



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0106475
(43) 공개일자 2017년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/09 (2006.01) B23K 26/21 (2014.01)
B23K 26/38 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G02B 27/0927 (2013.01)
B23K 26/21 (2015.10)
(21) 출원번호 10-2017-7023993
(22) 출원일자(국제) 2016년01월27일
심사청구일자 2017년08월29일
(85) 번역문제출일자 2017년08월25일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/051702
(87) 국제공개번호 WO 2016/120327
국제공개일자 2016년08월04일
(30) 우선권주장
10 2015 101 263.4 2015년01월28일 독일(DE)

(71) 출원인
프레시텍 게엠베하 운트 코 카게
독일 가게나우 76571 드라이스스트라세 1
(72) 발명자
루돌프, 안드레아스
독일 76456 쿠펜하임 스타트발트스트라세 44
쾨레버, 마틴
독일 63743 아샤펜부르크 룬스트라세 8
(74) 대리인
전중학

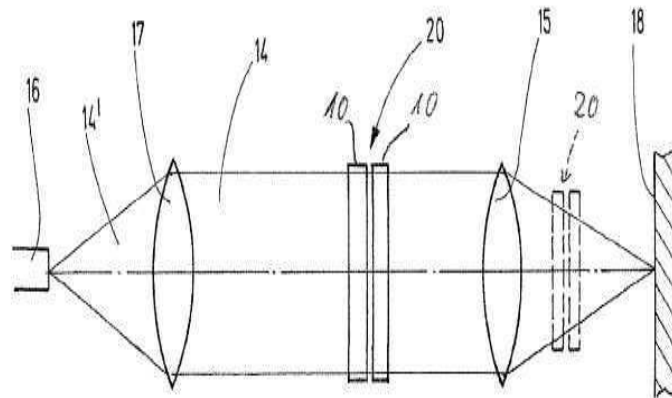
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치

(57) 요약

본 발명은 레이저 빔을 피가공물 상으로 포커싱 하기 위한 결상 광학계(15)와 상기 피가공물에 레이저 빔을 포커싱 하기 위한 적어도 2개의 레이저 빔을 포함하는 강도 분포를 조정하는 조정 광학계(20)를 포함하고, 원주 방향으로 서로 회전 가능한 레이저 빔(14)의 빔 경로 내에 하나씩 차례로 배열되고 각각 원형 패턴을 갖는 표면을 갖는 판-형 광학 소자(10) 둘레 방향으로 각각의 플레이트 평면에 대해 교대로 기울어지는 섹트-형 면을 포함한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

B23K 26/38 (2013.01)

G02B 27/0938 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치로, 피가공물(18) 상에 레이저 빔(14)을 포커싱 하기 위한 결상 광학계(15)와 상기 피가공물(18) 상에 레이저 빔 원주 방향으로 각각의 플레이트 평면에 대해 교대로 경사지는 섹터-형상 면들의 원형 패턴을 갖는 적어도 하나의 판형 광학 요소(10)를 포함하며 강도 분포를 조정하는 조정 광학계(20)를 포함하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 조정 광학계(20)의 판형 광학 요소(10)는 상기 레이저 빔(14)의 빔 경로 내외로 이동될 수 있는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 조정 광학계(20)는 원주 방향으로 각각의 플레이트 평면에 대해 교대로 기울어지는 섹터-형 면들의 원형 패턴을 각각 갖는 적어도 2의 판형 광학 요소(10)를 포함하고, 상기 레이저 빔(14)의 빔 경로 내에 적어도 2개의 판형 광학 요소(10)가 차례로 배치되고 원주 방향으로 서로에 대해 회전 가능한 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 4

청구항 1, 청구항 2 또는 청구항 3에 있어서,

판형 광학 요소(10)의 모든 섹터-형 면들은 동일한 방위각 폭을 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 5

선행하는 적어도 하나의 청구항에 있어서,

상기 판형 광학 소자(10)의 섹터-형 면들의 표면은 평면 또는 만곡 되거나 2 이상의 상이한 경사부를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 6

청구항 3, 청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,

상기 조정 광학계(20)의 두 개의 판형 광학 요소 (10)는 섹터 형 면 패턴으로 서로 마주 보는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 7

청구항 3 내지 청구항 6 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 조정 광학계(20)의 2개의 판형 광학 요소(10)는 레이저 빔 번들(14)의 중심 축과 동축인 축을 중심으로 회전 가능한 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 8

청구항 3 내지 청구항 7 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 조정 광학계(20)의 2개의 판형 광학 요소(10)의 섹터-형 면 패턴은 동일한 개수의 면을 가지며, 상기 면

표면은 동일한 각(β)만큼 경사져 있는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 9

청구항 3 내지 청구항 8 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 조정 광학계(20)는 섹터-형 면 패턴을 갖는 추가의 판형 광학 요소(10)를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 추가의 판형 광학 소자(10)는 양 측면 상에 섹터-형 면 패턴을 가지며 2개의 제1 판형 광학 소자(10) 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 추가의 판형 광학 소자(10)는 상기 2개의 제1 판형 광학 소자(10)의 섹터-형 면 패턴과 상이한 섹터-형 면 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 추가의 판형 광학 소자(10)의 면 표면은 상기 2개의 제1 판형 광학 소자(10)의 경사각과 상이한 판 면에 대하여 각도(β) 만큼 기울어지고, 상기 2개의 제1 판형 광학 소자(10)의 경사각의 합만큼 큰 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 13

청구항 11 또는 청구항 12에 있어서,

상기 추가의 판형 광학 요소(10)의 면은 상기 2개의 제1 판형 광학 요소 (10)의 면의 방위각 폭과 다른 방위각 폭을 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 14

선행하는 적어도 하나의 청구항에 있어서,

판 면에 대한 면 표면의 경사각은 $\pm 0.1^\circ$ 와 $\pm 0.6^\circ$ 사이에 있는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 15

선행하는 적어도 하나의 청구항에 있어서,

면의 수는 18 내지 72, 바람직하게는 24 내지 40, 특히 36인 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 16

선행하는 적어도 하나의 청구항에 있어서,

콜리메이터 광학계(17)는 상기 레이저 빔(14)을 넓히는 데 제공되고, 상기 조정 광학계(20)는 상기 콜리메이터 광학계(17)와 상기 결상 광학계(15)의 사이에 배열되는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 17

선행하는 적어도 하나의 청구항에 있어서,

회전 구동부(31,32,33)가 적어도 하나의 상기 판-형 광학 소자(10)에 할당되어

상기 판-형 광학 소자(10)가 레이저 가공 공정 중에 구동되어 일정하거나 가변적인 속도로 회전할 수 있도록 상기 판 형상의 광학 소자 중 적어도 하나에 회전 구동부가 배치되는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 18

청구항 16에 있어서,

판-형 광학 소자(10; 10.1, 10'.2, 10.3)의 각각에 회전 구동부(31, 32, 33)가 할당되는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 19

청구항 17에 있어서,

상기 회전 구동부(31, 32, 33)는 서로 독립적으로 구동되어, 상기 판-형 광학 소자(10; 10.1, 10'.2, 10.3) 각각의 회전 속도와 회전 방향이 선택될 수 있는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치.

청구항 20

피가공물(18) 상에 레이저 빔(14)을 포커싱 하기 위한 결상 광학계(15)와 강도 분포를 조정하기 위한 조정 광학계(20)를 사용하여 레이저 방사 수단에 의해 재료를 가공하는 방법으로, 원주 방향으로 각각의 플레이트 평면에 대해 교대로 기울어지는 섹터-형 면들의 원형 패턴을 각각 갖는 적어도 2개의 판-형 광학 요소들(10)을 포함하고, 상기 적어도 2개의 판-형 광학 요소들(10)은 상기 레이저 빔(14)의 빔 경로에서 서로 뒤쪽에 배치되고 원주 방향으로 회전 가능하며, 레이저 가공 중에 상기 판형 광학 요소들(10) 중 적어도 하나는 원하는 변조 주파수에 서 전력 밀도 분포를 변화시키기 위해 일정하거나 가변적인 속도를 갖는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 방법.

청구항 21

청구항 20에 있어서,

상기 적어도 2개의 판형 광학 요소들(10) 모두는 동일하거나 상이한 속도로 반대 방향으로 회전되는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 방법.

