



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0074980
(43) 공개일자 2025년05월28일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>B23K 26/0622</i> (2014.01) <i>B23K 26/06</i> (2014.01)
 <i>B23K 26/082</i> (2014.01) <i>B23K 26/354</i> (2014.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>B23K 26/0624</i> (2015.10)
 <i>B23K 26/0643</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0161979
 (22) 출원일자 2023년11월21일
 심사청구일자 2023년11월21일</p> | <p>(71) 출원인
 경상국립대학교산학협력단
 경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
 재단법인 한국전자기계융합기술원
 서울특별시 노원구 공릉로 232, 105호(공릉동, 서울테크노파크)</p> <p>(72) 발명자
 최현
 경남 창원시 의창구 차룡로48번길 54
 장동영
 서울특별시 송파구 가락로 187, 5동 908호 (송파동, 한양아파트)
 송규
 서울특별시 노원구 상계로3길 50, 102동 701호 (상계동, 노원현대아파트)</p> <p>(74) 대리인
 김중석</p> |
|--|---|

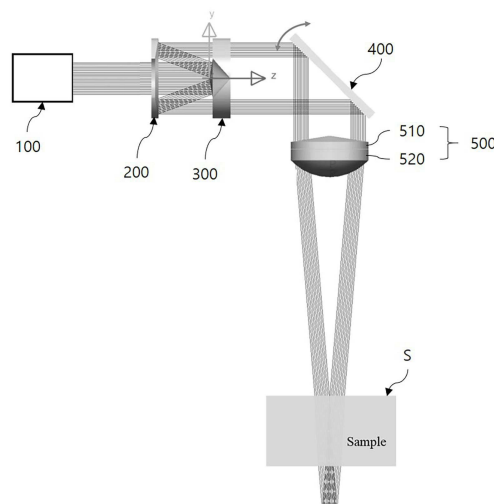
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템**

(57) 요약

본 발명은 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 초단 레이저 펄스를 생성하고 레이저 빔을 제공하기 위한 초단 펄스 레이저, 중공 원통형으로 형성되어 상기 레이저 빔을 중공부로 관통시키는 제1 반사체, 관통된 레이저 빔을 상기 제1 반사체의 일측 단면으로 반사시키는 제2 반사체, 상기 제2 반사체로부터 반사된 레이저 빔의 경로를 변경하는 제3 반사체 및 상기 제3 반사체로부터 경로가 변경된 레이저 빔이 관통됨으로써, 말단으로부터 전파 거리(Propagation distance)가 이격된 베셀 빔(Vessel Beam)을 형성시키는 액시콘(Axicon) 렌즈를 포함하는 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B23K 26/0648 (2013.01)

B23K 26/082 (2015.10)

B23K 26/354 (2018.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711198546
과제번호	2023-22030005-00
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재단)과학기술일자리진흥원
연구사업명	미래선도연구장비핵심기술개발
연구과제명	광/하전입자 트리플빔을 위한 고성능 이온빔 및 미세 신뢰성 평가기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	재단법인 한국전자기계융합기술원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

