



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0053345
(43) 공개일자 2017년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/08 (2014.01) B23K 26/04 (2014.01)
B23K 26/046 (2014.01) B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/70 (2014.01)

(52) CPC특허분류
B23K 26/0884 (2013.01)
B23K 26/046 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0155727
(22) 출원일자 2015년11월06일
심사청구일자 2015년11월06일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자
김경한
대전광역시 유성구 노은로 416, 506동 1203호 (하
기동, 송림마을5단지아파트)

이제훈
대전광역시 유성구 배울1로 119, 1201동 901호 (용
산동, 대덕테크노밸리12단지아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

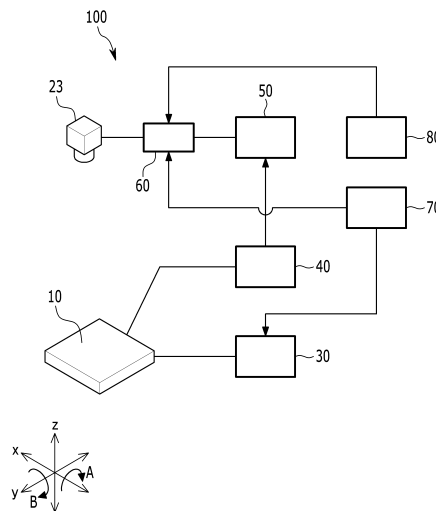
(54) 발명의 명칭 3차원 레이저 조사 장치 및 3차원 레이저 조사 방법

(57) 요약

본 발명은 공정 속도를 향상시키고, 및 오차를 감소시킬 수 있는 3차원 레이저 조사 장치를 제공한다.

본 발명의 일 측면에 따른 3차원 레이저 조사 장치는 제1 지령 주기로 이동이 제어되는 스테이지, 상기 제1 지령 주기보다 더 짧은 제2 지령 주기로 제어되어 레이저 빔을 이동시키는 스캐너, 상기 제1 지령 주기로 상기 스테이지의 이동을 제어하는 제1 제어부, 상기 스테이지의 이동 오차를 측정하는 오차 측정부, 상기 제2 지령 주기로 상기 스캐너를 제어하는 제2 제어부, 및 상기 스테이지의 이동 오차를 보상하도록 상기 스캐너의 레이저 조사 경로를 수정하는 보상 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B23K 26/048 (2013.01)

B23K 26/0643 (2013.01)

B23K 26/707 (2015.10)

(72) 발명자

손현기

대전광역시 유성구 배울2로 78, 605동 101호(관평동, 대덕테크노벨리)

노지환

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 206동 708호 (전민동, 엑스포아파트)

최지연

서울특별시 송파구 올림픽로 399, 7동 105호 (신천동, 진주아파트)

김정오

대전광역시 서구 복수남로11번길 16, 402호 (복수동)

이승우

대전광역시 유성구 배울1로 13, 204동 704 호 (관평동, 대우푸르지오)

안상훈

세종특별자치시 나리1로 15, 312동 103호 (한솔동, 첫마을 3단지)

조성학

대전광역시 서구 청사로 70, 113동 1208호 (월평동, 누리아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 빔을 출력하는 레이저 발진기;

제1 지령 주기로 이동이 제어되는 스테이지;

상기 레이저 빔의 경로 상에 배치되고, 상기 제1 지령 주기보다 더 짧은 제2 지령 주기로 제어되어 상기 레이저 빔을 이동시키며 피가공물에 조사하는 스캐너;

상기 스테이지에 연결되어, 상기 제1 지령 주기로 상기 스테이지의 이동을 제어하는 제1 제어부;

상기 스테이지에 연결되어, 상기 스테이지의 이동 오차를 측정하는 오차 측정부;

상기 스캐너에 연결되어, 상기 제2 지령 주기로 상기 스캐너를 제어하는 제2 제어부; 및

상기 오차 측정부와 상기 제2 제어부에 연결되어, 상기 스테이지의 이동 오차를 보상하도록 상기 스캐너의 레이저 조사 경로를 수정하는 보상 제어부;

를 포함하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 레이저 빔의_경로 상에 배치되어 상기 레이저 빔의 초점 거리를 제어하는 가변초점부를 더 포함하고,

상기 제2 제어부 및 상기 보상 제어부는 상기 가변초점부와 연결되어 상기 가변초점부를 제어하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 스테이지는, 3차원 직교좌표계의 좌표축을 따라 각각 이동할 수 있는 이송부들과 상기 3차원 직교좌표계의 좌표축 중 적어도 어느 하나를 중심으로 회전 가능하게 설치된 회전부들을 포함하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 3차원 직교좌표계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하고,

상기 스테이지는, 상기 x축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제1 이송부, 상기 y축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제2 이송부, 상기 z축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제3 이송부, 상기 x축을 중심으로 회전 가능하게 설치된 제1 회전부 및 상기 y축을 중심으로 회전 가능하게 설치된 제2 회전부를 포함하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 스캐너는 상기 x축 방향 및 상기 y축 방향으로 상기 레이저 빔을 이동시킬 수 있고,

상기 가변초점부는 상기 z축 방향으로 상기 레이저 빔을 이동시킬 수 있는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 피가공물의 표면 상에 복수 개의 컨트롤 포인트를 생성하는 컨트롤 포인트 설정부를 더 포함하고,

상기 제2 제어부는 상기 스캐너에 의하여 상기 레이저 빔이 상기 스테이지의 가공 중심과 동일한 시간 내에 제1 컨트롤 포인트로부터 제2 컨트롤 포인트로 이동하되 서로 다른 경로로 이동하도록 제어하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 컨트롤 포인트에 접하는 가상의 기준 평면을 형성하고, 상기 기준 평면으로부터 상기 가변초점부의 초점 조절 가능 거리를 높이로 설정하여 가상의 직육면체를 형성하며, 상기 가상의 직육면체를 스캐닝 볼륨으로 지정하는 스캐닝 볼륨 설정부를 더 포함하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 오차 측정부는 상기 스테이지의 위치를 측정하는 복수개의 위치 엔코더와 상기 스테이지의 회전을 측정하는 복수개의 각도 엔코더를 포함하는 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1 지령 주기는 상기 제2 지령 주기의 10배 내지 1000배인 3차원 레이저 조사 장치.

