

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 9월 21일 (21.09.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/160082 A1

- (51) 국제특허분류:
G01B 11/06 (2006.01) H01S 3/106 (2006.01)
G01B 17/02 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2017/002804
- (22) 국제출원일: 2017년 3월 15일 (15.03.2017)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2016-0031024 2016년 3월 15일 (15.03.2016) KR
- (71) 출원인: 한양대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY) [KR/KR]; 04763 서울시 성동구 왕십리로 222, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 박관규 (PARK, Kwan Kyu); 04587 서울시 중구 청구로 64, 113 동 1305 호, Seoul (KR). 박준홍 (PARK, Jun Hong); 13475 경기도 성남시 분당구 서판교로 147, 1107 동 1302 호, Gyeonggi-do (KR). 최원영 (CHOI, Won Young); 04762 서울시 성동구 사근동길 52-1, 102 호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 심정식 (SHIM, Kyoung-Shik) 등; 06719 서울시 서초구 반포대로 10, 신원빌딩 4층 (서초동), Seoul (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, BW, 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, 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).

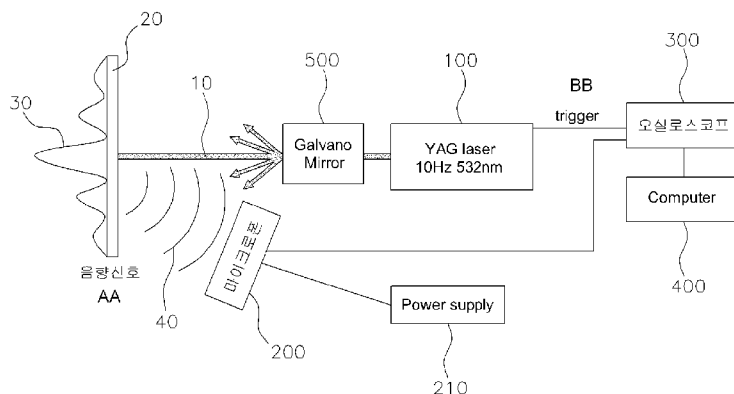
공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: CONTACTLESS THICKNESS MEASUREMENT SYSTEM AND METHOD USING LASER

(54) 발명의 명칭 : 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템 및 방법

[도:2]



100 ... YAG laser 10 Hz 532 nm
200 ... Microphone
210 ... Power supply
300 ... Oscilloscope

400 ... Computer
500 ... Galvano Mirror
AA ... Acoustic signal
BB ... Trigger

(57) Abstract: The present invention relates to a contactless thickness measurement system and method using a laser and, more specifically, to a contactless thickness measurement system and method using a laser, the system comprising: a light emission unit for generating a laser by using a light source so as to emit the laser at an object; a reception unit for receiving a primary photo-acoustic signal generated by direct collision between the laser and the surface of the object and a secondary photo-acoustic signal generated while the laser is proceeding inside the object; a measurement unit for measuring response waveforms of the received primary photo-acoustic signal and secondary photo-acoustic signal; and an analysis unit for deriving the thickness of the object by analyzing measured response waveforms, wherein the thickness of the object can be measured by analyzing the tendency of the primary photo-acoustic signal and secondary photo-acoustic signal generated by emitting the laser at the object.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2017/160082 A1



본 발명은 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광원을 이용하여 레이저를 발생시켜 대상체에 조사하기 위한 광 조사부, 상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신하기 위한 수신부, 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 측정하기 위한 측정부 및 상기 측정된 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 분석하여 상기 대상체의 두께를 도출하기 위한 분석부를 포함하며, 레이저를 대상체에 조사하여 발생하는 1차 광 음향 신호 및 2차 광 음향 신호의 경향성을 분석함으로써 대상체의 두께를 측정할 수 있는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

명세서

발명의 명칭: 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템 및 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 레이저에서 나오는 광학적 펄스를 이용하여 대상 물체로부터 발생하는 음향신호로부터 대상 물체의 두께를 측정하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 제품을 생산하는 경우 다양한 내부 및 외부 요인에 의해 부재의 물성이 균질하지 않으며 두께 역시 균일성을 가지는 것은 쉽지 않다. 이러한 부재의 불균질성은 제품의 성능을 저하하는 직접적인 원인이 되므로 부재의 균질성은 품질을 결정하는 매우 중요한 특성 중 하나이다.
- [3] 일반적으로 가전, 자동차, 토목 및 건축 분야 등에서는 기술이 발전함에 따라 판재를 얇게 가공하여 경량화시켜 제품을 생산하고 있다. 이때, 금속판 등을 금형 가공하는 과정에서 특정 부분의 두께가 얇아지는 현상이 발생할 수 있는데, 이는 제품의 품질을 저하하는 요인이 되고 있다.
- [4] 따라서, 제품의 불량률을 줄이거나 제품 수명 예측을 위해 이러한 두께 불균일성을 검사하는 것이 필요한 실정이다.
- [5] 도 1은 종래 물질의 두께 및 굴절률을 측정하는 시스템을 나타내기 위한 도면이다.
- [6] 도 1을 참조하면, 주기적인 간격으로 발진하는 펄스 형태의 레이저를 제공하는 광 조사부 및 상기 광 조사부에서 나오는 레이저 광을 이용하여 측정 물질의 간섭 신호를 측정하고 이를 분석하여 측정 물질의 두께 및 굴절률을 동시에 산출하는 스펙트럼 분석 간섭부로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [7] 위 기술은 레이저에 물질을 통과한 빛을 간섭계에 통과시켜 대상 물질의 두께를 측정하는 시스템이기 때문에 간섭계라는 고가의 장비가 추가적으로 필요하며 표면이 매끄럽고 우수하며 광학적인 투과성을 갖는 경면 물질에만 국한되어 측정할 수 있기 때문에 적용물질의 범위가 좁은 한계가 있다.
- [8] 또한, 위 기술은 매우 얇은 두께만 측정할 수 있어 수 mm 두께 범위의 측정이 불가능하며, 대형 와이퍼를 한 번에 실시간으로 측정하기 위해서는 상기 스펙트럼 분석 간섭부를 측정 영역을 넓히기 위해 대형 광학계 측정용으로 구성해야 하며 면적 광 검출기를 더 구비해야 하는 번거로움이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 상기와 같은 문제를 해결하기 위한 본 발명은 레이저를 대상체에 조사하여 발생하는 1차 광 음향 신호 및 2차 광 음향 신호의 경향성을 분석함으로써 대상체의 두께를 측정할 수 있는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템 및