초단 레이저 펄스를 생성하고 레이저 빔을 제공하기 위한 초단 펄스 레이저;
 중공 원통형으로 형성되어 상기 레이저 빔을 중공부로 관통시키는 제1 반사체;
 관통된 레이저 빔을 상기 제1 반사체의 일측 단면으로 반사시키는 제2 반사체;
 상기 제2 반사체로부터 반사된 레이저 빔의 경로를 변경하는 제3 반사체; 및
 상기 제3 반사체로부터 경로가 변경된 레이저 빔이 관통됨으로써, 말단으로부터 전파 거리(Propagation distance)가 이격된 베셀 빔(Vessel Beam)을 형성시키는 엑시콘(Axicon) 렌즈;를 포함하는 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 제1 반사체의 중공부는,
 상기 레이저 빔의 직경과 대응되는 직경을 가짐으로써, 상기 초단 펄스 레이저가 제공하는 상기 레이저 빔이 모두 관통되도록 하는 것을 특징으로 하는 레이저 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 제1 반사체의 일측 단면은,
 하방으로 갈수록 일정 각도로 경사지게 형성되고,
 거울 효과가 나도록 하는 미러 코팅(Mirror coating)되는 것을 특징으로 하는 레이저 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 제2 반사체는,
 상기 중공부와 동일한 직경을 갖고, 중심축을 기준으로 원추 형상으로 돌출된 돌출부;를 포함하고,
 상기 돌출부의 옆면이 거울 효과가 나도록 하는 미러 코팅(Mirror coating)됨으로써, 상기 제1 반사체의 중공부로부터 관통된 레이저 빔이 일정 각도로 반사되는 것을 특징으로 하는 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 제2 반사체는,
 상기 돌출부의 외경 또는 외주면을 둘러싸고, 상기 제1 반사체의 일측 단면으로부터 반사된 레이저 빔을 관통시킬 수 있도록 투명한 투명부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 돌출부의 모선과 밑면이 이루는 각도는,

상기 제1 반사체의 일측 단면이 경사진 각도와 동일함으로써,

상기 제1 반사체의 일측 단면이 상기 돌출부로부터 반사된 레이저 빔으로 베셀 빔(Vessel Beam)을 형성시키는 것을 특징으로 하는 레이저 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 엑시콘(Axicon) 렌즈는,

중심축을 기준으로 원추 형상으로 형성되어 상기 제3 반사체로부터 경로가 변경된 레이저 빔을 굴절시키는 일측 단; 및

볼록한 반구형으로 형성되어 상기 일측단으로부터 굴절된 레이저 빔의 광학적 수차(Optical aberrations)를 보정하는 타측단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이저 가공 기술은 최근 과학, 기술, 산업 등 다양한 분야에 걸쳐 널리 채택 및 적용되고 있다. 특히 고속 레이저의 활용도가 크게 증가했으며, 짧은 레이저 펄스가 지난 수십 년 동안 재료 가공, 특히 표면 기능화를 목표로 한 미세 가공과 같은 분야에서 상당한 주목을 받았다.

[0003] 우선, 짧은 레이저 펄스가 강하게 집중되면 재료는 비선형 광학 이온화를 경험한다. 생성된 전도대 전자(Conduction band electrons)는 레이저 가열 및 충격 이온화 과정을 통해 급속하게 증식된다. 그리고 전도대 전자의 밀도가 임계값을 초과하면, 플라즈마의 흡수 속도가 점차 증가하여 광학적 파괴가 발생하고, 증착된 에너지가 충분히 높아져 물질을 제거 및 절제할 수 있다.

[0004] 다만, 레이저 펄스 지속시간이 100fs 미만인 경우 역으로 플라즈마 차폐효과가 발생할 수 있고, 이에 따라 레이저 절제 깊이(Ablation depth)를 제한할 수 있다.

[0005] 다음으로, 레이저 가공 기술에서 일반적으로 사용되는 레이저는 가우스 분포를 갖는다. 가우스 분포가 푸리에 변환을 거치면 초점에 가우스 분포를 유지하는 빔 프로파일이 생성된다. 결과적으로, 재료 가공에 가우스 분포를 갖는 레이저 빔을 사용함으로써, 미세 가공이 가능한 이점이 있다.

[0006] 다만, 기존 가우스 분포를 갖는 레이저 빔을 사용하는 시스템은 초점 깊이로 인해 3차원 처리와 같은 영역에서 제한이 발생된다. 즉, 재료에서 깊이 방향으로 복잡한 패턴을 생성하는 데 시간이 상당히 많이 소요됨으로 이러한 제한으로 인해 레이저 가공 기술의 활용범위와 효율성이 제한될 수 있다.

