



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월09일
(11) 등록번호 10-2360454
(24) 등록일자 2022년02월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/062 (2014.01) B23K 26/042 (2014.01)
B23K 26/14 (2014.01) B23K 26/21 (2014.01)
B23K 26/38 (2014.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 26/062 (2015.10)
B23K 26/042 (2015.10)
- (21) 출원번호 10-2017-0085934
- (22) 출원일자 2017년07월06일
심사청구일자 2020년06월30일
- (65) 공개번호 10-2018-0005624
- (43) 공개일자 2018년01월16일
- (30) 우선권주장
102016000070259 2016년07월06일 이탈리아(IT)
- (56) 선행기술조사문헌
US20010045419 A1*
JP62084889 A*
JP2004523785 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
아디제 에스.피.에이.
이탈리아, 아이-38056 레비코 테르메 (트렌토),
비아 피 바르코 11
- (72) 발명자
스베티, 마우리시오
이탈리아 아이-38056 레비코 테르메 (트렌토) 비
콜로 델 크로세피소 36
- (74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 13 항

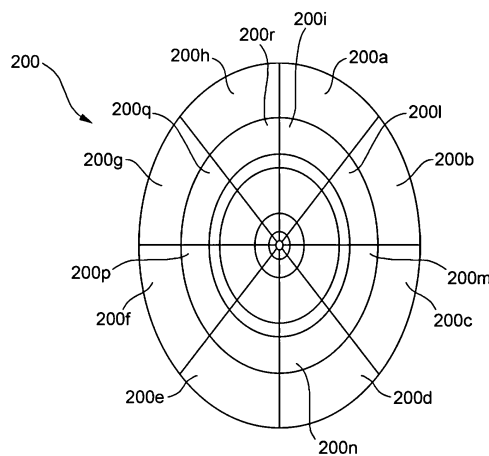
심사관 : 원유철

(54) 발명의 명칭 보조 기체 흐름에 대한 레이저의 광축 위치 제어를 가지는 금속 재료의 레이저 처리 방법 및 상기 방법의 구현을 위한 컴퓨터 프로그램 및 기계 장치

(57) 요약

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면상에서 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔(focused laser beam)에 의해 금속 재료를 레이저 처리하는 방법이 서술되고, 상기 방법은 레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계, 상기 레이저 빔을, 빔 수송 광로(beam transport optical path)를 따라 상(뒷면에 계속)

대표도 - 도7



기 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드(working head)로 유도하는 단계, 상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅(collimating)하는 단계, 상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계 및 일련의 작업 영역을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계를 포함한다. 상기 레이저 빔은 복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 콜리메이팅된 빔을 반사하여 성형되고, 상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및/또는 현재 작업 평면의 영역의 함수로써 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역의 배치를 제어하여 성형된다.

(52) CPC특허분류

B23K 26/14 (2013.01)

B23K 26/21 (2015.10)

B23K 26/38 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 방법에 있어서,

레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 단계;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하는 단계;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계; 및

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계를

를 포함하고,

상기 방법은 레이저 빔을 성형하는 단계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 성형하는 단계는,

복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키는 단계; 및

상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및 현재 작업 평면의 영역 중 적어도 하나의 함수로써, 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계를

를 포함하고,

상기 방법은,

보조 기체 흐름의 축을 따라 상기 금속 재료의 상기 작업 평면의 상기 영역을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 단계;

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하는 단계;

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하는 단계; 및

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 전파의 광축(optical axis of propagation)의 위치를 자동적으로 조절하는 단계를; 를

를 더 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 보조 기체의 전달 영역 내에서, 및 상기 보조 기체가 흐르는 축의 주위의 미리 결정된 주변 영역에 포함된 상기 금속 재료상의 작업 평면의 영역에서 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계를

를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 표면 반사 요소의 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계는,
 반사 기준 평면(reflecting reference flat surface)에 대한 상기 반사 영역들의 이동의 조합을 제어하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 표면 반사 요소의 반사 영역들의 이동의 조합을 제어하는 단계는,
 상기 반사 요소의 광축에 대한 경사도를 획득하기 위하여, 상기 반사 영역들의 회전 및 상기 반사 요소의 광축을 따른 상기 반사 영역들의 변형 이동(translation movement) 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 전파의 광축(optical axis of propagation)의 위치를 자동적으로 조절하는 단계는, 미리 설정된 조절 패턴 또는 프로그램을 참조하여 수행되는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 레이저 빔의 전파의 광축의 위치는, 상기 금속 재료의 절단 작업 도중에, 상기 작업 경로를 따라 흐르는 상기 보조 기체의 축의 현재 위치에 대하여 전면 영역 및 후면 영역에서 교대로 조절되는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 레이저 빔의 전파의 광축의 위치는, 상기 금속 재료의 드릴링 작업 도중에, 상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 현재 위치 주위의 원형 경로를 따라가도록 조절되는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 대응하는 복수의 이동 모듈들에 의해 복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사 표면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소를 제공하는 단계 - 상기 이동 모듈은 중심 영역 및 상기 중심 영역과 동심인 원형 크라운 섹터들의 복수의 랭크들을 포함함 - 를 더 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
 상기 중심이 같은 원형 크라운 섹터들의 랭크들은 6개이고, 상기 원형 크라운 섹터들은 랭크들 각각에 대해 8개이고,
 상기 원형 크라운 섹터들의 높이는, 상기 반사 요소의 밖으로 향하는 방사 방향에서, 제1 랭크부터 제3 랭크까지 및 제4 랭크부터 제6 랭크까지 증가하고,
 제4 랭크의 원형 크라운 섹터들의 높이는 제1 랭크 및 제2 랭크의 상기 원형 크라운 섹터들의 높이의 중간인,

방법.

청구항 10

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 방법에 있어서,

레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 단계;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하는 단계;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계; 및

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은 레이저 빔을 성형하는 단계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 성형하는 단계는,

복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키는 단계; 및

상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및 현재 작업 평면의 영역 중 적어도 하나의 함수로써, 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

보조 기체 흐름의 축을 따라 상기 금속 재료의 상기 작업 평면의 상기 영역을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 단계;

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하는 단계;

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하는 단계; 및

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 횡력 분포(transverse power distribution)를 자동적으로 조절하는 단계; 를

더 포함하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 횡력 분포(transverse power distribution)를 자동적으로 조절하는 단계는, 미리 설정된 조절 패턴 또는 프로그램을 참조하여 수행되는, 방법.

청구항 12

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 장치에 있어서,

레이저 빔 방출 소스;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 수단;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하는 광학 수단;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 광학 수단 - 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 광학 수단은, 상기 금속 재료로부터 제어된 거리에서 상기 작업 헤드에 의해 운반됨 -;

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하기 위하여, 상기 금속 재료 및 상기 작업 헤드간의 거리를 조절하는 수단;

상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키기 위하여, 복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소를 포함하고, 상기 레이저 빔을 성형하는 수단 - 상기 반사 영역들의 배치는 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면에서 상기 레이저 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루도록 조정됨 -;

상기 금속 재료의 상기 작업 평면을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 노즐; 및

전기적 처리 및 제어 수단

을 포함하고,

상기 전기적 처리 및 제어 수단은,

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하고,

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하고,

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 전파의 광축(optical axis of propagation)의 위치를 자동적으로 조절하는, 장치.

청구항 13

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 따른 방법을 실행하기 위한, 컴퓨터 판독가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 금속 재료의 레이저 처리에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 독립항 1의 서두에 기재된 바와 같이 상기 재료의 절단, 드릴링 또는 용접을 위한 레이저 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

산업용 금속 가공 방법, 특히, 금속 시트들 및 프로파일에 대해서, 레이저는 처리되는 재료(특히, 상호 작용 시간 구간 및 재료상에서 레이저 빔의 입사 면적당 에너지 밀도에서)와 상호 작용하는 레이저 빔의 파라미터들에 종속적인 다양한 응용에 대한 열적 도구로써 사용된다.

예를 들어, 낮은 에너지 밀도(mm^2 당 수십 W의 단위로)에서 장시간(수 초의 단위로) 동안 레이저 빔을 출력하여, 경화 공정(hardening process)이 달성되고, 반면에 고 에너지 밀도(mm^2 당 수십 MW의 단위로)에서 펄

토초 또는 피코초 단위의 시간 동안 레이저 빔을 출력하여, 광 침식 공정(photo-ablation process)이 달성된다. 에너지 밀도를 증가시키고 작업 시간을 줄이는 중간 범위에서, 이러한 파라미터들의 제어는 용접, 절단, 드릴링, 조각(engraving) 및 마킹 공정이 수행되게 할 수 있다.

드릴링 및 절단 공정을 포함하는 수많은 공정에서, 보조 기체의 흐름이 레이저 빔과 재료 사이의 상호작용이 발생하는 작업 지역(working region)으로 제공되어야 한다. 레이저 빔과 재료 사이의 상호 작용은 용융 물질(molten material)의 추진의 기계적 기능 또는 연소를 보조하는 화학적 기능 또는 심지어 작업 지역의 주변 환경으로부터 차폐하는 기술적 기능까지 가진다.

금속 재료의 레이저 처리 분야에서, 레이저 절단, 드릴링 및 용접들은 동일한 기계 장치에 의해 수행되어야 하는 처리 동작들이고, 기계 장치는 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면(working plane) 상의 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 고휒력을 가지는 포커싱된 레이저 빔(high-powered focused laser beam)(보통 1에서 10000 kW/mm² 범위의 에너지 밀도를 가지는 레이저 빔)을 생성하고, 재료를 따라 입사하는 위치 및 빔의 방향을 통제하기 위한 기계 장치이다. 재료에 대해 수행될 수 있는 서로 다른 타입의 처리들 간의 차이는 처리될 대상인 재료 및 레이저 빔 사이의 상호 작용의 시간 및 사용되는 레이저 빔의 출력에 대체적으로 기인한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

일실시에에 따르면, 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면상에서 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔(focused laser beam)에 의해 금속 재료를 레이저 처리하는 방법이 제공될 수 있고, 상기 방법은 레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계, 상기 레이저 빔을, 빔 수송 광로(beam transport optical path)를 따라 상기 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드(working head)로 유도하는 단계, 상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅(collimating)하는 단계, 상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계 및 일련의 작업 영역을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 레이저 빔은 복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소(deformable controlled surface reflecting element)에 의해 콜리메이팅된 빔을 반사하여 성형되고, 상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및/또는 현재 작업 평면의 영역의 함수로써 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역의 배치를 제어하여 성형될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 내지 도 2는 종래의 기술에 따른 레이저 처리를 위한 기계 장치의 예시적인 도면이다.

도 3은 종래의 기술에 따른 레이저 기계 장치의 작업 헤드의 예시적인 구조를 도시한 도면이다.

도 4 내지 도 5는 종래의 기술에 따른 금속 재료의 산업적 처리의 적용을 위한 레이저 빔의 형태를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 6은 일실시에에 따른 방법을 수행하기 위한 작업 헤드에서 레이저 빔의 광 경로를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 7은 일실시에에 따른 광학 빔의 성형을 위하여 제어 표면 반사 요소(controlled surface reflecting element)를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 8은 일실시에에 따른 처리 방법을 수행하는 레이저 처리 기계 장치의 제어 전자 장치의 블록 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 9는 일실시에에 따른 방법의 작동 예시를 개략적으로 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

본 발명은 금속 재료의 레이저 처리에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 독립항 1의 서두에 기재된 바와 같이 상기 재료의 절단, 드릴링 또는 용접을 위한 레이저 처리 방법에 관한 것이다.