청구항 22

청구항 20 또는 청구항 21에 있어서,

레이저의 출력 파워는 레이저 가공 중에 변조되고, 하나 이상의 상기 판-형 광학 요소(10)는 회전되고, 레이저의 변조 주파수는 파워 밀도 분포의 변조 주파수에 결합되는 것을 특징으로 하는 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저 방사 수단에 의해 재료를 가공하는 장치와 관련된다.

배경 기술

[0002] 레이저 가공 동안, 즉 레이저 용접 또는 레이저 커팅과 같은 레이저 방사선에 의한 재료 가공의 경우, 레이저 광원, 예를 들어 레이저 섬유유의 단부로부터 방출된 레이저 빔은 빔 가이드 수단과 결상 광학계에 의해 가공될 피가공물에 집중된다.

[0003] 초점의 직경, 즉 피가공물 상의 레이저 광원의 이미지 직경은, 빔 가이드 수단과 결상 광학계의 각각의 광학 요소의 광학 데이터의 결과이다. 만약, 전형적으로 그렇듯이, 빔 가이드와 콜리메이터 광학계를 갖는 결상 광학계

와 결상 광학계가 사용되면, 여기서 레이저 광은 광 섬유를 통해 공급되고, 초점 직경은 섬유 코어 직경과 포커싱 초점 거리를 콜리메이션 초점 거리로 나눈 결과로 생성된다.

[0004] 시트의 두께에 따라, 레이저 절단에 다른 레이저 빔 직경이 필요하다. 여기서, 절단되는 재료의 두께가 클수록 레이저 빔의 직경이 커야 한다. 예를 들어, 약 125 μm 의 초점 직경은 5 mm 시트 두께까지 사용되는 반면, 5 mm 내지 10 mm 두께의 시트를 커팅하기 위해서는 2배의 큰 초점 직경, 즉 약 250 μm 이 요구된다. 시트 두께가 10 mm 인 경우 약 600 μm 이상의 초점 직경을 제공하는 가이드와 결상 광학계가 사용된다. 그러나, 높은 절삭 날 품질은 맞춤형 빔 부식제에 의해서만 달성할 수 있다. 그렇지 않으면, 홈, 리지(ridges) 및 버가 절삭 날에 형성된다.

[0005] 커다란 초점 직경의 경우, 커팅 커프(cutting kerf)에서 보다 균질 한 온도 분포를 초래하기 때문에 초점에서의 강도 분포의 환형 프로파일을 형성하는 것이 유리하다. 그 결과, 용융된 재료는 절삭 가스에 의해보다 효율적으로 배출될 수 있다.

[0006] DE 28 21 883 C2는 이미 드릴링, 천공 및 용접 재료와 같은 재료를 가공하기 위한 장치를 개시하고 있다. 레이저 빔을 넓히는 콜리메이터 광학계와, 레이저 빔을 피가공물 상에 집속시키는 포커싱 시스템 사이에서, 선대칭 반전을 위한 투명 굴절 물질로 구성된 콘(엑시콘) 축으로부터 멀리 떨어져 축선에 가까운 레이저 가공 빔의 단면적이 얻어진다. 그때 결상 광학계는 변경된 빔 특성에 따라 레이저 가공 빔을 피가공물의 환형 영역에 초점을 맞춘다. 이 엑시콘을 사용하여, 레이저 가공 빔의 강도 분포는 초점 영역에서 환형 프로파일이 발생되도록 변화된다.

[0007] 레이저 재료 가공에서 사용하기 위한 DE 10 2013 102 442 A1에서 공지된 광학 장치에서, 2개의 굴절 광학이 결상 광학과 레이저 빔에 대해 횡 방향으로 변위 될 수 있는 콜리메이터 광학계의 사이에 제공된다. 여기에서, 굴절 광학 부는 플레이트 형 요소로서 구성되며, 서로 대향하는 면은 변위에 의해 가변 원뿔 각도를 갖는 엑시 콘이 시뮬레이션 될 수 있는 형상으로 형성된다. 이에 따라, 탑 햇(top-hat) 프로파일 및 환형 프로파일이 모두 생성될 수 있다. 반지 직경은 지속적으로 조정될 수 있다.

[0008] 피가공물상의 초점에서의 빔 특성이 빔 가이드 및 결상 광학계에 개입하여 얻어지는 것이 아니라 빔 특성이 레이저에서 얻어지는 장치가 W02013/086227A1에 공지되어 있고, 하지만 여기서 빔 특성은 빔 가이드 및 결상 광학계에 레이저 방사선을 공급하는 광섬유의 레이저 광 출구 단부에서 얻어진다. 이 목적을 위해, 레이저 빔은 단지 몇 개의 섬유 모드를 여기시키기 위해 변위 가능한 결합 장치에 의해 상이한 각도로 고정 섬유에 결합된다. 결과적으로, 가우시안/탑 햇(Gaussian/top-hat) 프로파일뿐만 아니라 환형 프로파일이 생성될 수 있다. 링 지름도 연속적으로 조절할 수 있다. 여기서, 입구 측의 복수의 개구가 광섬유의 출구 측의 복수의 개구와 동일한 광섬유의 물리적 특성이 이용된다.

[0009] 또한, 둘레 방향으로 톱니 형상을 형성하는 원주 방향 또는 방위각 방향의 경사면을 갖는 반사 유리판이 이미 제안되어 있다. 톱니 프로파일은 외부보다 내부에서 더 기울어 져있다. 이러한 요소들에 의해, 고정된 직경을 갖는 링이 제조될 수 있다.

[0010] DE 10 2011 113 980 A1은 2개의 평행-블록 렌즈가 그 평면상에 서로의 상부에 광축을 중심으로 회전 가능하게 배열되는 가변 굴절력을 갖는 렌즈 시스템을 개시하고 있다. 이 경우, 블록 렌즈 표면에는 각각 회전축에 대한 각도의 함수로서 연속적으로 증가하거나 감소하는 굴절력을 갖는 나선형 곡물 프로파일이 제공되고, 회전축에 대한 각도의 함수로서 각각의 방위각 굴절력 단계에서 적어도 하나의 방위각 굴절력 단계 제로 각도가 제공된다. 서로에 대한 렌즈의 회전 중에, 굴절력 및 그에 따라 렌즈 쌍의 초점 길이가 변한다. 방위각 단계가 포함되어야 한다.

- [0011] US 2007/0139798 A1은 방사형 프리즘형 광 전환기를 갖는 LED 이미터에 관한 것이다. LED 전방의 주 방출 방향으로 배열되는 방사형 프리즘형 광 전환기는 LED로부터 멀리 향하는 측면 상에 원주 방향으로 섹터-형 면의 원형 패턴을 갖는 표면을 포함하며, 이것은 각각의 플레이트 평면에 대해 교대로 경사져 있다.
- [0012] 또한, 작동하는 레이저 빔의 신속하고 주기적인 편향에 의해 스파터(spatter) 및 공극의 형성과 같은 레이저 용접에서의 문제점이 감소 될 수 있다는 것이 알려져 있다.
- [0013] 예를 들어, 레이저 가공 헤드는 WO 2014/038395 A1에 공지되어 있으며, 모터에 의해 회전되는 쉘기 플레이트가 작동 레이저 빔을 원형 경로 상으로 안내하기 위해 빔 경로 내에 배치된다.
- [0014] DE 10 2012 008 940 A1에는 x 방향의 진동 운동 성분을 갖는 제2 운동이 y 방향의 레이저 빔의 진행 속도에 중첩되어, 가공을 위한 레이저 빔 공작물은 원과 같은 경로에서 교차 된다.
- [0015] 미국 특허 제8237085 B2호에 개시된 레이저 가공 헤드에서, 레이저 빔의 세기 분포는 빔 축에 수직인 방향으로 진동하는 거울에 의해 일시적으로 평균화된다.
- [0016] DE 44 30 220 A1은 포커싱 미러, 평면 미러 및 갈바노미터 스캐너가 집적된 오실 레이팅 미러 가공 헤드를 개시하고 있다. 레이저 빔은 포커싱 미러에 의해 집속 되고 갈바노미터 스캐너에 의해 제어되는 평면 미러를 통해 피가공물 상으로 지향된다. 레이저 빔 형성은 피가공물 상의 세기 분포를 제어하는 구동 함수로서 정현파, 고조파 및 진동에 기초하여 검류계 스캐너에 의해 수행된다.
- [0017] DE 10 2014 105 941 A1은 레이저 빔이 용접 동안 용접 이음 부에 평행하게 및/또는 수직으로 공간적으로 진동 운동을 수행하고, 용융 조의 응고가 추가적인 시간 진동에 의해 제어되는 레이저 빔 용접 방법을 개시하고 있고, 공간 진동과 동기하여 수행되는 레이저 빔 조준 및/또는 레이저 빔 조준을 포함한다. 여기에서, 레이저 빔 에너지의 일시적인 진동은 빔 소스의 레이저 파워를 변화시킴으로써 및/또는 축 방향 빔 방향에서 시준을 조정함으로써, 즉 광 빔을 넓히거나 집중시킴으로써 달성된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0018] (특허문헌 0001) 독일공개특허공보 DE 10 2014 105 941 A1

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0019] 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 레이저 방사 수단에 의해 재료를 가공하는 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명은 레이저 방사에 의해 재료를 가공하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 하며, 특히 초점 영역 및 초점 영역 모두에서 초점 직경 및 빔 특성 모두를 보조하고, 초점 영역에서의 에너지 분포는 결상 광학계의 구성 요소를 교환하지 않고 작동 중에 변경될 수 있다.