[0007] 따라서 플라즈마 차폐효과를 최소화하여 레이저 절제 깊이를 제한하지 않고, 3차원 처리와 같은 영역에서 제한이 발생되지 않는 활용범위와 효율성이 뛰어난 레이저 가공 기술이 본 기술 분야에서 절실히 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2022-0074886호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1278433호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 베셀 빔을 이용한 레이저 가공 기술의 활용범위와 효율성을 높일 수 있도록 제1 반사체, 제2 반사체 및 제3 반사체를 배치하고, 엑시콘(Axicon) 렌즈에 제3 반사체로부터 경로가 변경된 레이저 빔이 관통됨으로써, 엑시콘(Axicon) 렌즈의 말단으로부터 전과 거리가 이격된 베셀 빔이 형성되는 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템을 얻고자 하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 본 발명의 기재로부터 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템은 초단 레이저 펄스를 생성하고 레이저 빔을 제공하기 위한 초단 펄스 레이저; 중공 원통형으로 형성되어 상기 레이저 빔을 중공부로 관통시키는 제1 반사체; 관통된 레이저 빔을 상기 제1 반사체의 일측 단면으로 반사시키는 제2 반사체; 상기 제2 반사체로부터 반사된 레이저 빔의 경로를 변경하는 제3 반사체; 및 상기 제3 반사체로부터 경로가 변경된 레이저 빔이 관통됨으로써, 말단으로부터 전과 거리(Propagation distance)가 이격된 베셀 빔(Vessel Beam)을 형성시키는 엑시콘(Axicon) 렌즈;를 제공한다.

발명의 효과

- [0012] 이상과 같이 본 발명에 의하면 제1 반사체, 제2 반사체 및 제3 반사체를 배치함으로써, 엑시콘(Axicon) 렌즈의 말단으로부터 전과 거리가 이격된 베셀 빔이 형성되고, 베셀 빔을 이용한 레이저 가공 기술의 활용범위와 효율성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 복잡한 렌즈 시스템이 포함되지 않으므로, 소형 광학 시스템으로 구현될 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 엑시콘(Axicon) 렌즈는 원추 형상으로 형성된 일측단 및 볼록한 반구형으로 형성된 타측단을 구비함으로써, 스캐닝 각도가 증가함에 따라 샘플에 발생하는 광학적 수차를 보정할 수 있고, 따라서 고강도의 정밀한 레이저 가공이 가능한 효과가 있다.
- [0015] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 상세한 설명 및 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 종래 엑시콘(Axicon) 렌즈로부터 생성되는 베셀 빔을 표시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 제2 반사체의 사시도(a) 및 측면도(b)이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 반사체의 사시도(a) 및 측면도(b)이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 베셀 빔의 형성영역(R_{vessel})과 초점영역(R_{focus})을 표시한 도면이다.
- 도 6은 종래 엑시콘 렌즈만으로 생성된 베셀 빔(a)과 종래 스캐닝 장치와 엑시콘 렌즈로 생성된 베셀 빔(b)을 표시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