다른 실시예에 따르면, 본 발명은 레이저 처리 방법을 구현하기 위하여 배치된 금속 재료의 레이저 처리 장치 및 상술한 방법을 구현하기 위한 하나 이상의 코드 모듈을 포함하고, 전기적 처리 수단에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

이후의 설명 및 청구항에서, "금속 재료" 용어는 단면 절단면을 특징 없이(indifferently) 가지는 길어진 프로파일(예를 들어, 비어있는 원형, 직사각형 또는 정사각형의 형태이거나 오픈 형태, 예컨대, L, C, U 등의 형태에서의 섹션 또는 평평한 섹션) 또는 시트와 같은 임의의 금속성의 소재(metallic workpiece)를 정의하기 위하여 사용된다.

도 1 내지 도 2는 종래의 기술에 따른 레이저 처리 기계 장치를 도시한 도면이다.

도 1은 CO₂ 레이저의 산업 처리 기계 장치를 대기 중의 레이저 빔의 광 경로와 함께 개략적으로 도시한 도면이다. 산업 처리 기계 장치는 단일 모드 또는 다중 모드의 레이저 빔(B)을 방출할 수 있는 CO₂ 레이저 생성 디바이스와 같은 방출 소스(10)를 포함할 수 있다. 도 1을 참고하면, 산업 처리 기계 장치는 방출 소스(10)에서 방출된 레이저 빔을, 작업 헤드(working head)(14)(도 1에서 작업 헤드(14)로 통칭하여 표시되고, 재료(WP)에 인접하여 배치됨)로 향하는 빔 수송 광 경로(beam transport optical path)를 따라 전도하기 위한 반사경(12a, 12b, 12c)을 포함할 수 있다. 작업 헤드(14)는 금속 재료상에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 레이저 빔의 초점을 맞추기 위한, 일반적으로 초점 렌즈로 구성되는, 레이저 빔의 광 포커싱 시스템(16)을 포함할 수 있다. 노즐(18)은 초점 렌즈의 다운스트림에 배치되고, 재료의 작업 평면의 영역을 향하여 유도된 레이저 빔과 교차된다. 노즐(18)은 대응 시스템(미도시)에 의해 주입된 보조 기체의 빔을, 재료상의 작업 영역(working area)을 향하도록 조정할 수 있다. 보조 기체는 작업 공정의 실행을 제어하는데 사용될뿐만 아니라 상기 작업 공정의 품질을 얻을 수 있도록 제어하는데 사용된다. 예를 들어, 보조 기체는 금속과 발열 반응하는 경향이 있어, 절단 속도를 줄이게 만드는 산소를 포함할 수 있다. 또는, 보조 기체는 용융 재료의 스플래시로부터 작업 헤드를 보호하고, 재료에서 생성되는 홈(groove)의 측면을 냉각시키는데 사용되어 열 변형 영역의 팽창을 제한하고, 재료의 용합에 기여하지는 않지만 작업 프로파일의 모서리에서의 원치 않는 산화로부터 재료를 보호하는 질소와 같은 비활성 기체를 포함할 수 있다.

도 2는 광 섬유를 통해 채널링된 레이저 빔을 가지는 산업 처리 기계 장치를 개념적으로 도시한 도면이다. 산업 처리 기계 장치는 레이저 빔을 전송 섬유(예를 들어, 이테르븀(ytterbium)으로 도핑된 레이저 섬유)로 방출할 수 있는 레이저 생성 디바이스(예를 들어, 단일 모드 또는 다중 모드의 레이저 빔을 방출하는 다이렉트 다이오드 레이저)와 같은 방출 소스(10) 및 방출 소스(10)로부터 방출된 레이저 빔을 재료(M)에 인접하여 배치된 작업 헤드(14)로 유도하기 위한 광 섬유 케이블(12d)을 포함할 수 있다. 작업 헤드(14)에서, 발산 제어되는 섬유로부터 방출되는 레이저 빔은 콜리메이팅 굴절 광 시스템(20)(collimating dioptric system)에 의해 콜리메이팅되고, 방출 노즐(18)을 통과하는 재료(WP) 상에 입사하는 전파의 광축을 따르고 일반적으로 포커싱 렌즈로 구성되는 광 포커싱 시스템(16)을 통해 포커싱되기 이전에, 반사 시스템(22)(catoptric system)에 의해 반사된다.

도 3은 종래의 작업 헤드(14)의 예시적인 구조를 도시한 도면이다. 관형 채널(tubular channel)(30)은 레이저 빔(B)이 전송되는 원통형 또는 원추형 섹션으로 표시된다. 레이저 빔(B)은 방출 소스(10)에 의해 생성되고, 처리되는 재료상으로 입사되는 방향으로 광 전파 축(optical propagation axis)을 바꾸게 하는 리플렉티브 디플렉터 요소(32)(reflective deflector element) 또는 대기 중에서 복수 회 반사되는 광 경로에 의해 작업 헤드로 전달된다. 광 포커싱 시스템(16)은 리플렉티브 디플렉터 요소(32) 및 다운스트림에 배치되어, 용융 재료의 스플래시로부터 광 포커싱 시스템(16)을 차폐하는 보호 슬라이드(34) 사이의 중간이고, 빔의 전파 방향(Z 축) 및 빔의 전파 방향의 횡 방향(X-Y 축들)으로 렌즈의 위치를 보정하기 위한 기계적 조절 메커니즘(38)에 연결되는 렌즈 거치 유닛(36)을 포함한다.

도 4 내지 도 5는 레이저 빔이 작업 헤드에서 받는 광학 처리를 도시한 도면이다.

방출 소스(S)로부터 유래되고 자유 공간 또는 섬유를 통과한 레이저 빔(B)은 작업 헤드에 미리 설정된 발산(divergence)과 함께 도달한다. 도 4에서 렌즈(C)로 도시된 광 콜리메이션 시스템은 포커싱된 레이저 빔을 제

공할 수 있도록, 레이저 빔(B)을 다운스트림에 배치된 광 포커싱 시스템(렌즈(F)로 도시됨)으로 보내어, 레이저 빔(B)을 콜리메이팅하는 것을 제공할 수 있다. 제1 근사(approximation)에서, 이상적인 레이저 빔, 예를 들어, 평행광에서 이상적으로 콜리메이팅된 레이저 빔, 광 포커싱 시스템의 다운스트림은 기하학적 광학의 법칙(laws of geometric optics)에 따라 초점으로 집중된다. 하지만, 회절의 물리 법칙은 최상의 콜리메이션 및 포커싱 구성을 가진 레이저 빔도, 광학 포커싱 시스템의 다운스트림에서, 유한한 초점이 허리에 있음(a finite focal spot at its waist)을 나타낸다. 이는 도 4에서 레이저 빔(B)의 초점 영역(focal area)에 대응하는 지역(W)로 도시된다. 일반적으로, 재료의 작업 평면은 레이저 빔의 허리의 횡단면(transversal plane)과 일치한다.

도 5는 일반적으로 콜리메이팅된 레이저 빔의 파워 밀도의 분포를 도시한 도면이다. 단일 모드 빔의 경우, 레이저 빔의 파워 밀도의 분포는 회전 대칭을 가지는 가우시안 형태를 일반적으로 가진다. 예를 들어, 가우시안 형태를 가지는 레이저 빔의 파워는 빔의 수직축(Z축)의 주위에 집중되고 주변의 스커트(peripheral skirt)를 따라 점진적으로 감소할 수 있다. 멀티 모드 빔의 경우, 레이저 빔의 파워 밀도의 분포는 회전 대칭을 가지는 가우시안 프로파일의 포락선(envelope)으로 묘사할 수 있다.

단일 모드 또는 다중 모드의 레이저 방사를 가지는 빔의 사용은 제1 근사에서 가우시안으로 설명될 수 있고, 고 출력 레이저 응용 분야의 기술적 제어 요구 사항을 만족한다. 실제로, 가우시안 빔은 몇 개의 파라미터에 의해 쉽게 기술되고, 파워 분포를 수정하지 않으면서 스스로 전파하는 특성을 가지므로, 방출소로부터 처리 기계 장치의 헤드까지의 광 전송 경로를 따라 전파되는 것을 쉽게 제어할 수 있다. 파워 분포는 원거리 전파 조건(far-field propagation conditions)에서 반경 값 및 발산 값을 통해 기술될 수 있다. 이 경우, 기하학적 광학 근사(geometric optics approximation)가 사용될 수 있다. 기하학적 광학 근사가 유효하지 않은 작업 경로를 따르는 근거리에서의 포커싱된 빔의 전파 조건에서, 어느 경우에도 빔은 각각의 절단 면에서 가우시안 파워 분포 패턴을 유지한다.

이러한 이유로, 레이저 처리의 분야에서, 레이저 빔이 가우시안(또는 가우시안에 근사하여) 횡단면의 파워 분포를 가지고, 레이저 빔의 전파의 광축 및 보조 기체 흐름(assist gas flow)의 무게중심 축(barycentric axis)간의 상대적인 상호간의 위치(relative mutual position)를 완전히 수립하기 위하여, 레이저 빔의 전파를 제어하여 할 필요가 있다.

보조 기체의 유출 축(outflow axis) 및 레이저 빔의 전파의 광축간의 위치 결정의 안정성(강성이 아닌 경우)을 제공하기 위한 몇 개의 해결책이 개발되었는데, 이들은 일반적으로 두 축들의 일치(coincidence)를 수반한다. 보조 기체의 유출 축 및 레이저 빔의 방사의 광축간의 상호 위치의 조절은 기계 장치(작업 헤드)의 주기적인 캘리브레이션 동안에 운영자에 의해 수동으로 수행되는 기계적인 센터링 프로시저(mechanical centering procedure)에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션은 마모로 인해 노즐을 교체할 필요가 있을 때를 의미한다. 이러한 기계적인 센터링 프로시저는, 예를 들어, 헤드의 노즐의 위치에 대한 레이저 빔의 광 전파 시스템의 센터링 및 경사도를 조절하기 위한 디플렉터 미러 또는 콜리메이션 또는 포커싱 렌즈 상의 스크류 드라이브의 수단에 의한 복수의 미세한 기계적 조절을 수반한다.

이러한 디자인 선택은, 보조 기체 흐름 및 빔의 회전 대칭에 대한 단일 모드 빔의 경우, 각각 레이저 빔의 파워의 가우시안 분포에 의해 좌우되고, 보조 기체의 유출 노즐의 입구의 원형 단면에 의해, 처리의 방향에 따라 작업 공정들(절단, 용접 등) 각각의 행동의 등방성(isotropy)이 보장된다.

CAD/CAM 시스템에서 미리 설정된 어느 경로 및 기하학적 구조에 따른 전기적 처리 수단에 의해 제어되는 레이저 작업 처리에서, 재료상의 작업 경로에 대한 처리의 등방성은 항상 유리한 것으로 여겨졌다.

