



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월22일
 (11) 등록번호 10-1825923
 (24) 등록일자 2018년01월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23K 26/02 (2014.01) B23K 26/03 (2014.01)
 B23K 26/04 (2014.01) B23K 26/06 (2014.01)
 B23K 26/08 (2014.01) B23K 26/70 (2014.01)
 (52) CPC특허분류
 B23K 26/02 (2013.01)
 B23K 26/03 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-0124938
 (22) 출원일자 2015년09월03일
 심사청구일자 2015년09월03일
 (65) 공개번호 10-2017-0030100
 (43) 공개일자 2017년03월17일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2000009991 A*
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 주식회사 이오테크닉스
 경기도 안양시 동안구 동편로 91 (관양동)
 (72) 발명자
 이동준
 서울특별시 관악구 신림로29길 8, 101동 1302호
 (신림동, 신림현대아파트)
 현동원
 경기도 수원시 영통구 권광로260번길 36, 113동
 1102호 (매탄동, 현대힐스테이트아파트)
 김병오
 서울특별시 서대문구 거북골로18나길 45-12 (북가
 좌동)
 (74) 대리인
 리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

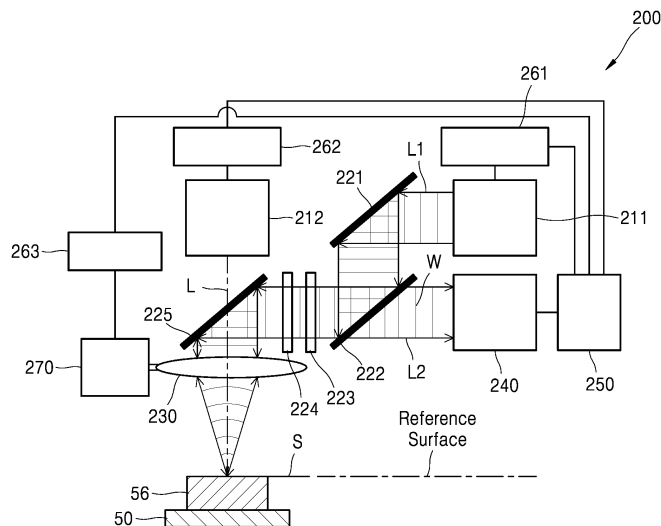
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 **레이저 가공장치 및 레이저 가공방법**

(57) 요약

레이저 가공장치 및 레이저 가공방법이 개시된다. 개시된 레이저 가공장치는, 가공대상물의 높이 변화를 측정하는 것으로, 측정을 위한 탐지광을 방출하는 제1 광원, 상기 탐지광을 집속하여 상기 가공대상물에 조사하는 제1 광집속부, 상기 탐지광이 상기 가공대상물의 반사면으로부터 반사되어 나오는 반사광의 변화를 검출하는 것으로, 샷크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부, 및 상기 광센싱부에 의해 검출된 상기 반사광의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 연산부를 포함하는 측정 장치; 상기 가공대상물에 가공을 위한 레이저광을 방출하는 제2 광원; 및 상기 측정 장치에 의해 측정된 가공대상물의 높이 변화를 이용하여 상기 가공대상물에 조사되는 상기 레이저광의 초점을 조절하는 초점 조절 장치;를 포함한다.

대표도 - 도7a



(52) CPC특허분류

B23K 26/032 (2013.01)
B23K 26/04 (2013.01)
B23K 26/046 (2013.01)
B23K 26/048 (2013.01)
B23K 26/0643 (2013.01)
B23K 26/066 (2015.10)
B23K 26/0876 (2013.01)
B23K 26/705 (2015.10)
B23K 26/707 (2015.10)

(56) 선행기술조사문헌

KR101514249 B1*
KR1020140140206 A*
KR1020140092411 A*
KR101274032 B1*
JP01202606 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

가공대상물의 높이 변화를 측정하는 것으로, 측정을 위한 탐지광(probe light)을 방출하는 제1 광원, 상기 탐지광을 집속하여 상기 가공대상물에 조사하는 제1 광집속부, 상기 탐지광이 상기 가공대상물의 반사면으로부터 반사되어 나오는 반사광의 변화를 검출하는 것으로, 샤크-하트만(shack-hartmann) 센서를 포함하는 광센싱부, 및 상기 광센싱부에 의해 검출된 상기 반사광의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 연산부를 포함하는 측정 장치;

상기 가공대상물에 가공을 위한 레이저광을 방출하는 제2 광원;

상기 제2 광원으로부터 방출된 상기 레이저광을 집속하여 상기 가공대상물에 조사하는 제2 광집속부; 및

상기 측정 장치에 의해 측정된 가공대상물의 높이 변화를 이용하여 상기 가공대상물에 조사되는 상기 레이저광의 초점을 조절하는 초점 조절 장치;를 포함하고,

상기 탐지광의 광 경로와 상기 레이저광의 광 경로는 중첩되지 않으며,

상기 샤크-하트만 센서는 상기 반사광의 광파면(wavefront) 변화를 검출하고,

상기 연산부는 상기 반사광의 광파면 변화를 수식으로 표현한 제르니케 다항식(Zernike polynomials) 중 디포커스(defocus)항 계수값의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 것으로, 상기 연산부는 상기 측정 장치에서의 기준점을 상하로 이동하면서 디포커스항의 계수값들을 측정하고, 상기 기준점의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값 변화를 캘리브레이션 데이터로 저장하는 레이저 가공장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 초점 조절 장치는 상기 제2 광집속부를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키거나 또는 상기 제2 광집

속부 및 상기 측정장치를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키는 구동부를 포함하는 레이저 가공장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 초점 조절 장치는 상기 연산부와 연결되어 상기 구동부의 상하 이동을 제어하는 제어부를 더 포함하는 레이저 가공장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 제1 광원과 상기 제1 광집속부 사이에는 상기 탐지광 및 상기 반사광 중 어느 하나는 투과시키고, 다른 하나는 반사시키는 빔 분리기가 마련되는 레이저 가공장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

탐지광을 방출하는 제1 광원, 상기 탐지광을 집속하여 가공대상물에 조사하는 제1 광집속부, 상기 탐지광이 반사되어 나오는 반사광의 변화를 검출하는 것으로, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부, 및 상기 반사광의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 연산부를 포함하는 측정 장치; 레이저광을 방출하는 제2 광원; 상기 제2 광원으로부터 방출된 상기 레이저광을 집속하여 상기 가공대상물에 조사하는 제2 광집속부 및 상기 레이저광의 초점을 조절하는 초점 조절 장치;를 포함하는 레이저 가공장치를 이용하여 가공대상물을 가공하는 방법에 있어서,

상기 탐지광을 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 상기 측정 장치가 측정하는 단계; 및

상기 초점 조절 장치가 상기 측정장치에 의해 측정된 상기 가공대상물의 높이 변화에 대응하도록 상기 가공대상물에 조사되는 상기 레이저광의 초점을 조절하는 단계;를 포함하고,

상기 탐지광의 광 경로와 상기 레이저광의 광 경로는 중첩되지 않으며,

상기 샤크-하트만 센서는 상기 반사광의 광파면 변화를 검출하고,

상기 연산부는 상기 반사광의 광파면 변화를 수식으로 표현한 제르니케 다항식 중 디포커스항 계수값의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 것으로, 상기 연산부는 상기 측정 장치에서의 기준점을 상하로 이동하면서 디포커스항의 계수값들을 측정하고, 상기 기준점의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값 변화를 캘리브레이션 데이터로 저장하는 레이저 가공방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

제 15 항에 있어서,

상기 초점 조절 장치는 상기 제2 광집속부를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키거나 또는 상기 제2 광집속부 및 상기 측정장치를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키는 구동부; 및 상기 연산부와 연결되어 상기 구동부의 상하 이동을 제어하는 제어부를 더 포함하는 레이저 가공방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법에 관한 것으로, 상세하게는 레이저 가공 작업 중에 가공목표 지점에 대한 초점을 자동으로 조절할 수 있는 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 샤크-하트만(shack-hartmann) 센서는 천체 망원경이나 검안기 등의 분야에서 특정 영역에서 반사되는 광파면(light wavefront)의 왜곡 또는 수차를 측정하는 장치로서, 이렇게 측정된 광파면의 왜곡 또는 수차를 이용하여 특정 영역에서 면의 형상을 측정하는데 일반적으로 이용되고 있다.

[0003] 하지만, 샤크-하트만 센서는 물체의 전체적인 두께나 또는 높이 변화는 측정할 수 없는 한계가 있다. 예를 들어, 스테이지의 표면과 같은 기준면 위에 적재된 서로 다른 두께를 가지는 웨이퍼들 사이에 두께 차이를 측정하고자 할 때, 샤크-하트만 센서로는 그 두께 차이를 측정할 수 없거나 또는 측정하는데 커다란 제약이 있을 수 있다. 이는 물체에 조사되는 탐지광(probe light)의 크기가 웨이퍼들과 기준면을 모두 포함할 정도로 커야 하고, 기준면이 탐지광의 반사면이 되면서 기준면과 측정면의 높이 차이가 샤크-하트만 센서의 측정 한계(예를 들면, 탐지광 파장의 약 30배 정도)를 넘지 않아야 하기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일 실시예에 따르면 레이저 가공 작업 중에 가공목표 지점에 대한 초점을 자동으로 조절할 수 있는 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 측면에 있어서,

[0006] 가공대상물의 높이 변화를 측정하는 것으로, 측정을 위한 탐지광(probe light)을 방출하는 제1 광원, 상기 탐지광을 집속하여 상기 가공대상물에 조사하는 제1 광집속부, 상기 탐지광이 상기 가공대상물의 반사면으로부터 반사되어 나오는 반사광의 변화를 검출하는 것으로, 샤크-하트만(shack-hartmann) 센서를 포함하는 광센싱부, 및 상기 광센싱부에 의해 검출된 상기 반사광의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 연산부를 포함하는 측정 장치;

[0007] 상기 가공대상물에 가공을 위한 레이저광을 방출하는 제2 광원; 및

[0008] 상기 측정 장치에 의해 측정된 가공대상물의 높이 변화를 이용하여 상기 가공대상물에 조사되는 상기 레이저광의 초점을 조절하는 초점 조절 장치;를 포함하는 레이저 가공장치가 제공된다.

[0009] 상기 제2 광원으로부터 방출된 상기 레이저 광은 상기 제1 광집속부를 경유하여 상기 가공대상물에 조사될 수

있다.