방법을 제공하고자 함에 있다.

과제 해결 수단

- [10] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 비접촉식 두께 측정 시스템은 광원을 이용하여 레이저를 발생시켜 대상체에 조사하기 위한 광 조사부, 상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신하기 위한 수신부, 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 측정하기 위한 측정부 및 상기 측정된 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 분석하여 상기 대상체의 두께를 도출하기 위한 분석부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [11] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 상기 2차 광 음향 신호는 상기 대상체의 물리적 진동에 의해 발생하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 비접촉식 두께 측정 시스템은 상기 광 조사부에서 발생한 레이저의 조사 각도를 조절하기 위한 각도 조절부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [13] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 상기 각도 조절부는 상기 수신부의 위치에 따라 상기 레이저가 대상체에 조사되는 조사 각도를 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [14] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 상기 측정부는 상기 광 조사부의 레이저 조사 시점을 트리거링하여 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 안정적으로 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [15] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 상기 응답특성은 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이와, 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호 각각의 최대 진폭 크기 및 지속 시간을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [16] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 비접촉식 두께 측정 시스템은 상기 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이는 감소하는 것을 특징으로 한다.
- [17] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 비접촉식 두께 측정 시스템은 상기 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 감소하고 상기 2차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 증가하는 것을 특징으로 한다.
- [18] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 비접촉식 두께 측정 시스템은 상기 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호의 지속 시간은 감소하고 상기 2차 광 음향 신호의 지속 시간은 증가하는 것을 특징으로 한다.
- [19] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 비접촉식 두께 측정 방법은 광원을 이용하여 레이저를 기준 시편에 조사하는 단계, 상기 레이저와 상기 기준 시편 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향

신호를 수신하는 단계, 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 제1 응답 파형을 측정하는 단계, 광원을 이용하여 레이저를 대상체에 조사하는 단계, 상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신하는 단계, 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 제2 응답 파형을 측정하는 단계 및 상기 제1 응답 파형이 나타내는 응답 특성과 상기 제2 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 비교 분석하여 상기 대상체의 두께를 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[20] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 상기 응답 파형의 rms비는 하기 수식 1과 같이 나타낼 수 있으며, 상기 rms비는 대상체의 두께가 커질수록 증가하는 것을 특징으로 한다.

[21] [수식 1]

[22] $\text{rms 비} = 2\text{차 광 음향 신호의 rms 값} / 1\text{차 광 음향 신호의 rms 값}$

[23] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 상기 응답 파형의 최대값 비는 하기 수식 2와 같이 나타낼 수 있으며, 상기 최대값비는 대상체의 두께가 커질수록 증가하는 것을 특징으로 한다.

[24] [수식 2]

[25] $\text{최대값 비} = 2\text{차 광 음향 신호의 최대값} / 1\text{차 광 음향 신호의 최대값}$

발명의 효과

[26] 본 발명에 따른 비접촉식 두께 측정 시스템 및 방법은 고무, 목재, 플라스틱이나 금속 등 다양한 재질의 판재에 적용 가능하며, 두께 측정의 범위는 수백 마이크로미터부터 수 밀리미터 단위까지 측정 가능한 이점이 있다.

[27] 또한, 빛을 발산시키는 장비와 음파 탐지기기, 파형 측정기기만으로 진동 특성을 갖는 여러 물질의 두께를 측정할 수 있는 장점이 있다.

[28] 게다가, 넓은 영역의 스캐닝에도 레이저 검류계를 이용하여 단기간에 측정이 가능하며, 공기 중에서 비접촉식으로 사용 가능하여 사용 제약이 적은 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[29] 도 1은 종래 물질의 두께 및 굴절률을 측정하는 시스템을 나타내기 위한 도면이다.

[30] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템의 구성도이다.

[31] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의해 0.5mm 두께의 PS(폴리스티렌) 판재의 A-scan 그래프이다.

[32] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 의해 1mm 두께의 PS(폴리스티렌) 판재의 A-scan 그래프이다.

[33] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 의해 1.5mm 두께의 PS(폴리스티렌) 판재의

A-scan 그래프이다.

[34] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체의 두께와 광 음향 신호의 경향성을 나타내기 위한 제1 그래프이다.

[35] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체의 두께와 광 음향 신호의 경향성을 나타내기 위한 제2 그래프이다.

[36] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 방법의 흐름도이다.