청구항 10

제1 지령 주기로 스테이지의 이동을 제어하면서, 상기 제1 지령 주기 보다 더 짧은 제2 지령 주기로 상기 스캐너를 제어하여 레이저 빔을 이동시키며 피가공물에 조사하는 레이저 빔 조사 단계;

상기 스테이지가 이동하는 동안 상기 스테이지의 위치 오차를 측정하는 오차 측정 단계; 및

상기 스캐너가 상기 레이저 빔을 이동시키며 조사하는 동안 상기 스테이지의 위치 오차를 보상하도록 상기 스캐너를 제어하여 상기 레이저 빔이 이동하는 경로를 수정하는 경로 보정 단계;

를 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 경로 보정 단계는 상기 스캐너와 함께 상기 제2 지령주기로 레이저 빔의 초점 거리를 제어하는 가변초점부를 제어하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 피가공물의 표면 상에 복수 개의 컨트롤 포인트를 생성하는 컨트롤 포인트 생성 단계를 더 포함하고,

상기 레이저 빔 조사 단계는, 상기 스테이지의 가공 중심과 상기 레이저 빔을 제1 컨트롤 포인트로부터 제2 컨트롤 포인트로 이동시키되, 상기 레이저 빔을 상기 스테이지의 가공 중심과 동일한 시간 내에 다른 경로로 상기 제1 컨트롤 포인트에서 상기 제2 컨트롤 포인트로 이동시키는 것을 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 스테이지의 가공 중심 및 상기 레이저 빔이 동일한 컨트롤 포인트 상에 위치하는지 여부를 판단하는 동기화 단계를 더 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 레이저 빔 조사 단계는,

상기 컨트롤 포인트 사이를 잇는 경로 상에 상기 스테이지의 위치를 설정하여 선단 벡터를 설정하고,

상기 선단 벡터 방향으로 3차원 직교좌표계의 축별 스캐닝 길이를 설정하여 가상의 직육면체 형상의 스캐닝 볼륨을 설정하며,

상기 스캐닝 볼륨 내에 속하는 상기 피가공물의 표면을 유효 가공부분으로 국한하여 상기 레이저 빔을 조사하는 것을 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 레이저 빔 조사 단계는,

상기 스테이지를 상기 컨트롤 포인트 사이의 3차원 최단 거리로 이송하는 것을 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 3차원 직교좌표계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하고,

상기 축별 스캐닝 길이는 상기 스캐너의 스캔 영역에 대응하는 상기 x축 및 상기 y축 방향의 스캐닝 길이와 상기 가변초점부의 초점 조절 가능 거리에 대응하는 상기 z축 방향의 스캐닝 길이를 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 레이저 빔 조사 단계는,

서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하는 3차원 직교좌표계의 적어도 하나의 좌표축을 따라 상기 스테이지를 이동시키거나, 상기 3차원 직교좌표계의 좌표축 중 적어도 어느 하나를 중심으로 상기 스테이지를 회전시키는 것을 포함하고,

상기 경로 보정 단계는,

다음 조건에 따른 상기 스테이지의 위치 오차를 계산하여 상기 스캐너 또는 상기 가변초점부로 경로를 보정하는

$$\vec{P}_{st} = \begin{pmatrix} P_{stx_i} \\ P_{sty_i} \\ P_{stz_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dz_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_i \cos \phi_i \cos \theta_i \\ r_i \cos \phi_i \sin \theta_i \\ r_i \sin \phi_i \end{pmatrix}$$

것을 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

여기서 \vec{P}_{st} 는 스테이지의 전체 오차, P_{stx_i} 는 스테이지의 x방향 오차, P_{sty_i} 는 스테이지의 y방향 오차, P_{stz_i} 는 스테이지의 z방향 오차, dx_i , dy_i , dz_i 는 위치 오차이고, θ_i , ϕ_i 는 각도 오차이며,

$$r_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2 + dz_i^2} \text{ 이다.}$$