- [0010] 상기 초점 조절 장치는 상기 제1 광집속부를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키거나 또는 상기 측정장치를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키는 구동부를 포함할 수 있다. 그리고, 상기 초점 조절 장치는 상기 연산부와 연결되어 상기 구동부의 상하 이동을 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 제1 및 제2 광원과 상기 제1 광집속부 사이에는 상기 탐지광 및 상기 레이저광 중 어느 하나는 투과시키고 다른 하나는 반사시키는 다이크로익 미러(dichroic mirror)가 마련될 수 있다.
- [0012] 상기 제1 광원과 상기 다이크로익 미러 사이에는 상기 탐지광 및 상기 반사광 중 어느 하나는 투과시키고, 다른 하나는 반사시키는 빔 분리기(beam splitter)가 마련될 수 있다. 그리고, 상기 다이크로익 미러와 상기 빔 분리기 사이에는 파장판(wave plate) 및 대역통과 필터(bandpass filter)가 더 마련될 수 있다.
- [0013] 상기 제2 광원으로부터 방출된 상기 레이저광을 집속하여 상기 가공대상물에 조사하는 제2 광집속부를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 초점 조절 장치는 상기 제2 광집속부를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키거나 또는 상기 제2 광집속부 및 상기 측정장치를 상기 가공대상물에 대해 상하로 이동시키는 구동부를 포함할 수 있다. 그리고, 상기 초점 조절 장치는 상기 연산부와 연결되어 상기 구동부의 상하 이동을 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 제1 광원과 상기 제1 광집속부 사이에는 상기 탐지광 및 상기 반사광 중 어느 하나는 투과시키고, 다른 하나는 반사시키는 빔 분리기가 마련될 수 있다. .
- [0016] 상기 샤크-하트만 센서는 상기 반사광의 광파면(light wavefront) 변화를 검출할 수 있다. 상기 연산부는 상기 광센싱부에 의해 검출된 상기 반사광의 변화를 수식으로 표현한 제르니케 다항식(Zernike polynomials)을 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산할 수 있다. 여기서, 상기 가공대상물의 높이 변화는 상기 제르니케 다항식의 디포커스(defocus)항 계수값 변화에 대응할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 측면에 있어서,
- [0018] 탐지광을 방출하는 제1 광원, 상기 탐지광을 집속하여 가공대상물에 조사하는 제1 광집속부, 상기 탐지광이 반사되어 나오는 반사광의 변화를 검출하는 것으로, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부, 및 상기 반사광의 변화를 이용하여 상기 가공대상물의 높이 변화를 계산하는 연산부를 포함하는 측정 장치; 레이저광을 방출하는 제2 광원; 및 상기 레이저광의 초점을 조절하는 초점 조절 장치;를 포함하는 레이저 가공장치를 이용하여 가공대상물을 가공하는 방법에 있어서,
- [0019] 상기 가공대상물의 높이 변화를 상기 측정 장치가 측정하는 단계; 및
- [0020] 상기 초점 조절 장치가 상기 측정장치에 의해 측정된 상기 가공대상물의 높이 변화에 대응하도록 상기 가공대상물에 조사되는 상기 레이저광의 초점을 조절하는 단계;를 포함하는 레이저 가공방법이 제공된다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 실시예에 의하면, 측정장치에서 샤크-하트만 센서를 포함하는 광검출부가 가공대상물로부터 반사되는 반사광의 광파면 변화를 검출하고, 연산부가 반사광의 광파면 변화를 이용하여 디포커스항의 계수값을 계산함으로써 가공대상물의 높이 변화를 측정할 수 있다. 따라서, 레이저 가공작업 중에 가공대상물의 높이가 변화하는 경우 측정장치가 실시간으로 가공대상물의 높이 변화를 측정하고, 이렇게 측정된 가공대상물의 높이 변화를 이용하여 초점을 자동적으로 조절함으로써 레이저 가공작업을 실시간으로 정확하게 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 측정장치를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 2a 내지 도 2c는 도 1에 도시된 측정장치를 이용하여 물체의 두께나 높이 변화를 측정하는 원리를 설명하기 위한 도면들이다.
- 도 3은 도 2a 내지 도 2c에서 반사면의 높이에 따라 검출된 반사광의 변화로부터 계산된 디포커스항 계수값을 예시적으로 도시한 것이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 측정방법을 설명하는 흐름도(flow chart)이다.

도 5a 및 도 5b는 도 4에 도시된 측정방법의 구체적인 구현예를 도시한 것이다.

도 6a 및 도 6b는 도 4에 도시된 측정방법의 다른 구현예를 도시한 것이다.

도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치 및 레이저 가공 방법을 도시한 것이다.

도 8은 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치를 도시한 것이다.

도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치 및 레이저 가공 방법을 도시한 것이다.

도 10은 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 아래에 예시되는 실시예는 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니며, 본 발명을 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 지칭하며, 각 구성요소의 크기나 두께는 설명의 명료성을 위하여 과장되어 있을 수 있다. 또한, 소정의 물질층이 기판이나 다른 층에 존재한다고 설명될 때, 그 물질층은 기판이나 다른 층에 직접 접하면서 존재할 수도 있고, 그 사이에 다른 제3의 층이 존재할 수도 있다. 그리고, 아래의 실시예에서 각 층을 이루는 물질은 예시적인 것이므로, 이외에 다른 물질이 사용될 수도 있다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 측정장치를 개략적으로 도시한 것이다. 도 1에 도시된 측정장치(100)는 물체의 두께 또는 높이 변화를 측정하거나 물체의 형상을 측정할 수 있다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 측정장치(100)는 스테이지(50)에 적재된 대상 물체(55)의 상부에 마련될 수 있다. 본 실시예에 따른 측정장치(100)는 광원(110), 광집속부(130), 광센싱부(140) 및 연산부(150)를 포함할 수 있다. 여기서, 광원(110)과 광집속부(130) 사이에는 빔 분리기(beam splitter, 120)가 더 마련될 수 있다.
- [0026] 광원(110)은 대상 물체(55)의 높이를 측정하기 위해 대상 물체(55)에 조사하는 탐지광(probe light, L1)을 방출한다. 이렇게 광원(110)으로부터 방출되는 탐지광(L1)은 빔 분리기(120)를 투과할 수 있다. 여기서, 빔 분리기(120)는 탐지광(L1)과 후술하는 반사광(L2) 중 어느 하나의 광은 투과시키고, 다른 하나의 광은 반사시킬 수 있다. 도 1에는 빔 분리기(120)가 탐지광(L1)을 투과시키고 반사광(L2)을 반사시키는 경우가 예시적으로 도시되어 있다. 그러나, 본 실시예는 이에 한정되지 않고, 빔 분리기(120)가 탐지광(L1)을 반사시키고 반사광(L2)을 투과시키도록 구성될 수도 있다. 이러한 빔 분리기(120)를 경유한 탐지광(L1)은 광집속부(130)에 의해 집중된 다음, 스테이지(50)에 적재된 대상 물체(55)에 조사된다.
- [0027] 광집속부(130)에 의해 집중되어 대상 물체(55)에 조사된 탐지광(L)은 대상 물체(55)의 반사면으로부터 반사된다. 이렇게 대상 물체(55)로부터 반사된 반사광(L2)은 광집속부(130)를 경유하여 빔 분리기(120)에서 반사된 다음, 광센싱부(140)에 의해 검출될 수 있다. 본 실시예에서 광센싱부(140)는 반사광(L2)의 광파면(light wavefront) 변화를 검출할 수 있는 샤크-하트만(shack-hartmann) 센서를 포함할 수 있다. 샤트-하트만 센서는 반사광(L2)의 광파면의 왜곡 또는 수차를 측정함으로써 탐지광(L1)에 대한 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출할 수 있다.
- [0028] 연산부(150)는 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 변화를 이용하여 대상 물체(55)의 반사면 높이변화를 측정할 수 있다. 구체적으로, 광센싱부(140)가 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출하게 되면, 이 광파면 변화에 해당하는 전기 신호를 연산부(150)에 보내게 된다. 그리고, 연산부(150)는 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광파면 변화를 수학적 모델인 제르니케 다항식(Zernike polynomials)으로 구성함으로써 대상 물체(55)의 반사면에 대한 높이 변화를 측정할 수 있다. 제르니케 다항식은 다수의 항으로 구성될 수 있으며, 여기서 제르니케 다항식을 구성하는 각 항들은 광학적 수차들(aberration)을 의미하는 것으로, 서로 독립적(orthogonal)이다. 이러한 제르니케 다항식을 구성하는 항들 중에서 디포커스(defocus)항의 계수값이 대상 물체(55)의 두께나 높이 변화를 결정할 수 있다. 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.
- [0029] 측정장치(100)는 대상 물체(55)에 대해 상대적으로 상하 이동이 가능하도록 마련될 수 있다. 예를 들면, 도 1에서 측정 장치(100)가 z 방향을 따라 상하 이동하거나 또는 대상 물체(55)가 적재된 스테이지(50)가 z 방향을 따라 상하 이동할 수 있다. 또한, 측정장치(100) 및 스테이지(50) 모두가 모두 z 방향을 따라 이동할 수도 있다.

- [0030] 도 2a 내지 도 2c는 도 1에 도시된 측정장치를 이용하여 물체의 두께나 높이 변화를 측정하는 원리를 설명하기 위한 도면들이다.
- [0031] 도 2a에는 광원(110)으로부터 방출된 탐지광(L1)이 광집속부(130)에 의해 집속되어 반사면(S)에 입사된 후 반사면(S)으로부터 반사되는 모습이 도시되어 있다. 도 2a를 참조하면, 광원(110)으로부터 방출되어 빔 분리기(120)를 통과한 탐지광(L1)은 광집속부(130)에 의해 집속된 다음, 반사면(S)에 입사된다. 여기서, 탐지광(L1)은 반사면(S) 상에 포커싱되어 집광점을 형성할 수 있다. 이어서, 탐지광(L1)은 반사면(S)에서 반사되고, 반사광(L2)은 빔 분리기(120)에서 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다.
- [0032] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)는 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있다. 도 2a에서, 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면(W)은 탐지광(L1)과 마찬가지로 모두 평면과면(plane wavefront)이므로, 반사광(L2)의 광과면 변화는 없게 된다. 이와 같이, 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 반사면(S)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면(reference surface)으로 설정할 수 있다. 여기서, 기준면의 높이는 예를 들면 “0”으로 정해질 수 있다.
- [0033] 이와 같이, 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면 변화가 없게 되면 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수값은 “0”이 될 수 있다. 이 경우, 반사면(S)의 높이는 기준면의 높이와 동일한 “0”으로 정해질 수 있다.
- [0034] 도 2b에는 광원(110)으로부터 방출된 탐지광(L1)이 광집속부(130)에 의해 집속되어 반사면(S)에 입사된 후 반사되는 모습이 도시되어 있다. 도 2b에서는 반사면(S)이 기준면 보다 높은 위치에 마련되어 있으며, 이 경우 반사면(S)의 높이는 “양(+)”의 값을 가질 수 있다. 2b를 참조하면, 광원(110)으로부터 방출되어 빔 분리기(120)를 통과한 탐지광(L1)은 광집속부(130)에 의해 집속된 다음, 반사면(S)에 입사된다. 여기서, 반사면(S)은 기준면 보다 높은 위치에 마련되어 있으므로, 광집속부(130)를 경유한 탐지광(L1)은 반사면(S) 상에 디포커싱될 수 있다. 그리고, 이러한 탐지광(L1)은 반사면(S)에서 반사되고, 반사광(L2)은 빔 분리기(120)에서 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다. 이 경우, 빔 분리기(120)에서 반사되어 나가는 반사광(L2)은 발산하면서 광센싱부(140)에 입사될 수 있다.
- [0035] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)는 반사면(S)으로부터 나오는 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 기준면보다 높은 위치에 있는 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)은 그 광과면(W)이 볼록한 형태로 변화되어 광센싱부(140)에 입사될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면(W)이 볼록한 형태로 변화하게 되면 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수는 “양(+)”의 값을 가질 수 있다.
- [0036] 도 2c에는 광원(110)으로부터 방출된 탐지광(L1)이 광집속부(130)에 의해 집속되어 반사면(S)에 입사된 후 반사되는 모습이 도시되어 있다. 도 2c에서는 반사면(S)이 기준면 보다 낮은 위치에 마련되어 있으며, 이 경우 반사면(S)의 높이는 “음(-)”의 값을 가질 수 있다. 도 2c를 참조하면, 광원(110)으로부터 방출되어 빔 분리기(120)를 통과한 탐지광(L1)은 광집속부(130)에 의해 집속된 다음, 반사면(S)에 입사된다. 여기서, 반사면(S)은 기준면 보다 낮은 위치에 마련되어 있으므로, 광집속부(130)를 경유한 탐지광(L1)은 반사면(S) 상에 디포커싱될 수 있다. 그리고, 이러한 탐지광(L1)은 반사면(S)에서 반사되고, 반사광(L2)은 빔 분리기(120)에서 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다. 이 경우, 빔 분리기(120)에서 반사되어 나가는 반사광(L2)은 수렴하면서 광센싱부(140)에 입사될 수 있다.
- [0037] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)는 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있다. 도 2c에 도시된 바와 같이, 기준면 보다 낮은 위치에 있는 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)은 그 광과면(W)이 오목한 형태로 변화되어 광센싱부(140)에 입사하게 된다. 이와 같이, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면(W)이 오목한 형태로 변화하게 되면 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수는 “음(-)”의 값을 가질 수 있다.
- [0038] 도 3은 도 2a 내지 도 2c에서 반사면(S)의 높이에 따라 검출된 반사광(L2)의 변화로부터 계산된 디포커스항 계수값을 예시적으로 도시한 것이다.
- [0039] 도 3을 참조하면, 반사면(S)의 높이가 기준면(reference height)의 높이와 동일한 “0”인 경우, 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수는 “0”이 됨을 알 수 있다. 그리고, 반사면(S)의 높이가 기준면 보다 높은 “양(+)”의 값을 가지는 경우에는 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수는 “양(+)”의 값을 가짐을 알 수 있다. 이 경우, 반사면(S)의 높이가 높아질수록 디포커스항의 계수값도 점점 커지게 된다. 한편, 반사면(S)의 높이가 기준

면 보다 낮은 “음(-)”의 값을 가지는 경우에는 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수는 “음(-)”의 값을 가짐을 알 수 있다. 이 경우, 반사면(S)의 높이가 낮아질수록 디포커스항의 계수값도 점점 작아지게 된다. 이상과 같은 반사면(S)의 높이 변화에 따른 디포커스항의 계수값 변화는 후술하는 바와 같이 측정장치(100)의 연산부(150)에 캘리브레이션 데이터(calibration data)로서 저장될 수 있다.