물리적으로 "불평형" 시스템이거나 또는 재료상의 보조 기체 및 레이저 빔의 입사 지점에서의 회전 대칭이 없는 경우, 작업 경로를 제어하는데 있어 복잡성 및 장애가 발생하거나 처리 결과의 품질이 저하되는 것으로 널리 믿어지고 있다.

본 발명의 목적은 운영 속도, 결과의 품질 및 처리의 비용-효율 면에서 향상된 성능을 가지는 레이저 처리 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 모든 운영 조건에서 정확한 처리 결과를 얻기 위해 실시간으로 제어 가능한 레이저 처리 방법을 제공하고, 기존 기계 장치의 크기를 증가시키지 않으면서 달성할 수 있는 레이저 처리 방법을 제공하는 것이다.

일실시에에 따르면, 이러한 목표는 제1항에서 언급된 특징을 가지는 금속 재료의 레이저 처리 방법에 의해 달성

된다.

특정 실시예는 종속항의 대상이며, 종속항의 내용은 본 발명의 구성 요소로써 이해되어야 한다.

본 발명의 또 다른 목적은 청구 범위에 기재된 금속 재료의 레이저 처리 기계 장치 및 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것이다.

요약하면, 본 발명은 레이저 빔의 회전 대칭 및 보조 기체 유출 어셈블리의 파괴, 즉, 레이저 방사의 전파 축 및 보조 기체 흐름의 유출 축 사이의 일치 조건으로부터 벗어남으로써, 동일한 성능의 작업 공정보다 속도, 품질 및 비용-효율 면에서 더 나은 이점을 얻기 위한 생각에 기초한 발명이다.

회전 대칭의 파괴의 적용 및 이용의 유형들은 다를 수 있으며, 특히 이러한 유형들은 보조 기체 흐름의 대칭 축에 대한 레이저 빔의 광학 축의 위치의 "정적" 수정, 보조 기체 흐름의 대칭 축에 대한 레이저 빔의 광학 축의 위치의 "겉보기 빔" 영역에서의(in an "apparent beam" regime) 또는 "동적" 수정을 포함한다.

"정적" 수정의 경우, 보조 기체 흐름의 대칭축에 대한 레이저 빔의 광학 축의 상대적 위치(거리, 작업 경로를 따른 국소 진행 방향(local advance direction)에 대한 상대적인 각도, 기준 방향으로 가정됨)는 작업 공정의 진행 속도와 비교 가능한 상대 속도(즉, 동일한 자리수(of the same order of magnitude))로 고정되거나 변경된다.

레이저 빔의 광축의 위치의 불균형으로 인하여, 상술한 기체 흐름(gas flow)(즉, 절단 공정의 경우 처리되는 재료의 표면상의 기체 흐름의 대칭축의 입사 영역)의 변형 방향(translation direction)에서 보조 기체 흐름(assist gas flow)의 대칭 축의 앞에서, 공정 속도 면에서 보다 우수한 성능이 획득될 수 있다. 이러한 불균형은 축들이 일치하는 대칭적인 경우보다 큰 보조 기체 흐름에 의해 부딪힌 용융된 홈 영역(molten groove area)을 실제로 생성한다. 다시 말하면, 기체 흐름에 앞서 레이저 빔이 재료 상에 입사하는 것은 축들이 일치하는 대칭적인 경우와 비교하여 동일한 속도에서 보다 낮은 압력의 기체 전달을 가능하게 하고, 이는 더 낮은 압력에 비례하여 더 낮은 가스 소비를 보장한다.

"동적" 수정 또는 "겉보기 빔" 영역의 경우, 보조 기체 흐름의 대칭축에 대한 레이저 빔의 광축의 상대적 위치(거리, 작업 경로를 따른 국소 진행 방향(local advance direction)에 대한 상대적인 각도, 기준 방향으로 간주됨)는 작업 공정의 진행 속도보다 적어도 한 단계 큰 상대 속도로 달라진다. 재료상의 작업 공정이 주변 이동 주파수(surrounding movement frequency) 보다 작은 크기의 주파수 스케일에서의 빔의 움직임의 포락선에 의해 기술될 수 있는 겉보기 빔을 볼 수 있도록, 레이저 빔의 광축은 미리 설정된 주변 이동 주파수(surrounding movement frequency)에서 보조 기체의 흐름의 축에 대한 주기적인 움직임으로 제어된다.

보조 기체 흐름의 축의 전파 방향에 대한 광축의 전후 운동 및 진동의 결과로서, 예를 들어 다소 가늘고 긴 타원형의 겉보기 빔이 결정된다. 겉보기 빔은 용융된 홈의 조명(illumination)을 크게 하고, 즉, 용융된 홈에서 조명을 보다 오래 지속되게 하고, 이는 전파 방향에서 소재에 의한 방사의 흡수를 크게 한다. 이 기술은 보다 낮은 기체 압력에서 용해된 재료를 홈의 바깥으로 밀어냄에 따라, 종래의 기술보다 낮은 점성 조건에서 재료를 유지하기 때문에, 가스를 보존하고 레이저 빔의 1와트 당 수율을 증가시키기 때문에, 이 기술은 전력의 절약을 가능하게 한다.

그렇지 않으면, 광축(즉, 레이저 파워의 분포의 무게중심(barycenter))의 원형 진동 운동(circular oscillation movement)의 결과로서, 보조 기체 흐름의 축의 둘레의 원형 겉보기 빔이 결정되고, 예를 들어, 레이저 빔 파워 분포의 직경(겉보기의)을 증가하게 하여, 동일한 압력에서 홈에서의 보다 큰 기체 유동을 획득할 수 있다.

일 실시예에 따르면, 상술한 사항들을 종래의 시스템에 적용하는 것은, 빔의 유효 지름(effective diameter) 및 형태를 실질적으로 보존하고 실시간으로 레이저 빔의 형태를 제어하는 수단, 즉, 빔의 횡력 분포(transverse power distribution)의 변경 수단에 의해 보조 기체 흐름의 대칭 축에 대한 레이저 빔의 광축의 위치의 효율적인 제어를 구현함으로써 달성될 수 있다.

본 발명은 산업 응용을 위해 고풍력 레이저 빔을 형성하기 위한 광 신호의 처리(따라서, 낮은 출력의 광 방사)를 위한 과학적 적용인 제어된 변형(controlled deformation)을 가지는 광학 시스템을 사용하는 원리에 기초한다.

레이저 빔 광 전송 시스템에서 제어된 변형 광 시스템을 적용하는 것은 신속히 조절할 수 있는 방식으로 획득할 수 있는 레이저 빔의 성형의 범위를 확장되게 하고, 보조 기체의 유출 축 및 레이저 방사의 전파 축 사이의 상

호 위치를 매우 정밀하게 조정하게 할 수 있다. 따라서, 기계 처리에서 성능을 개선하거나 또는 혁신적인 기계 가공 공정을 구현할 수 있다.

바람직하게는, 본 발명의 방법은 레이저 빔이 매우 정확하게 보조 기체 유출 지역의 중심으로 향하게 할 수 있고, 따라서, 미리 설정된 처리를 위해 기계 장치를 설정할 때에 운영자가 개입함으로써 정밀한 기계적 조절을 해야 할 필요를 예방한다.

보다 바람직하게는, 본 발명의 방법은 레이저 빔의 광축의 위치가 보조 기체 흐름의 축과의 미리 설정된 공간적 관계(반드시 공통된 축으로 정렬된 위치일 필요는 없음)에 따라 빠른 조절 시간과 함께 제어되도록 함으로써, 이러한 위치 제어가 공정 사이클에 대한 "준비 셋업(preparatory setup)"으로써 수행될뿐만 아니라, 재료상의 작업 경로를 따라 보조 기체 흐름의 축 및 레이저 빔의 광축 사이의 바람직한 상호 위치를 제어하는 방식에 의해 작업 공정 동안 실시간으로도 구현될 수 있다.

바꾸어 말하면, 본 발명의 방법은 작업 공정 동안 미리 설정된 상호 위치 전략이 보조 기체 흐름의 축 및 레이저 빔의 광 축 사이에 자동적으로 설정되고 유지되게 한다. 예를 들어, 레이저 빔의 광 축의 위치를, 보조 기체 흐름의 축으로부터 미리 설정된 거리 및 작업 경로(공정의 진행 방향)의 현재 방향에 대한 미리 설정된 각 방향으로 순간적으로 제어함으로써, 미리 설정된 상호 위치 전략이 자동적으로 설정되고 유지될 수 있다.

본 발명의 방법은 작업 공정 동안 보조 기체 흐름의 축 및 레이저 빔의 광축 사이의 상호 위치 가변 전략(mutual positioning variable strategy)이 자동적으로 설정되게 한다. 예를 들어, 상호 위치 가변 전략은 미리 설정된 작업 경로를 따라 재료상의 작업 영역의 공간적 위치의 함수로서 또는 작업 경로를 따라 진행되는 속도의 분산(variation), 작업 재료(working material)의 두께 분산, 처리중인 재료의 표면에 대한 보조 기체의 입사각의 분산과 같은 다른 파라미터의 함수로서 설정된다.

작업 경로를 따라 진행되는 속도의 분산은 경로 자체의 정의에 기여하는 작업 헤드의 기계적 제어 축들의 불가피한 정지에 의해 발생한다. 예를 들어, 절단 및 용접 공정 전부에서, 작업 헤드의 기계적 제어 축들의 불가피한 정지는 정지하는 도중의 감속(slowdown) 다음에 오고 가속이 뒤따르는 작업 헤드의 방향 또는 작업 방향의 역전에 의해 발생한다.

작업 재료의 두께의 변화는, 알려져 있고 예상되는 바에 따르면, 대응하는 진행 속도 및 두께에 따라 달라지는 재료 자체에서의 초점 위치를 요구할 뿐만 아니라, 회전 대칭의 파괴에 대한 다른 방식, 즉, 두께의 함수로서 보조 기체 유출의 대칭축에 대한 레이저 빔의 광축의 위치를 "정적" 또는 "동적"으로 변경하는 것을 요구한다.

마지막으로, 작업 재료의 표면에 대한 보조 기체의 입사각의 분산은, 절단 성능을 향상시키고, 예를 들어, 보조 기체 공급의 더 좋은 전달 또는 보다 넓은 흠에 기인하는 보다 안정적인 공정을 보장하기 위해, 기체 유출의 축을 중심으로 레이저 광학의 상이한 분포를 요구한다.

일실시에 따르면, 보조 기체 유출 축 및 레이저 방사의 전과 축간의 상호 위치의 제어는 보조 기체 유출의 전달 영역(delivering area)을 정의하는 보조 기체 유출 축의 미리 결정된 주변 영역(predetermined neighborhood)에서 금속 재료상의 작업 평면의 영역에서 빔의 횡력 분포를 제어하는 수단에 의해 구현된다. 보조 기체 흐름의 전달 영역은 작업 헤드의 노즐의 "영향을 받는 체적(affected volume)"으로 식별될 수 있다. 전달 영역은 일실시에 따른 제어 방법의 체적 측정 필드를 나타낸다. 일반적으로 노즐은 1mm에서 3.5mm의 지름 및 6 mm에서 20 mm의 높이를 가지는 원뿔대(truncated cone)의 전형적인 규모(dimension)를 가지는 입구를 가진다. 노즐의 작은 베이스는 1mm 에서 3mm 정도 증가된 입구 지름과 동일하고, 큰 베이스는 일반적으로 15도에서 30도의 제너레이팅 라인의 경사각 및 절두 원추형(frustoconical)의 체적의 높이의 함수인 특징적인 규모를 가진다. 적절하게는, 처리될 표면의 오목한 부분에서도 작동할 수 있도록, 노즐의 체적은 가능한 작아야 하고, 가능한 가장 얇은 외관을 가질 수 있다.