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 3차원 레이저 조사 장치 및 3차원 레이저 조사 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 레이저 가공장치 또는 레이저 스캐너는 구성방법 및 사용목적에 따라 레이저를 일정한 지점에 주사시키고 포커싱 렌즈로 집광시킨 상태에서 XY축 스테이지만 구동시켜 원하는 형상을 가공하는 방법과 피가공물을 정지한 상태에서 2축 혹은 3축 갈바노 미터에 미러를 부착한 스캐너로 형상을 가공하는 방법과 다관절 로봇을 이동시키면서 레이저 스캐너로 용접하는 기술 및 저속 XY축 스테이지 컨트롤러와 고속스캐너 컨트롤러의 데이터를 분석, 처리하는 다중속도위치설정시스템을 별도로 제작하여 처리하는 방법 등이 있다.
- [0003] XY축 스테이지만 구동시켜 원하는 형상을 가공하는 방법은 대면적 가공이 가능하나 가공속도가 스캐너 가공보다 느리며, 스캐너로 형상을 가공하는 방법은 고속 가공이 가능하지만 가공면적이 좁기 때문에, 대면적 고속가공을 위해서는 스테이지를 움직이면서 동시에 스캐너를 제어하여 가공하는 방법이 유용하다. 기존의 스테이지를 움직이면서 동시에 스캐너를 제어하여 가공하는 방법은 주로 한 방향으로만 움직이는 컨베이어 벨트 등에 움직이는 속도에 맞추어 제품의 움직임의 변화만큼 가감하여 가공 데이터를 수정함으로써 피가공물에 대해 이송 중 정지 없이 스캐너로 가공하는 기술이며 주로 움직이는 컨베이어 벨트에 제품이 흘러가며 제품의 시리얼 넘버 등을 마킹하는 용도로 주로 사용되었다.
- [0004] 최근 레이저 스캐너가 초정밀, 초고속 가공 분야에 많이 적용되고 있으나 스캐너의 영역이 제한적이므로 활용분야에 제약이 있었다. 하지만 최근 반도체 부품 등이 대형화 되는 추세이므로 스캐너와 스테이지를 동시에 구동하는 필요성이 증대되었고 가공성능 및 속도가 향상될 수 있도록 스캐너와 스테이지를 동시에 구동할 수 있는 장치에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 공정 속도를 향상시키고 오차를 감소시킬 수 있는 3차원 레이저 조사 장치 및 3차원 레이저 조사 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 일 측면에 따른 3차원 레이저 조사 장치는 레이저 빔을 출력하는 레이저 발진기, 제1 지령 주기로 이동이 제어되는 스테이지, 상기 레이저 빔의 경로 상에 배치되고, 상기 제1 지령 주기보다 더 짧은 제2 지령 주기로 제어되어 상기 레이저 빔을 이동시키며 피가공물에 조사하는 스캐너, 상기 스테이지에 연결되어, 상기 제1 지령 주기로 상기 스테이지의 이동을 제어하는 제1 제어부, 상기 스테이지에 연결되어, 상기 스테이지의 이동 오차를 측정하는 오차 측정부, 상기 스캐너에 연결되어, 상기 제2 지령 주기로 상기 스캐너를 제어하는 제2 제어부, 및 상기 오차 측정부와 상기 제2 제어부에 연결되어, 상기 스테이지의 이동 오차를 보상하도록 상기 스캐너의 레이저 조사 경로를 수정하는 보상 제어부를 포함한다.
- [0007] 여기서, 상기 레이저 빔의 경로 상에 배치되어 상기 레이저 빔의 초점 거리를 제어하는 가변초점부를 더 포함하고, 상기 제2 제어부 및 상기 보상 제어부는 상기 가변초점부와 연결되어 상기 가변초점부를 제어할 수 있다.
- [0008] 또한, 상기 스테이지는, 3차원 직교좌표계의 좌표축을 따라 각각 이동할 수 있는 이송부들과 상기 3차원 직교좌표계의 좌표축 중 적어도 어느 하나를 중심으로 회전 가능하게 설치된 회전부들을 포함할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 3차원 직교좌표계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하고, 상기 스테이지는, 상기 x축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제1 이송부, 상기 y축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제2 이송부, 상기 z축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제3 이송부, 상기 x축을 중심으로 회전 가능하게 설치된 제1 회전부 및 상기 y축을 중심으로 회전 가능하게 설치된 제2 회전부를 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 스캐너는 상기 x축 방향 및 상기 y축 방향으로 상기 레이저 빔을 이동시킬 수 있고, 상기 가변초점부는 상기 z축 방향으로 상기 레이저 빔을 이동시킬 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 피가공물의 표면 상에 복수 개의 컨트롤 포인트를 생성하는 컨트롤 포인트 설정부를 더 포함하고, 상기 제2 제어부는 상기 스캐너에 의하여 상기 레이저 빔이 상기 스테이지의 가공 중심과 동일한 시간 내에 제1 컨트롤 포인트로부터 제2 컨트롤 포인트로 이동하되 서로 다른 경로로 이동하도록 제어할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 3차원 레이저 조사 장치는 상기 컨트롤 포인트에 접하는 가상의 기준 평면을 형성하고, 상기 기준

평면으로부터 상기 가변초점부의 초점 조절 가능 거리를 높이로 설정하여 가상의 직육면체를 형성하며, 상기 가상의 직육면체를 스캐닝 볼륨으로 지정하는 스캐닝 볼륨 설정부를 더 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 오차 측정부는 상기 스테이지의 위치를 측정하는 복수개의 위치 엔코더와 상기 스테이지의 회전을 측정하는 복수개의 각도 엔코더를 포함할 수 있다. 또한, 상기 제1 지령 주기는 상기 제2 지령 주기의 10배 내지 1000배로 이루어질 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 측면에 따른 3차원 레이저 조사 방법은 제1 지령 주기로 스테이지의 이동을 제어하면서, 상기 제1 지령 주기 보다 더 짧은 제2 지령 주기로 상기 스캐너를 제어하여 레이저 빔을 이동시키며 피가공물에 조사하는 레이저 빔 조사 단계, 상기 스테이지가 이동하는 동안 상기 스테이지의 위치 오차를 측정하는 오차 측정 단계, 및 상기 스캐너가 상기 레이저 빔을 이동시키며 조사하는 동안 상기 스테이지의 위치 오차를 보상하도록 상기 스캐너를 제어하여 상기 레이저 빔이 이동하는 경로를 수정하는 경로 보정 단계를 포함한다.

[0015] 여기서 상기 경로 보정 단계는 상기 스캐너와 함께 상기 제2 지령주기로 레이저 빔의 초점 거리를 제어하는 가변초점부를 제어할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 3차원 레이저 조사 방법은 상기 피가공물의 표면 상에 복수 개의 컨트롤 포인트를 생성하는 컨트롤 포인트 생성 단계를 더 포함하고, 상기 레이저 빔 조사 단계는, 상기 스테이지의 가공 중심과 상기 레이저 빔을 제1 컨트롤 포인트로부터 제2 컨트롤 포인트로 이동시키되, 상기 레이저 빔을 상기 스테이지의 가공 중심과 동일한 시간 내에 다른 경로로 상기 제1 컨트롤 포인트에서 상기 제2 컨트롤 포인트로 이동시키는 것을 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 3차원 레이저 조사 방법은 상기 스테이지의 가공 중심 및 상기 레이저 빔이 동일한 컨트롤 포인트 상에 위치하는지 여부를 판단하는 동기화 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 레이저 빔 조사 단계는, 상기 컨트롤 포인트 사이를 잇는 경로 상에 상기 스테이지의 위치를 설정하여 선단 벡터를 설정하고, 상기 선단 벡터 방향으로 3차원 직교좌표계의 축별 스캐닝 길이를 설정하여 가상의 직육면체 형상의 스캐닝 볼륨을 설정하며, 상기 스캐닝 볼륨 내에 속하는 상기 피가공물의 표면을 유효 가공부분으로 국한하여 상기 레이저 빔을 조사하는 것을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 레이저 빔 조사 단계는 상기 스테이지를 상기 컨트롤 포인트 사이의 3차원 최단 거리로 이송하는 것을 포함할 수 있다. 또한, 상기 3차원 직교좌표계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하고, 상기 축별 스캐닝 길이는 상기 스캐너의 스캔 영역에 대응하는 상기 x축 및 상기 y축 방향의 스캐닝 길이와 상기 가변초점부의 초점 조절 가능 거리에 대응하는 상기 z축 방향의 스캐닝 길이를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 레이저 빔 조사 단계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하는 3차원 직교좌표계의 적어도 하나의 좌표축을 따라 상기 스테이지를 이동시키거나, 상기 3차원 직교좌표계의 좌표축 중 적어도 어느 하나를 중심으로 상기 스테이지를 회전시키는 것을 포함하고, 상기 경로 보정 단계는 다음 조건에 따른 상기 스테이지의 위치 오차를 계산하여 상기 스캐너 또는 상기 가변초점부로 경로를 보정하는 것을 포함하는 3차원 레이저 조사 방법.

