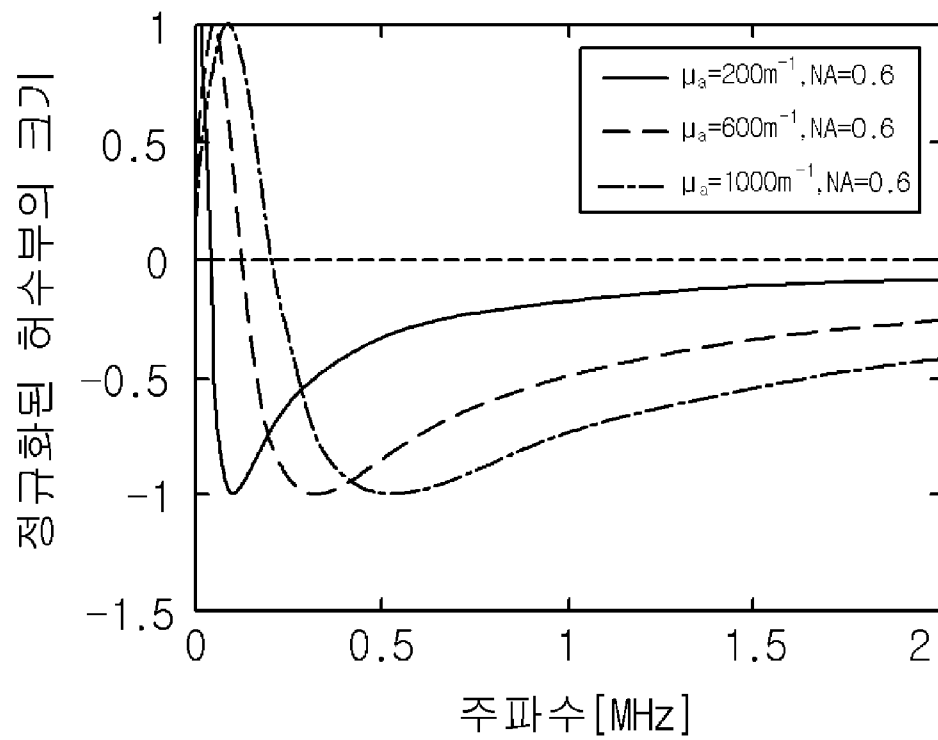
[도7]



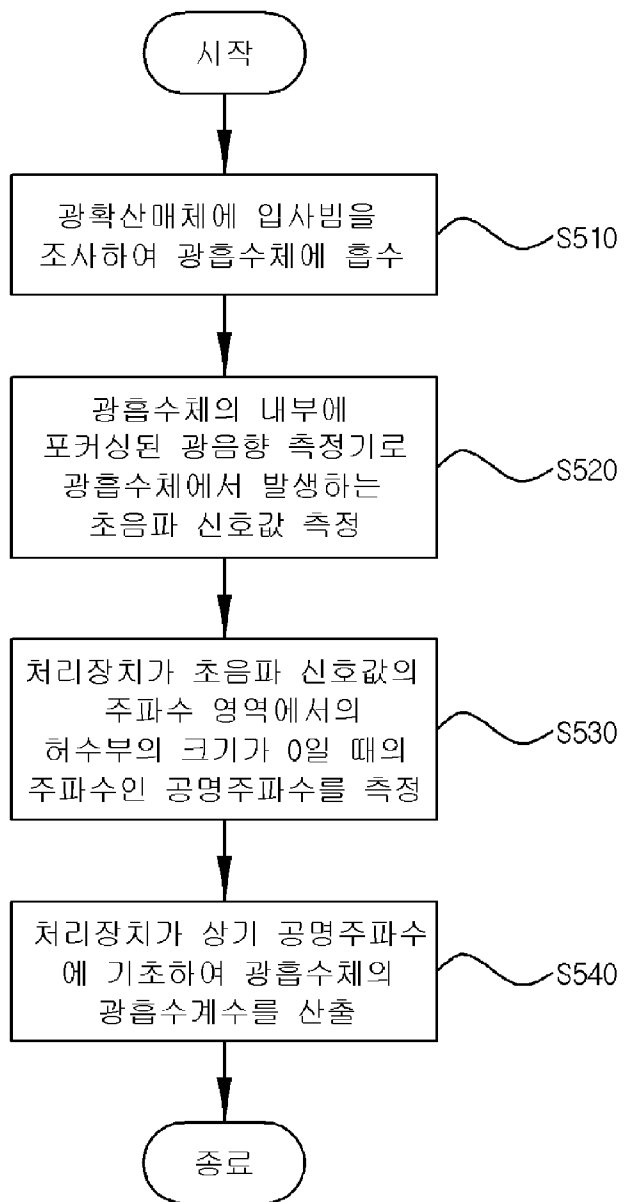
[도8a]



[도8b]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2017/050500**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER***A61B 8/00(2006.01)i, A61B 8/08(2006.01)i, A61B 5/00(2006.01)i, G01N 21/17(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 8/00; A61B 5/145; A61B 8/08; G01N 21/17; A61B 5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: ultrasound, light diffusion, light absorption coefficient, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-506467 A (GLUCON INC.) 04 March 2004 See paragraphs [74]-[134], claims 1, 4 and figures 1A-6B.	1,4,7,10,13
Y		2,3,5,6,8,9,11,12 ,14,15
Y	JP 2012-239715 A (CANON INC.) 10 December 2012 See claims 1, 2 and figure 1.	2,3,5,6,8,9,11,12 ,14,15
A	JP 2010-504791 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N. V.) 18 February 2010 See claims 9-12 and figure 1.	1-15
A	WO 2004-086965 A1 (GLUCON INC. et al.) 14 October 2004 See claims 15-28 and figures 1, 2.	1-15
A	US 2015-0272446 A1 (WASHINGTON UNIVERSITY) 01 October 2015 See paragraphs [42]-[46] and figures 1-14.	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 APRIL 2017 (20.04.2017)