- [0021] 이 목적은 본 발명에 따라 제1항에 따른 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치 및 제20항에 따른 방법에 의해 달성된다. 본 발명의 유리한 실시 예 및 추가의 개발은 각각의 종속항에 기재되어 있다.
- [0022] 본 발명에 따르면, 레이저 방사 수단에 의한 재료 가공 장치는 레이저 빔의 빔 경로 내에 적어도 하나의 판형 광학 요소를 포함하며, 그 일면에는 섹터-형상 양상의 원형 패턴이 제공되며, 둘레 방향으로 각각의 평면에 대하여 교대로 경사져있다. 이러한 광학 요소로, 레이저 포커스는 빔 평면에서 빔 경로의 광축에 대해 환형으로 배치된 복수의 포인트로 분할된다. 플레이트 형상의 광학 요소가 레이저 빔의 빔 경로 내외로 이동되면, 빔 평면에서의 레이저 빔의 파워 밀도 분포가 포인트 분포(스팟)와 환형 분포(고리) 사이에서 전환될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 레이저 방사선에 의한 재료 가공 장치는 적어도 2개의 평판 형 광학 요소를 포함하며, 이 광학 요소는 빔 경로에서 서로 뒤쪽에 배치되고, 이 빔 경로에서 서로에 대해 원주 방향으로 회전 가능하다. 판형 광학 요소는 원주 방향으로 각각의 평면에 대해 교대로 기울어지는 섹터-형 면의 원형 패턴을 갖는 면을 각각 포함한다. 따라서, 좁은 섹터 형상의 면과 바람직하게는 평면인 면은 교대로 반대 방향으로 레이저 빔 번들의 대응하는 섹터-형 영역을 편향시키는 쉼기 형 플레이트 섹터를 형성한다.
- [0024] 본 발명에 따르면 서로에 대해 2개의 판형 광학 요소들의 각도 위치에 따라, 초점 또는 초점 결정 광학계의 초점 평면 내의 점 형 강도 분포 또는 환형 강도 분포는 광학계를 조정하여 생성된다. 따라서, 본 발명에 따르면, 레이저 빔 가공 중에 플레이트 형상의 광학 요소를 서로에 대해 회전시킴으로써 환형 프로파일과 가우시안/톱햇(Gaussian/top-hat) 프로파일 사이를 전환할 수 있어서, 상이한 재료 두께를 갖는 시트가 또한 레이저 가공 헤드의 빔 가이드 및 결상 광학계를 변경하지 않고 하나의 작동 단계 또는 연속적으로 생산된다.
- [0025] 이론적으로 섹터-형의 면이 상이한 폭을 가질 수 있다고 생각되지만, 판형 광학 요소의 모든 섹터-형의 면이 동일한 방위각 폭을 갖는 것이 유리하다.
- [0026] 조정 광학계의 판형 광학 요소의 섹터-형의 면의 표면은 평면 또는 곡선이거나 2 이상의 상이한 경사 부분을 갖는다.
- [0027] 바람직하게는, 조정 광학계의 두 판형 광학 요소는 그 섹터 형 면 패턴으로 서로 마주보도록 제공되며, 조정 광학계의 두 판형 광학 요소는 레이저 빔 번들의 중심축과 동축 인 축을 중심으로 회전 가능하고, 조정 광학계의 2개의 판형 광학 요소들의 섹터-형 면 패턴들은 동일한 개수의 면들을 가지고, 면 표면들은 동일한 각도로 기울어져 제공된다. 이러한 배열은 섹터-형 면 패턴을 유지하는 2개의 광학 요소의 표면이 아주 작은 거리로 서로 마주보도록 보장하여 2개의 표면의 빔 편향이 광학 요소의 각도 위치에 따라 이상적으로 서로 보완 또는 상쇄되도록 한다. 결과적으로 가능한 한 깨끗한 윤곽 프로파일뿐만 아니라 가능한 양호한 점 프로파일(Gaussian/top-hat)을 얻을 수 있다.
- [0028] 본 발명의 유리한 전개에서, 조절 광학부는 섹터-형 면 패턴을 갖는 또 다른 판형 광학 요소를 포함한다. 추가 판 모양의 요소는 처음 두 요소와 동일한 특성을 가질 수 있다. 가능한 한 많은 상이한 방식으로 초점 평면에서의 에너지 분포를 변화시킬 수 있도록 하기 위해, 특히, 조향이 만들어져, 추가의 판 형 광학 요소는 첫번째 두 개의 판형 광학 요소의 섹터-형 면 패턴과 상이한 섹터-형 면 패턴을 포함한다.
- [0029] 이 경우, 다른 판상의 광학 소자의 면 표면은, 판 면에 대하여 처음 2개의 판 상의 광학 소자의 경사각과는 다른 각도만큼 경사져 있고, 특히, 처음 2개의 판 상의 광학 소자의 경사각의 합만큼 크다. 섹터 형 면 패턴을 갖

는 세 개의 판형 광학 요소를 레이저 가공 빔의 빔 번들에서 결합시킴으로써, 두 개의 상이한 원형 프로파일이 서로 조합되어 빔 특성을 만들고, 즉, 레이저 빔 번들 내의 강도 분포는 현재의 재료 가공에 대해 어느 강도 분포가 바람직한지에 따라 넓은 범위에 걸쳐 변화될 수 있다.

- [0030] 또한, 추가의 판형 광학 요소의 면은 두 개의 제1 판형 광학 요소의 면의 방위각 폭과 상이한 방위각 폭을 가질 수 있다.
- [0031] 유리하게는, 판 면에 대한 면 표면의 경사각이 $\pm 0.1^\circ$ 와 $\pm 0.6^\circ$ 사이가 되도록 마련된다.
- [0032] 환형 프로파일에서 레이저 에너지의 특히 균일한 분포는 면들의 짝수가 18 내지 72, 바람직하게는 24 내지 40, 특히 36인 경우 달성될 수 있다.
- [0033] 원칙적으로, 레이저 빔의 발산 또는 수렴 영역에도 본 발명에 따른 조정 광학기를 배치하는 것이 가능하지만, 본 발명에 따라, 레이저를 넓히기 위해 콜리메이터 광학계가 제공되고, 지멘스 스타 광학계는 콜리메이터 광학계와 포커싱 광학계의 사이에 배치된다.
- [0034] 본 발명의 유리한 실시 예에서, 적어도 하나의 판형 광학 요소에 회전 구동 장치가 할당되어 판형 광학 요소가 레이저 가공 공정 중에 일정 또는 가변 속도로 구동될 수 있다.
- [0035] 조절 광학 장치가 2 이상의 판형 광학 요소들을 포함한다면, 레이저 빔의 전력 밀도 분포는 주기적으로 변화될 수 있고, 그에 따라 상응하는 높은 변조 주파수가 사용될 때 초점에서의 준 연속 빔 확장이 달성된다.
- [0036] 판 형상의 광학 소자가 1개만 존재하는 경우, 판 형상의 광학 소자의 회전에 의해 레이저 광의 파워 밀도 분포는 변조될 수 없고, 그러나, 바람직하게는 환형 프로파일 자체가 판형 광학 요소의 평면에 평행한 평면 내에서 회전하기 때문에 원주 방향에서 환형 프로파일 내의 전력 밀도 분포를 균질화 하는 것이 가능하고, 즉 환형 프로파일의 개개의 광점이 광축을 중심으로 실질적으로 회전하기 때문이다. 여기서, 환형 프로파일의 한 점에서의 전력 밀도의 시간적 분포는 원주 방향의 공간 분포에 대응한다. 이것은 점 구조에 의해 야기 된 출력 밀도의 차이뿐만 아니라 제조 공차에 따른 차이를 보완한다.
- [0037] 바람직하게는, 각 판형 광학 요소의 각각에 회전 구동 장치가 할당되고, 판형 광학 요소의 각각의 회전 속도 및 회전 방향이 자유롭게 선택될 수 있도록 회전 구동 장치가 독립적으로 구동될 수 있다. 이러한 장치로, 레이저 빔의 전력 밀도 분포는 회전 속도와 섹터 형 면의 선택된 기하학적 구조와 개별 회전 구동 장치의 활성화 또는 비활성화를 통해 일시적으로 변할 수 있다.
- [0038] 본 발명에 따른 장치를 사용하는 레이저 방사 수단에 의한 재료의 가공 중에, 바람직하게는 적어도 하나의 판형 광학 요소가 레이저 가공 중에 일정 또는 가변 속도로 회전하여 원하는 변조 주파수로 전력 밀도 분포를 변화시킨다.
- [0039] 바람직하게는, 전력 밀도 분포의 변조가 가공 작업의 각각의 요건에 적합하게 되도록 적어도 2개의 판형 광학 요소 모두가 동일하거나 상이한 속도로 반대 방향으로 회전되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0040] 레이저 가공시의 파워 밀도 분포뿐만 아니라 파워 그 자체를 변화시킬 수 있도록, 하나 또는 복수의 판상 광학