[0021]

$$\vec{P}_{st} = \begin{pmatrix} P_{stx_i} \\ P_{sty_i} \\ P_{stz_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dz_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_i \cos \phi_i \cos \theta_i \\ r_i \cos \phi_i \sin \theta_i \\ r_i \sin \phi_i \end{pmatrix}$$

[0022] 여기서 \vec{P}_{st} 는 스테이지의 전체 오차, P_{stx_i} 는 스테이지의 x방향 오차, P_{sty_i} 는 스테이지의 y방향 오차, P_{stz_i} 는 스테이지의 z방향 오차, dx_i , dy_i , dz_i 는 위치 오차이고, θ_i , ϕ_i 는 각도 오차이며,

$$r_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2 + dz_i^2} \text{ 이다.}$$

발명의 효과

[0023] 본 발명은 스테이지와 스캐너를 연동하여 이송함으로써 공정 속도를 향상시킬 수 있는 뿐만 아니라 오차를 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 장치를 도시한 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스테이지를 도시한 사시도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 장치의 일부를 도시한 구성도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5는 스테이지의 위치 오차와 각도 오차를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 스테이지의 이동 경로와 스캐너의 레이저 조사 경로를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 피가공물의 표면에 형성되는 스캐닝 볼륨을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 장치를 도시한 구성도이다.
- [0027] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 장치(100)는 피가공물이 장착된 스테이지(10), 레이저 빔을 출력하는 레이저 발진기(21), 레이저 빔을 이동시키며 피가공물에 조사하는 스캐너(23), 제1 지령 주기로 스테이지(10)의 이동을 제어하는 제1 제어부(30), 스테이지(10)의 위치 오차를 측정하는 오차 측정부(40), 제1 지령 주기보다 더 짧은 제2 지령 주기로 스캐너(23)의 이동을 제어하는 제2 제어부(60), 및 스테이지의 위치 오차를 보상하도록 스캐너(23)의 이동을 수정하는 보상 제어부(50)를 포함한다.
- [0028] 본 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 장치(100)는 미리 설정된 경로를 따라 레이저 빔을 이동시키며 조사하는 레이저 스캐닝 장치로 활용될 수 있으며, 조사되는 레이저 빔의 조건에 따라 레이저 가공이나 경화 장치로 활용될 수도 있다.
- [0029] 도 2에 도시된 바와 같이 스테이지(10)는 5축으로 이동 가능한 스테이지로 이루어지는데, 스테이지(10)는 3차원 직교좌표계의 좌표축을 따라 각각 이동할 수 있는 복수의 이송부들과 3차원 직교좌표계의 좌표축 중 적어도 어느 하나를 중심으로 회전 가능하게 설치된 회전부들을 포함할 수 있다. 3차원 직교좌표계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함한다.
- [0030] 보다 상세하게 스테이지(10)는 지지부재(120)와 지지부재(120)에 대하여 x축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제1 이송부(110), 제1 이송부(110)에 대하여 z축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제2 이송부(130), 제2 이송부(130)에 대하여 y축 방향으로 이동 가능하게 설치된 제3 이송부(150)를 포함한다. 또한, 스테이지(10)는 제3 이송부(150)에 대하여 x축을 중심으로 A 방향으로 회전 가능하게 배치된 제1 회전부(160)와 제1 회전부(160)에 대하여 y축을 중심으로 B 방향으로 회전 가능하게 설치된 제2 회전부(170)를 포함한다. 이에 따라 스테이지(10)는 5축으로 이동하게 형성되며, 피가공물(180)은 제2 회전부(170)에 설치될 수 있다.
- [0031] 본 실시예에서는 스테이지(10)에 피가공물(180)이 설치된 것으로 예시하고 있으나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며 스테이지(10)는 스캐너(23)와 연결되어 스캐너(23)를 이동시키도록 이루어질 수 있다. 즉, 본 실시예에서 스테이지(10)는 스캐너(23) 또는 피가공물(180)을 이동시키며 스캐너(23)보다 더 긴 지령 주기를 갖는 장치로 정의될 수 있다. 스테이지(10)와 스캐너(23)는 구동 메커니즘을 서로 조합하여 피가공물(180)에 대한 레이저 빔의 가공 속도를 일정하게 유지할 수 있다.
- [0032] 도 3에 도시된 바와 같이 본 3차원 레이저 조사 장치(100)는 레이저 발진기(21)와 레이저 발진기(21)로부터 방출되는 레이저 빔(29)의 초점 거리를 조절하는 가변초점부(25)와, 레이저 빔(29)의 위치를 조절하는 스캐너(23), 및 집광 렌즈(26)를 포함한다.
- [0033] 스캐너(23)는 레이저 빔(29)의 경로 상에 배치되어 레이저 빔(29)을 이동시키며 피가공물(180)에 조사한다. 스캐너(23)는 입사된 레이저 빔(29)을 반사시키는 두 개의 반사경(23a, 23b)을 포함하는데, 반사경(23a, 23b)에는 반사경의 움직임 제어하는 액츄에이터가 설치될 수 있다. 스캐너(23)는 반사경(23a, 23b)을 이용하여 레이저

빔(29)의 x축 방향 이동 및 y축 방향 이동을 제어한다.