[37]

[38] *도면 중 주요 부호에 대한 설명

[39] 10: 레이저

[40] 20: 대상체

[41] 30: 진동파의 파형

[42] 40: 광 음향 신호

[43] 100: 광 조사부

[44] 200: 수신부

[45] 210: 전력공급원

[46] 300: 측정부

[47] 400: 분석부

[48] 500: 각도 조절부

[49]

발명의 실시를 위한 형태

[50] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[51] 그러나 본 발명은 이하에 개시되는 실시예들에 의해 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[52] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[53]

[54] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템의 구성도를 나타내는 도면이다.

[55] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템은 광 조사부(100), 수신부(200), 측정부(300) 및 분석부(400) 등을 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [56] 광 조사부(100)는 광원을 이용하여 레이저(10)를 발생시켜 대상체(20)에 조사하는 장치이며, 광 음향 효과(photoacoustic effect)에 의한 광 음향 신호를 획득하기 위해 레이저(10)를 대상체(20)에 조사할 수 있다. 이때, 광 음향 효과란 빛이나 라디오파와 같은 전자기파 에너지를 흡수한 물질이 열 팽창함으로써 음파를 발생시키는 현상을 의미한다.
- [57] 광 조사부(100)는 레이저(10)를 발생시키기 위한 광원을 포함하며, 발진 물질로서 YAG(Yttrium Aluminium Garnet)를 이용하는 YAG 레이저를 사용할 수 있다. 이때, 레이저 발진효율을 높이기 위해 Nd가 도핑된 Nd-YAG 레이저를 사용하는 것이 바람직하나, 이에 제한되는 것은 아니며, 레이저 및 다이오드 등과 같은 특정 주파수의 빛을 발산하는 모든 장비를 포함할 수 있다.
- [58] 레이저(10)의 파장은 자외선, 적외선 및 가시광선 범위를 모두 포함할 수 있음을 물론이다.
- [59] 수신부(200)는 광 음향 신호(40)를 검출하는 음향신호 검출기기에 해당하며, 광 조사부로부터 발생한 레이저(40)가 대상체에 조사됨으로써 발생하는 광 음향 신호(40)를 수신하는데, 초음파 영역 주파수 범위의 수신 가능한 마이크로폰 등을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니며, kHz 단위인 저주파 탐지기기로부터 MHz 단위인 고주파 탐지기기까지의 장비를 모두 포함할 수 있다.
- [60] 음향신호 검출기기의 전력공급원으로서, 상기 수신부는 전력을 공급하기 위한 별도의 전력공급원(210)이 연결될 수 있다.
- [61] 대상체(20)는 두께 측정 즉, 검사에 사용되는 대상 물체에 해당하며, 플라스틱, 나무, 금속 및 고무 판재 등을 모두 포함할 수 있다.
- [62] 광 음향 신호(40)는 상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 포함할 수 있다.
- [63] 측정부(300)는 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 측정하는 장치이며, 시간에 따른 전압 파형을 나타내기 위한 장비로서 회로의 동작을 검사하고 신호를 측정하기 위한 기본적인 측정 장비에 해당하는 오실로스코프를 사용할 수 있다.
- [64] 측정부(300)는 광 조사부(100)와 트리거될 수 있는데, 구체적으로 상기 광 조사부(100)의 레이저 조사 시점을 트리거링(triggerring)하여 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 안정적으로 측정하는 것이 가능하다.
- [65] 분석부(400)는 상기 측정된 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 분석하여 상기 대상체(20)의 두께를 도출하는 장치이며, 신호들을 제어하거나 계측할 수 있는 컴퓨터 등을 사용할 수 있다.
- [66] 1차 광 음향 신호는 진동의 가진원인 레이저(40)가 대상체(20)의 표면에 도달하면 도달된 지점에서 대상체(20)와 처음으로 충돌할 때 생성되는 충격파에

해당하며 파형의 개형은 초기에 큰 파형이 되고 점점 세기가 줄어드는 경향을 나타낸다.

- [67] 2차 광 음향 신호는 상기 1차 광 음향 신호와 약간의 시간적 간격을 두고 발생하며 레이저(10)가 대상체(20)의 표면에 충돌된 이후 기계적인 가진을 통해 생성되는 표면파에 해당한다.
- [68] 이러한 1차 광 음향 신호에 의한 응답 파형과 2차 광 음향 신호에 의한 응답 파형은 대상체(20)의 두께에 따른 경향성을 가지는데, 이러한 경향성을 이용함으로써 대상체(20)의 두께를 측정하는 것이 가능하다.
- [69] 특히, 낮은 경도와 강성을 가진 물질과 주로 산업체에 사용되는 높은 경도와 강성을 가진 물질 등 재질에 관계없이 유사한 경향성을 나타내고 있는바, 고무, 목재, 플라스틱이나 금속 등 다양한 재질의 판재에도 적용 가능하며, 두께 측정의 범위는 수백 마이크로미터부터 수 밀리미터 단위까지 측정 가능한 이점이 있다.
- [70] 측정된 응답 파형이 나타내는 응답특성은 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이와, 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호 각각의 최대 진폭 크기 및 지속 시간을 포함할 수 있다.
- [71] 구체적으로, 2차 광 음향 신호는 1차 광 음향 신호 발생 후 약간의 시간적 갭(gap)을 두고 발생하게 되는데, 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이는 감소하는 경향성을 나타낸다.
- [72] 또한, 측정부(300)에 해당하는 오실로스코프에서는 시간에 따른 전압 파형이 측정될 수 있으며, 여기서 1차 광 음향 신호 및 2차 광 음향 신호는 각각 최대 진폭값을 가지게 되는데, 대상체(20)의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 감소하고 상기 2차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 증가하는 경향성을 나타낸다.
- [73] 또한, 레이저(10)가 대상체(20)와 처음으로 충돌할 때 1차 광 음향 신호가 발생하게 되며 시간이 지남에 따라 점점 세기가 줄어들고, 레이저(10)가 대상체(20) 내부로 진행함에 따라 2차 광 음향 신호가 발생하면서 다시 세기가 커지게 되는데, 대상체(20)의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호의 지속 시간은 감소하고 상기 2차 광 음향 신호의 지속 시간은 증가하는 경향성을 나타낸다.
- [74] 본 발명의 일 실시예에 의한 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템은 상기 광 조사부(100)에서 발생한 레이저의 조사 각도를 조절하기 위한 각도 조절부(500)를 포함할 수 있다.
- [75] 각도 조절부(500)는 바람직하게 상기 광 조사부(100)와 상기 대상체(20) 사이에 위치하며, 갈바노 미러(galvano mirror) 등이 사용될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며 레이저의 조사 각도의 조절이 가능한 모든 미러 등을 포함할 수 있다.
- [76] 각도 조절부(500)는 설치되는 수신부(200)의 위치에 따라 상기 레이저(10)가