- [0040] 한편, 이상에서는 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “0”이 되는 반사면(S)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정한 경우가 예시적으로 설명되었다. 그러나, 본 실시예는 이에 한정되지 않고 디포커스항의 계수값이 “양(+)” 또는 “음(-)”의 값이 되는 반사면(S)을 기준면으로 설정할 수도 있다. 이 경우에도 기준면에 대한 반사면(S)의 높이 변화에 따라 디포커스항의 계수값은 변화될 수 있으며, 이렇게 계산된 디포커스항의 계수값 변화를 이용하여 반사면의 높이 변화를 측정함으로써 캘리브레이션 데이터를 만들 수 있게 된다.
- [0041] 도 4는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 측정방법을 설명하는 흐름도(flow chart)이다. 도 4에는 도 1에 도시된 측정장치(100)를 이용하여 물체의 두께나 높이 변화를 측정하는 방법이 도시되어 있다.
- [0042] 도 4를 참조하면, 먼저 측정장치의 기준점을 설정한다(401). 여기서, 기준점은 전술한 바와 같이 높이가 “0”인 기준면 상에 설정될 수 있다. 이러한 기준점은 후술하는 바와 같이, 기준 물체의 반사면 상에 설정되거나 또는 스테이지의 반사면 상에 설정될 수 있다.
- [0043] 이어서, 기준점의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값을 측정한다(402). 여기서, 기준점의 상하 이동은 도 2a 내지 도 2c에 도시된 바와 같이 반사면을 기준면에서 상하로 이동함으로써 이루어질 수 있으며, 이러한 기준점의 사향 이동에 따라 반사광(L2)의 광과면 변화가 발생하게 되고, 이러한 반사면(L2)의 광과면 변화를 광센싱부(140)에서 검출한 다음, 이를 이용하여 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수값을 측정할 수 있다. 그리고, 이렇게 측정된 기준점의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값 변화를 나타내는 캘리브레이션 데이터를 연산부(150)에 저장한다(403).
- [0044] 다음으로, 스테이지(50) 상에 측정하고자 하는 대상 물체(55)를 로딩한다. 측정장치(100)는 전술한 기준점 위치로 이동한 다음, 광원(110)으로부터 탐지광(L1)을 출사하여 대상 물체(55)에 조사한다. 여기서, 광원(110)으로부터 출사된 탐지광(L1)은 빔 분리기(120)를 투과한 다음, 광집속부(130)에 의해 집속되어 대상 물체(55)에 조사될 수 있다.
- [0045] 이어서, 광센싱부(140)가 대상 물체(55)의 반사면으로부터 나오는 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출한다. 구체적으로, 광집속부(130)를 경유한 탐지광(L1)은 대상 물체(55)의 반사면에서 반사되고, 이렇게 반사되어 나오는 반사광(L2)은 광센싱부(140)에 입사된다. 여기서, 대상 물체(55)의 반사면에서 나오는 반사광(L2)은 광집속부(130)를 경유한 다음 빔 분리기(120)에 의해 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다. 그리고, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)가 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있다.
- [0046] 다음으로, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 변화를 이용하여 대상 물체(55)의 반사면 높이 변화를 측정한다. 구체적으로, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면 변화는 연산부(150)에 입력되고, 연산부(150)에서는 이러한 반사광(L2)의 광과면 변화를 이용하여 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수값을 계산한다. 그리고, 계산된 디포커스항의 계수값을 연산부(150)에 저장된 캘리브레이션 데이터와 비교함으로써 기준점에 대한 대상 물체(55)의 반사면 높이 변화를 측정할 수 있다. 이렇게 측정된 반사면의 높이 변화를 이용하여 대상 물체(55)의 두께도 측정할 수 있게 된다.
- [0047] 도 5a 및 도 5b는 도 4에 도시된 측정방법의 구체적인 구현예를 도시한 것이다.
- [0048] 도 5a를 참조하면, 스테이지(50) 상에 기준 물체(reference object, 51)를 로딩한다. 여기서, 기준 물체(51)는 이미 알고 있는 두께(t1)를 가질 수 있다. 이어서, 측정장치(100)의 기준점(P)을 설정한다. 측정장치(100)의 기준점(P)은 기준 물체(51)의 반사면(S1) 상에 설정될 수 있다. 다음으로, 측정장치(100)의 광원(110)으로부터 방출되어 빔 분리기(120)를 투과한 탐지광(L1)은 광집속부(130)에 의해 집속된 다음, 기준 물체(51)의 반사면(S1)에 입사된다. 그리고, 탐지광(L1)은 반사면(S1)에서 반사되고, 반사광(L2)은 빔 분리기(120)에서 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다.
- [0049] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)는 기준 물체(51)의 반사면(S1)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있다. 도 5a에는 도 2a에 도시된 바와 같이 기준 물체(51)의 반사면(S1)으로부터 반사되어 광센싱부(140)에 입사된 반사광(L2)의 광과면(W)이 평면과면가 됨으로써 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 경우가 도시되어 있다. 이와 같이, 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 기준 물체(51)의 반사면(S1)은 높이 측정의 기

준이 되는 기준면에 해당될 수 있다. 여기서, 기준면의 높이는 “0”으로 정해질 수 있다.

- [0050] 이와 같이, 기준 물체(51)의 반사면(S1)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면 변화가 없게 되면 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수값은 “0”이 될 수 있다.
- [0051] 다음으로, 기준점(P)의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값을 측정한다. 여기서, 기준점(P)의 상하 이동은 도 2b 및 도 2c에 도시된 바와 같이 기준 물체(51)의 반사면(S1)을 기준면에서 상하로 이동함으로써 이루어질 수 있다. 이러한 기준점(P)의 상하 이동은 스테이지(50)와 측정장치(100) 중 적어도 하나가 상하 이동함으로써 이루어질 수 있다.
- [0052] 기준점(P)의 상하 이동에 따라 기준 물체(51)의 반사광(L2)의 광과면 변화가 발생하게 되고, 이러한 반사면(S1)의 광과면 변화를 광센싱부(140)에서 검출한 다음, 이를 이용하여 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수값을 측정할 수 있다.
- [0053] 구체적으로, 기준 물체(51)의 반사면(S1)이 도 2b에 도시된 바와 같이 기준면에서 위쪽으로 이동하게 되면 기준점(P)의 높이는 “양(+)”의 값을 가지게 되고, 이 경우 기준 물체(51)의 반사면(S1)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면(W)은 볼록한 형태로 변화되어 광센싱부(140)에 검출될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면(W)이 볼록한 형태로 변화하게 되면 연산부(150)에 저장된 반사광(L2)의 광과면 변화를 수식으로 표현한 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수는 “양(+)”의 값을 가질 수 있다.
- [0054] 다음으로, 기준 물체(51)의 반사면(S1)이 도 2c에 도시된 바와 같이 기준면에서 아래쪽으로 이동하게 되면 기준점(P)의 높이는 “음(-)”의 값을 가지게 되고, 이 경우 기준 물체(51)의 반사면(S1)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면(W)은 오목한 형태로 변화되어 광센싱부(140)에 검출될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면(W)이 오목한 형태로 변화하게 되면 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수는 “음(-)”의 값을 가질 수 있다.
- [0055] 한편, 이상에서는 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “0”인 경우에서의 반사면(S1)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정한 경우가 설명되었다. 그러나, 이에 한정되지 않고 반사광(L2)의 광과면 변화가 있는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “양(+)” 또는 “음(-)”의 값을 가지는 경우에서의 반사면(S1)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정할 수도 있다.
- [0056] 이상과 같이, 기준점(P)의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값 변화를 계산하고 이렇게 계산된 캘리브레이션 데이터를 연산부(150)에 저장한다. 그리고, 기준 물체(51)는 스테이지(50) 상에서 언로딩(unloading)될 수 있다.
- [0057] 도 5b를 참조하면, 스테이지(50) 상에 측정하고자 하는 대상 물체(55)를 로딩한다. 측정장치(100)는 전술한 기준점(P)의 위치로 이동한 다음, 광원(110)으로부터 탐지광(L1)을 출사하여 대상 물체(55)에 조사한다. 여기서, 광원(110)으로부터 출사된 탐지광(L1)은 빔 분리기(120)를 투과한 다음, 광집속부(130)에 의해 집중되어 대상 물체(55)에 조사될 수 있다.
- [0058] 광센싱부(140)는 대상 물체(55)의 반사면(S2)으로부터 나오는 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출한다. 구체적으로, 광집속부(130)를 경유한 탐지광(L1)은 대상 물체(55)의 반사면(S2)에서 반사되고, 반사광(L2)은 광센싱부(140)에 입사된다. 여기서, 대상 물체(55)의 반사면(S2)에서 나오는 반사광(L2)은 광집속부(130)를 경유한 다음 빔 분리기(120)에 의해 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다. 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)는 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있다.
- [0059] 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 변화를 이용하여 대상 물체(55)의 반사면(S2) 높이 변화를 측정한다. 구체적으로, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면 변화는 연산부(150)에 입력되고, 연산부(150)에서는 이러한 반사광(L2)의 광과면 변화를 이용하여 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수값을 계산한다. 그리고, 이렇게 계산된 디포커스항의 계수값을 연산부(150)에 저장된 캘리브레이션 데이터와 비교함으로써 대상 물체(55)의 반사면(S2) 높이 변화(Δh)를 측정할 수 있다. 그리고, 이렇게 측정된 대상 물체(55)의 반사면(S2) 높이 변화(Δh)에 기준 물체(51)의 두께(t_1)를 더하게 되면 대상 물체(55)의 두께(t_2)를 측정할 수 있다.
- [0060] 도 6a 및 도 6b는 도 4에 도시된 측정방법의 다른 구현예를 도시한 것이다. 도 6a를 참조하면, 측정장치(100)의 기준점(P)을 설정한다. 여기서, 측정장치(100)의 기준점(P)은 스테이지(50)의 반사면(S1) 상에 설정될 수 있다. 다음으로, 광원(110)으로부터 방출되어 빔 분리기(120)를 투과한 탐지광(L1)은 광집속부(130)에 의해

집속된 다음, 스테이지(50)의 반사면(S1)에 입사된다. 그리고, 탐지광(L1)은 반사면(S1)에서 반사되고, 반사광(L2)은 빔 분리기(120)에서 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다.