- [0018] 다르게 정의되지 않는 한 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 도 1은 종래 엑시콘 렌즈로부터 생성되는 베셀 빔을 표시한 도면이다. 도 2는 본 발명의 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템 구성도이다. 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 제2 반사체(300)의 사시도(a) 및 측면도(b)이다. 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 반사체(200)의 사시도(a) 및 측면도(b)이다. 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 베셀 빔(20)의 형성영역(R_{vessel})과 초점영역(R_{focus})을 표시한 도면이다. 도 6은 종래 엑시콘 렌즈만으로 생성된 베셀 빔(a)과 종래 스캐닝 장치와 엑시콘 렌즈로 생성된 베셀 빔(b)을 표시한 도면이다.
- [0020] 일반적으로, 베셀 빔(Vessel Beam)은 비회절 특성으로 인해 일반 빛이나 음파와 달리 진행하는 동안 퍼지지 않으므로, 고종횡비 채널을 생성한다. 특히나, 가우시안 베셀 빔(Gaussian-Bessel Beam)은 원추형 렌즈 또는 엑시콘 렌즈를 사용하며, 유한 에너지(finite-energy) 및 비회절 범위를 생성하는 이상적인 베셀 빔이다.
- [0021] 종래 일반 빔과 달리, 베셀 빔 또는 가우시안 베셀 빔은 광축을 따라 일정한 강도의 프로파일을 생성할 수 있다. 따라서 빔의 종횡비가 획기적으로 향상되어 다양한 분야에서 레이저 가공이 가능하고, 특히나 깊이 방향 처리를 단순화하고 속도를 높여 투명한 재료를 레이저 가공할 시 특히 유리하다.
- [0022] 상술한 바와 같이 가우시안 베셀 빔은 이점이 있지만, 도 1과 같이 엑시콘 렌즈 통과 후 곧바로 베셀 빔이 형성되기 때문에 광학 시스템 내에서 적절한 작동 거리를 보장하는데 기술적 한계가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 종래 추가 렌즈를 결합하여 작동 거리를 확보하고자 하였으나, 초점 거리가 길고 현미경 대물렌즈와 같은 복잡한 렌즈 시스템으로 인해 부피가 커지게 되는 또 다른 기술적 한계가 존재한다.
- [0023] 또한, 가우시안 베셀 빔은 스캐닝 시 주사각, 즉 스캐닝 각도가 커짐에 따라 샘플 또는 재료에 난시(Astigmatism) 및 코마(Coma)와 같은 광학적 수차(Optical aberration)가 발생하는데, 이러한 문제를 해결하기 위해서 종래 광학 시스템은 샘플 또는 재료 이동을 위한 별도의 장치를 구현한다. 그러나, 샘플 또는 재료의 운반이 제한된 공간이나, 샘플 또는 재료 자체가 크고 무거운 경우 이러한 장치는 비효율적이다.
- [0024] 도 2를 보면, 본 발명의 베셀 빔을 이용한 레이저 가공을 위한 광 스캐닝 시스템은 초단 레이저 펄스를 생성하고 레이저 빔(10)을 제공하기 위한 초단 펄스 레이저(100), 중공 원통형으로 형성되어 상기 레이저 빔(10)을 중공부(210)로 관통시키는 제1 반사체(200), 관통된 레이저 빔(10)을 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)으로 반사시키는 제2 반사체(300), 상기 제2 반사체(300)로부터 반사된 레이저 빔(10)의 경로를 변경하는 제3 반사체(400) 및 상기 제3 반사체(400)로부터 경로가 변경된 레이저 빔(10)이 관통됨으로써, 말단으로부터 전파 거리(Propagation distance)가 이격된 베셀 빔(Vessel Beam)(20)을 형성시키는 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)를 포함한다.
- [0025] 가장 바람직하게, 상기 제1 반사체(200)의 중공부(210)는, 상기 레이저 빔(10)의 직경과 대응되는 직경을 가지므로써, 상기 초단 펄스 레이저(100)가 제공하는 상기 레이저 빔(10)이 모두 관통되도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 따라서 제1 반사체(200) 및 제2 반사체(300)에 시준된 상기 레이저 빔(10)은 상기 제1 반사체(200)의 중공부(210)를 온전히 통과한 후 상기 제2 반사체(300)에 직접 도달하여 에너지 손실을 최소화할 수 있는 효과가 있다.
- [0027] 다음으로, 도 3의 일실시예를 보면, 상기 제2 반사체(300)는, 상기 중공부(210)와 동일한 직경을 갖고, 중심축을 기준으로 원추 형상으로 돌출된 돌출부(310)를 포함하고, 상기 돌출부(310)의 옆면이 거울 효과가 나도록 하는 미러 코팅(Mirror coating)됨으로써, 상기 제1 반사체(200)의 중공부(210)로부터 관통된 레이저 빔(10)이 일정 각도로 반사되는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 상기 돌출부(310)는 원추 형상 또는 원뿔 형상임으로, 밀면, 밀면의 외경을 형성하는 점들과 꼭지점을 잇는 다수 개의 모선, 다수 개의 모선으로 형성된 옆면으로 이루어질 수 있다. 그리고 각 모선과 밀면은 소정의 각도를 동일하게 이룬다.
- [0029] 이때, 상기 돌출부(310)의 밀면은 상기 중공부(210)와 동일한 직경을 가질 수 있다. 이는, 상기 제1 반사체