대상체(20)에 조사되는 조사 각도를 조절할 수 있는바, 본 발명의 일 실시예에 의한 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템의 설계 자유도를 크게 향상시킬 수 있다.

- [77] 이하에서는 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템에 대해 더욱 상세하게 설명한다. 그러나, 이들 실시예는 본 발명을 예시적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [78] 광 조사부는 빛을 발생시키기 위한 가진원인 YAG 레이저를 사용하였으며, 10Hz 주파수, 532 nm파장, 7ns 펄스 지속시간으로 설정하였으며, 대상체로는 PS(폴리스티렌) 판재를 사용하였으며, 대상체의 두께를 변화시키면서 광 음향 신호를 측정하였다.
- [79] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의해 0.5mm 두께의 PS(폴리스티렌) 판재의 A-scan 그래프를 나타낸 것이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 의해 1mm 두께의 PS(폴리스티렌) 판재의 A-scan 그래프를 나타낸 것이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 의해 1.5mm 두께의 PS(폴리스티렌) 판재의 A-scan 그래프를 나타낸 것이다.
- [80] 일반적으로 광 음향 신호 관련 기술로는 A-scan, B-scan, C-scan 등의 기법이 있는데, A-scan은 펄스에코(pulse-echo) 혹은 피치캐치(pitch-catch)를 수행한 파형 분석을 의미한다.
- [81] 도 3 내지 도 5를 참조하면, 1차 광 음향 신호의 지속시간 범위는 대상체가 0.5mm인 경우 약 170 μ m~360 μ m, 1mm인 경우 약 160 μ m~320 μ m, 1.5mm인 경우 약 165~320 μ m로 측정되었는바, 이 측정결과로부터 대상체의 두께가 커짐에 따라 1차 광 음향 신호의 지속시간은 감소하는 것을 알 수 있다.
- [82] 2차 광 음향 신호의 지속시간 범위는 대상체가 0.5mm인 경우 약 430 μ m~650 μ m, 1mm인 경우 약 350 μ m~780 μ m, 1.5mm인 경우 약 330 μ m~1260 μ m로 측정되었는바, 이 측정결과로부터 대상체의 두께가 커짐에 따라 2차 광 음향 신호의 지속시간은 증가하는 것을 알 수 있다.
- [83] 또한, 대상체의 두께가 커짐에 따라, 1차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 감소하며, 2차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 증가하는 것을 알 수 있으며, 1차 광 음향 신호와 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이가 감소하는 것을 알 수 있다.
- [84] 위와 같이, 대상체의 두께와 광 음향 신호가 나타내는 응답특성은 매우 강한 상관 관계가 있으며, 이러한 상관 관계를 분석함으로써 대상체의 절대적인 두께 혹은 기준 시편과의 상대적인 두께를 측정하는 것이 가능하다.
- [85] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체의 두께와 광 음향 신호의 경향성을 나타내기 위한 제1 그래프이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체의 두께와 광 음향 신호의 경향성을 나타내기 위한 제2 그래프이다.
- [86] 여기서, rms 비(rms ratio)는 하기 수식 1로 정의되며, 최대값 비(max ratio)는 하기 수식 2로 정의될 수 있다.

- [87] [수식 1]
- [88] $\text{rms 비} = 2\text{차 광 음향 신호의 rms 값} / 1\text{차 광 음향 신호의 rms 값}$
- [89] [수식 2]
- [90] $\text{최대값 비} = 2\text{차 광 음향 신호의 최대값} / 1\text{차 광 음향 신호의 최대값}$
- [91] 이때, rms는 광 음향 신호의 rms(root mean square) 값을 나타낸다.
- [92] 상기 도면을 참조하면, 상기 rms 비와 상기 최대값 비는 모두 대상체의 두께가 커질수록 증가하는 경향성을 나타냄을 알 수 있으며, 이러한 경향성으로부터 대상체의 두께를 추정할 수 있다.
- [93] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 방법의 흐름도이다.
- [94] 도 8을 참조하면, 먼저 광원을 이용하여 레이저를 기준 시편에 조사할 수 있다(S10).
- [95] 그 다음, 상기 레이저와 상기 기준 시편 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신한다(S20).
- [96] 그 후, 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 제1 응답 파형을 측정할 수 있다(S30).
- [97] 기준 시편의 응답 파형 측정 후 아래와 같이 피검사체의 응답 파형을 측정할 수 있는데, 기준 시편과 피검사체의 측정 순서는 바뀔 수 있음은 물론이다.
- [98] 구체적으로, 광원을 이용하여 레이저를 피검사체의 조사할 수 있다(S40).
- [99] 그 다음, 상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신한다(S50).
- [100] 그 후, 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 제2 응답 파형을 측정할 수 있다(S60).
- [101] 최종적으로, 상기 제1 응답 파형이 나타내는 응답 특성과 상기 제2 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 비교 분석하여 상기 대상체의 두께를 도출할 수 있다(S70).
- [102] 이때, 응답 특성은 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이와, 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호 각각의 최대 진폭 크기 및 지속 시간을 포함할 수 있다.
- [103] 이상에서, 본 발명에 따른 실시예를 구성하는 모든 구성 요소들이 하나로 결합하거나 결합하여 동작하는 것으로 설명되었다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성 요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재할 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할