[0034] 가변초점부(25)는 레이저 빔(29)의 초점을 조절하는 장치로서 레이저 빔(29)의 z축 방향 이동을 제어한다. 집광 렌즈(26)는 레이저 빔(29)을 집중시켜 피가공물(180)에 조사한다. 제2 제어부(60) 및 보상 제어부(50)는 가변초점부(25)와 연결되어 가변초점부(25)를 제어한다.

[0035] 도 1을 참조하면, 한편, 제1 제어부(30)는 스테이지(10)에 연결되어 스테이지(10)의 이동을 제어하는데, 제1 지령주기로 스테이지(10)의 이동을 제어한다. 일례로, 제1 지령주기는 1ms이 될 수 있다.

[0036] 본 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 장치(100)는 컨트롤 포인트 설정부(70)를 더 포함하는데, 도 6에 도시된 바와 같이 컨트롤 포인트 설정부(70)는 피가공물(180)의 표면(PL, 도 7에 도시) 상에 복수 개의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...)를 생성한다. 컨트롤 포인트 설정부(70)는 입력된 도면을 바탕으로 스테이지(10)의 이동 가능 거리를 고려하여 가공 경로 상에 복수개의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...)를 생성한다.

[0037] 제1 제어부(30)는 스테이지(10)의 가공 중심이 하나의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...)로부터 다른 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...)로 이동하도록 스테이지(10)의 이동 경로(S1)를 제어하며, 바람직하게는 하나의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...)에서 다른 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...)로 가공 중심이 피가공물(180)의 표면(PL, 도 7에 도시)을 따라 최단 거리로 이동하도록 제어한다. 본 기재에서 가공 중심이라 함은 가공 또는 측정이 이루어지는 기준 위치를 의미하며, 스테이지(10)가 이동한다 함은 스테이지(10)의 가공 중심이 이동하는 것을 의미한다.

[0038] 도 1 및 도 5를 참조하면, 오차 측정부(40)는 스테이지(10)에 연결되어 스테이지(10)의 이동 오차를 측정하는데, 미리 설정된 스테이지(10)의 이동 경로와 스테이지(10)의 실시간 위치를 비교하여 실시간으로 스테이지(10)의 이동 오차를 측정한다. 오차 측정부(40)는 제1 지령 주기로 스테이지(10)의 이동 오차를 측정할 수 있다. 오차 측정부(40)는 복수 개의 엔코더로 이루어지는데, 오차 측정부(40)는 3개의 위치 엔코더와 2개의 각도 엔코더를 포함한다. 위치 엔코더들은 스테이지(10)의 x축, y축, z축 변위를 측정하고, 각도 엔코더들은 A, 및 B 방향의 회전 각도를 측정한다.

[0039] 오차 측정부(40)는 입력된 경로의 지점에서 피가공물(180)의 표면(PL, 도 7에 도시)에 접하는 면과 스테이지(10)의 면을 비교하여 오차를 측정한다. 도 5에 도시된 바와 같이 엔코더에 의하여 측정된 위치 오차는 dx_i , dy_i , dz_i 로 나타낼 수 있으며, 각도 오차는 θ_i , ϕ_i 로 나타낼 수 있다.

[0040] 각도 오차를 고려한 실질적인 스테이지(10)의 오차는 아래의 [수학식 1]로 표시할 수 있다.

[0041] [수학식 1]

$$\vec{P}_{st} = \begin{pmatrix} P_{stx_i} \\ P_{sty_i} \\ P_{stz_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dz_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_i \cos \phi_i \cos \theta_i \\ r_i \cos \phi_i \sin \theta_i \\ r_i \sin \phi_i \end{pmatrix}$$

[0042]

[0043] 여기서 \vec{P}_{st} 는 스테이지의 전체 오차, P_{stx_i} 는 스테이지의 x방향 오차, P_{sty_i} 는 스테이지의 y방향 오차, P_{stz_i} 는 스테이지의 z방향 오차, $r_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2 + dz_i^2}$ 이다.

[0044] 도 1 및 도 6을 참조하면, 제2 제어부(60)는 스캐너(23)에 연결되어 입력된 도면에 따라 스캐너(23)의 레이저 조사 경로(S2)를 형성하고, 스캐너(23)를 이용하여 레이저 빔을 레이저 조사 경로(S2)를 따라 이동시킨다. 제2 제어부(60)는 제2 지령주기로 명령을 생성하여 스캐너(23)를 제어하는데, 제1 지령주기는 제2 지령주기의 10배 내지 1000배로 이루어질 수 있다. 일례로, 제2 지령주기는 $10\mu s$ 로 이루어질 수 있다.

[0045] 보상 제어부(50)는 오차 측정부(40)와 제2 제어부(60)에 연결되어 스테이지(10)의 위치 오차를 보상하도록 스캐너(23)의 레이저 조사 경로(S2)를 수정한다. 여기서 스캐너(23)의 레이저 조사 경로(S2)라 함은 스캐너(23)가 이동하는 경로가 아니라 스캐너(23)에 의하여 레이저 빔(29)이 이동하는 경로를 의미하며, 레이저 빔(29)의 이동 경로는 피가공물의 표면에 대하여 레이저 빔이 이동하는 경로로서 스테이지(10)의 이동에 의하여 상대적으로 결정된다.

[0046] 보상 제어부(50)는 상기한 [수학식 1]에 따라 도출된 스테이지(10)의 오차를 보상하여 레이저 빔이 정확한 위치로 이동할 수 있도록, 스캐너(23)의 레이저 조사 경로(S2)를 수정한다. 보상 제어부(50)는 스테이지(10)가 이동하는 동안 스테이지(10)의 위치 오차를 실시간으로 전달받으며, 실시간으로 스캐너(23)의 레이저 조사 경로(S2)를 수정할 수 있다.

[0047] 제2 제어부(60)는 레이저 빔(29)이 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3 ...) 사이를 이동하도록 제어한다. 제2 제어부(60)는 스캐너(23)에 의하여 레이저 빔이 스테이지(10)와 동일한 시간 내에 제1 컨트롤 포인트(CP1)에서 제2 컨트롤 포인트(CP2)로 이동하되 서로 다른 경로로 이동하도록 제어한다.