[0061] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)는 스테이지(50)의 반사면(S1)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출할 수 있다. 도 6a에는 도 2a에 도시된 바와 같이 스테이지(50)의 반사면(S1)으로부터 반사되어 광센싱부(140)에 입사된 반사광(L2)의 광파면(W)이 평면파면가 됨으로써 반사광(L2)의 광파면 변화가 없는 경우가 도시되어 있다. 이와 같이, 반사광(L2)의 광파면 변화가 없는 스테이지(50)의 반사면(S1)은 높이 측정의 기준이 되는 기준면에 해당될 수 있다. 여기서, 기준면의 높이는 “0”으로 정해질 수 있다. 이와 같이, 스테이지(50)의 반사면(S1)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면 변화가 없게 되면 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수값은 “0”이 될 수 있다.

[0062] 다음으로, 기준점(P)의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값을 측정한다. 여기서, 기준점(P)의 상하 이동은 도 2b 및 도 2c에 도시된 바와 같이 스테이지(50)의 반사면(S1)을 기준면에서 상하로 이동함으로써 이루어질 수 있다. 이러한 기준점(P)의 상하 이동은 스테이지(50)와 측정장치(100) 중 적어도 하나가 상하 이동함으로써 이루어질 수 있다.

[0063] 기준점(P)의 상하 이동에 따라 스테이지(50)의 반사면(S1)에서 반사되는 반사광(L2)의 광파면 변화가 발생하게 되고, 이러한 반사광(L2)의 광파면 변화를 광센싱부(140)에서 검출한 다음, 이를 이용하여 연산부(150)에 저장된 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수값을 측정할 수 있다. 여기서, 기준점(P)의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값 측정은 전술한 실시예에서 상세하게 설명되었으므로 이에 대한 설명은 생략한다. 이와 같이, 기준점(P)의 상하 이동에 따른 디포커스항의 계수값 변화를 계산하고 이렇게 캘리브레이션 데이터를 연산부에 저장한다.

[0064] 한편, 이상에서는 반사광(L2)의 광파면 변화가 없는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “0”인 경우에서의 반사면(S1)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정한 경우가 설명되었다. 그러나, 이에 한정되지 않고 반사광(L2)의 광파면 변화가 있는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “양(+)” 또는 “음(-)”의 값을 가지는 경우에서의 반사면(S1)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정할 수도 있다.

[0065] 도 6b를 참조하면, 스테이지(50) 상에 측정하고자 하는 대상 물체(55)를 로딩한다. 측정장치(100)는 전술한 기준점(P)의 위치로 이동한 다음, 광원(110)으로부터 탐지광(L1)을 출사하여 대상 물체(55)에 조사한다. 여기서, 광원(110)으로부터 출사된 탐지광(L1)은 빔 분리기(120)를 투과한 다음, 광집속부(130)에 의해 집속되어 대상 물체(55)에 조사될 수 있다.

[0066] 광센싱부(140)는 대상 물체(55)의 반사면(S2)으로부터 나오는 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출한다. 구체적으로, 광집속부(130)를 경유한 탐지광(L1)은 대상 물체(55)의 반사면(S2)에서 반사되고, 반사광(L2)은 광센싱부(140)에 입사된다. 여기서, 대상 물체(55)의 반사면(S2)에서 나오는 반사광(L2)은 광집속부(130)를 경유한 다음 빔 분리기(120)에 의해 반사된 후 광센싱부(140)에 입사될 수 있다. 그리고, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(140)가 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출할 수 있다.

[0067] 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 변화를 이용하여 대상 물체(55)의 반사면(S2) 높이 변화를 측정한다. 구체적으로, 광센싱부(140)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광파면 변화는 연산부(150)에 입력되고, 연산부(150)에서는 이러한 반사광의 광파면 변화를 이용하여 제르니케 다항식의 디포커스항의 계수값을 계산한다. 그리고, 계산된 디포커스항의 계수값을 연산부(150)에 저장된 캘리브레이션 데이터와 비교함으로써 대상 물체(55)의 반사면(S2) 높이 변화(Δh)를 측정할 수 있다. 여기서, 대상 물체(55)의 반사면(S2) 높이 변화(Δh)는 대상 물체의 두께(t)에 해당될 수 있다.

[0068] 이상과 같은 측정장치(100)에 따르면, 광집속부(130)가 탐지광(L1)을 집속하여 대상 물체(55)에 조사하고, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광검출부(140)가 대상 물체(55)로부터 반사되는 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출하며, 연산부(150)가 광검출부(140)에 의해 검출된 반사광의 광파면 변화를 이용하여 디포커스항의 계수값을 계산함으로써 대상 물체(55)의 반사면 높이 변화를 측정할 수 있다. 이에 따라, 예를 들면 웨이퍼나 또는 판상 물체 등과 같은 대상 물체(55)의 두께 또는 높이 변화를 효과적으로 정확하게 측정할 수 있다. 또한, 광원(110)으로부터 출사되는 탐지광(L1)을 대상 물체(55)에 스캔하게 되면 스캔 라인이나 스캔 면적에 따른 대상 물체(55)의 형상도 측정할 수 있다. 그리고, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광검출부(140)에 의해 측정되는 두께 또는 높이 변화는 광검출부(140)가 기울어진 정도와는 무관하므로 측정장치(100)의 셋업 시 광검출부(140)을 광학적으로 용이하게 정렬할 수 있다.

- [0069] 이하에서는 전술한 측정장치를 이용하여 자동적으로 초점을 조절하여 레이저 가공작업을 수행할 수 있는 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법에 대해 설명한다.
- [0070] 도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치 및 레이저 가공 방법을 도시한 것이다.
- [0071] 도 7a 내지 도 7c를 참조하면, 레이저 가공장치(200)는 제1 광원(211), 광집속부(230), 광센싱부(240) 및 연산부(250)를 포함하는 측정장치와, 가공대상물(56)에 레이저광(L)을 방출하는 제2 광원(212)과, 초점 조절장치를 포함한다.
- [0072] 측정장치는 스테이지(50)에 적재된 가공대상물(56)의 높이 변화를 실시간으로 측정할 수 있다. 제1 광원(211)은 측정을 위한 탐지광(L1)을 방출한다. 그리고, 광집속부(230)는 탐지광(L1)을 집속하여 가공대상물(56)에 조사하며, 광센싱부(240)는 탐지광(L1)이 가공대상물(56)의 반사면에서 반사되어 나오는 반사광(L2)의 변화를 검출한다. 여기서, 광센싱부(240)는 반사광(L2)의 광과면 변화를 검출할 수 있는 샤크-하트만 센서를 포함한다. 그리고, 연산부(250)는 광센싱부(240)에 의해 검출된 반사광(L2)의 변화를 이용하여 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정할 수 있다. 이러한 연산부(250)에서는 반사광(L2)의 광과면 변화를 수학적 모델인 수학적 모델인 제르니케 다항식으로 구성함으로써 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정할 수 있다. 제르니케 다항식은 다수의 항으로 구성될 수 있으며, 이러한 항들 중에서 디포커스(defocus)항의 계수값이 가공대상물(56)의 높이 변화를 결정할 수 있다.
- [0073] 측정장치에 대해서는 전술한 실시예에서 상세하게 설명되었으므로, 이에 대한 설명은 생략한다. 한편, 가공대상물(56)의 높이 변화에 따른 디포커스항의 계수값 변화는 캘리브레이션 데이터로서 연산부(250)에 미리 저장되어 있다.
- [0074] 제2 광원(212)은 가공대상물(56)을 가공하기 위한 레이저광(L)을 방출할 수 있다. 이렇게 제2 광원(212)으로부터 방출된 레이저광(L)은 광집속부(230)에 의해 집속되면서 가공대상물(56)에 조사될 수 있다. 이에 따라, 제1 광원(211)으로부터 방출되는 탐지광(L1)과 제2 광원(212)으로부터 방출되는 레이저광(L)은 하나의 광집속부(230)를 통해 가공대상물(56)에 조사될 수 있다.
- [0075] 제1 및 제2 광원(211,212)과 광집속부(230) 사이에는 다이크로익 미러(dichroic mirror, 225)가 마련될 수 있다. 여기서, 다이크로익 미러(225)는 제1 광원(211)으로부터 방출된 탐지광(L1)과 제2 광원(212)으로부터 방출된 레이저광(L) 중 어느 하나는 투과시키고 다른 하나는 반사시키는 역할을 할 수 있다. 도면에서는 다이크로익 미러(225)가 레이저광(L)은 투과시키고 탐지광(L1)은 반사시키는 경우가 예시적으로 도시되어 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다이크로익 미러(225)가 레이저광(L)은 반사시키고 탐지광(L1)은 투과시키도록 구성될 수도 있다.
- [0076] 제1 광원(211)과 다이크로익 미러(225) 사이에는 빔 분리기(beam splitter, 222)가 마련될 수 있다. 여기서, 빔 분리기(222)는 제1 광원(211)으로부터 방출된 탐지광(L1)과 이러한 탐지광(L1)이 가공대상물(56)의 반사면으로부터 반사되어 나오는 반사광(L2) 중 어느 하나는 투과시키고 다른 하나는 반사시키는 역할을 할 수 있다. 도면에서는 빔 분리기(222)가 탐지광(L1)은 반사시키고 반사광(L2)은 투과시키는 경우가 예시적으로 도시되어 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 빔 분리기(222)가 탐지광(L1)은 투과시키고 반사광(L2)은 반사시키도록 구성될 수도 있다. 한편, 제1 광원(211)과 빔 분리기(222) 사이에는 제1 광원(211)으로부터 방출된 탐지광(L1)이 빔 분리기(222)쪽으로 향하도록 하는 반사 미러(221)가 마련될 수도 있다.
- [0077] 다이크로익 미러(225)와 빔 분리기(222) 사이에는 파장판(wave plate, 223) 및 대역 통과 필터(bandpass filter, 224)가 더 마련될 수 있다. 여기서, 파장판(223)은 탐지광(L1)의 세기를 조절하여 출사시키는 역할을 할 수 있다. 그리고, 대역 통과 필터(224)는 가공대상물(56)의 반사면(S)에서 반사되어 나오는 반사광(L2) 중 특정 파장 대역폭에 해당하는 광만을 분리하는 역할을 할 수 있다.
- [0078] 연산부(250)와 제1 광원(211) 사이에는 탐지광(L1)을 방출하는 제1 광원(211)을 제어할 수 있는 제1 제어부(261)가 마련될 수 있으며, 연산부(250)와 제2 광원(212) 사이에는 레이저광(L)을 방출하는 제2 광원(212)을 제어할 수 있는 제2 제어부(262)가 마련될 수 있다.
- [0079] 초점 조절장치는 레이저 가공작업 중에 가공대상물(56)에 조사되는 레이저광(L)의 초점을 자동으로 조절하는 역할을 할 수 있다. 이를 위해, 초점 조절장치는 광집속부(230)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시킬 수 있는 구동부(270)와, 이 구동부(270)를 제어할 수 있는 제3 제어부(263)를 포함할 수 있다. 여기서, 제3 제어부(263)는 연산부(250)에 연결되어 연산부(250)에서 계산된 가공대상물(56)의 높이 변화에 대응하여 광집속부

(230)를 상하로 이동하도록 구동부(270)를 제어할 수 있다.