소자를 회전시키면서 레이저의 출력 파워를 변조하고, 레이저의 변조 주파수 전력 밀도 분포의 변조 주파수에 결합 된다.

발명의 효과

[0041] 본 발명의 실시예들은, 레이저 방사 수단에 의해 재료를 가공하는 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 면의 경사각이 과장된 방식으로 도시된 지멘스 스타 기하 구조를 갖는 판형 광학 요소를 도시한 사시도이고,
 도 2는 조정 광학계의 단일 판형 광학 소자가 광속 내에 배치된 평행 광속을 집속 하기 위한 결상 광학계의 개략도이고,
 도 3a는 8 개의 면을 갖는 조정 광학계의 단순화 된 판형 광학 요소를 개략적으로 도시한 평면도이고,
 도 3b는 본 발명에 따른 조정 광학계 용 판형 광학 요소의 측면도(전개도)이고,
 도 4는 초점 평면 전에, 초점 평면에, 및 초점 평면 이후의 빔 특성의 개략도이고,
 도 5는 본 발명에 따른 조정 광학기를 형성하기 위한 2개의 판형 광학 요소의 배열을 도시하고,
 도 6은 두 개의 판형 광학 요소를 갖는 조정 광학계가 배열 된 레이저 빔 경로에서 레이저 가공 헤드에서의 레이저 가공에 사용되는 빔 가이드 및 포커싱 시스템을 도시한 것이고,
 도 7은 중앙부가 양측에서 패턴화된 조절 광학부를 형성하기 위한 본 발명에 따른 3개의 판형 광학 요소의 배치를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 도면들에서, 대응하는 구성 요소들은 동일한 참조 부호들로 제공된다.

[0044] 도 1은 투명한 디스크, 특히 석영 유리 또는 황화 아연으로 제조된 평면 유리로 구성된 판형 광학 요소(10)를 도시하며, 한쪽 면에 지멘스 스타 같은 면이 방위각 또는 원주 방향으로 경사져 있다. 따라서, 면들은 좁은 섹터 또는 원형 섹터이며, 흰색 및 검정색 섹터를 교대로 갖는 지멘스 스타로 알려진 원형 테스트 패턴과 유사하게 원주 방향으로 교대로 기울어진다. 따라서, 2개의 인접한 면은 지붕 형상 또는 V 자형의 골짜기 형상을 형성하며, 지붕 형상을 함께 형성하는 2개의 면은 각각 다른 인접한 면과 함께 V자 형상을 형성한다. 지멘스 등급의 형상으로 배열된 면들을 갖는 판형 광학 요소는 이후 이미징 품질을 테스트하기 위한 공지된 지멘스 별에 따라 지멘스 스타 광학계로 지칭 될 것이다.

[0045] 평면 대향면과 함께 각 섹터의 면 표면은 평행 빔의 할당 된 원형 섹터의 균일한 빔 편향과 함께 쉼기 플레이트를 형성한다. 도면에서, 면의 경사각은 과장된 방식으로, 즉 $\pm 15^\circ$ 로 도시되어 있다. 면, 즉 섹터는 각각 방위각 또는 원주 방향으로 10° 의 각도 범위를 커버 한다. 이는 총 36개의 면, 즉 완전한 원에서의 경사각 당 18개의 면을 초래한다.

[0046] 도 2에 도시된 바와 같이, 지멘스 스타 광학계가 결상 광학계(15)의 전방에 있는 레이저 광원(도시되지 않음)의 광폭 평행 빔 경로(14)에 배치되면, 개별 결상 광학계(15)의 초점면(F)에 결점(소위 스팟)이 생긴다. 개개의 면에 기인 한 개개의 스팟들은 초점 평면 이전의 평면들 I 및 초점 평면 다음의 II에서 다소 흐린 방식으로 도시된다.

[0047] 다음에서는, 매우 단순화된 지멘스 별 형상과 8개의 섹터-형상 면이 설명된다. 도 3a에 따르면, 지멘스 스타 광학계(10)는 면(1 및 2, 3 및 4, 5 및 6, 7 및 8) 사이에 루프 라인이 위치하도록 기울어진 8개의 면(1 내지 8)을 포함하고, 계곡 선은 면 2와 3, 4와 5, 6과 7, 1과 8 사이에 위치한다. 따라서, 도 3에 도시된 바와 같이,

각각의 경사각(β_1 , β_2)은 교대로 양의 값과 음의 값이 된다. 이에 따라, 경사는 판의 평면에 대해, 즉 판형 지멘스 스타 광학계(10)의 평면 측의 평면에 대해 결정된다.

[0048] 평행된 레이저 빔(14)은 도 2의 지멘스 스타 광학계(10) 상으로 떨어지고, 그 다음에 포커싱 렌즈(15)에 의해 포커싱면(F)으로 포커싱된다. 도 3a에 도시된 면 처리는 상이한 방향으로 빔의 세그먼트-방향 편향을 초래한다. 도 4는 초점 평면 전(평면 I), 초점 평면 F에서, 초점 평면 후(평면 II)의 빔 프로파일을 도시한다. 초점 평면 F의 전후의 빔 프로파일에서, 초점 자체의 빔 프로파일은 개별 포인트 또는 스팟으로 구성되는 반면, 면의 삼각형 형상은 더 포커싱으로 인해 명백하다.

[0049] 경사진 면에서 바람직하게 시준된 레이저 빔(14)의 굴절에 의해 야기된 편향각(θ)은 사용된 재료의 경사각(θ) 및 굴절률(n)로부터 계산된다. 따라서, 편향 각 θ 는 $\theta = \beta(n-1)$ 이다. 이 공식은 작은 각도 근사값($\sin j \approx \tan j \approx j$)이 약 5° 의 각도까지 제공된다는 가정하에 적용된다. 초점의 환형 직경은 편향 각도 q와 초점 포커스 f로부터 계산된다:

[0050] 환형 $\phi = 2 \cdot f \cdot \tan q$ 이다. 여기 몇 가지 예가 있다.

표 1

[0051] 면 경사각 β	0.1°	0.2°	0.4°
f=100mm에서 초점 환형 ϕ	157 μm	314 μm	628 μm

[0052] 지멘스 스타형 면 구조를 사용하는 본 발명에 따른 빔포밍(beamforming)의 장점을 설명하기 위해 시뮬레이션이 수행된다.

[0053] 빔 유도 및 결상 광학계의 기본 구조는 그림 6에 나와 있으며 기술 데이터는 다음 표에 나와 있다.