바람직하게는, 일실시에 따른 방법에 의한 자동 제어는 100 Hz 및 10 kHz 사이의 작동 주파수에서 실시간으로 수행될 수 있다.

일실시에 따른 방법을 수행하는 제어 시스템은 작업 헤드에 결합될 수 있기 때문에, 즉, 작업 헤드의 수송 및 레이저 빔의 생성으로부터 독립적이기 때문에, 종래의 시스템으로부터 유리하게 구별될 수 있다.

또한, 특정 프로세스를 위해 기계 장치를 설정하거나 또는 시운전하기 위한 알려진 해결책들과 달리, 보조 기체 유출에 대한 광학 빔의 위치는 운영자에 의한 수동 조정의 결과로 조절될 수 있거나, 또는 광학 빔의 경사의 방향의 변경은 미리 설정된 로직에 따라 구현되거나, 워블링(wobbling)에 의해 작업 프로그램을 설정할 때 프로그

램되는 종래의 기술의 경우에서, 공정 전체를 통해 레이저 빔의 전파의 광축에 반복적으로 전달되는 높은 동적 진동(high dynamic oscillation)의 수단에 의해 구현된다. 일실시에에 따른 방법은 레이저 빔의 전파의 광축의 위치를, 작업 경로를 따라 미리 설정된 위치에서 발생하는 프로그램된 작업 조건에 의존하는 적절한 시기의 보조 기체 흐름의 축 및 광학 빔의 광 전파 축 사이의 상호 위치의 변경을 가능하게 하는 작업 경로를 따르는 빔의 위치의 함수로서 실시간으로 효과적으로 제어되게 한다. 이러한 프로그램된 작업 조건은, 본 발명을 제한하지 않는 예로써, 미리 설정된 작업 경로를 따르는 현재의 작업 위치(또는, 일반적으로, 현재의 작업 평면의 영역) 및/또는 재료상의 작업 경로의 현재 경로 및/또는 보조 기체 흐름의 축의 변형 방향(이동 방향)(translation direction)을 포함할 수 있다.

본 발명의 추가적인 특징 및 이점이 첨부된 도면을 참조하여 후술하는 비제한적인 일실시에의 상세한 설명에서 보다 자세히 설명된다.

도 1 내지 도 5는 이전에 종래의 기술을 참조하여 설명되었고, 이들의 내용은 본 발명의 일실시에에 따른 작업 공정을 수행하기 위해 제어되는 기계 장치의 제조에 공통적인 것으로 언급된다.

도 6을 참고하면, 일실시에에 따른 금속 재료의 레이저 처리를 위한 기계 장치의 작업 헤드에서 레이저 빔의 광 경로가 도시된다.

도 6의 광학 시스템은, 예를 들어, 레이저 빔(B)이 미리 설정된 발산에 따라 나타나는 자유 공간에서 광 경로를 따라 방출 소스에 의해 전파되는 빔의 광 픽업 시스템 또는 광 섬유 케이블의 말단과 같은 레이저 빔(B)의 입력 장치(100)를 포함한다.

입력 장치(100)의 다운스트림에서, 예를 들어, 콜리메이션 렌즈(일반적으로 50mm 내지 150mm의 초점 길이를 가지는 레이저 절단 장치의 작업 헤드를 위한 콜리메이션 렌즈)와 같은 광 콜리메이션 시스템(120)이 배치될 수 있다. 콜리메이션된 레이저 빔의 다운스트림은, 예를 들어, 포커싱 렌즈(일반적으로 100mm 내지 250mm의 초점 길이를 가지는 레이저 절단 장치의 작업 헤드를 위한 포커싱 렌즈)와 같은 광 포커싱 시스템(140)으로 전도될 수 있다. 광 포커싱 시스템(140)은 스크린 또는 보호 유리(160)를 통과한 이후의 작업 평면(II) 상에 레이저 빔을 포커싱하도록 배치된다.

광 콜리메이션 시스템(120) 및 광 포커싱 시스템(140) 사이의 광 경로에서, 광학 빔 성형 수단(optical beam shaping means)(180)이 배치된다.

특히, 도 6의 레이저 빔의 광 경로를 참조하면, 본 발명은 레이저 빔을 성형하기 위한 광학 빔 성형 수단(180)의 제조 및 재료의 미리 설정된 작업 평면상에서 제어되는 방식에서 레이저 빔의 횡력 분포(transverse power distribution)를 달성하는 상기 수단의 제어와 관련될 수 있다. 도 6을 참고하면, 레이저 빔을 성형하기 위한 광학 빔 성형 수단(180)은 레이저 빔의 전파 방향에 대해 45도에서 자신의 고유한 대칭 축으로 배열된다.

이를 위하여, 레이저 빔을 성형하기 위한 광학 빔 성형 수단(180)은, 도 7에 도시된 독립적으로 움직일 수 있는 복수의 반사 영역을 포함하는 제어되는 표면을 가지는 변형가능 표면 반사 요소(deformable surface reflecting element)(200)로써 만들어질 수 있다. 상기 반사 영역들은, 휴지 상태(rest state)에서, 기준 반사 평면위에 놓여 반사 표면을 정의할 수 있다. 변형가능 제어 표면 반사 요소(deformable controlled surface reflecting element)(200)는 연속적인 포일 미러(foil mirror)를 제공하고, 포일 미러의 반사 표면은 휴지 상태에서 채택되는 기준 반사 평면에 대해 3차원적으로 변경가능하다. 변형가능 제어 표면 반사 요소(200)는 복수의 반사 영역을 포함하는 연속적인 곡률(continuous curvature)을 가지는 반사 표면을 가진다. 복수의 반사 영역은 200a, 200b 등으로 도시된 대응하는 복수의 이동 모듈(movement modules)이 후방에 관련된다. 복수의 이동 모듈은 레이저 빔의 파장에서 고도의 반사성 코팅(적어도 99%)을 공동으로 사용하는 것으로 인해 높은 광 출력을 가지는 사용을 위하여 적절하게 처리된다. 그리고, 복수의 이동 모듈은 접촉 거치대(contact holder)에 설치되어, 직접 채널링에 의한 액체(water)에 의해 냉각된다. 이동 모듈들은 연속적인 곡률의 반사 표면에 필수적이고 독립적으로 움직일 수 있다. 연속적인 곡률을 가지는 반사 표면의 반사 영역들은 그들 사이에 어느 경계도 가지지 않는다. 즉, 전체적인 반사 표면은 모든 방향에서 연속적인 국소 미분들(local derivatives)을 가진다. 이동 모듈(200a, 200b)의 움직임은 전방 및 후방 이동과 같은, 휴지 상태에서 채택된 기준 반사 평면에 대한 대응하는 반사 영역의 변형 이동 또는 휴지 상태에서 채택된 기준 반사 평면에 평행한 축의 주위의 대응하는 반사 영역의 회전 이동 또는 이들의 조합을 포함한다. 반사 표면의 변형, 즉, 이동 모듈(200a, 200b)의 이동은 압전 기술(piezoelectric technique)에 의해 작동될 수 있다. 압전 기술은 이동 모듈의 움직임 및 반사 영역의 결과적 위치(consequent position)를 제어하는 것을 가능하게 한다. 반사 영역의 위치의 변경은, 서로 독립적인 미

리 설정된 자유도에서 각각의 이동 모듈이, 일반적으로 +/- 40 μm의 자릿수로 변형 이동하거나 및/또는 회전 이동하는 것에 의한 이동의 조합으로부터 기인한다. 반사 영역의 위치의 변경은, 레이저 빔의 광 전과 축의 위치를 조절하거나 또는 보다 일반적으로 바람직한 공정 적용의 목적에 따라 레이저 빔의 횡력 분포의 제어하는데에 적용하게 하는(적어도 이론적으로는, 실제로는 바람직한 목적을 위해 적절한 근사와 함께) Zernike 다항식의 조합에 의해 정의되는 연속적인 곡률 표면의 근사를 획득함으로써 수행된다.

도 7은 도 6에 도시된 45도의 콜리메이팅된 레이저 빔의 경사각을 위해 채택된 후방 이동 모듈 및 타원형 프로파일을 가지는 반사 요소(200)의 바람직한 일실시예를 도시한 도면이다. 도 7의 일실시예는 전적으로 예시적인 것이고 본 발명의 구현을 제한하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 다른 바람직한 일실시예에 따르면, 콜리메이팅된 레이저 빔의 입사(incidence)는 휴지 상태에서 반사 요소(200)의 표면에 대해 수직이거나 또는 거의 수직이고, 반사 요소(200)의 프로파일은 원형 프로파일이다.

광 콜리메이션 시스템(120)에 의해 획득할 수 있는 거울상으로 입사하는 레이저 빔의 최대 수평 개구 크기(maximum transverse aperture size)에 대응하는 타원형 프로파일을 가지는 반사 요소(200)의 일실시예에서, 타원형 프로파일은 장축 38mm 및 단축 27mm를 가지는 타원형 프로파일을 가질 수 있다.

특히, 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 변형가능 제어 표면 반사 요소(200)는 중심 영역 및 상기 중심 영역과 동심원을 이루는 복수의 원형 크라운 섹터들(circular crown sectors)의 랭크를 포함하는 대응하는 복수의 이동 모듈들에 의해 독립적으로 이동 가능한 복수의 반사 영역들을 포함할 수 있다. 바람직한 일실시예에서, 동심의 원형 크라운 섹터의 랭크의 개수는 6이고, 원형 크라운 섹터의 개수는 각 랭크에 대해 8이고, 원형 크라운 섹터들의 높이는 제1 랭크부터 제3 랭크까지, 그리고 제 4 랭크부터 제6 랭크까지, 반사 요소의 밖으로 향하는 방사 방향(radial direction)에서 증가할 수 있다. 제4 랭크의 원형 크라운 섹터들의 높이는 제1 랭크 및 제2 랭크의 원형 크라운 섹터들의 높이의 중간(intermediate)일 수 있다. 바람직하게는, 설계된 반사 요소(200)의 제어 구조를 단순화하기 위하여, 주변 원형 크라운을 형성하는 복수의 원형 섹터는 고정될 수 있고, 내부 원형 크라운 섹터들의 랭크들만이 총 41개로 제한되는 액츄에이터들을 이용하는 방식으로 움직일 수 있다.

일반적으로, 원형 섹터의 랭크의 개수, 원형 크라운 섹터들의 개수 및 원형 크라운 섹터들의 높이는, 반사 영역의 선택된 개수에 대한 반사 요소상의 레이저 빔 입사의 횡력 분포의 경향의 시뮬레이션 프로시저를 통하여, 레이저 빔의 미리 설정된 바람직한 횡력 분포를 얻기 위한 반사 표면 형상에 따라 결정될 수 있다. 실제로, 반사 요소(200)의 반사 표면의 제어된 변형성은 레이저 빔의 위상에 작용함으로써, 초점 평면상의 레이저 빔의 인텐시티의 변화의 제어를 유도할 수 있다. 바람직한 일실시예에 따르면, 반사 요소(200)의 표면의 변형은 Zernike 다항식들의 조합에 기인하는 반사 표면을 결정하는 방식으로 제어될 수 있다. 따라서, 반사 요소(200)의 반사 영역의 이동에 의해 제어되는 위상 변화에 따른 초점 평면 상의 레이저 빔의 인텐시티의 분포는 수학적 계산 방법을 사용하여 유리하게 시뮬레이션될 수 있다.