[0048] 스캐너(23)에 의하여 레이저 빔이 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...) 사이를 이동하는 시간(t_{sc})과 스테이지(10)의 가공 중심이 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...) 사이를 이동하는 시간(t_{st})은 아래의 [수학식 2]로 나타낼 수 있다.

[0049] [수학식 2]

$$t_{st,n} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{P}_{st,i}}{V_{fa}(const.)} = t_{sc,n} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{P}_{sc,i}}{V_{fa}(const.)}$$

[0050]

$$\bar{P}_{st,i} = \bar{P}_{st,x_i} + \bar{P}_{st,y_i} + \bar{P}_{st,z_i}$$

[0051]

$$\bar{P}_{sc,i} = \bar{P}_{sc,x_i} + \bar{P}_{sc,y_i} + \bar{P}_{sc,z_i} \text{ (dynamic focu.)}$$

[0052]

$$\bar{P}_{sc,i} = \bar{P}_{sc,i} + delay$$

[0053]

[0054] 여기서 $t_{st,n}$ 은 스테이지가 n번째 컨트롤 포인트 사이를 이동하는 시간, $t_{sc,n}$ 은 스캐너가 n번째 컨트롤 포인트 사이를 이동하는 시간, V_{fa} 는 가공 속도,

[0055] $\bar{P}_{st,i}$ 는 스테이지의 이동 경로, $\bar{P}_{sc,i}$ 는 스캐너의 레이저 조사 경로, \bar{P}_{st,x_i} 는 스테이지의 x축 경로, \bar{P}_{st,y_i} 는 스테이지의 y축 경로, \bar{P}_{st,z_i} 는 스테이지의 z축 경로, \bar{P}_{sc,x_i} 는 스캐너의 x축 레이저 조사 경로, \bar{P}_{sc,y_i} 는 스캐너의 y축 레이저 조사 경로, \bar{P}_{sc,z_i} 는 스캐너의 z축 레이저 조사 경로를 의미한다. 또한, 스캐너의 지연 요소(delay)는 마킹 딜레이(marking delay), 점프 딜레이(jump delay), 폴리곤 딜레이(polygon delay)를 포함할 수 있다.

[0056] 제2 제어부(60)에 의하여 가공 속도(V_{fa})는 항상 일정하도록 제어되며 스캐너(23)의 z축 레이저 조사 경로는 가변초점부(25)에 의하여 제어된다.

[0057] 이와 같이 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)간 이동 시간이 동일하면 스캐너(23)와 스테이지(10)는 각각의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에서 동기화될 수 있다. 제2 제어부(60)는 스테이지(10) 및 스캐너(23)가 동일한 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에 위치하는지 여부를 판단하며, 스테이지(10) 및 스캐너(23)가 동일한 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에 위치하면 다시 다음 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)로 스테이지(10) 및 스캐너(23)가 이송된다.

[0058] 도 6 및 도 7을 참조하면, 3차원 레이저 조사 장치(100)는 스캐닝 볼륨 설정부(80)를 더 포함할 수 있다. 스캐닝 볼륨 설정부(80)는 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에 접하며, 가로(x_i)와 세로(y_i)를 갖는 직사각형으로 이루어진 가상의 기준 평면(MS)을 형성하고, 기준 평면(MS)에서 레이저의 초점 조절 가능 거리를 높이(z_i)로 설정

하여, 가상의 직육면체를 형성하며, 이를 스캐닝 볼륨(MH)으로 지정한다.

[0059] 스캐닝 볼륨(MH)은 피가공물(180)의 표면(PL)에 접하는 선단면을 기준 평면(MS)으로 형성되며, 스캐닝 볼륨(MH) 내에 속하는 피가공물(180)의 표면이 유효 가공부분(MT)이 된다. 제2 제어부(60)는 유효 가공부분(MT)이 중첩되도록 스캐너(23)의 이동 속도와 레이저 조사 경로를 조절한다.

[0060] 이하에서는 본 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 방법을 설명한다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 조사 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0061] 도 1 및 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 레이저 조사 방법은 컨트롤 포인트 생성 단계(S101), 레이저 빔 조사 단계(S102), 오차 측정 단계(S103), 경로 보정 단계(S104), 및 동기화 단계(S105)를 포함한다.

[0062] 컨트롤 포인트 생성 단계(S101)는 레이저 빔 조사 단계(S102) 이전에 실시되며 도 6에 도시된 바와 같이 피가공물(180)의 표면 상에 복수 개의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)를 생성한다. 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)는 전체 가공 경로 상에 형성되며, 입력된 도면을 바탕으로 스테이지(10)의 이동 가능 거리를 고려하여 생성된다.

[0063] 레이저 빔 조사 단계(S102)는 스테이지(10) 및 스캐너(23)를 함께 제어하여 스테이지(10)의 가공 중심 및 레이저 빔을 이동시키면서 조사하는데, 제1 지령 주기로 스테이지(10)를 이동시키고, 제1 지령 주기 보다 더 짧은 제2 지령 주기로 스캐너(23)를 제어하여 레이저 빔을 이동시켜서 피가공물에 조사한다. 여기서 제1 지령 주기는 제2 지령 주기의 10배 내지 1000배로 이루어질 수 있으며, 제1 지령 주기는 1ms로 이루어지고, 제2 지령 주기는 10μs로 이루어질 수 있다.

[0064] 레이저 빔 조사 단계(S102)는, 스테이지의 가공 중심과 레이저 빔을 하나의 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에서 다른 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)로 이동시킨다. 또한, 레이저 빔 조사 단계(S102)는, 레이저 빔을 스테이지(10)의 가공 중심과 동일한 시간 내에 다른 경로로 제1 컨트롤 포인트(CP1)에서 제2 컨트롤 포인트(CP2)로 이동시킨다. 레이저 빔 조사 단계(S102)는 스테이지(10)를 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...) 사이의 3차원 최단 거리로 이송한다.