수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[104]

청구범위

- [청구항 1] 광원을 이용하여 레이저를 발생시켜 대상체에 조사하기 위한 광 조사부; 상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신하기 위한 수신부; 수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 측정하기 위한 측정부; 및 상기 측정된 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 분석하여 상기 대상체의 두께를 도출하기 위한 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 2차 광 음향 신호는 상기 대상체의 물리적 진동에 의해 발생하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 광 조사부에서 발생한 레이저의 조사 각도를 조절하기 위한 각도 조절부를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 각도 조절부는 상기 수신부의 위치에 따라 상기 레이저가 대상체에 조사되는 조사 각도를 조절하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 측정부는 상기 광 조사부의 레이저 조사 시점을 트리거링하여 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 응답 파형을 안정적으로 측정하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 응답특성은, 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이와, 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호 각각의 최대 진폭 크기 및 지속 시간을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 7] 제6항에 있어서, 상기 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이는 감소하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 8] 제6항에 있어서,

상기 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 감소하고 상기 2차 광 음향 신호의 최대 진폭 크기는 증가하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.

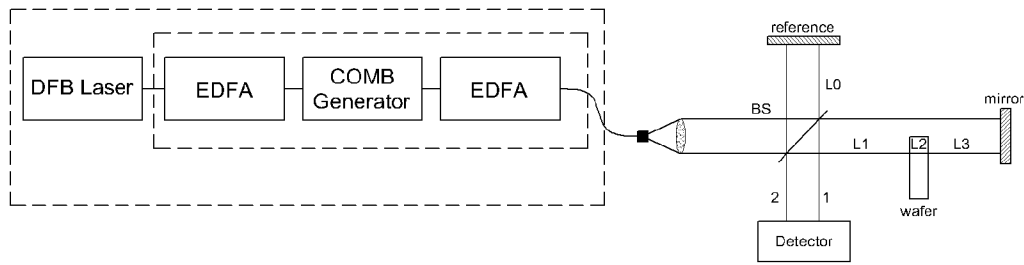
- [청구항 9] 제6항에 있어서,
상기 대상체의 두께가 커짐에 따라 상기 1차 광 음향 신호의 지속 시간은 감소하고 상기 2차 광 음향 신호의 지속 시간은 증가하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 시스템.
- [청구항 10] 광원을 이용하여 레이저를 기준 시편에 조사하는 단계;
상기 레이저와 상기 기준 시편 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신하는 단계;
수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 제1 응답 파형을 측정하는 단계;
광원을 이용하여 레이저를 대상체에 조사하는 단계;
상기 레이저와 상기 대상체 표면의 직접적인 충돌에 의해 발생하는 1차 광 음향 신호와 상기 레이저가 상기 대상체 내부를 진행하면서 발생하는 2차 광 음향 신호를 수신하는 단계;
수신된 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 제2 응답 파형을 측정하는 단계; 및
상기 제1 응답 파형이 나타내는 응답 특성과 상기 제2 응답 파형이 나타내는 응답 특성을 비교 분석하여 상기 대상체의 두께를 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 방법.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 응답특성은,
상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호의 발생 시간 차이와, 상기 1차 광 음향 신호와 상기 2차 광 음향 신호 각각의 최대 진폭 크기 및 지속 시간을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 방법.
- [청구항 12] 제10항에 있어서,
상기 응답 파형의 rms비는 하기 수식 1과 같이 나타낼 수 있으며, 상기 rms비는 대상체의 두께가 커질수록 증가하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 방법.
- [수식 1]
rms 비 = 2차 광 음향 신호의 rms 값 / 1차 광 음향 신호의 rms 값
- [청구항 13] 제10항에 있어서,
상기 응답 파형의 최대값 비는 하기 수식 2와 같이 나타낼 수 있으며, 상기 최대값비는 대상체의 두께가 커질수록 증가하는 것을 특징으로 하는

레이저를 이용한 비접촉식 두께 측정 방법.