도 7을 참고하면, 반사 영역들의 이동 모듈들의 기하학적 구조에 대응하는 반사 요소(200)의 표면의 세분된 일부(subdivision)의 기하학적 구조는, 발명자에 의해, 심지어 그것의 회전 대칭성의 유지와 관련되지 않은 빔 형성에서 보다 큰 자유도를 가지는 횡력 분포의 서로 다른 형태를 획득하기 위한 시뮬레이션 프로시저를 통하여 결정될 수 있다. 그렇지 않으면, 파워 분포의 형태의 변화가 요구되지 않고, 광 전과 축에 대한 그것의 변위만이 요구되는, 가우시안 파워 분포에 밀접하게 관련되는 적용을 위하여, 보다 단순한 기하학적 구조를 사용하는 것이 가능할 수 있다. 단순한 기하학적 구조의 예로, 예를 들어, 동일하게 간격을 둔 랭크들(equally spaced ranks), 즉, 원형 크라운 섹터들의 높이가 섹터들의 모든 랭크들에서 일정한 구조가 있다. 빔 파워 분포의 회전 대칭성이 유지되어야 하는 적용을 위하여, 원형 크라운들에 반지름 방향으로 독립적인 형태의 이동 모듈들 각각과 복수의 반사 영역을 제공하는 것이 가능할 수 있다.

도 8은 일실시예에 따른 방법의 구현을 위한 금속 재료의 레이저 처리를 위한 기계 장치의 전기적 제어 시스템의 회로를 도시한 도면이다.

전기적 제어 시스템은 ECU 상에 전체적으로 도시된 전자 처리 및 제어 수단을 포함하며, 상기 전자 처리 및 제어 수단은 기계 장치 상에 단일 처리 유닛으로 통합되거나 분산된 형태로 구현 될 수 있으며, 따라서, 예를 들어, 작업 헤드를 포함하는 기계 장치의 서로 다른 부분에 배치된 처리 모듈들을 포함할 수 있다.

전자 처리 및 제어 수단(ECU)과 연관된 메모리 수단(M)은, 작업 경로의 함수로써 레이저 빔의 활성화 시간들, 광학 빔의 파워 인텐시티 및 광학 빔의 파워 분포를 나타내는 물리적인 처리 파라미터들 및, 예를 들어 처리되는 재료 및/또는 작업 헤드에 대한 이동 명령들(movement instructions)의 형태의 미리 설정된 작업 경로를 포함하

는 미리 설정된 처리 패턴 또는 프로그램을 저장할 수 있다.

전자 처리 및 제어 수단(ECU)은 작업 경로를 따라 레이저 빔의 적용을 제어하고, 작업 경로를 획득하기 위하여, 메모리 수단(M)에 액세스하도록 배치될 수 있다. 미리 설정된 작업 경로를 따라 레이저 빔의 적용을 제어하는 것은 미리 설정된 처리 패턴 또는 프로그램을 참조하여, 즉, 메모리 수단으로부터 획득되는 작업 파라미터들 및 작업 경로 정보에 따라, 미리 설정된 작업 영역을 향하여 레이저 빔의 미리 설정된 파워 분포의 방사의 제어 및 보조 기체 흐름의 전달의 제어를 포함할 수 있다.

감지 수단(SENS)은 작업 헤드 및 처리되는 재료 사이의 상호 위치를 실시간으로 탐지할 뿐만 아니라 위치의 시간에 따른 변화를 실시간으로 탐지하기 위하여 기계 장치상에 배치될 수 있다.

전자 처리 및 제어 수단(ECU)은 작업 헤드 및 시간에 따라 처리되는 재료 사이의 상호 위치(즉, 현재 작업 평면의 영역의 변화 및/또는 시간별 작업 경로의 현재 방향)를 나타내는 감지 수단(SENS)의 신호를 수신하도록 배치될 수 있다.

전자 처리 및 제어 수단(ECU)은 액추에이터 수단의 알려진 어셈블리로 제1 명령 신호(CMD1)를 방출하기 위하여 배치되고, 공정의 기계적 파라미터들을 제어하기 위한 제1 제어 모듈 (CM1)을 포함할 수 있다. 상기 어셈블리는 작업 헤드의 위치에 대하여 처리되는 재료를 움직이는 액추에이터 수단 및 일실시에에 따른 기계 장치에 의해 자유도를 따라 작업 헤드를 움직이도록 허용된 액추에이터 수단을 포함할 수 있다. 상기 어셈블리는 작업 헤드의 노출에서 처리되는 재료상에 프로그램된 작업 경로를 제시하기 위하여 작업 헤드를 움직이는 액추에이터 수단과 협력할 수 있다. 이러한 액추에이터 수단들은 해당 기술 분야에서 널리 알려져 있으므로, 그 상세한 설명을 생략한다.

전자 처리 및 제어 수단(ECU)은 레이저 빔의 전송 및 생성을 위한 보조 기체 흐름의 제어 수단 및 전송 수단을 보조하기 위한 제2 명령 신호(CMD2)를 방출하도록 배치되고, 공정의 물리적 파라미터들을 제어하기 위한 제2 제어 모듈(CM2)을 포함할 수 있다.

전자 처리 및 제어 수단(ECU)은 반사 요소(200)의 독립적으로 이동가능한 반사 영역의 이동 모듈들의 구현하기 위하여, 즉, 이들의 상호 공간 변위(mutual spatial displacement)(반사 요소의 광축을 따라 변형하거나 또는 이에 대한 상대적인 기울기)를 제어하기 위하여, 광 빔 성형 수단의 변형가능 제어 표면 반사 요소(200)로 제3 명령 신호(CMD3)를 방출하도록 배치되고, 광 공정 파라미터들을 제어하기 위한 제3 제어 모듈(CM3)을 포함할 수 있다. 제3 명령 신호(CMD3)는 획득하고자 하는 레이저 빔의 미리 설정된 형태에 따라 일실시에의 방법의 구현을 위한 조절 모델(regulation model) 또는 프로그램의 명령들을 가지는 하나 이상의 코드 모듈들을 포함하는 컴퓨터 프로그램의 수단에 의해 처리될 수 있다. 즉, 제3 명령 신호(CMD3)는 레이저 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 수립하기 위하여 처리될 수 있고, 그 결과 레이저 빔의 광 전과 축의 미리 설정된 위치를, 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면의 영역에서 재료상에 입사하는 광 전과 축을 따르는 즉각적인 공정 조건(instantaneous processing conditions)의 함수로써 수립할 수 있다. 재료의 작업 평면은 재료의 표면 평면(surface plane)이 되거나 또는 재료의 두께에 따라 깊이가 다른 평면(예를 들어, 두꺼운 재료를 자르거나 드릴링하기 위하여, 즉, 포커싱된 빔의 Rayleigh 길이의 1.5배 이상의 두께(일반적인 경우, 두께는 4 mm 이상이고 30mm 까지임)를 일반적으로 가지는)이 될 수 있다. 상술한 제3 명령 신호(CMD3)는 즉각 작업 조건에 따른 보조 기체 흐름의 전달 영역내에서, 즉, 금속 재료상의 작업 경로의 현재 방향 및/또는 현재 작업 평면의 영역내에서, 및 보조 기체 흐름의 축의 미리 결정된 주변 영역(predetermined neighborhood)에서 레이저 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 수립하기 위하여 컴퓨터 프로그램에 의해 처리될 수 있다.

따라서, 전자 처리 및 제어 수단 (ECU)은, 보조 기체 흐름의 축의 탐지된 현재 변형 방향 및/또는 현재 위치에 따라 레이저 빔의 횡력 분포 또는 레이저 빔의 광 전과 축의 위치를 자동적으로 조절하고, 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 보조 기체 흐름의 축의 상대적인 변형을 제어하기 위하여, 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형 방향(translation direction) 및/또는 현재 위치를 검출하기 위하여 배치될 수 있다.

레이저 빔의 광 전과 축의 위치는, 처리 되는 재료 상의 레이저 빔의 스팟의 공간 변형(spatial translation)을 결정하는 휴지 상태 각각에 대한 전체로써, 반사 요소의 미리 설정된 일반적인 경사 이동들(predetermined general inclination movements)을 수행하기 위하여, 반사 영역들의 이동 모듈들을 제어함으로써 결정될 수 있다.

일실시에에 따르면, 레이저 빔의 광 전과 축의 위치는, 금속 재료의 절단 공정 동안 작업 경로를 따르는 보조 기체 흐름의 축의 현재 위치에 대한 전면 영역 또는 후면 영역에서 선택적으로 또는 대체적으로 조절될 수

있다. 바람직하게는, 이는 절단 경로, 예를 들어 절단될 재료의 두께 및 절단 공정의 실행의 속도의 함수로서의 절단 경로를 추구하여 수행될 수 있다.

"정적" 변경의 경우, 상술한 보조 기체의 변형 방향(즉, 절단 공정의 경우에서 처리되는 재료의 표면 상에 보조 기체 흐름의 대칭축의 입사 영역의)에서 보조 기체 흐름의 대칭축보다 앞선 레이저 빔의 광축의 위치의 불균형의 결과로써, 공정 속도의 관점에서 보다 양호한 성능이 획득될 수 있다. 이러한 불균형은, 축들이 교차하는 대칭적인 경우보다 큰 보조 기체 흐름에 의해 부딪히는 용융 홈 영역(molten groove area)을 생성할 수 있다. 바꾸어 말하면, 보조 기체 흐름에 앞선 재료상의 레이저 빔의 입사는, 낮은 압력에 비례하여 기체 소비가 낮아지는 것을 보장하고, 축들이 교차하는 대칭적인 경우에 비해 동일한 속도에서 낮은 압력으로 기체를 전달하게 할 수 있다.

"동적" 변경 또는 "겉보기 빔(apparent beam)" 영역의 경우, 보조 기체 흐름의 축의 전파의 방향에 대한 앞 뒤의 광축의 진동 운동의 결과로써, 예를 들어, 길쭉한 타원에 유사한 형태의(elongated quasi-elliptical shape)의 겉보기 빔이 결정될 수 있고, 이는 용융된 홈의 조명을 보다 좋게 하고, 즉, 홈에서 보다 오래 지속되게 하고, 결국, 전파의 방향에서 재료에 의한 방출의 흡수를 더 크게 할 수 있다. 이 기술은 보다 낮은 기체 압력에서 용해된 재료를 홈의 바깥으로 밀어냄에 따라, 종래의 기술보다 낮은 점성 조건에서 재료를 유지하기 때문에, 가스 절감을 가능하게 할 수 있고, 뿐만 아니라, 레이저 빔의 전력의 와트당 수율을 증가시키기 때문에, 전력 절감을 가능하게 할 수 있다.