- [0080] 이와 같은 구조의 레이저 가공장치(200)에서, 제1 광원(211)으로부터 탐지광(L1)이 방출되어 광집속부(230)를 통해 가공대상물(56)에 조사되고, 제2 광원(212)으로부터 레이저광(L)이 방출되어 광집속부(230)를 통해 가공대상물(56)에 조사된다.
- [0081] 제1 광원(211)으로부터 방출된 탐지광(L1)은 빔 분리기(222)에 의해 반사되고 다이크로익 미러(225)에서 반사된 후 광집속부(230)를 통해 가공대상물(56)에 조사된다. 이어서, 탐지광(L1)은 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사되고, 이렇게 반사된 반사광(L2)은 다이크로익 미러(225)에서 반사된 다음 빔 분리기(222)를 투과한 후 광센싱부(240)에 입사된다. 여기서, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(240)는 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출하고, 이렇게 검출된 광파면 변화를 이용하여 연산부(250)는 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정하게 된다. 그리고, 제2 광원(212)으로부터 방출된 레이저광(L)은 다이크로익 미러(225)를 투과한 다음 광집속부(230)를 경유하여 가공대상물(56)에 조사됨으로써 가공작업을 수행한다. 여기서, 레이저 가공작업 중에 가공대상물(56)의 높이가 변화하게 되면 이러한 높이 변화를 측정 장치의 연산부(250)가 측정하게 되고, 이러한 높이 변화에 대응하여 초점 조절장치의 구동부(270)가 광집속부(230)를 상하로 이동시킴으로써 가공대상물(56)에 조사되는 레이저광(L)의 초점을 실시간 자동적으로 조절하면서 레이저 가공작업을 수행할 수 있다.
- [0082] 이하에서는 도 7a 내지 도 7c를 참조하여 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공방법을 설명한다.
- [0083] 도 7a에는 가공대상물(56) 상에 레이저광(L)이 정확하게 포커싱된 경우가 도시되어 있으며, 이 상태에서 정밀한 레이저 가공작업이 수행될 수 있다. 도 7a를 참조하면, 제2 광원(212)으로부터 방출된 레이저광(L)은 광집속부(230)를 통해 집속되어 가공대상물(56)에 조사되고, 이때 가공대상물(56) 상에는 레이저 가공작업을 수행할 수 있는 집광점이 형성될 수 있다. 이 경우에는 측정장치에 의해 측정되는 가공대상물(56)의 높이 변화는 없으므로 측정될 수 있다. 구체적으로, 제1 광원(211)으로부터 방출된 탐지광(L1)은 광집속부(230)를 경유하여 가공대상물(56)에 입사된다. 이어서, 탐지광(L1)은 가공대상물(56)의 반사면(S)에서 반사되고, 이 반사광(L2)은 광센싱부(240)에 입사될 수 있다.
- [0084] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(240)는 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출할 수 있다. 도 7a에서는 가공대상물의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면(W)이 탐지광(L1)과 마찬가지로 평면파면이 되므로, 반사광(L2)의 광파면 변화는 없게 된다. 이에 따라, 연산부(250)에 의해 계산되는 디포커스량의 계수값은 “0” 이 될 수 있다. 이와 같이, 반사광(L2)의 광파면 변화가 없는 가공대상물(56)의 반사면(S)은 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정될 수 있다.
- [0085] 도 7b에는 가공대상물(56)의 높이가 도 7a에 비해 높아진 경우가 도시되어 있다. 즉, 도 7b에는 가공대상물(56)의 반사면(S)이 기준면 보다 높은 위치에 있는 경우가 도시되어 있다. 레이저 가공작업 중에는 가공대상물(56)의 두께가 두꺼워지거나 또는 외부 환경에 의해 가공대상물(56)의 높이가 도 7a에 도시된 기준면 보다 높아질 수 있다.
- [0086] 가공대상물(56)의 높이가 높아지게 되면 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면(W)이 볼록한 형태로 변화되어 광센싱부(240)에 입사될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(240)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광파면(W)이 볼록한 형태로 변화하게 되면 연산부(250)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스량의 계수는 “양(+)”의 값을 가질 수 있다. 그리고, 이렇게 계산된 디포커스량의 계수값과 연산부(250)에 미리 저장된 캘리브레이션 데이터를 비교하게 되면, 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)를 측정할 수 있다.
- [0087] 연산부(250)에서는 측정된 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)를 초점 조절장치의 제3 제어부(263)로 전달하게 되고, 제3 제어부(263)는 구동부(270)를 구동하여 광집속부(230)를 상승시킬 수 있다. 구체적으로, 구동부(270)는 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)에 해당하는 거리만큼 광집속부(230)를 상승시킬 수 있다. 이와 같이, 구동부(270)가 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)에 해당하는 거리만큼 광집속부(230)를 상승시킴으로써 레이저광(L)은 도 7a에 도시된 바와 같이 정확하게 가공대상물(56) 상에 집속될 수 있으며, 이 상태에서 레이저 가공작업을 정밀하게 진행할 수 있다.
- [0088] 도 7c에는 가공대상물(56)의 높이가 도 7a에 비해 낮아진 경우가 도시되어 있다. 즉, 도 7c에는 가공대상물(56)의 반사면(S)이 기준면 보다 낮은 위치에 있는 경우가 도시되어 있다. 레이저 가공작업 중에는 가공대상물의 두께가 얇아지거나 또는 외부 환경에 의해 가공대상물의 높이가 도 7a에 도시된 기준면 보다 낮아질 수 있다.
- [0089] 가공대상물(56)의 높이가 낮아지게 되면 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면(W)이 오목한 형태로 변화되어 광센싱부(240)에 입사될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(240)에 의해 검출된 반사광(L

2)의 광과면(W)이 오목한 형태로 변화하게 되면 연산부(250)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수는 “음(-)”의 값을 가질 수 있다. 그리고, 이렇게 계산된 디포커스항의 계수값과 연산부(250)에 미리 저장된 캘리브레이션 데이터를 비교하게 되면, 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)를 측정할 수 있다.

[0090] 연산부(250)에서는 측정된 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)를 초점 조절장치의 제3 제어부(263)로 전달하게 되고, 제3 제어부(263)는 구동부(270)를 구동하여 광집속부(230)를 하강시킬 수 있다. 구체적으로, 구동부(270)는 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)에 해당하는 거리만큼 광집속부(230)를 하강시킬 수 있다. 이와 같이, 구동부(270)가 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)에 해당하는 거리만큼 광집속부(230)를 하강시킴으로써 레이저 광(L)은 도 7a에 도시된 바와 같이 정확하게 가공대상물(56) 상에 집중될 수 있으며, 이 상태에서 레이저 가공 작업을 정밀하게 진행할 수 있다.

[0091] 한편, 이상에서는 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “0”인 경우에서의 가공대상물(56)의 반사면(S)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정한 경우가 설명되었다. 그러나, 이에 한정되지 않고 반사광(L2)의 광과면 변화가 있는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “양(+)” 또는 “음(-)”의 값을 가지는 경우에서의 가공대상물(56)의 반사면(S)을 기준면으로 설정할 수도 있다.

[0092] 이상과 같이, 본 실시예에 따른 레이저 가공장치(200)에서는 레이저 가공작업 중에 가공대상물(56)의 높이가 변화하는 경우 측정장치가 실시간으로 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정하고, 이렇게 측정된 가공대상물(56)의 높이 변화를 이용하여 초점 조절장치가 광집속부(230)의 위치를 조절함으로써 레이저 가공작업을 실시간으로 정확하게 수행할 수 있다.

[0093] 도 8은 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치를 도시한 것이다. 도 8에 도시된 레이저 가공장치(300)는 구동부(370)가 측정장치(380)를 이동시킨다는 점을 제외하면 도 7a 내지 도 7c에 도시된 레이저 가공장치(200)와 동일하다. 도 8을 참조하면, 초점 조절 장치의 구동부(370)는 레이저광(L)의 초점을 조절하기 위해 측정장치(380)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시킬 수 있도록 마련되어 있다. 한편, 도 8에는 구동부(370)가 이동시키는 측정장치(380)에 연산부(250)가 제외된 경우가 도시되어 있으나, 이 측정장치(380)에는 연산부가 포함될 수도 있다.

[0094] 이상의 실시예들에서는 구동부(270, 370)가 광집속부(230) 또는 측정장치(380)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시키는 경우가 설명되었다. 그러나, 이에 한정되지 않고 구동부(270, 370)가 스테이지(50)를 상하로 이동시킴으로써 레이저광(L)의 초점을 조절할 수도 있다.

[0095] 도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치 및 레이저 가공 방법을 도시한 것이다.

[0096] 도 9a 내지 도 9c를 참조하면, 레이저 가공장치(400)는 가공대상물(56)의 높이 변화를 실시간으로 측정하는 측정장치와, 가공대상물(56)에 가공작업을 가공장치와, 초점 조절장치를 포함한다.

[0097] 측정장치는 탐지광(L1)을 방출하는 제1 광원(411)과, 탐지광(L1)을 집중하여 가공대상물(56)에 조사하는 제1 광집속부(431)와, 가공대상물(56)로부터 반사된 반사광(L2)의 변화를 검출하는 것으로 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(440)와, 광센싱부(440)에 의해 검출된 반사광(L2)의 변화를 이용하여 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정하는 연산부(450)를 포함한다. 측정장치에 대해서는 전술한 실시예에서 상세하게 설명되었으므로, 이에 대한 설명은 생략한다. 한편, 가공대상물(56)의 높이 변화에 따른 디포커스항의 계수값 변화는 캘리브레이션 데이터로서 연산부(450)에 미리 저장되어 있다.

[0098] 제1 광원(411)과 제1 광집속부(431) 사이에는 빔 분리기(422)가 마련될 수 있다. 빔 분리기(422)는 제1 광원(411)으로부터 방출된 탐지광(L1)과 이러한 탐지광(L1)이 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사되어 나오는 반사광(L2) 중 어느 하나는 투과시키고 다른 하나는 반사시키는 역할을 할 수 있다. 도면에서는 빔 분리기(422)가 탐지광(L1)은 투과시키고 반사광(L2)은 반사시키는 경우가 예시적으로 도시되어 있지만, 빔 분리기(422)는 탐지광(L1)은 반사시키고 반사광(L2)은 투과시키도록 구성될 수도 있다.

[0099] 가공장치는 가공대상물(56)을 가공하기 위한 레이저광(L)을 방출하는 제2 광원(412)과, 제2 광원(412)으로부터 방출된 레이저광(L)을 집중하여 가공대상물(56)에 조사하는 제2 광집속부(432)를 포함한다. 그리고, 연산부(450)와 제1 광원(411) 사이에는 탐지광(L1)을 방출하는 제1 광원(411)을 제어할 수 있는 제1 제어부(461)가 마련될 수 있으며, 연산부(450)와 제2 광원(412) 사이에는 레이저광(L)을 방출하는 제2 광원(412)을 제어할 수 있는 제2 제어부(462)가 마련될 수 있다.