표 2

[0054] 빔 소스	스텝-인덱스 섬유, 코어- $\phi = 100 \mu\text{m}$, 방사된 NA = 0.12
빔 소스 (택일적)	환형 코어를 갖는 스텝-인덱스 섬유, $\phi_{\text{Outside}} = 600 \mu\text{m}$, $\phi_{\text{Inside}} = 150 \mu\text{m}$, NA= 0.12
콜리메이션(Collimation)	완벽한 수렴 렌즈, f = 100 mm
포커싱(Focusing)	완벽한 수렴 렌즈, f = 100 mm

[0055] 여기서, ϕ 는 직경 이고, NA는 홀의 수 이다.

[0056] 도 6에 도시된 바와 같이, 광섬유(16)로부터 나온 발산 레이저 광 번들(14')은 콜리메이터 광학계(17)에 의해 평행한 레이저 광 번들(14)로 변형되고, 포커싱 렌즈(15)에 의해 피가공물(18) 상에 집광된다. 도 6에 따르면, 평행 레이저 광 번들(14)에는 조정 광학계(20), 즉 강도 분포를 조정하기 위한 굴절 광학계가 삽입되어 있다. 다음 시뮬레이션을 위해 그림 2와 같이 면 구조의 단일 지멘스 스타 광학계가 사용되었다.

[0057] 이 기본 구조로 다음 4 가지 구성을 조사했다.

표 3

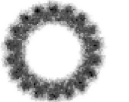
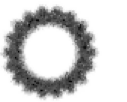
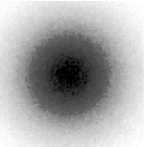
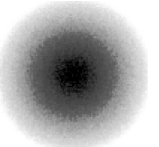
[0058] #	빔 소스	빔포밍 광학계
1	Core- $\phi = 100 \mu\text{m}$	없음
2	Core- $\phi = 100 \mu\text{m}$	렌즈 사이에 지멘스 스타 광학계, $\pm 0.4^\circ$ 경사각을 가진 10° 각도 범위의 36면
3	Core- $\phi = 100 \mu\text{m}$	렌즈 사이에 Axicon, 경사각 0.1°

4	Annular core, $\varnothing_{\text{Outside}} = 600 \mu\text{m}$, $\varnothing_{\text{Inside}} = 150 \mu\text{m}$	없음
---	--	----

[0059] 시뮬레이션에서, 에너지 분포 또는 빔 프로파일은 초점 전 3mm에서, 초점에서, 초점 후 3mm에서 측정되었다. 첫 번째 경우에, 도 6에 따른 빔 안내 및 결상 광학계는 광학계를 조정하지 않고 사용된다. 제2 실시 예에서, 본 발명에 따른 지멘스 스타 광학계는 2개의 렌즈 사이에 위치된다. 세 번째 시뮬레이션에서, 경사각이 0.1° 인 액시 콘(axicon)이 빔 경로에 배치되었다. 섬유에 의한 빔 형성의 대안으로서, 링 코어를 갖는 스텝 인덱스 광 섬유(step-index fiber)가 사용되었고, 여기서 또 다른 빔 형성 소자가 빔 경로로 도입되지 않았다. 시뮬레이션 결과는 다음 표에 나와 있다.

표 4

[0060]

구성	초점 평면으로부터 축 방향 거리 z에서의 강도 프로파일, 이미지 발취 $1.6 \text{ mm} \times 1.6 \text{ mm}$			설명/평가
	$z = -3 \text{ mm}$	$z = 0 \text{ mm}$	$z = 3 \text{ mm}$	
#1 빔포밍 광학 없음				전후에 광폭 확대와 함께 빔으로 일반적인 초점 맞추기
#2 지멘스-스타 광학계				전체 z-범위에서 매우 유사한 $\varnothing$ 를 갖는 환상 프로파일. 32배 면으로 인해, 특히 초점면 외부에서 방위각 변동이 낮다.
#3 액시콘(Axicon)				실제 초점면 앞에 광선을 초점을 맞춘다. 각도 프로파일의 초점 평면에서 z-거리가 커짐에 따라 직경이 급격히 증가한다.
#3 환형 코어를 갖는 섬유				환상 프로파일은 초점 평면의 매우 좁은 z-부근에서만 달성된다. 가우스와 같은 빔 프로파일 전후.

[0061]

따라서, 시뮬레이션은 본 발명에 따른 환형 광학 요소의 지멘스-스타-형상의 면 구조, 즉 지멘스 스타 광학계가 초점 면 전후에서 가능한 한 넓은 범위에 걸쳐 환형 프로파일을 생성하는데 가장 적합하다는 것을 보여준다.

[0062]

단일 지멘스 스타 광학계(10)가 레이저 빔(14)의 빔 경로에 삽입될 때, 도 2에 도시된 바와 같이, 구성 # 2(환형)에 대응하는 환형 파워 밀도 분포가 얻어진다. 구성 #1(스팟)에 따른 점 형상의 파워 밀도 분포를 얻기 위해서는, 지멘스의 스타 광학(10)을 레이저 빔(14)의 빔 경로로부터 꺼낼 필요가 있다. 스팟 모드와 고리 형 모드를 사이를 전환하여 스팟 모드로 되돌리기 위해, 단일 지멘스 스타 광학계(10)는 레이저 빔(14)의 빔 경로에 삽입될 필요가 있으며, 그 후 다시 도 2의 이중 화살표 D로 표시된 바와 같이 제거될 필요가 있다.

[0063]

본 발명의 또 다른 실시 예와 관련하여 이하에서 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 빔 경로에 삽입된 단일 지멘스 스타 광학계(10)가 적절한 회전 구동에 의해 회전되는 경우, 환형 프로파일 내의 전력 밀도 분포를 결정하는 것이 가능하며, 환형 프로파일 자체가 초점면에서 회전하기 때문에, 즉 환형 프로파일의 개개의 광점 또는 스팟이 광축을 중심으로 실질적으로 회전하기 때문에, 특히 원주 방향의 초점면에서 발생한다. 여기서, 링 프로파일의 한 점에서의 파워 밀도의 시간적 분포는 원주 방향에서의 파워 밀도의 공간 분포에 대응한다. 이는 점 구조에 의해 야기된 출력 밀도의 차이뿐만 아니라 제조 허용 오차에 따른 차이를 보상할 수 있다.

[0064] 레이저 초점의 점 형상 프로파일과 환형 프로파일 사이의 연속 혼합비를 달성하기 위해, 도 1 내지 도 4를 참조하여 기술된 2개의 지멘스 스타 광학계가 본 발명에 따라 사용된다.

[0065] 강도 분포(도 5 참조)를 조정하기 위한 본 발명에 따른 조정 광학계(20)를 형성하기 위한 2개의 지멘스 스타 광학계(10)의 직렬 연결은 개별 지멘스 스타 광학계(10)의 빔 치짐의 추가를 초래한다. 두 개의 지멘스 스타 광학계(10)의 상대 각도 위치에 따라 세 가지 다른 경우가 발생한다. 지멘스 스타 광학계(10)가 꼬임 없이 또는 서로 마주보도록 대면하고, 반대편으로 경사진 면이 서로 대향 하도록, 빔 편향이 건설적으로 부가되고, 직경이 두 배인 단일 지멘스 스타 광학계(10) 보다 두 배가 큰 환형 프로파일이 생성된다. 지멘스 스타 광학계가 서로에 대해 면 주기 각도의 반 만큼 비틀어져서 유사하게 기울어진 면이 서로 마주하도록 할 때, 즉 하나의 지멘스 스타 광학계(10)의 지붕이 다른 지멘스 스타 광학계(10)의 골짜기를 향할 때 그 반대의 경우도 제1 지멘스 스타 광학계(10)의 빔 편향은 제2 지멘스 스타 광학계(10)에 의해 거의 정확히 상쇄된다. 이 위치에서 두 개의 지멘스 스타 광학계(10)은 평행 평판처럼 작동한다. 결과적으로, 조정 광학 요소(20)가 없는 것처럼, 초점 면에 점과 같은 초점이 생성된다. 또한, 서로에 대해 비틀린 모든 다른 각도 위치도 가능하므로, 각 면은 유사하게 및 반대 방향으로 경사진 면에 대향 한다. 따라서 고리와 점으로 구성된 혼합 프로파일이 생성된다. 빔 프로파일에 대한 전력 분포는 각각의 중첩 영역에 의존한다.