다른 일실시예에 따르면, 레이저 빔의 전파의 광축의 위치는 금속 재료의 드릴링 공정동안 보조 기체 흐름의 축의 현재 위치의 둘레의 원형 경로를 따라가도록 조절될 수 있다. 이는 직경이 작은 가우시안 빔에서 시작하는 경우에도 두 가지 장점이 있는 광역 원형 대칭(wide diameter circular symmetry)을 가지는 "겉보기 빔"이 생성되게 할 수 있다. 첫번째 장점은, 드릴링 직경이 공정의 마지막에 증가되므로, 따라서, 절단 움직임이 시작하는 정교한 시기(delicate phase)에서, 처리되는 재료의 두께내에서 전진 경계(advancing front) 및 레이저 빔 사이가 보다 잘 결합할 수 있는 점이다. 두번째 장점은, 드릴링 공정에서, 원형 이동은, 드릴링이 발생하는 일측으로부터 재료의 공정 영역의 표면으로부터 나가는데 반드시 필요한 용융된 재료상의 방출의 우선적인 방향(preferential direction)을 줄 수 있다. 원형 이동은 재료의 보다 깊은 층의 점진적인 침식 효율(progressive denudation efficiency)을 가능하게 하고, 그리고, 궁극적으로, 전체적인 두께의 분해가 보다 빨라질 수 있다.

도 9는 일실시예의 방법에 따른 처리의 예를 도시한 도면이다.

도 9를 참고하면, 프로그래밍 된 작업 경로(T)가 도시된다. 작업 경로(T)는, 예를 들어, 폐쇄 또는 개방된 곡선을 형성하는 일련의 곡선 구간(T1, T2) 또는 직선 구간(T3) 및 일련의 오목한 반원 프로파일(R1, R2)을 포함하는 절단 프로파일을 포함할 수 있다. 작업 경로(T)는 또한 절단 프로파일로부터 소정의 미리 설정된 거리에 위치한 원형 드릴링 프로파일(H)을 포함할 수 있다.

상술한 경로를 따르는 작업 헤드의 몇몇 예시적인 위치에서(작업 헤드는 도면을 지나치게 복잡하게 하지 않기 위하여, 초기 작업 위치와 관련된 작업 헤드만 도시된다), 처리되는 재료상의 보조 기체 흐름의 전달 영역은 G1 내지 Gn으로 표시되고, 레이저 빔의 광 축의 위치의 주위에 국한되어(circumscribed) 처리되는 재료 상의 레이저 빔의 입사 지점은 S1 내지 Sn으로 도시된다. 일반적으로, 4 mm 에서 12 mm의 두께의 구리 및 놋쇠(copper and brass), 4 mm 에서 15 mm 두께의 알루미늄 합금, 4mm 에서 25 mm 두께의 스테인리스 강, 4mm 에서 30 mm의 두께의 탄소강(carbon steel)에서 절단 공정 및/또는 드릴링 공정을 위하여, 보조 기체 흐름의 전달 영역의 일반적인 크기는 1.8 mm 에서 3 mm의 범위이고, 레이저 빔의 입사 지점은 0.05 mm 에서 0.25 mm의 범위일 수 있다.

작업 경로를 따르는 영역 또는 몇몇 작업 위치에 대하여, 일 예시로써, 처리되는 재료상의 보조 기체 흐름의 대응하는 전달 영역(원형으로, 원형 노즐의 일실시예에서) 및 레이저 빔이 입사하는 하나 이상의 지점들(가우시안 형태의 횡력 분포의 일실시예에 의하여, 상기 지점들 또한 원형으로 도시됨)이 표현될 수 있다.

전달 영역(G1)은 미리 설정된 작업 경로(T)를 따르는 절단 라인의 제1 세그먼트(T1)를 따라 레이저 빔이 진행되는 섹션 내에서 보조 기체 흐름의 첫번째 전달 구역을 나타낼 수 있다. 이 작업 영역에서, 레이저 빔의 (파워 분포의) 전파의 광축의 위치는, 작업 평면상의 빔이 입사하는 지점(S1)이 전달 영역(G1)의 무게 중심에 대응하는 보조 기체 흐름의 축의 현재 위치에 앞서는 영역에 놓이도록 조절될 수 있다.

전달 영역(G2)은 작업 경로(T)의 절단 라인의 제1 세그먼트(T1)를 따라 감속하여 진행되는 레이저 빔의 섹션에

서 보조 기체 흐름의 두번째 전달 구역을 나타낼 수 있다. 이 작업 영역에서, 레이저 빔의 (파워 분포의) 광 전파 축의 위치는, 작업 평면상의 빔이 입사하는 지점(S2)이 전달 영역(G2)의 무게 중심에 대응하는 보조 기체 흐름의 축의 현재 위치와 실질적으로 일치하도록 조절될 수 있다.

전달 영역(G3)은 작업 경로(T)의 반원형의 오목한 부분(R1)에서 보조 기체 흐름의 세번째 전달 구역을 나타낼 수 있다. 이 작업 영역에서, 레이저 빔의 (파워 분포의) 광 전파 축의 위치는, 전달 영역(G3)의 무게 중심에 대응하고, 하지만 금속 재료상의 작업 경로의 현재 방향에 대하여 후방의 위치에서 전면의 위치로 일정한 각도를 따라 오프셋되고(angularly offset), 보조 기체의 흐름의 축의 현재 위치로부터 반지름 방향으로 등거리에 있는 그 다음 위치들(S3, S4, S5 및 S6)로 표시된 상술한 영역의 움직임 없이, 작업 평면에서 빔이 입사하는 지점이 보조 기체의 흐름의 전달 영역내에서 바람직한 절단 경로로 이동하는 방식으로 조절될 수 있다.

전달 영역(G4)은 절단 프로파일의 곡선 구간(T2) 및 곡선 구간(T3) 사이의 방향의 분산에서 보조 기체 흐름의 네번째 전달 영역을 나타낸다. 상기 방향의 분산은 작은 반경의 곡률을 가질 수 있다. 이 작업 영역에서, 레이저 빔의 (파워 분포의) 광 전파 축의 위치는, 전달 영역(G4)의 무게 중심에 대응하고, 즉, 금속 재료의 작업 경로의 현재 위치에 대한 전면 위치 및 교차 위치 및 후면 위치들 각각에 대응하는, 보조 기체의 흐름의 축의 현재 위치와 다른 각 위치 및 반지름 거리를 가지는 그 다음 위치들(S7, S8 및 S9)로 표시된 상술한 영역의 움직임 없이, 작업 평면상에서 빔이 입사하는 지점이 보조 기체 흐름의 전달 영역에서 바람직한 절단 경로로 이동하기 위하여 조절될 수 있다.

마지막으로, 전달 영역(G5)은, 미리 설정된 시간동안 레이저 빔의 방출을 차단함으로써, 절단 프로파일의 작업 경로(T)로부터 미리 설정된 거리에 도달될 수 있는 원형 드릴링 프로파일(H)에서의 보조 기체 흐름의 다섯번째 전달 영역을 나타낸다. 이 작업 영역에서, 레이저 빔의 (파워 분포의) 광 전파 축의 위치는, 그 다음 위치들(S10, S11, S12 및 S13)로 표시된 상술한 영역의 움직임 없이, 전달 영역(G5)의 무게 중심에 대응하고, 보조 기체 흐름의 축과 가능하면 동일 축으로, 작업 평면상에서 빔이 입사하는 지점이 보조 기체 흐름의 전달 영역에서 원형 경로로 이동하기 위하여 조절될 수 있다.

자연스럽게, 본 발명의 원리를 바꾸지 않으면서, 일실시에 및 구현의 세부 사항은 첨부된 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 보호 범위로부터 이탈하지 않으면서, 본 발명을 제한하지 않는 예로써 설명되고 도시된 것과 관련하여 광범위하게 변화될 수 있다.

이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

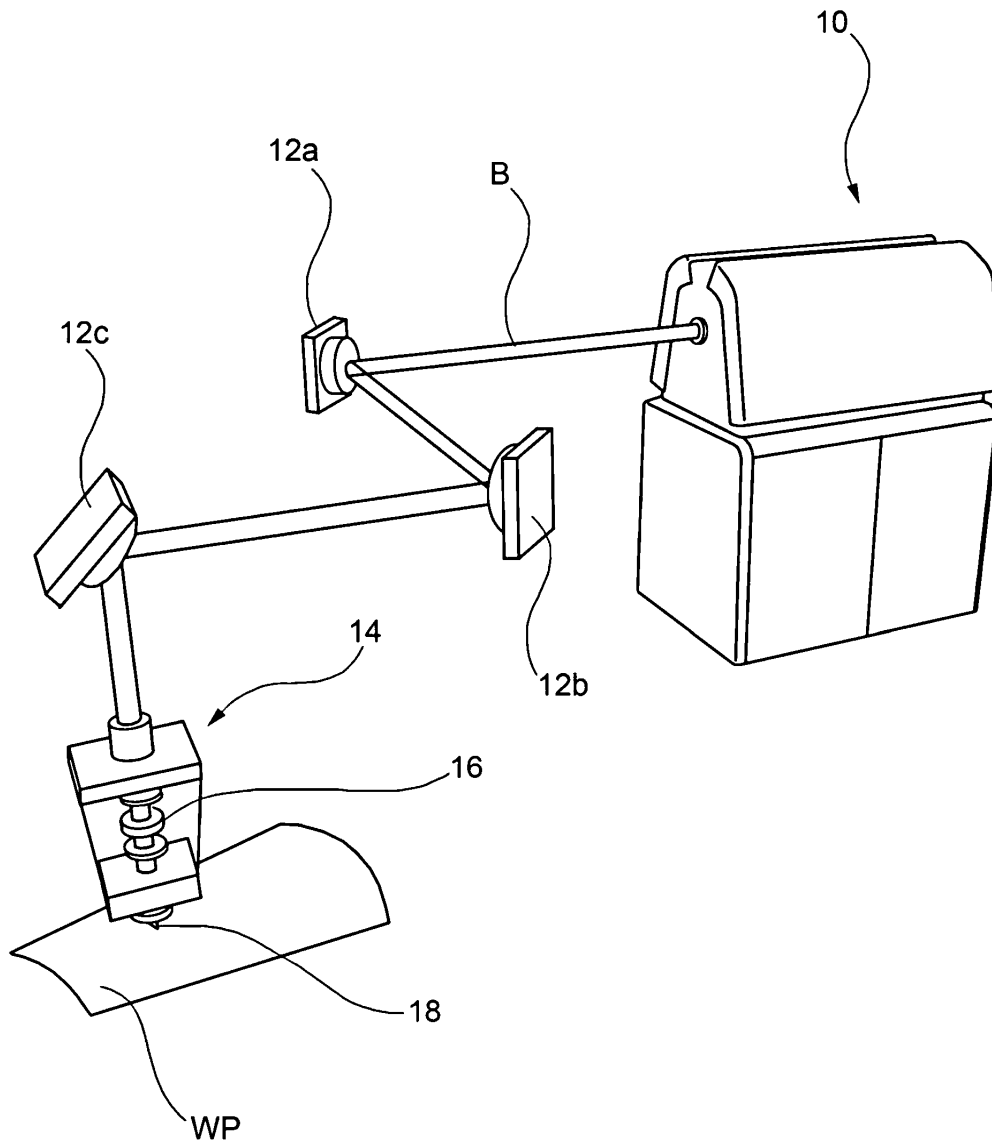
실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히