[0065] 또한, 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 레이저 빔 조사 단계(S102)는 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...) 사이를 잇는 경로 상에 스테이지(10)의 위치를 설정하여 선단 벡터를 설정하고, 선단 벡터 방향으로 3차원 직교좌표계의 축별 스캐닝 길이를 설정하여 가상의 직육면체 형성의 스캐닝 볼륨(MH)을 설정하며, 스캐닝 볼륨(MH) 내에 속하는 피가공물의 표면을 유효 가공부분(MT)으로 국한하여 레이저 빔을 조사한다.

[0066] 여기서 3차원 직교좌표계는 서로 직교하는 x축, y축 및 z축을 포함하고, 축별 스캐닝 길이는 스캐너(23)의 스캔 영역에 대응하는 x축 및 y축 방향의 스캐닝 길이와 가변초점부(25)의 초점 조절 가능 거리에 대응하는 z축 방향의 스캐닝 길이를 포함한다.

[0067] 오차 측정 단계(S103)는 스테이지(10)를 이송하는 동안 스테이지(10)의 위치 오차를 측정한다. 오차 측정 단계(S103)는 복수 개의 엔코더를 이용하여 설정된 스테이지(10)의 이동 경로와 실제 스테이지(10)의 실시간 위치를 비교하여 실시간으로 스테이지(10)의 이동 오차를 측정한다.

[0068] 경로 보정 단계(S104)는 스테이지(10)가 이동하는 동안 스테이지(10)의 위치 오차를 보상하도록 스캐너(23)의 레이저 조사 경로를 수정한다. 경로 보정 단계(S104)는 스캐너(23)와 함께 제2 지령주기로 레이저 빔의 초점 거리를 제어하는 가변초점부(25)를 제어한다. 또한, 경로 보정 단계(S104)는 하기의 [수학식 1]에 따른 스테이지(10)의 위치 오차를 계산하여 스캐너(23) 또는 가변초점부(25)로 경로를 보정한다.

[0069] [수학식 1]

$$\vec{P}_{st} = \begin{pmatrix} P_{stx_i} \\ P_{sty_i} \\ P_{stz_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dz_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_i \cos \phi_i \cos \theta_i \\ r_i \cos \phi_i \sin \theta_i \\ r_i \sin \phi_i \end{pmatrix}$$

[0070]

[0071] 여기서 \vec{P}_{st} 는 스테이지의 전체 오차, P_{stx_i} 는 스테이지의 x방향 오차, P_{sty_i} 는 스테이지의 y방향 오차, P_{stz_i} 는 스테이지의 z방향 오차, dx_i , dy_i , dz_i 는 위치 오차이고, θ_i , ϕ_i 는 각도 오차이며,

$$r_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2 + dz_i^2} \text{ 이다.}$$

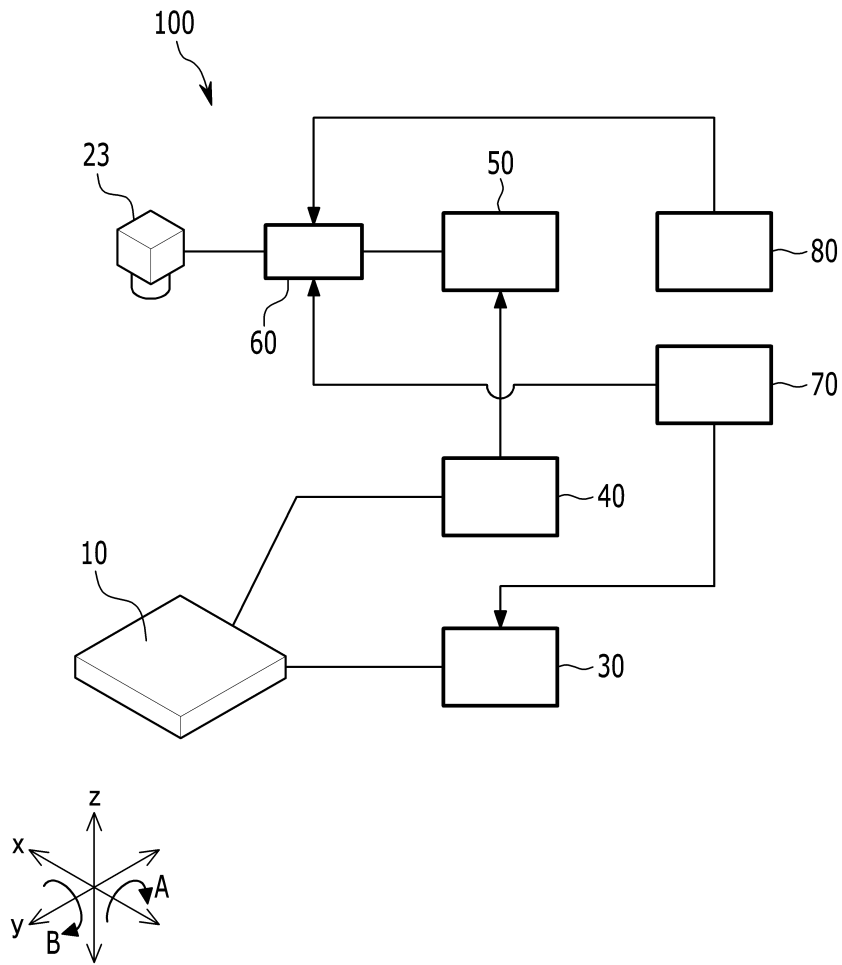
- [0072] 동기화 단계(S105)는 스테이지(10)의 가공 중심과 레이저 빔이 동일한 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에 위치하는지 여부를 판단한다.
- [0073] 동기화 단계(S105)는 스테이지(10) 및 스캐너(23)가 동일한 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에 위치하면 다음 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)로 스테이지(10) 및 스캐너(23)를 이동시킨다. 만일 스캐너(23) 또는 스테이지(10) 중 어느 하나가 아직 동일한 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에 도달하지 못한 경우에는 대기한 후에 동일한 컨트롤 포인트(CP1, CP2, CP3...)에서 동시에 움직이도록 제어한다.
- [0074] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