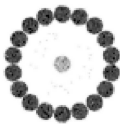
[0066] 대응하는 시뮬레이션은 본 발명에 따른 그러한 조정 광학계(20)에 대해서도 수행되었다. 이를 위해, 도 6에 도시된 바와 같이, 조정 광학계(20)는 콜리메이터 렌즈(17)와 포커싱 렌즈(15) 사이에 삽입되었다. 도시된 바와 같이, 시뮬레이션은 시준 된 빔 영역 내의 조정 광학계(20)의 배열에 대해서만 수행되었다. 그러나, 도 6의 점선으로 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따른 편향 원리는 수렴 빔 영역 또는 발산 빔 영역(도시되지 않음)에서도 기능해야 한다.

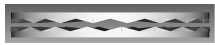
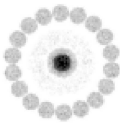
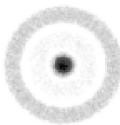
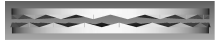
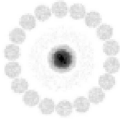
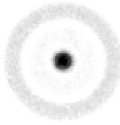
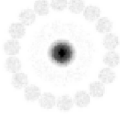
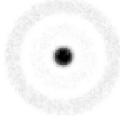
[0067] 2개의 요소를 갖는 조정 시스템(20)을 갖는 시뮬레이션에서, 플레이트 형상의 지멘스 스타 광학계(10)가 사용되었고, 지멘스 스타 형 면 구조는 각도 범위 10° 및 면의 경사각 $\pm 0.2^\circ$ 를 갖고 있다. 요소들은 기본적으로 임의의 표면이 서로 대면할 수 있는 방식으로 배열될 수 있지만, 광학 요소들은 도 1과 유사한 면이 면과 1mm의 거리로 서로 마주하는 방식으로 도 5와 유사하게 배치된다. 이것은 아래 표의 마지막 두 줄에 표시된 것처럼 치짐 효과가 서로 보완되거나 취소할 수 있다는 장점이 있다.

[0068] 가능한 한 정확하게 레이저 가공에 사용하기 위한 적합성을 결정할 수 있도록 제조 공차가 시뮬레이션 중에 고려된다. 이 목적을 위해, 지붕의 반경 방향 연장 팁과 계곡의 골짜기는 $10\mu\text{m}$ 의 방위각 폭으로 평탄화되었다. 이는 빔 형성에 영향을 받지 않는 빔 부분을 발생시키므로 항상 초점 중심의 한 지점으로 이미지 된다. 시뮬레이션에 따르면, 이 부분은 최대 2 %이며, 재료 가공에서 사용하기에는 무시해도 좋다.

[0069] 시뮬레이션에서, 면의 개별 이미지가 초점 평면($0.35\mu\text{m}$)에서 작은 축 방향 거리에서도 더 이상 인식할 수 없고, 거의 균일한 환형 프로파일이 발생할 수 있음이 분명해졌다. 설명을 위해 두 평면의 빔 프로파일을 다음 표에서 계산했다. 다음 표는 두 요소 사이의 다양한 상대 각도에 대한 해당 결과를 보여준다.

표 5

각도 오프셋 요소 2 [면의 수]	측면도(과장 면 각도 가 짐)	스팟 모양 [환형 ϕ in μm]	파워 비례 [%]	$z=0\text{ mm}$ 초점 면에서 강도 프 로파일(1x1mm)	$z=0.35\text{ mm}$ 초점 면에서 강도 프 로파일 (1x1mm)
0		600/0	98/2		

0,33		600/0	68,5/31,5		
0,5		600/0	51,5/48,5		
0,66		600/0	35,2/64,8		
1		600/0	0,1/99,9		
지멘스 스타 없음		0	100		

[0071] 그러나, 본 발명에 따른 조정 광학계(20)는 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 둘 이상의 요소로 구성될 수도 있다. 이 경우 개별 요소의 빔 편향의 완전한 보상을 얻고 상이한 빔 프로파일을 최적으로 결합할 수 있도록 하기 위해, 소자의 면 경사각은 경사각이 같은 두 개의 다른 광학 요소의 면 경사각의 2배인 경우에 유리하다. 조절 광학 장치가 4개의 요소로 구성되는 경우, 제4 요소에 대한 면의 경사각은 다른 세 요소의 면의 경사각의 합만큼 커야한다. 예를 들어, 처음 두 요소에 대해 경사각이 $\pm 0.1^\circ$ 이고 세 번째 요소에 대한 각도가 $\pm 0.2^\circ$ 일 때, 네 번째 요소에 대한 면의 경사각은 $\pm 0.4^\circ$ 로 선택되어야 한다.

[0072] 시뮬레이션에서, 지멘스 스타형 면을 갖는 3개의 광학 요소, 즉 3개의 지멘스 스타 광학계(10)를 포함하는 조정 광학계가 사용되었는데, 요소들 중 하나의 면이 ($\pm 0.2^\circ$) 가파른 다른 두 요소의 면은 $\pm 0.1^\circ$ 로만 기울어졌다. 이 두 개는 개별적으로 회전할 수 있다. 결과적으로, 서로 다른 직경(600 μm 및 300 μm) 및 임의의 혼합된 형상을 갖는 2개의 환상 고리뿐만 아니라 점 모양의 초점이 생성될 수 있다. 전술한 바와 같이, 팁 및 트로프(troughs)를 평평하게 함으로써 제조 허용 오차를 고려할 수도 있다.

[0073] 시뮬레이션 결과는 다음 표와 같다:

표 6

각도 오프셋 요소 2 [면의 수]	각도 오프셋 요 소 3 [면의 수]	스팟 모양 [환형 ϕ in μm]	파워 비례 [%]	$z=0$ mm 초점 면에서 강도 프 로파일(1x1mm)	$z=0.35$ mm 초 점 면에서 강도 프로파일 (1x1mm)
0	0	600/0	98/2		

1	0	300/0	98/2		
0	1	300/0	98/2		
1	1	0	100		
0,5	1	300/0	50/50		
1	0,5	300/0	50/50		
0	0,5	600/300	50/50		
0,5	0	600/300	50/50		
0,5	0,5	600/0	50/50		
0,33	0,66	600/300/0	33/33/33		
0,66	0,33	600/300/0	33/33/33		
0,33	0	600/300	66/33		
0	0,33	600/300	66/33		
0,66	0	600/300	33/66		
0	0,66	600/300	33/66		

지멘스 스타 광학계 없음	0	100		
------------------	---	-----	---	---

[0075] 위의 표에서 첫 번째 행은 빔 편향이 최적으로 추가되는 요소의 상대적 위치를 보여 주며 장치로 달성할 수 있는 최대 직경을 유도한다. 행 2 및 3은 동일한 경사각에서 두 요소의 효과가 최적으로 상쇄되는 각도 위치에서 결과를 보여주기 때문에 큰 경사각을 가진 요소의 면의 경사각으로만 환형 직경이 결정된다. 네 번째 행은 빔 편향이 최적으로 취소되는 방식으로 요소가 서로에 대해 비틀어 졌을 때 초점에서의 강도 분포를 보여준다. 이 결과는 조정 광학계가 없는 표의 마지막 행에 표시된 비교 예에 해당한다.

[0076] 표의 나머지 행은 임의로 혼합된 모양을 표시한다.

[0077] 본 발명에 따른 조절 광학 장치가, 예를 들어 콜리메이터 렌즈를 갖는 레이저 커팅 헤드 및 100 μm 의 각각의 초점 길이를 갖는 포커싱 렌즈에 사용될 때, 0.12의 홀의 수를 가지므로, 본 발명에 따른 2개의 요소를 포함하는 조정 광학계로 상태 고리와 스팟(포인트) 간의 신속한 전환이 가능하다. 따라서 대구경 초점이 필요한 "두꺼운 판" 작동 모드와 점 형태의 레이저 초점만 필요한 "얇은 판" 작동 모드 사이를 전환할 수 있다. 시뮬레이션에 의해 알 수 있듯이, 하나의 면 보다 작은, 즉 면의 각도보다 작은 각도로 회전시킴으로써, 환형 및 점 형 빔 특성의 혼합 된 상태를 생성할 수도 있고, 빔 프로파일에서 최적의 에너지 분포가 필요에 따라 레이저 커팅 중에 선택될 수 있다.