Date of mailing of the international search report

20 APRIL 2017 (20.04.2017)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2017/050500

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2004-506467 A	04/03/2004	AT 331465 T	15/07/2006
		AU 2001-80066 A1	04/03/2002
		DE 60121179 T2	31/05/2007
		EP 1313396 A1	28/05/2003
		EP 1313396 B1	28/06/2006
		EP 1700563 A2	13/09/2006
		IL 138073 D0	31/10/2001
		JP 4104456 B2	18/06/2008
		US 2003-0167002 A1	04/09/2003
		US 2005-0085725 A1	21/04/2005
		US 6846288 B2	25/01/2005
		WO 02-015776 A1	28/02/2002
JP 2012-239715 A	10/12/2012	JP 5864905 B2	17/02/2016
		US 2014-0114172 A1	24/04/2014
		WO 2012-160776 A1	29/11/2012
JP 2010-504791 A	18/02/2010	BR P10717548 A2	22/10/2013
		CN 101523203 A	02/09/2009
		CN 101523203 B	05/09/2012
		EP 2074418 A2	01/07/2009
		EP 2074418 B1	06/03/2013
		JP 5379005 B2	25/12/2013
		RU 2009116237 A	10/11/2010
		RU 2437089 C2	20/12/2011
		US 2010-0043557 A1	25/02/2010
		US 8328721 B2	11/12/2012
		WO 2008-038182 A2	03/04/2008
		WO 2008-038182 A3	05/06/2008
WO 2004-086965 A1	14/10/2004	EP 1613208 A1	11/01/2006
		JP 2006-521869 A	28/09/2006
		US 2008-0194929 A1	14/08/2008
US 2015-0272446 A1	01/10/2015	US 2013-199299 A1	08/08/2013
		US 9086365 B2	21/07/2015
		WO 2011-127428 A2	13/10/2011
		WO 2011-127428 A3	23/02/2012

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 8/00(2006.01)i, A61B 8/08(2006.01)i, A61B 5/00(2006.01)i, G01N 21/17(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 8/00; A61B 5/145; A61B 8/08; G01N 21/17; A61B 5/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 초음파, 광확산, 광흡수계수, 주파수

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2004-506467 A (GLUCON INC.) 2004.03.04 문단번호 [74]-[134], 청구항 1,4 및 도면 1A-6B 참조.	1,4,7,10,13
Y		2,3,5,6,8,9,11,12,14,15
Y	JP 2012-239715 A (CANON INC.) 2012.12.10 청구항 1,2 및 도면 1 참조.	2,3,5,6,8,9,11,12,14,15
A	JP 2010-504791 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N. V.) 2010.02.18 청구항 9-12 및 도면 1 참조.	1-15
A	WO 2004-086965 A1 (GLUCON INC. 등) 2004.10.14 청구항 15-28 및 도면 1,2 참조.	1-15
A	US 2015-0272446 A1 (WASHINGTON UNIVERSITY) 2015.10.01 문단번호 [42]-[46] 및 도면 1-14 참조.	1-15

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2017년 04월 20일 (20.04.2017)

국제조사보고서 발송일

2017년 04월 20일 (20.04.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김연정

전화번호 +82-42-481-3325



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2004-506467 A	2004/03/04	AT 331465 T AU 2001-80066 A1 DE 60121179 T2 EP 1313396 A1 EP 1313396 B1 EP 1700563 A2 IL 138073 D0 JP 4104456 B2 US 2003-0167002 A1 US 2005-0085725 A1 US 6846288 B2 WO 02-015776 A1	2006/07/15 2002/03/04 2007/05/31 2003/05/28 2006/06/28 2006/09/13 2001/10/31 2008/06/18 2003/09/04 2005/04/21 2005/01/25 2002/02/28
JP 2012-239715 A	2012/12/10	JP 5864905 B2 US 2014-0114172 A1 WO 2012-160776 A1	2016/02/17 2014/04/24 2012/11/29
JP 2010-504791 A	2010/02/18	BR PI0717548 A2 CN 101523203 A CN 101523203 B EP 2074418 A2 EP 2074418 B1 JP 5379005 B2 RU 2009116237 A RU 2437089 C2 US 2010-0043557 A1 US 8328721 B2 WO 2008-038182 A2 WO 2008-038182 A3	2013/10/22 2009/09/02 2012/09/05 2009/07/01 2013/03/06 2013/12/25 2010/11/10 2011/12/20 2010/02/25 2012/12/11 2008/04/03 2008/06/05
WO 2004-086965 A1	2004/10/14	EP 1613208 A1 JP 2006-521869 A US 2008-0194929 A1	2006/01/11 2006/09/28 2008/08/14
US 2015-0272446 A1	2015/10/01	US 2013-199299 A1 US 9086365 B2 WO 2011-127428 A2 WO 2011-127428 A3	2013/08/08 2015/07/21 2011/10/13 2012/02/23