- [0100] 초점 조절장치는 레이저 가공작업 중에 가공대상물(56)에 조사되는 레이저광(L)의 초점을 자동으로 조절하는 역할을 할 수 있다. 이를 위해, 초점 조절장치는 제2 광집속부(432)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시킬 수 있는 구동부(470)와, 이 구동부(470)를 제어할 수 있는 제3 제어부(463)를 포함할 수 있다. 여기서, 제3 제어부(463)는 연산부(450)에 연결되어 연산부(450)에서 계산된 가공대상물(56)의 높이 변화에 대응하여 제2 광집속부(432)를 상하로 이동하도록 구동부(470)를 제어할 수 있다. 한편, 도면에는 도시되어 있지 않으나, 구동부(470)는 제2 광집속부(432)와 제1 광집속부(431)를 구동하도록 구성될 수도 있다.
- [0101] 이와 같은 구조의 레이저 가공장치(400)에서, 제1 광원(411)으로부터 탐지광(L1)이 방출되어 제1 광집속부(431)를 통해 가공대상물(56)에 조사되고, 제2 광원(412)으로부터 레이저광(L)이 방출되어 제2 광집속부(432)를 통해 가공대상물(56)에 조사된다.
- [0102] 제1 광원(411)으로부터 방출된 탐지광(L1)은 빔 분리기(422)를 투과한 다음, 제1 광집속부(431)를 통해 가공대상물(56)에 조사된다. 이어서, 탐지광(L1)은 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사되고, 이렇게 반사된 반사광(L2)은 빔 분리기(422)에서 반사된 후 광센싱부(440)에 입사된다. 여기서, 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(440)는 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출하고, 이렇게 검출된 광파면 변화를 이용하여 연산부(450)는 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정하게 된다. 그리고, 제2 광원(412)으로부터 방출된 레이저광(L)은 제2 광집속부(432)에 의해 집속되어 가공대상물(56)에 조사됨으로써 가공작업을 수행한다. 여기서, 레이저 가공작업 중에 가공대상물(56)의 높이가 변화하게 되면 이러한 높이 변화를 측정 장치가 측정하게 되고, 이러한 높이 변화에 대응하여 초점 조절장치가 제2 광집속부(432)를 상하로 이동시킴으로써 가공대상물(56)에 조사되는 레이저광(L)의 초점을 실시간 자동적으로 조절하면서 레이저 가공작업을 수행할 수 있다.
- [0103] 이하에서는 도 9a 내지 도 9c를 참조하여 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공방법을 설명한다.
- [0104] 도 9a에는 가공대상물(56) 상에 레이저광(L)이 포커싱된 경우가 도시되어 있으며, 이 상태에서 정밀한 레이저 가공작업이 수행될 수 있다. 도 9a를 참조하면, 제2 광원(412)으로부터 방출된 레이저광(L)은 제2 광집속부(432)를 통해 집속되어 가공대상물(56)에 조사되고, 이때 가공대상물(56) 상에는 레이저 가공작업을 수행할 수 있는 집광점이 형성될 수 있다. 이 경우, 측정장치에 의해 측정되는 가공대상물(56)의 높이 변화는 없는 것으로 측정될 수 있다. 구체적으로, 제1 광원(411)으로부터 방출된 탐지광(L1)은 제1 광집속부(431)를 경유하여 가공대상물(56)에 입사된다. 이어서, 탐지광(L1)은 가공대상물(56)의 반사면(S)에서 반사되고, 이 반사광(L2)은 광센싱부(440)에 입사될 수 있다.
- [0105] 샤크-하트만 센서를 포함하는 광센싱부(440)는 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면 변화를 검출할 수 있다. 도 9a에서는 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면(W)이 탐지광(L1)과 마찬가지로 평면파면이 되므로, 반사광(L2)의 광파면 변화는 없게 된다. 이에 따라, 연산부(450)에 의해 계산되는 디포커스량의 계수값은 “0” 이 될 수 있다. 이와 같이, 반사광(L2)의 광파면 변화가 없는 가공대상물(56)의 반사면(S)은 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정될 수 있다.
- [0106] 도 9b에는 가공대상물(56)의 높이가 도 9a에 비해 높아진 경우가 도시되어 있다. 즉, 도 9b에는 가공대상물(56)의 반사면(S)이 기준면 보다 높은 위치에 있는 경우가 도시되어 있다.
- [0107] 가공대상물(56)의 높이가 높아지게 되면 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광파면(W)이 볼록한 형태로 변화되어 광센싱부(440)에 입사될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(440)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광파면(W)이 볼록한 형태로 변화하게 되면 연산부(450)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스량의 계수는 “양(+)”의 값을 가질 수 있다. 그리고, 이렇게 계산된 디포커스량의 계수값과 연산부(450)에 미리 저장된 캘리브레이션 데이터를 비교하게 되면, 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)를 측정할 수 있다.
- [0108] 연산부(450)에서는 측정된 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)를 초점 조절장치의 제3 제어부(463)로 전달하게 되고, 제3 제어부(463)는 구동부(470)를 구동하여 제2 광집속부(432)를 상승시킬 수 있다. 구체적으로, 구동부(470)는 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)에 해당하는 거리만큼 제2 광집속부(432)를 상승시킬 수 있다. 이와 같이, 구동부(470)가 가공대상물(56)의 높이 변화($\Delta h1$)에 해당하는 거리만큼 제2 광집속부(432)를 상승시킴으로써 레이저광(L)은 도 9a에 도시된 바와 같이 정확하게 가공대상물(56) 상에 집속될 수 있으며, 이 상태에서 레이저 가공작업이 정밀하게 진행될 수 있다.
- [0109] 도 9c에는 가공대상물(56)의 높이가 도 9a에 비해 낮아진 경우가 도시되어 있다. 즉, 도 9c에는 가공대상물(56)의 반사면(S)이 기준면 보다 낮은 위치에 있는 경우가 도시되어 있다.

- [0110] 가공대상물(56)의 높이가 낮아지게 되면 가공대상물(56)의 반사면(S)으로부터 반사된 반사광(L2)의 광과면(W)이 오목한 형태로 변화되어 광센싱부(440)에 입사될 수 있다. 이와 같이, 광센싱부(440)에 의해 검출된 반사광(L2)의 광과면(W)이 오목한 형태로 변화하게 되면 연산부(450)에 저장된 제르니케 다항식에서 디포커스항의 계수는 “음(-)”의 값을 가질 수 있다. 그리고, 이렇게 계산된 디포커스항의 계수값과 연산부(450)에 미리 저장된 캘리브레이션 데이터를 비교하게 되면, 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)를 측정할 수 있다.
- [0111] 연산부(450)에서는 측정된 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)를 초점 조절장치의 제3 제어부(463)로 전달하게 되고, 제3 제어부(463)는 구동부(470)를 구동하여 제2 광집속부(432)를 하강시킬 수 있다. 구체적으로, 구동부(470)는 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)에 해당하는 거리만큼 제2 광집속부(432)를 하강시킬 수 있다. 이와 같이, 구동부(470)가 가공대상물(56)의 높이 변화(Δh_2)에 해당하는 거리만큼 제2 광집속부(432)를 하강시킴으로써 레이저광(L)은 도 9a에 도시된 바와 같이 정확하게 가공대상물(56) 상에 집중될 수 있으며, 이 상태에서 레이저 가공작업을 정밀하게 진행할 수 있다.
- [0112] 한편, 이상에서는 반사광(L2)의 광과면 변화가 없는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “0”인 경우에서의 가공대상물(56)의 반사면(S)을 높이 측정의 기준이 되는 기준면으로 설정한 경우가 설명되었다. 그러나, 이에 한정되지 않고 반사광(L2)의 광과면 변화가 있는 경우, 즉 디포커스항의 계수값이 “양(+)” 또는 “음(-)”의 값을 가지는 경우에서의 가공대상물(56)의 반사면(S)을 기준면으로 설정할 수도 있다.
- [0113] 이상과 같이, 본 실시예에 따른 레이저 가공장치(400)에서는 레이저 가공작업 중에 가공대상물(56)의 높이가 변화하는 경우 측정장치가 실시간으로 가공대상물(56)의 높이 변화를 측정하고, 이렇게 측정된 가공대상물(56)의 높이 변화를 이용하여 초점 조절장치가 제2 광집속부(432)의 위치를 조절함으로써 레이저 가공작업을 실시간으로 정확하게 수행할 수 있다.
- [0114] 도 10은 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 레이저 가공장치를 도시한 것이다. 도 10에 도시된 레이저 가공장치(500)는 구동부(570)가 제2 광집속부(432) 및 측정장치(580)를 이동시킨다는 점을 제외하면 도 9a 내지 도 9c에 도시된 레이저 가공장치와 동일하다. 도 10을 참조하면, 초점 조절 장치의 구동부(570)는 레이저광(L)의 초점을 조절하기 위해 제2 광집속부(432) 및 측정장치(580)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시킬 수 있도록 마련되어 있다. 한편, 도 10에는 구동부(570)가 이동시키는 측정장치(580)에는 연산부(450)가 제외된 경우가 도시되어 있으나, 이 측정장치(580)에는 연산부(450)가 포함될 수도 있다.
- [0115] 이상의 실시예들에서는 구동부(470,570)가 제2 광집속부(432)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시키거나 또는 제2 광집속부(432) 및 측정장치(580)를 가공대상물(56)에 대해 상하로 이동시키는 경우가 설명되었다. 그러나, 이에 한정되지 않고 구동부(470,570)가 스테이지(50)를 상하로 이동시킴으로써 레이저광(L)의 초점을 조절할 수도 있다.
- [0116] 이상에서 본 발명의 실시예가 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

부호의 설명

- [0117] 50.. 스테이지
- 51.. 기준 물체
- 55.. 대상 물체
- 56.. 가공대상물
- 100,380,580.. 측정장치
- 110.. 광원
- 120,222,422.. 광분리기
- 130,230.. 광집속부
- 140,240,440.. 광센싱부
- 150,250,450.. 연산부