[0078] 본 발명의 실제적인 실시 예에서, 30mm의 직경을 가지며 18개의 더블 면, 즉 섹터 각이 10 ° 인 36개의 면을 포함하는 지멘스 스타 광학계가 사용될 때, 2개의 지멘스 스타 광학계를 서로에 대해 하나의 면으로 비틀 때 에지가 2.6 mm만큼 변위 된다. 이러한 변위는, 예를 들어, 상세히 도시되지 않은 중공 축에 가동 광학 소자가 장착되고 회전 가능한 지멘스 스타 광학계의 에지를 이동시킬 수 있는 스테핑 모터에 의해 구동되는 $v = 250 \text{ mm} / \text{s}$ 의 고속으로 실현될 수 있다. 그러면 약 10ms의 스위칭 시간이 얻어지기 때문에, 고리에서 스팟으로 또는 그 반대로의 전환이 중단없이 사실상 수행될 수 있다.

[0079] 그러나, 둘 이상의 지멘스 스타 광학계(10)로 구성되는 조정 광학계(20)로는, 고리에서 스팟으로 또는 그 반대로 전환할 수 있을 뿐만 아니라, 피가공물 상에 집중된 레이저 빔의 공간적 세기 분포를 고주파에서 레이저 절단 및 레이저 용접 중 품질을 높이기 위해 변조할 수 있다. 이 목적을 위해, 둘 이상의 연속 지멘스 스타 광학계(10)를 갖는 조절 시스템(20)이 필요하며, 그 중 적어도 하나는 광학 축을 중심으로 회전 가능하게 장착되고 회전될 수 있다. 전술한 바와 같이, 조정 광학계(20)는 빔 경로의 평행, 발산 또는 수렴 부분에 배치될 수 있다.

[0080] 초점 평면에서 생성된 강도 분포를 스팟에서 고리로 전환하기 위해, $360^\circ / 2N$ 의 N 개의 이중 세그먼트(더블 면)로 지멘스 스타 광학계(10)의 상대 회전이면 충분하다. $360^\circ / N$ 의 상대 회전에서 스팟에서 고리로 그리고 다시 스팟으로 변한다. 이것은 진동주기에 해당한다.

[0081] 강도 분포의 변조 주파수는 지멘스 스타 광학계(10)의 상대 회전 주파수의 N 배에 해당한다. 따라서, 한 쌍의 지멘스 스타 광학계(10)는 지멘스 스타 광학계(10) 중 하나 또는 모두의 작은 회전 주파수에서도 초점면에서의 레이저 빔(14)의 세기 분포에 대한 높은 변조 주파수를 제공하는 광학 전송을 제공한다.

[0082] 예를 들어, 2개의 지멘스 스타 광학계(10)를 갖는 조정 광학계(20), 각각이 $N=20$ 개의 더블 면 또는 세그먼트를 갖는 지멘스 스타 표면, 및 100 Hz의 회전 수를 갖는 지멘스 스타 광학계(10)가 사용되는 경우, 강도 분포는

2kHz의 주파수에서 모드 스팟과 고리 사이에서 변조된다.

[0083] 특히, 다음과 같은 동작 모드가 고려될 수 있다:

[0084] - 지멘스 스타 광학계(10) 중 하나만이 주파수에서 회전된다. 그때 변조 주파수는 $N * f$ 에 해당 된다.

[0085] - 지멘스 스타 광학계(10)는 회전 주파수 f_1 및 f_2 에서 서로에 대해 회전된다. 그때 변조 주파수는 $N*(f_1+f_2)$ 에 해당된다.

[0086] 만약 2 이상의 시스템이 사용되면,

[0087] - 위에서 이미 설명한 바와 같이, 상이한 직경을 갖는 환형 강도 분포가 생성될 수 있다; 또한

[0088] - 변조 주파수는 더 증가 될 수 있다.

[0089] 이를 위해 모든 지멘스 스타 광학계는 인접한 지멘스 스타 광학계와 반대 방향으로 항상 회전해야 한다. 회전 주파수 f_i 를 갖는 변조 주파수는 $N * (\sum_i f_i)$ 로 구해진다. 예를 들어, $N = 20$ 개의 더블 먼 및 100 Hz의 회전 주파수를 가진 세 개의 지멘스 스타 광학계가 사용될 때, 강도 분포는 6 kHz의 주파수에서 스팟과 고리의 모드 사이에서 변조된다.

[0090] 예로서, 도 7에 도시된 바와 같은 구성이 사용된다. 도 7에 도시된 바와 같이, 조정 광학계(30)는 3개의 스크린 스타 광학(10.1, 10'.2 및 10.3)을 포함하며, 중앙 지멘스 스타 광학계(10'.2)는 양면에 패터닝 된다. 총 4개의 지멘스 스타 표면 01, 02a, 02b, 03에는 N 개의 이중 면이 제공된다. 대향 되게 배치된 2개의 지멘스 스타 표면 (01 및 02a)은 동일한 면 피치 또는 경사각(β_1)을 갖는다. 서로 대향하는 두 개의 스크린 표면(02b, 03)은 동일한 면 피치 또는 경사각(β_2)을 가지며, 경사각 (β_1)은 경사각 (β_2)과 상이하다. 지멘스 스타 광학계(10'.2)에 대해 지멘스 스타 광학계(10.1)를 회전시킴으로써 지멘스 스타 표면 01 및 02a의 공통 환형이 전환될 수 있다. 지멘스 스타 광학계 10'.2 및 10.3과 지멘스 별 표면 02b 및 03에도 동일하게 적용된다.

[0091] 도 7에 도시된 바와 같이, 회전 구동부(31, 32 또는 33)는 3개의 지멘스 스타 광학계(10.1, 10'.2 및 10.3) 각각에 할당되어 3개의 모든 지멘스 스타 광학계(10.1, 10'.2 및 10.3)는 주파수 f 로 회전 가능하다. 중심 지멘스 스타 광학계 10'.2의 회전 방향은 회전 화살표 P의 방향으로 표시된 바와 같이, 이 경우, 다른 두 회전의 반대 방향이다. 세 개의 지멘스 스타 광학계 10.1, 10'.2 및 10.3의 다른 회전 주파수가 허용되는 경우, 특히 한 주기 동안 생성되는 강도 분포의 수가 증가한다.

[0092] 도 7을 참조하여 기술된 배열의 다양한 동작 모드의 선택은 다음 표에 주어진다:

표 7

[0093]

위치 10.1	위치 10'.2	위치 10.3	한 기간 동안의 강도 분포	변조 주파수
f에서 회전	휴식, 스팟		$\emptyset_1$ Sp	$N*f$
f에서 회전	휴식, 환형		$\emptyset_2 \emptyset_3$	$N*f$
휴식, 스팟		f에서 회전	$\emptyset_2$ Sp	$N*f$
휴식, 고리		f에서 회전	$\emptyset_1 \emptyset_3$	$N*f$
휴식	f에서 회전	10.1단계에서 휴식	$\emptyset_3$ Sp	$N*f$
휴식	f에서 회전	10.1에 상대적인 180° PV에서 휴식	$\emptyset_1 \emptyset_2$	$N*f$

f에서 회전	휴식	10.1 단계에서 f로 회전	$\phi_3 Sp$	$2*N*f$
f에서 회전	휴식	10.1에 상대적인 f, 180° PV에서 회전	$\phi_1 \phi_2$	$2*N*f$
f에서 회전	f에서 회전	10.1 단계에서 f로 회전	$\phi_3 Sp$	$3*N*f$
f에서 회전	f에서 회전	10.1에 상대적인 f, 180° PV에서 회전	$\phi_1 \phi_2$	$3*N*f$

[0094] 여기서, PV = 위상 이동, Sp = 스팟 형상의 강도 분포, 및 ϕ_i = 환상 강도 분포의 직경이다.

[0095] 지멘스 스타 광학계(10)의 지속적인 회전의 상호 작용의 결과로 10; 10.1, 10'.2, 10.3에 하나 이상의 지멘스 스타 쌍의 광 전송 효과가 있고, 포커스에서 생성된 강도 분포는 회전 주파수의 N배에서 또는 회전 주파수의 합의 N배에서 변조되고, 여기서 N은 지멘스 스타 광학계(10); 10.1, 10'.2, 10.3.당 이중 면 수이다.