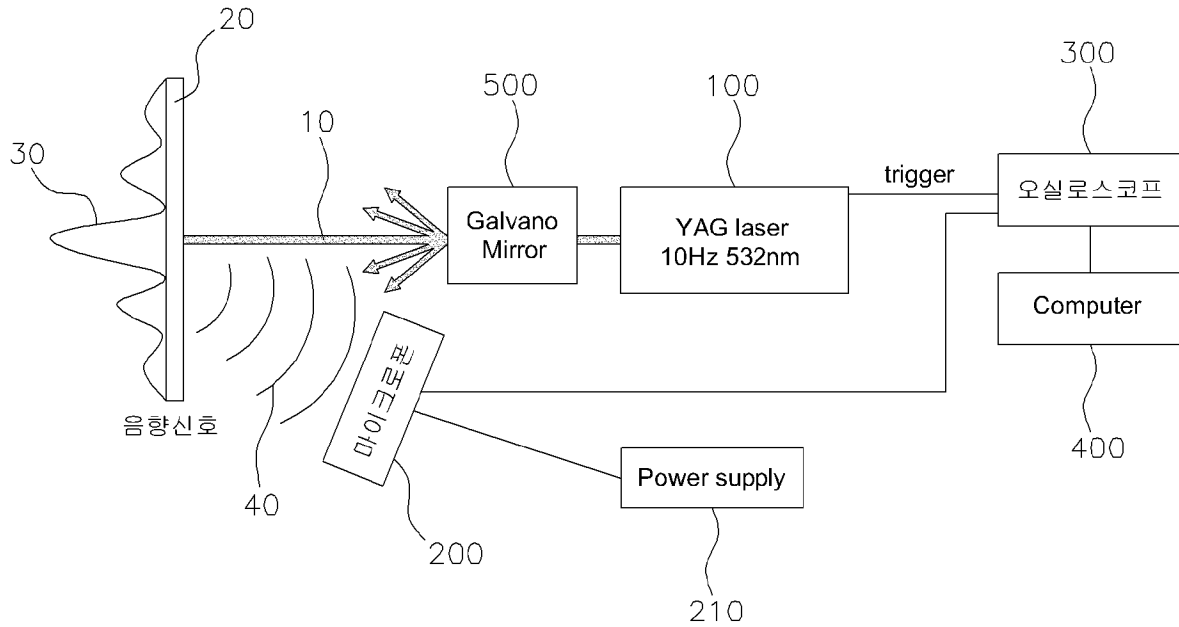
[수식 2]

최대값 비 = 2차 광 음향 신호의 최대값 / 1차 광 음향 신호의 최대값

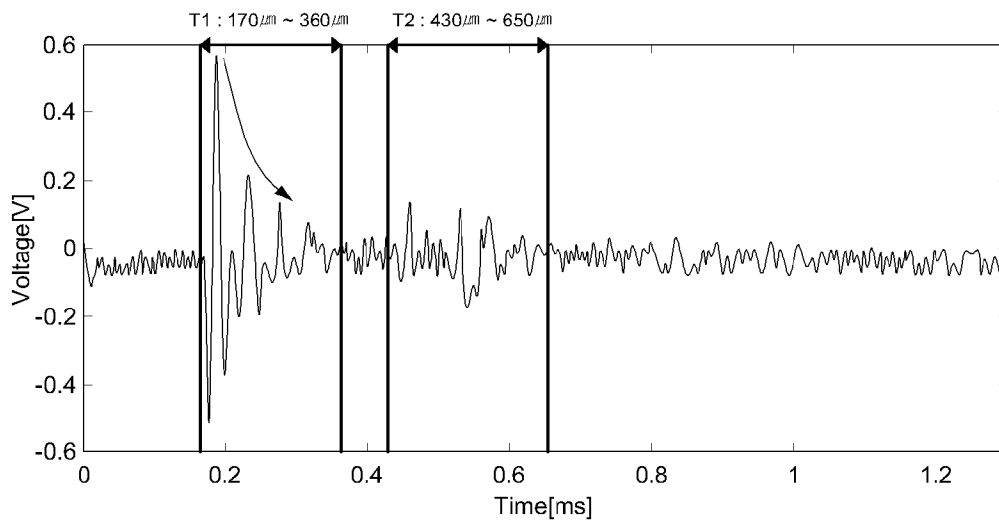
[도1]



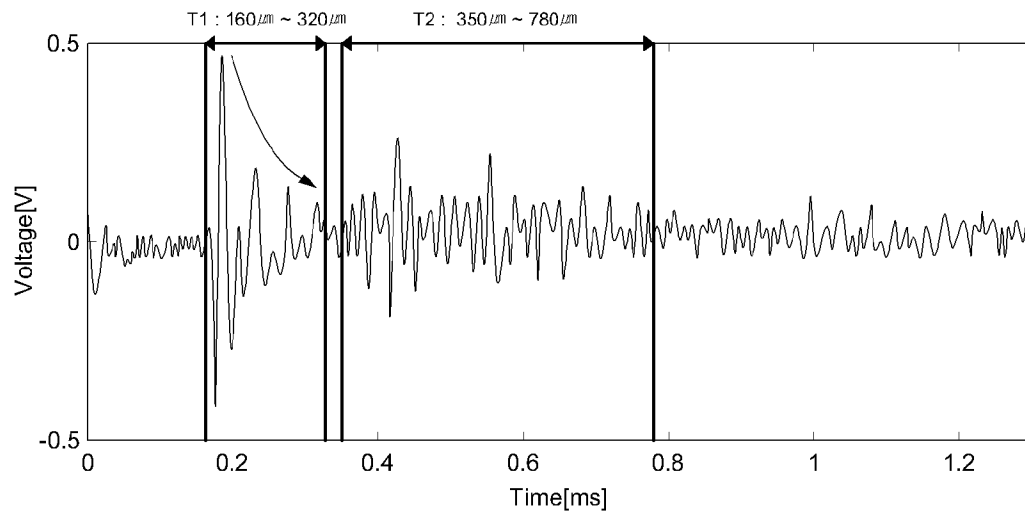
[도2]