설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

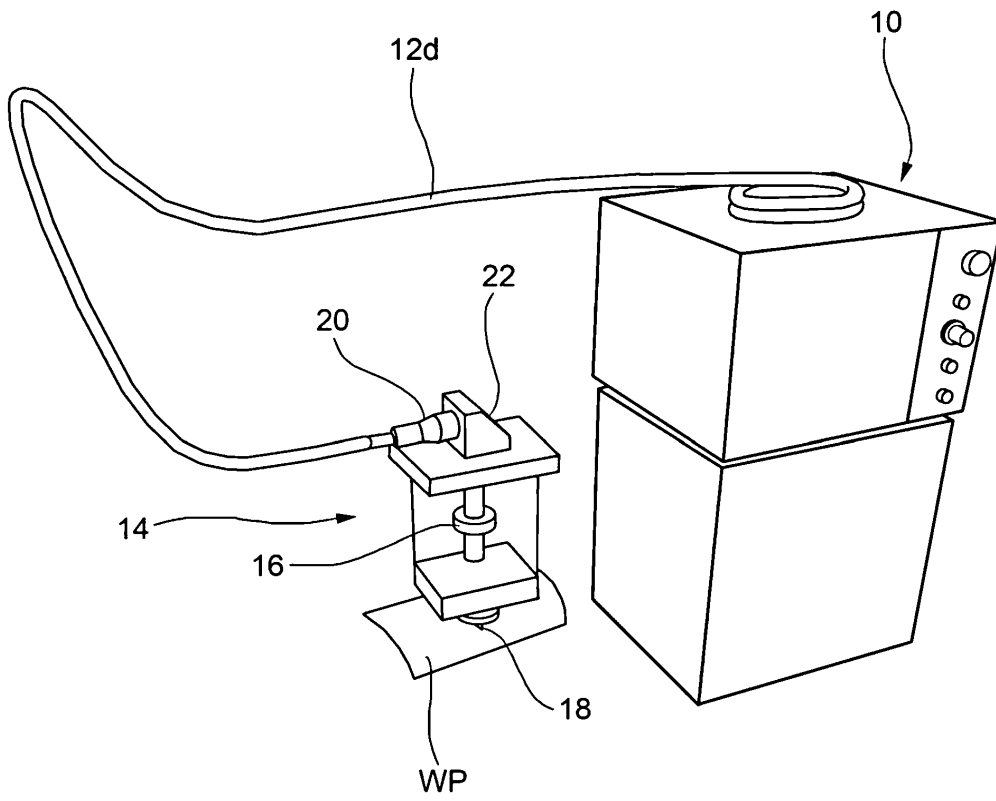
이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