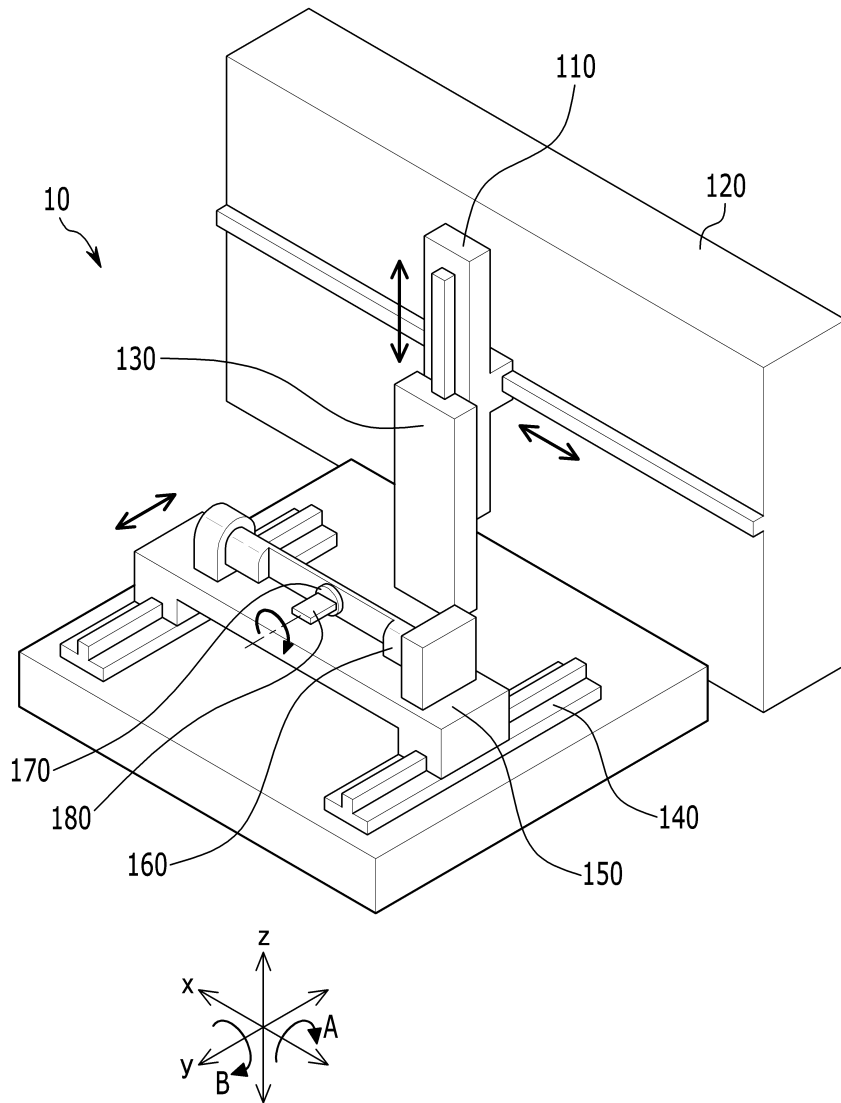
- [0075] 100: 레이저 조사 장치 10: 스테이지
- 21: 레이저 발진기 23: 스캐너
- 23a, 23b: 반사경 25: 가변초점부
- 26: 집광 렌즈 29: 레이저 빔
- 30: 제1 제어부 40: 오차 측정부
- 50: 보상 제어부 60: 제2 제어부
- 70: 컨트롤 포인트 설정부 80: 스캐닝 볼륨 설정부
- 110: 제1 이송부 120: 지지부재
- 130: 제2 이송부 150: 제3 이송부
- 160: 제1 회전부 170: 제2 회전부
- 180: 피가공물

도면

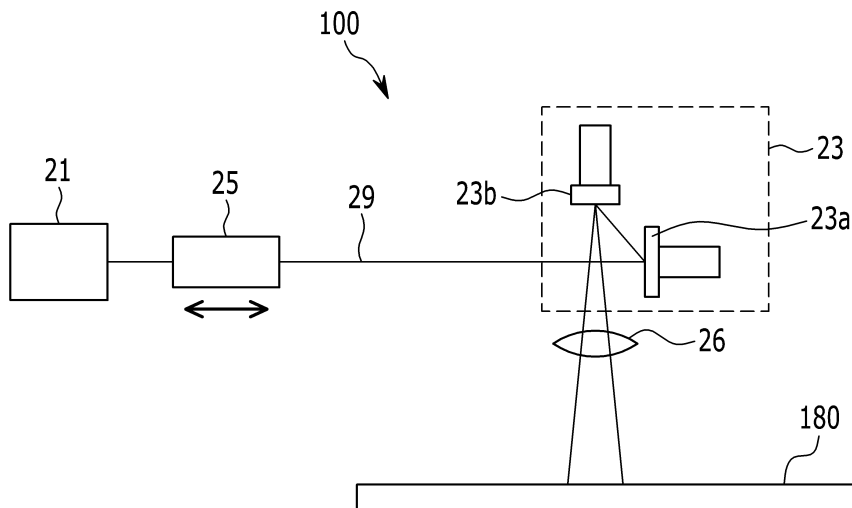
도면1



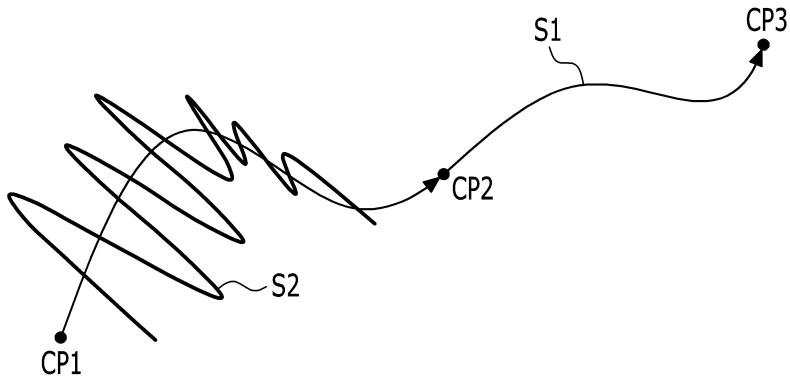
도면2



도면3



도면6



도면7