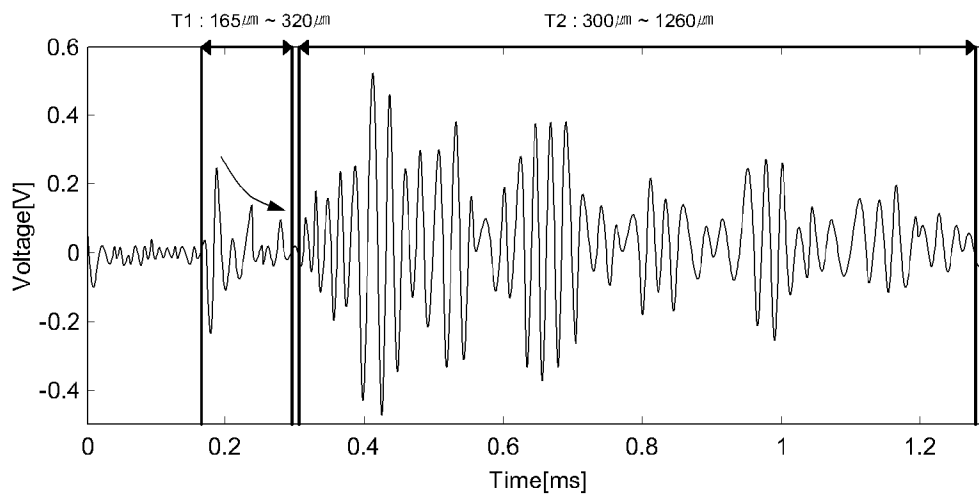
[도3]



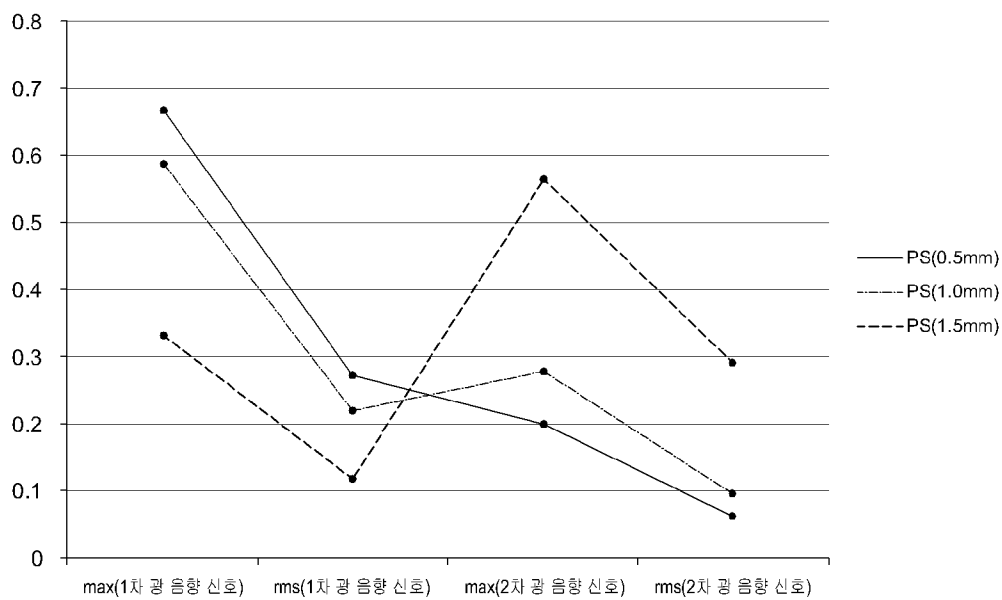
[도4]



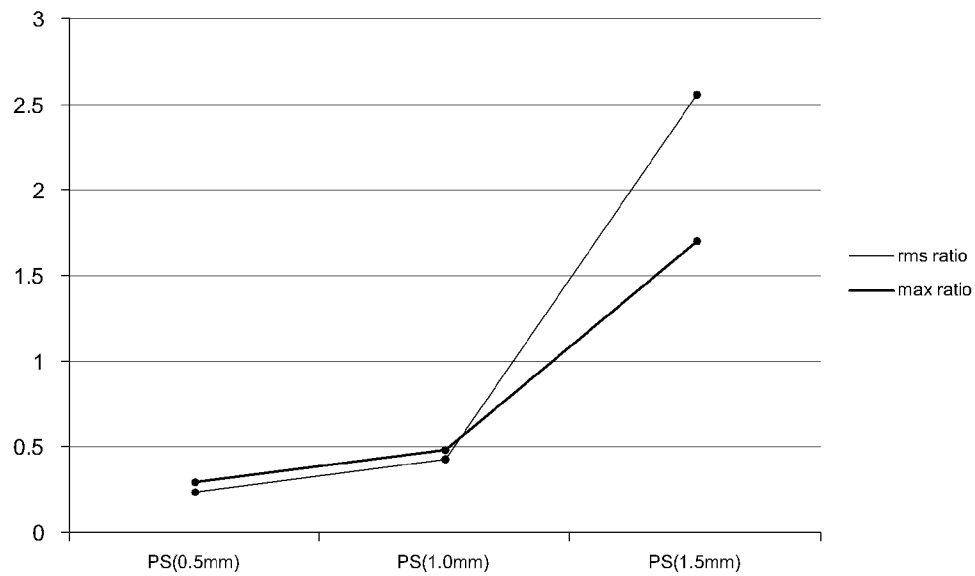
[도5]