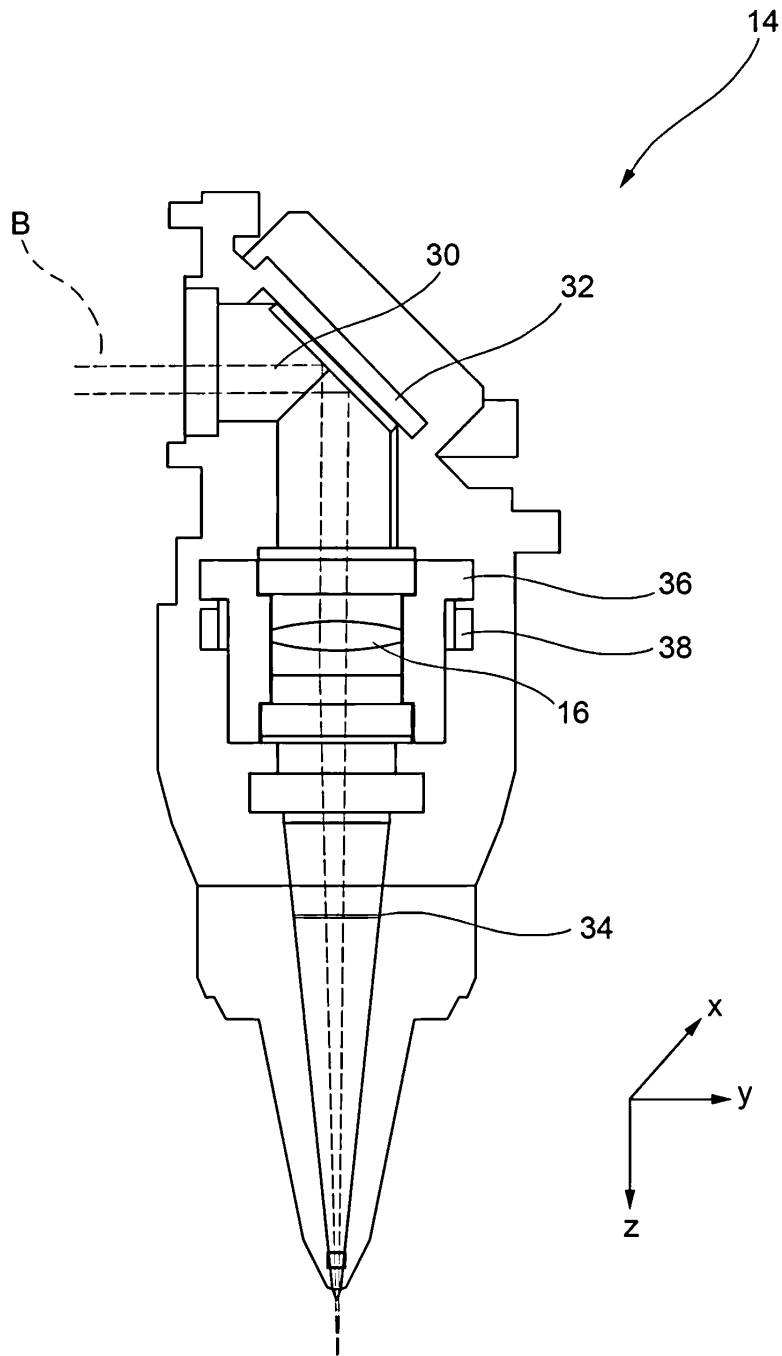
도면1



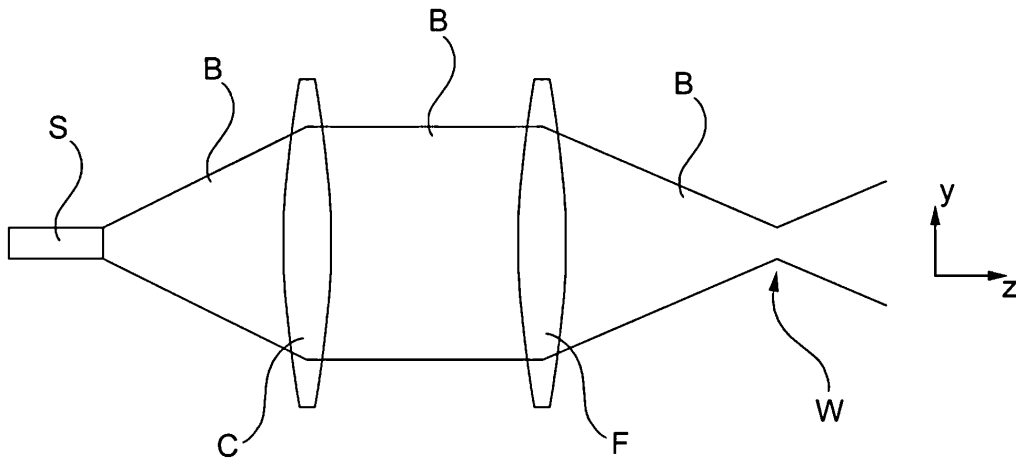
도면2



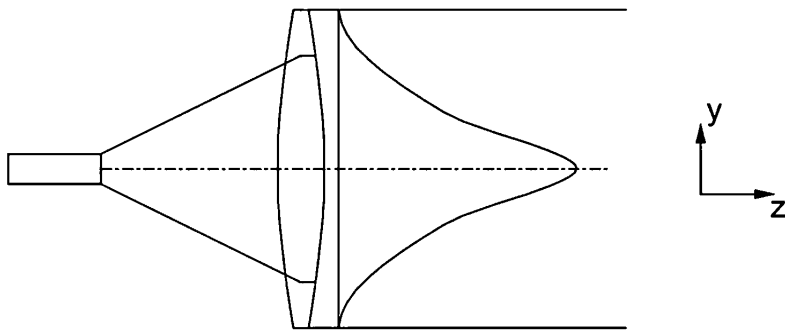
도면3



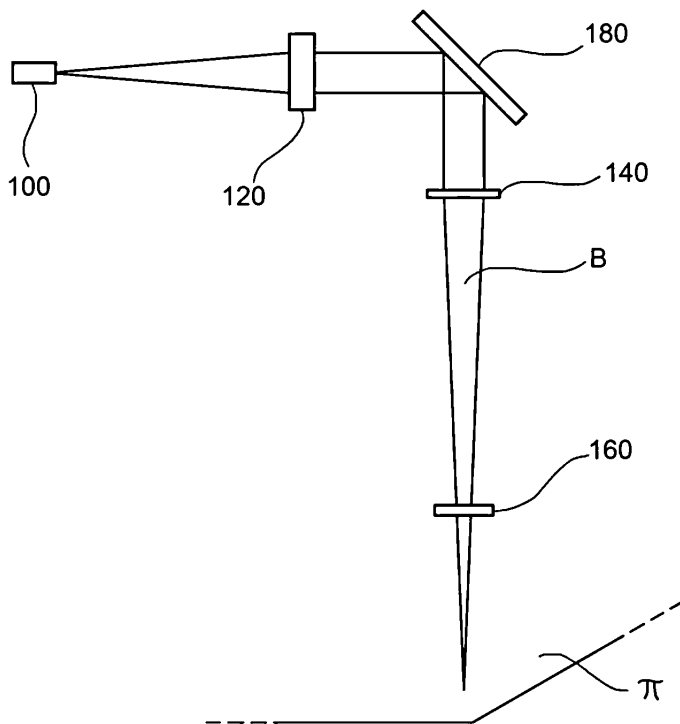
도면4



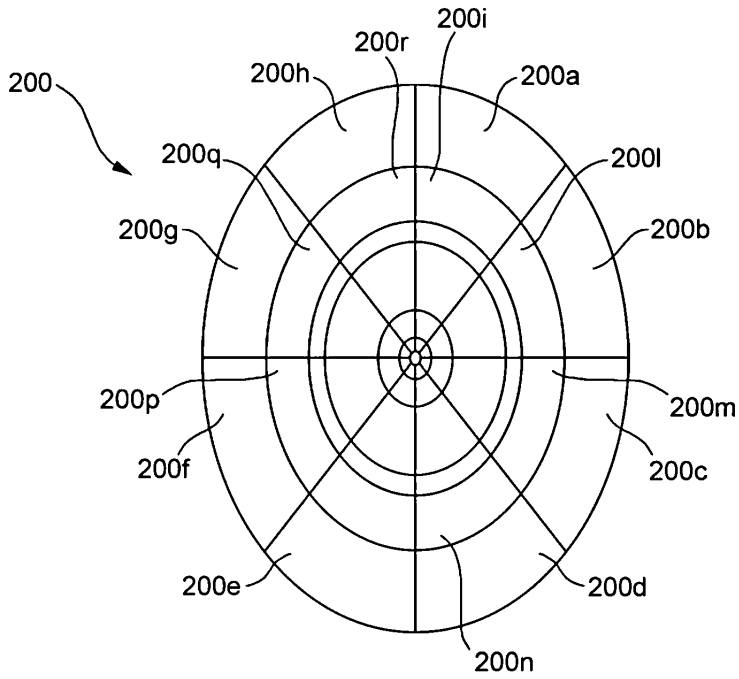
도면5



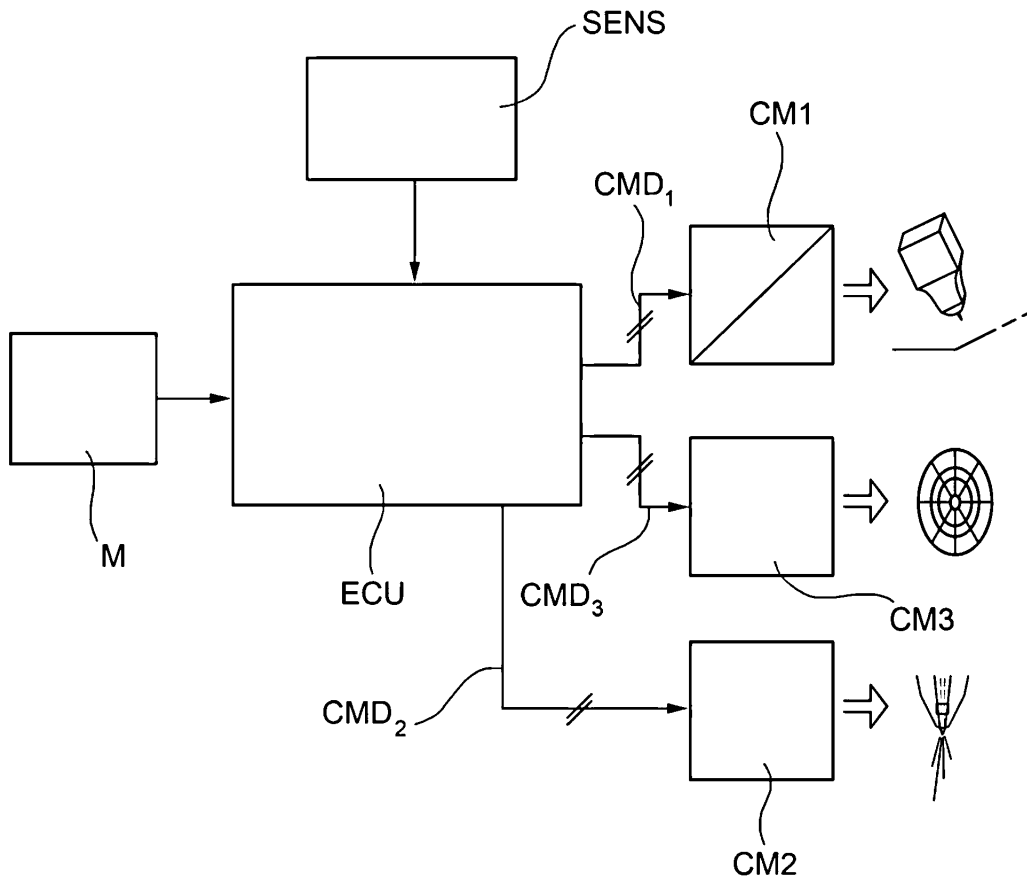
도면6



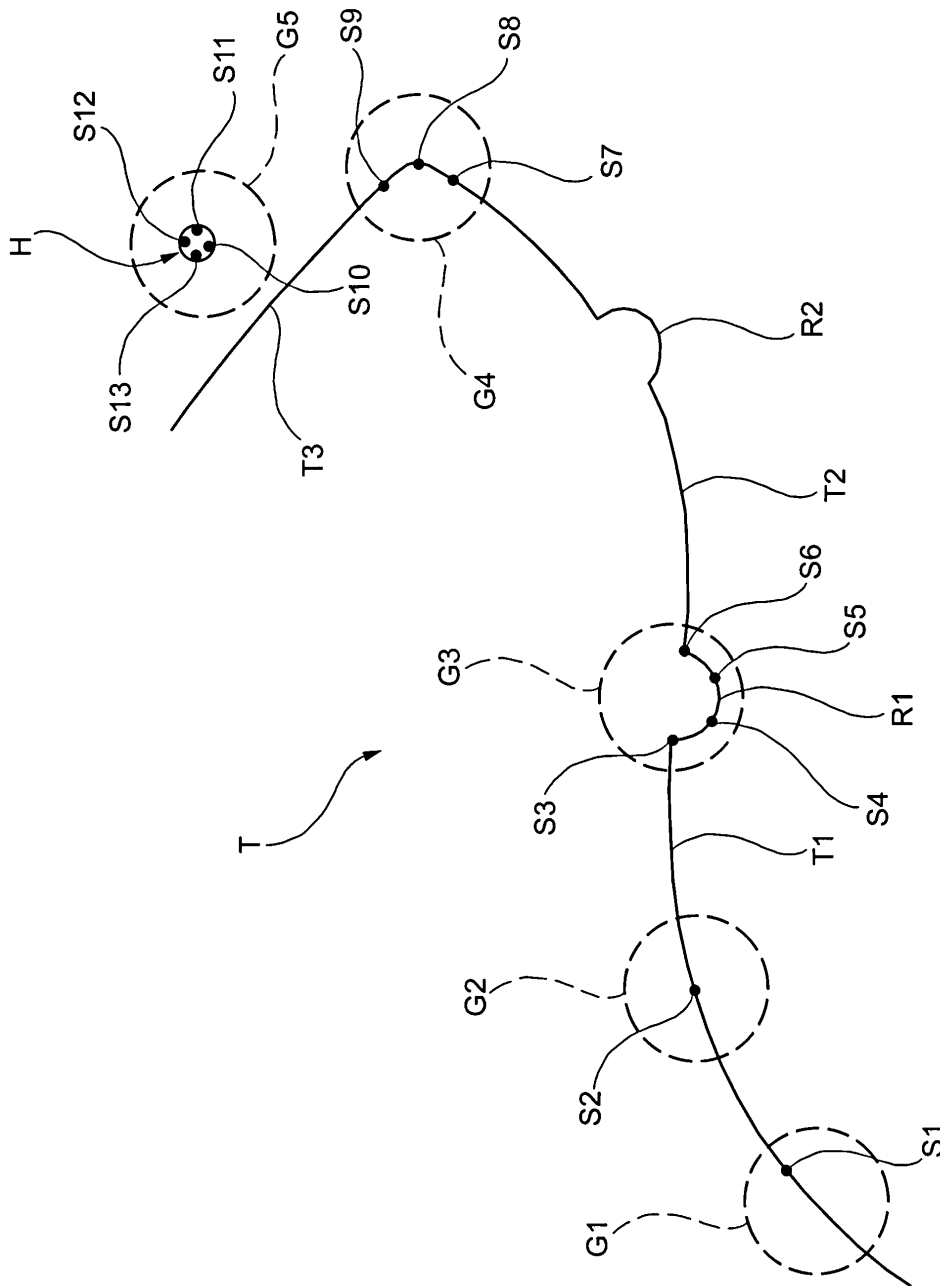
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 방법에 있어서,

레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 단계;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하

는 단계;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계; 및

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은 레이저 빔을 성형하는 단계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 성형하는 단계는,

복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키는 단계; 및

상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및 현재 작업 평면의 영역 중 적어도 하나의 함수로써, 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

보조 기체 흐름의 축을 따라 상기 금속 재료의 상기 작업 평면의 상기 영역을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 단계;

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하는 단계;

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하는 단계; 및

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 전파의 광축(optical axis of propagation)의 위치를 자동적으로 조절하는 단계

더 포함하는 방법.

【변경후】

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 방법에 있어서,

레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 단계;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하는 단계;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계; 및

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은 레이저 빔을 성형하는 단계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 성형하는 단계는,

복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키는 단계; 및

상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및 현재 작업 평면의 영역 중 적어도 하나의 함수로써, 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의

배치를 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

보조 기체 흐름의 축을 따라 상기 금속 재료의 상기 작업 평면의 상기 영역을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 단계;

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하는 단계;

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하는 단계; 및

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 전파의 광축(optical axis of propagation)의 위치를 자동적으로 조절하는 단계; 를

더 포함하는 방법.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 방법에 있어서,

레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 단계;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하는 단계;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계; 및

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은 레이저 빔을 성형하는 단계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 성형하는 단계는,

복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키는 단계; 및

상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및 현재 작업 평면의 영역 중 적어도 하나의 함수로써, 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

보조 기체 흐름의 축을 따라 상기 금속 재료의 상기 작업 평면의 상기 영역을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 단계;

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하는 단계;

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하는 단계; 및
 상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 횡력 분포(transverse power distribution)를 자동적으로 조절하는 단계

더 포함하는 방법.

【변경후】

금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 미리 설정된 횡력 분포(transverse power distribution)를 가지는 포커싱된 레이저 빔에 의해 상기 금속 재료를 레이저 처리하는 방법에 있어서,

레이저 빔 방출 소스를 제공하는 단계;

상기 레이저 빔 방출 소스에서 방출된 레이저 빔을, 빔 수송 광로를 따라 상기 금속 재료에 인접하여 배치된 작업 헤드로 유도하는 단계;

상기 금속 재료에 입사하는 전파의 광축(optical axis of propagation)을 따라 상기 레이저 빔을 콜리메이팅하는 단계;

상기 금속 재료의 작업 평면의 영역에 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 포커싱하는 단계; 및

일련의 작업 영역들을 포함하는 상기 금속 재료상의 작업 경로를 따라 상기 포커싱된 레이저 빔을 전도하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은 레이저 빔을 성형하는 단계를 포함하고,

상기 레이저 빔을 성형하는 단계는,

복수의 독립적으로 움직일 수 있는 반사 영역들을 포함하는 연속적인 곡률의 반사면을 가지는 변형가능 제어 표면 반사 요소에 의해 상기 콜리메이팅된 레이저 빔을 반사시키는 단계; 및

상기 금속 재료의 상기 작업 경로의 현재 경로 및 현재 작업 평면의 영역 중 적어도 하나의 함수로써, 상기 금속 재료의 적어도 하나의 작업 평면 상에 상기 빔의 미리 설정된 횡력 분포를 이루기 위해 상기 반사 영역들의 배치를 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

보조 기체 흐름의 축을 따라 상기 금속 재료의 상기 작업 평면의 상기 영역을 향하여 보조 기체의 흐름을 전달하는 단계;

상기 금속 재료상의 미리 설정된 작업 경로를 따라 상기 보조 기체 흐름의 축을 상대적으로 변형(translate)하는 단계;

상기 보조 기체 흐름의 축의 현재 변형(translation)의 방향 및 현재 위치 중 적어도 하나를 탐지하는 단계; 및

상기 보조 기체 흐름의 축의 상기 탐지된 현재 변형(translation)의 방향 및 상기 탐지된 현재 위치 중 적어도 하나의 함수로써 상기 레이저 빔의 횡력 분포(transverse power distribution)를 자동적으로 조절하는 단계; 를

더 포함하는 방법.