[0096] 광 전달 영향으로 인해 회전 속도에 대한 요구 사항이 낮다. 하나 이상의 지멘스 스타 광학계를 2 자리수 또는 3 자리수의 회전 주파수로 회전시키기 위해, 시판중인 다른 구동 장치를 갖춘 전동 장치를 회전식 드라이브로 사용할 수 있다.

[0097] 전기 드라이브의 대안으로 압축 공기를 사용하여 회전식 드라이브를 구현하는 것도 고려할 수 있다. 압축 공기 (및/또는 절단 가스)가 일반적으로 레이저 가공 헤드 영역에서 사용 가능하므로 가스 공급이 일반적으로 제공된다.

[0098] 시장에는 최대 6 kHz의 높은 회전 주파수에서 지멘스 스타 광학계와 같은 광학 장치를 회전시킬 수 있는 회전식 드라이브가 있다. N=20개의 더블 면을 가진 2개의 지멘스 스타 광학계를 사용하여 위의 예제에 적용하면 최대 120 kHz의 변조 주파수가 달성된다.

[0099] 2 자리 kHz 범위의 변조 주파수에서 시작하여, 가공될 시트는 열 전도의 상대 관성으로 인하여 입력 전력이 충분히 빨리 재분배될 수 없기 때문에 변조주기 동안 평균 된 강도 분포만을 경험한다. 따라서 강도 분포의 변조는 연속적인 빔 확대로 작용하므로 복잡한 줌 시스템을 대체하거나 보완할 수 있다.

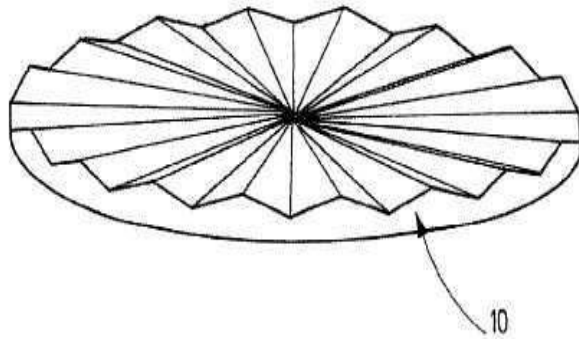
[0100] 모든 경우 및 구성에서, 본 발명에 따른 레이저 가공 헤드는 또한 바람직하게는 박판 용접 또는 절단에 적합하며, 환형 성형은 순서대로 사용되는 모든 지멘스 스타 광학계의 적절한 고정 된 각도 위치에 의해 비활성화될 수 있기 때문에 스팟 모드에서 레이저 가공 헤드를 작동시킨다.

부호의 설명

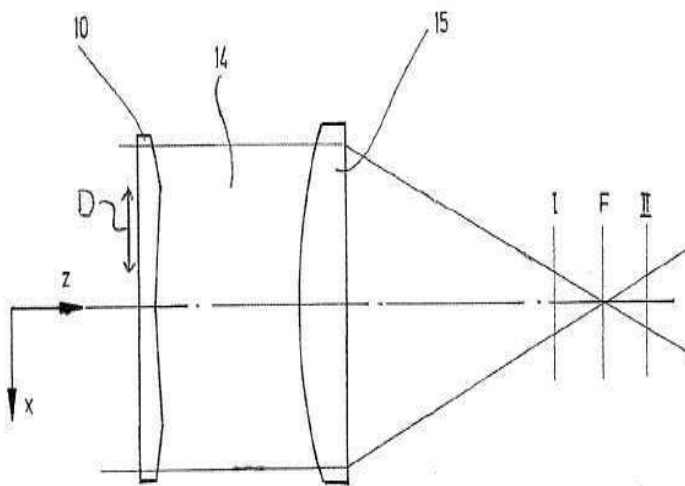
- [0101] 10 : 판형 광학 요소
15 : 개별 결상 광학계
16 : 광섬유
17 : 콜리메이터 광학계
20 : 조정 광학계

도면

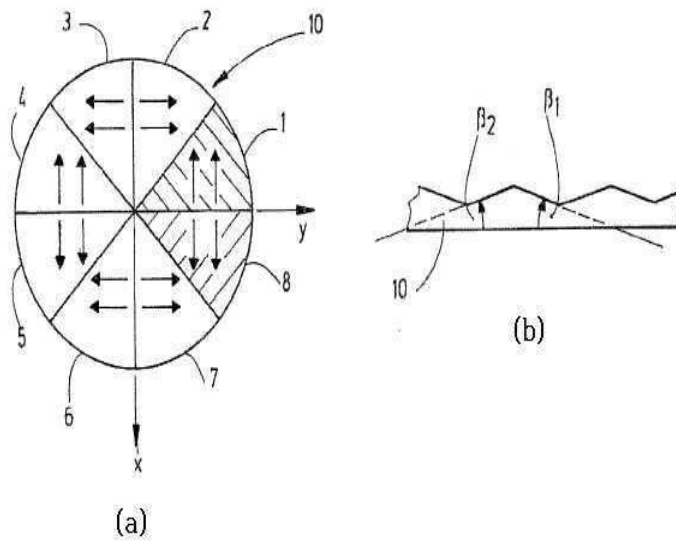
도면1



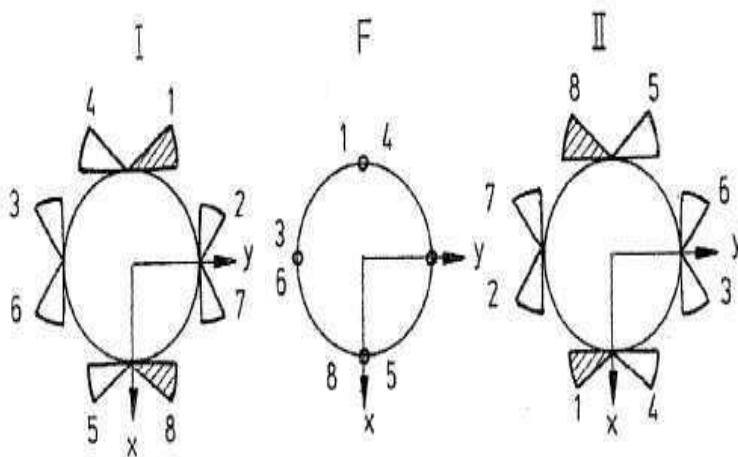
도면2



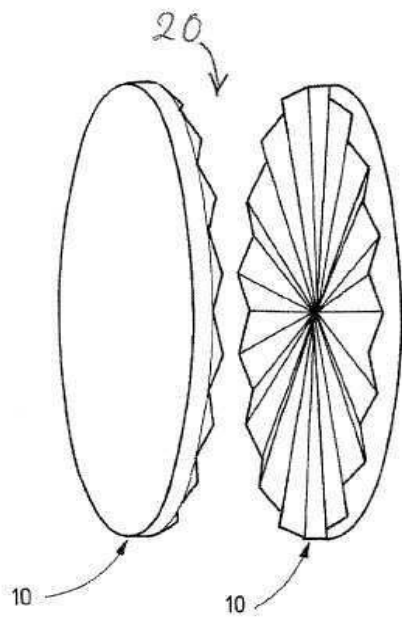
도면3



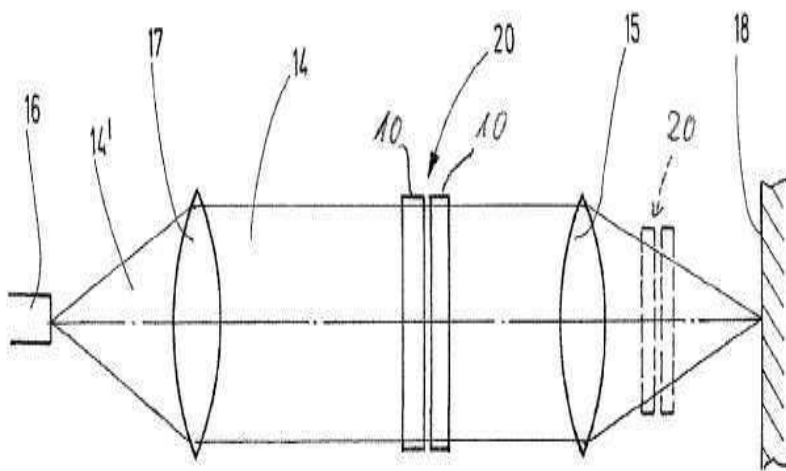
도면4



도면5



도면6



도면7