200,300,400,500.. 레이저 가공장치

211,411.. 제1 광원

212,412.. 제2 광원

261,461.. 제1 제어부

262,462.. 제2 제어부

263,463.. 제3 제어부

270,370,470,570.. 구동부

431.. 제1 광집속부

432.. 제2 광집속부

L.. 레이저광

L1.. 탐지광

L2.. 반사광

W.. 광과면

S.. 반사면

S1.. 기준 물체(또는 스테이지)의 반사면

S2.. 대상 물체의 반사면

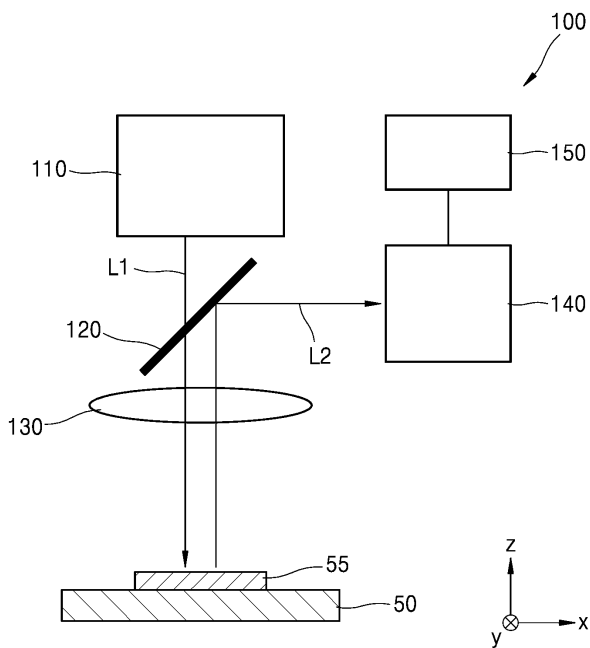
P.. 기준점

t1.. 기준 물체의 두께

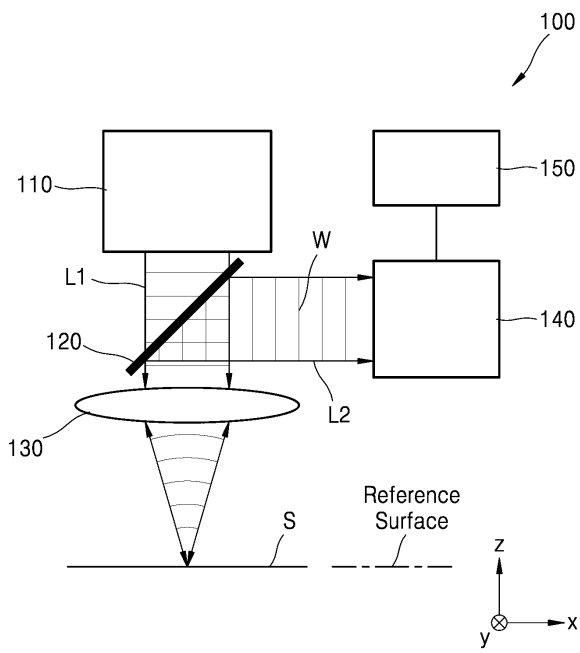
t, t2.. 대상 물체의 두께

도면

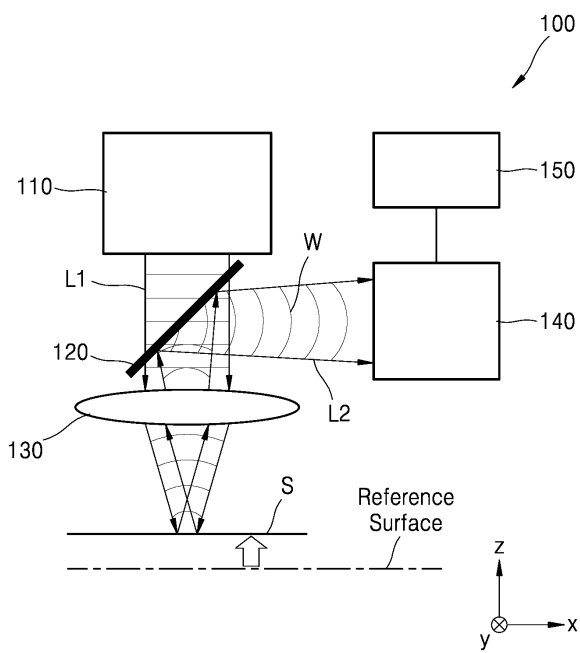
도면1



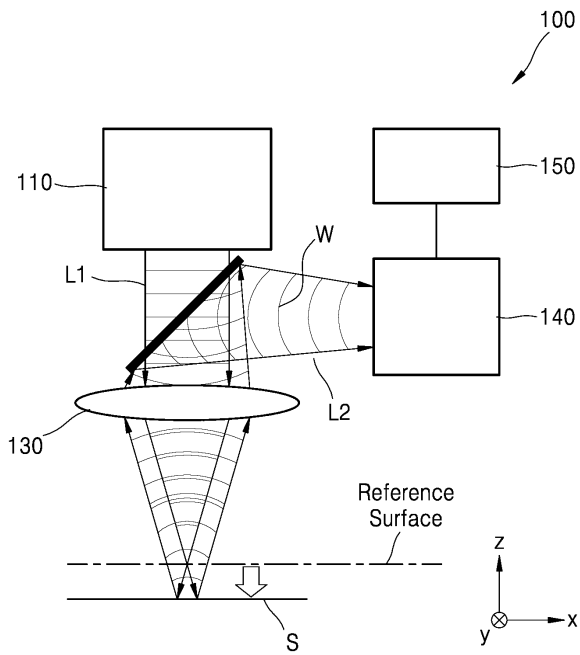
도면2a



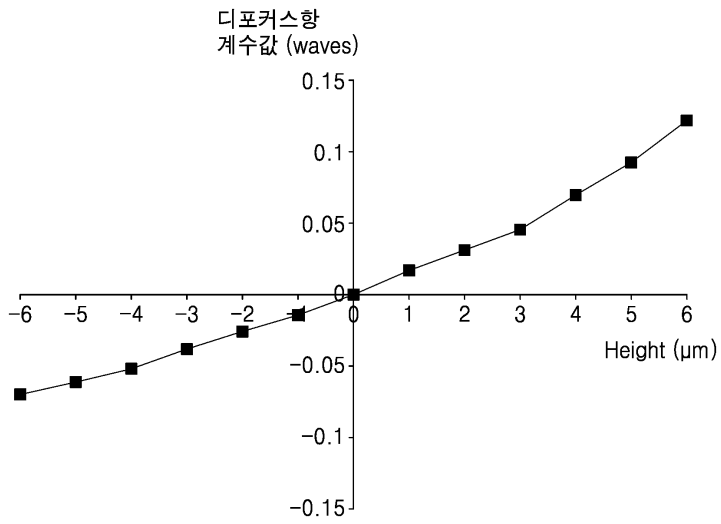
도면2b



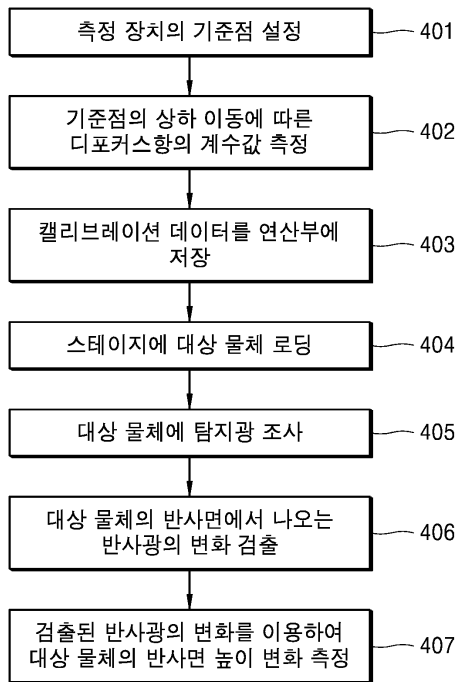
도면2c



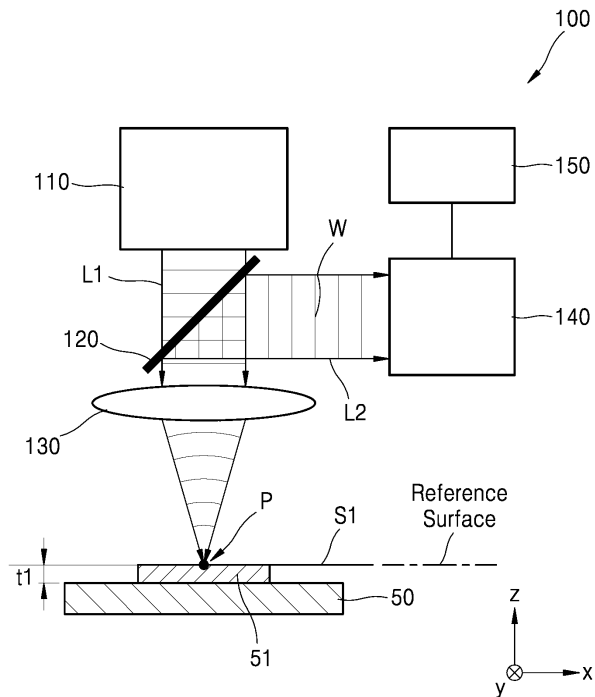
도면3