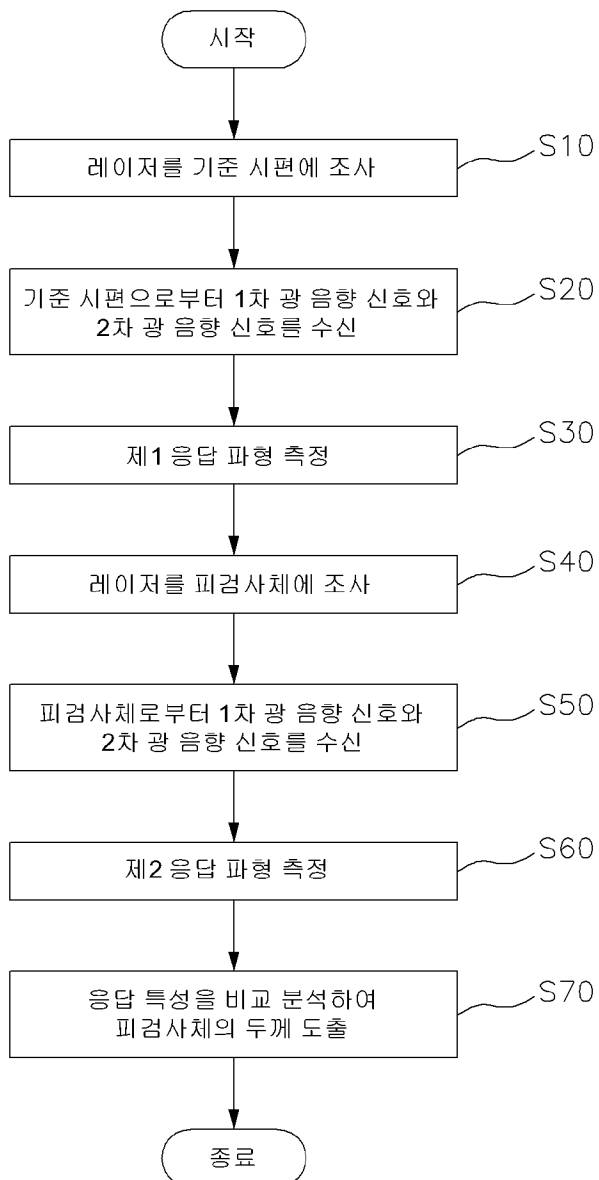
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/002804**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****G01B 11/06(2006.01)i, G01B 17/02(2006.01)i, H01S 3/106(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)

G01B 11/06; G01B 17/02; G01B 11/00; G01N 29/00; G01B 9/02; H01S 3/106

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: light source, laser, optical sound signal, object, responding waveform, measurement part, contactless, thickness measurement system

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-213936 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 31 July 2002 See paragraphs [0016]-[0036]; claims 1-4; and figures 4-10.	1-2,5-13
Y		3-4
Y	JP 2001-091213 A (TOSHIBA CORP.) 06 April 2001 See paragraphs [0021]-[0031]; claim 1; and figures 1-7.	3-4
A	JP 2001-311615 A (NKK CORP.) 09 November 2001 See paragraphs [0023]-[0051]; and figures 1-6.	1-13
A	JP 2007-322126 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 13 December 2007 See paragraphs [0011]-[0013]; and figure 1.	1-13
A	KR 10-2013-0088916 A (MIRUSYSTEMS CO., LTD.) 09 August 2013 See paragraphs [0036]-[0087]; and figures 1-3.	1-13



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

26 JUNE 2017 (26.06.2017)

Date of mailing of the international search report

26 JUNE 2017 (26.06.2017)

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. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/002804

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2002-213936 A	31/07/2002	NONE	
JP 2001-091213 A	06/04/2001	NONE	
JP 2001-311615 A	09/11/2001	NONE	
JP 2007-322126 A	13/12/2007	NONE	
KR 10-2013-0088916 A	09/08/2013	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01B 11/06(2006.01)i, G01B 17/02(2006.01)i, H01S 3/106(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01B 11/06; G01B 17/02; G01B 11/00; G01N 29/00; G01B 9/02; H01S 3/106

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: 광원, 레이저, 광 음향 신호, 대상체, 응답 파형, 측정부, 비접촉식, 두께 측정 시스템

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2002-213936 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 2002.07.31 단락 [0016]-[0036]; 청구항 1-4; 및 도면 4-10 참조.	1-2,5-13
Y		3-4
Y	JP 2001-091213 A (TOSHIBA CORP.) 2001.04.06 단락 [0021]-[0031]; 청구항 1; 및 도면 1-7 참조.	3-4
A	JP 2001-311615 A (NKK CORP.) 2001.11.09 단락 [0023]-[0051]; 및 도면 1-6 참조.	1-13
A	JP 2007-322126 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 2007.12.13 단락 [0011]-[0013]; 및 도면 1 참조.	1-13
A	KR 10-2013-0088916 A (주식회사 미루시스템즈) 2013.08.09 단락 [0036]-[0087]; 및 도면 1-3 참조.	1-13

☐ 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 06월 26일 (26.06.2017)

국제조사보고서 발송일

2017년 06월 26일 (26.06.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



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

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김진호

전화번호 +82-42-481-8699



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2002-213936 A	2002/07/31	없음	
JP 2001-091213 A	2001/04/06	없음	
JP 2001-311615 A	2001/11/09	없음	
JP 2007-322126 A	2007/12/13	없음	
KR 10-2013-0088916 A	2013/08/09	없음	