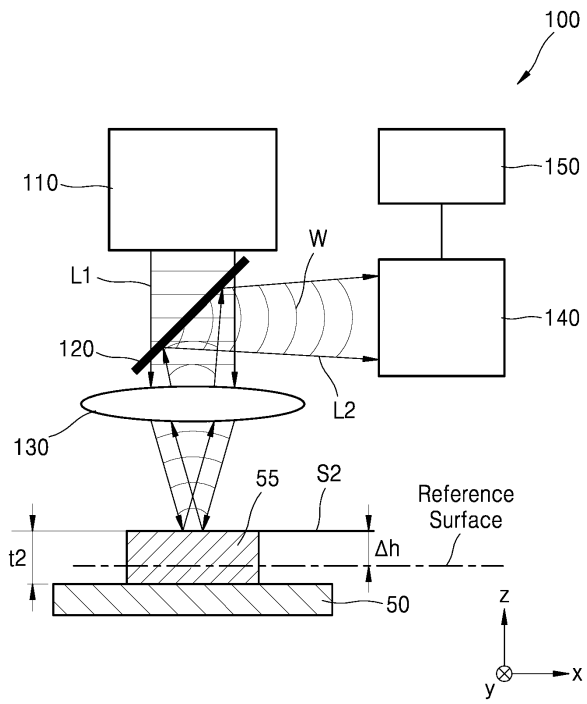
도면4



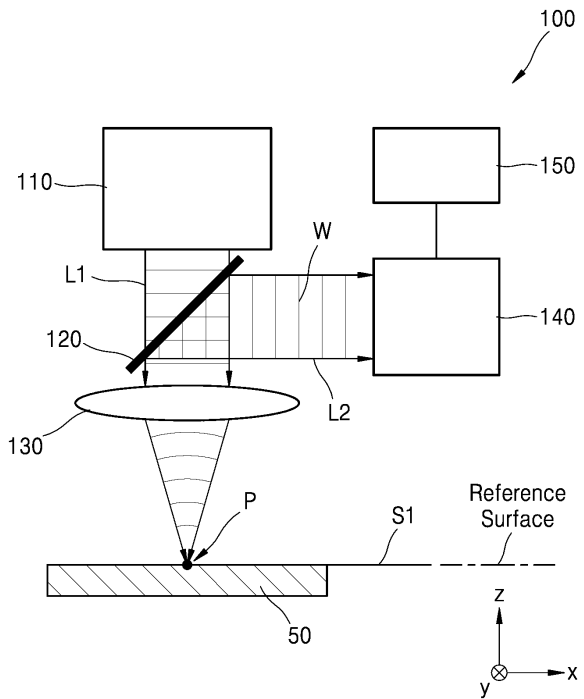
도면5a



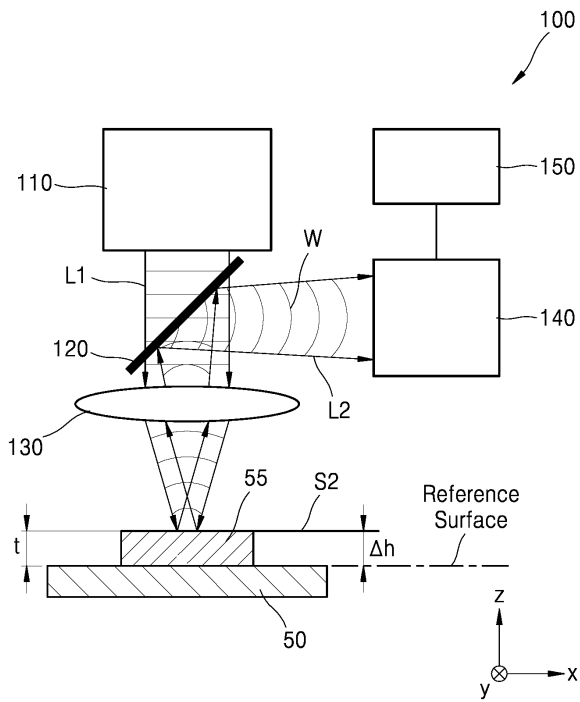
도면5b



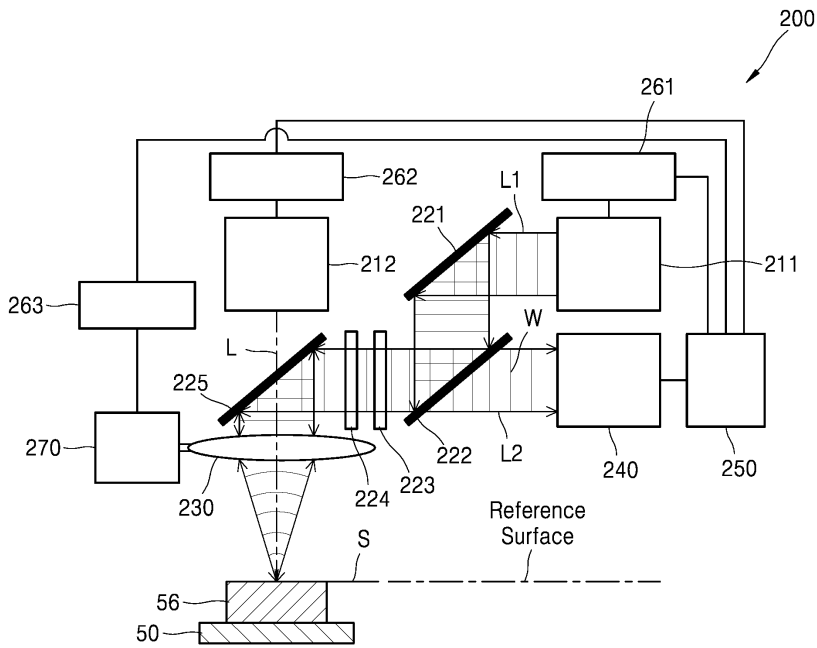
도면6a



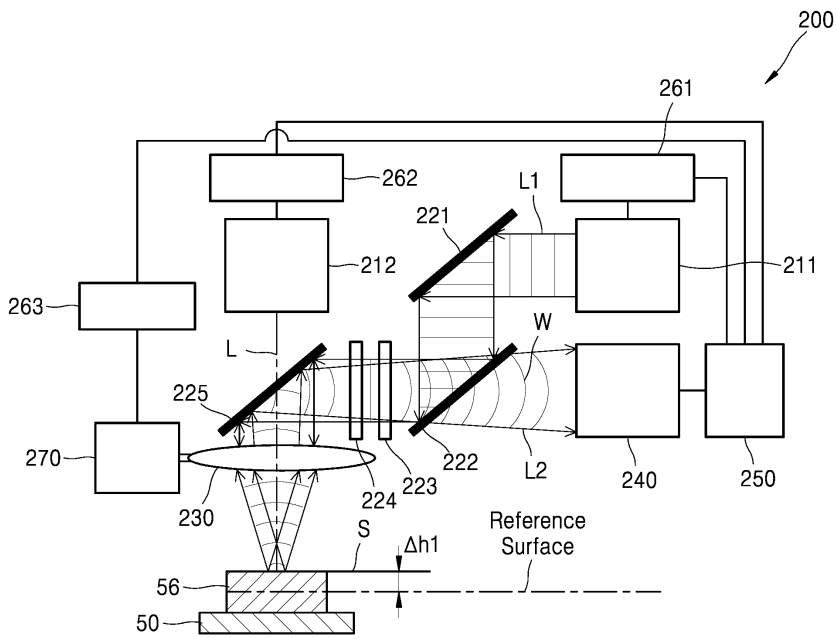
도면6b



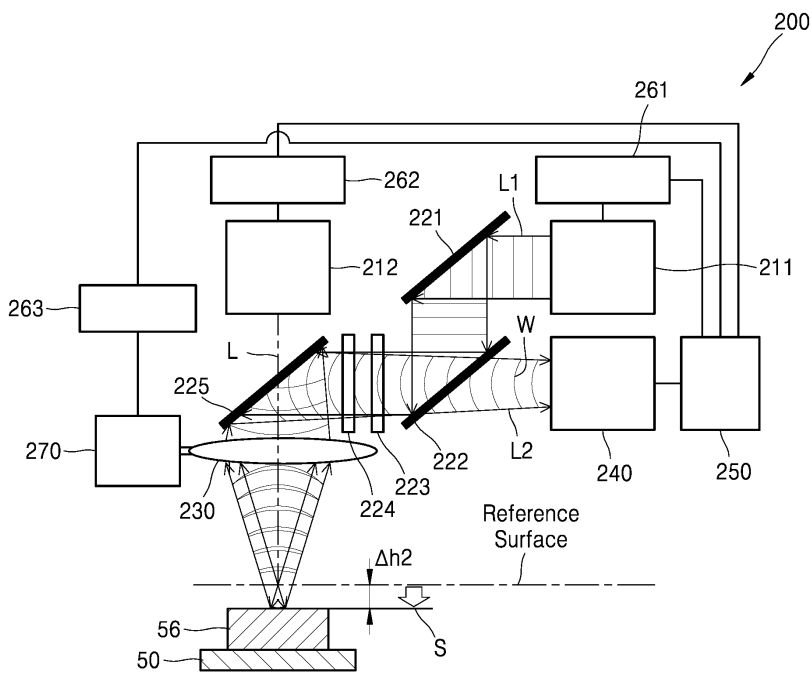
도면7a



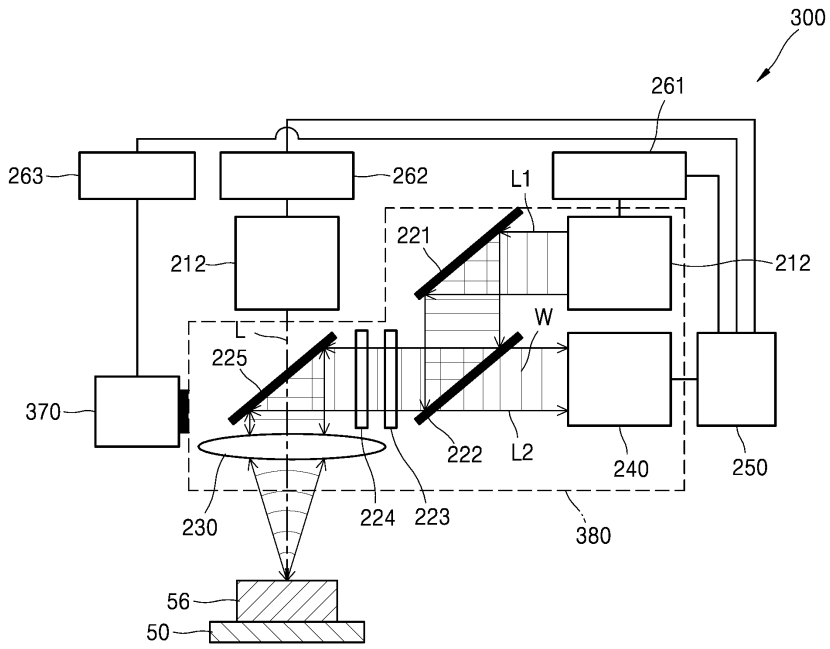
도면7b



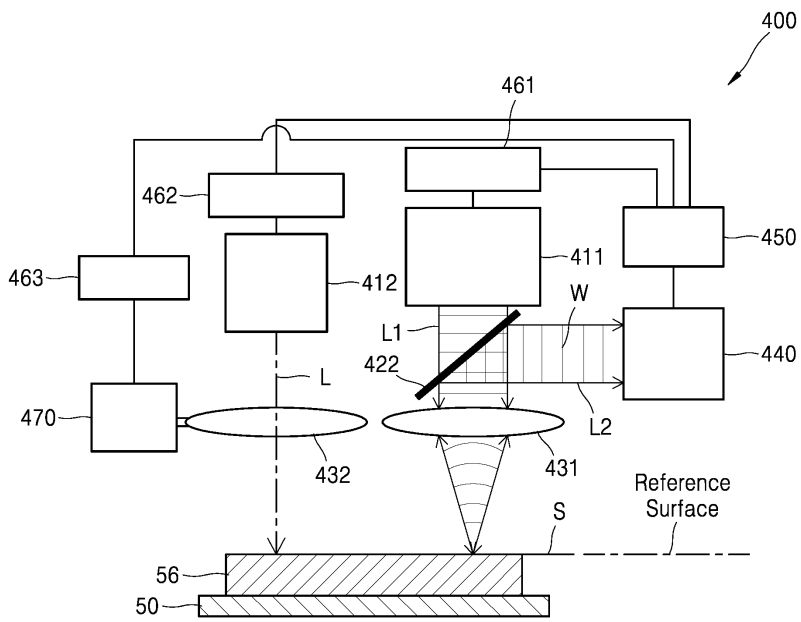
도면7c



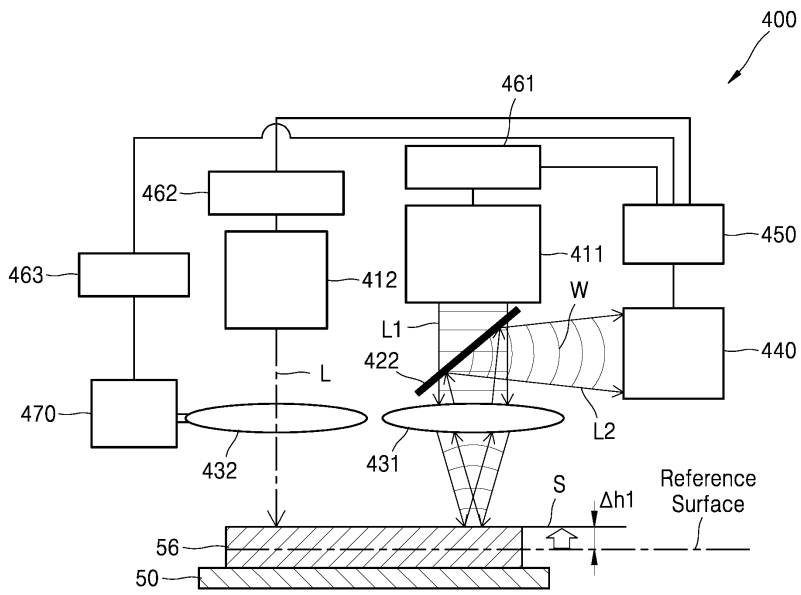
도면8



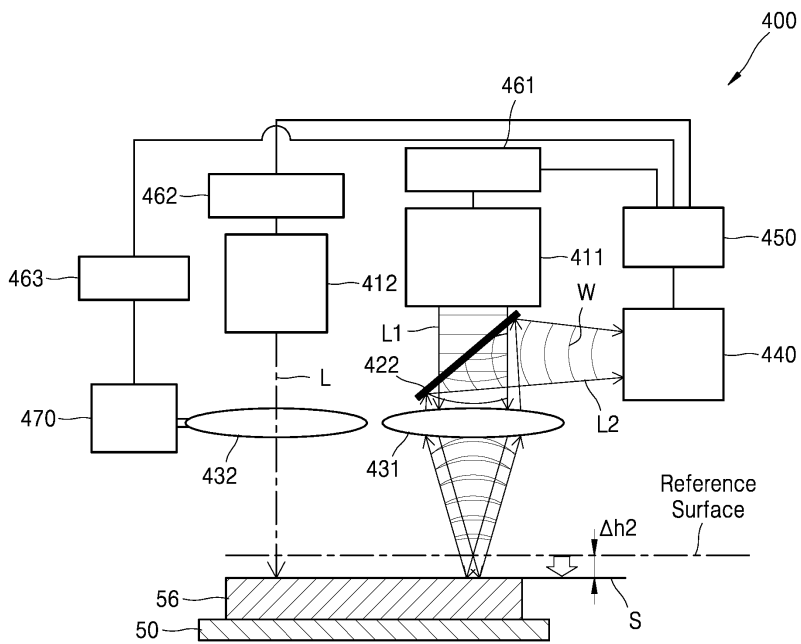
도면9a



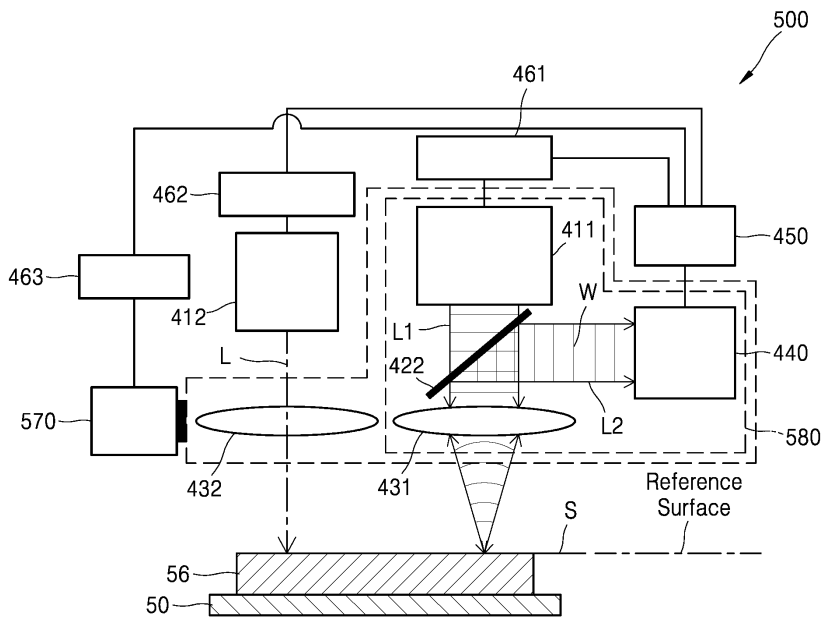
도면9b



도면9c



도면10



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제11항

【변경전】

제8항에 있어서

【변경후】

제1항에 있어서