(200)의 중공부(210)를 온전히 통과한 레이저 빔(10)을 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)으로 모두 반사시켜 에너지 손실을 최소화하기 위함이다. 본 발명에서 언급하는 미러 코팅(Mirror coating)은 마치 거울처럼 빛이 반사되도록 하는 코팅기법이다.

- [0030] 그리고 상기 돌출부(310)의 모선과 밑면이 이루는 각도(θ_2)에 의하여 레이저 빔(10)이 소정의 각도로 반사되어 상기 제1 반사체(200)의 중공 원형인 일측 단면(220)에 360도로 골고루 맞닿을 수 있다.
- [0031] 다음으로, 도 4의 일실시예를 보면, 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)은, 하방으로 갈수록 일정 각도로 경사지게 형성되고, 거울 효과가 나도록 하는 미러 코팅(Mirror coating)되는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 가장 바람직하게, 상기 돌출부(310)의 모선과 밑면이 이루는 각도(θ_2)는, 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)이 경사진 각도(θ_1)와 동일함으로써, 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)이 상기 돌출부(310)로부터 반사된 레이저 빔(10)으로 베셀 빔(Vessel Beam)(20)을 형성시키는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 다시 말하면, 상기 돌출부(310)로부터 반사된 레이저 빔(10)은 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)이 경사진 각도(θ_1)에 의하여 반사될 수 있다. 그러면 중첩 영역 내에서 간섭 빔 패턴이 생성되는데, 이 패턴 내에서 베셀 빔(20)이 형성되는 것이다. 이는, 상기 돌출부(310)의 모선과 밑면이 이루는 각도(θ_2)와 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)이 경사진 각도(θ_1)가 동일함으로써 자연스럽게 발생하는 베셀 빔(20)으로 실제로 레이저 가공에 사용되는 베셀 빔(20)은 아닐 수 있다.
- [0034] 또한, 상기 제2 반사체(300)는, 상기 돌출부(310)의 외경 또는 외주면을 둘러싸고, 상기 제1 반사체(200)의 일측 단면(220)으로부터 반사된 레이저 빔(10)을 관통시킬 수 있도록 투명한 투명부(320)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 상기 투명부(320)를 관통한 레이저 빔(10)은 제3 반사체(400)로 입사될 수 있다. 상기 제3 반사체(400)는 입사각과 반사각이 각각 45도가 되도록 배치되어 입사 경로와 반사 경로가 이루는 각이 90도가 되도록 한다. 이는, 상기 제1 반사체(200) 및 제2 반사체(300)는 동축으로 순차적으로 배치되고, 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는 중심축을 기준으로 상기 제1 반사체(200) 및 제2 반사체(300)와 90도로 배치되기 때문이다. 즉, 상기 제3 반사체(400)는 상기 투명부(320)를 관통한 레이저 빔(10)을 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)에 입사시키기 위해 상술한 바와 같이 배치될 수 있다.
- [0036] 한편, 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는, 중심축을 기준으로 원추 형상으로 형성되어 상기 제3 반사체(400)로부터 경로가 변경된 레이저 빔(10)을 굴절시키는 일측단(510) 및 볼록한 반구형으로 형성되어 상기 일측단(510)으로부터 굴절된 레이저 빔(10)의 광학적 수차(Optical aberration)를 보정하는 타측단(520)을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 우선, 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는, 원추 형상으로 형성된 상기 일측단(510)만으로도 말단으로부터 전파거리(Propagation distance)가 이격된 베셀 빔(20)을 형성시킬 수 있다. 다만, 상기 제3 반사체(400)는 galvanometric mirror와 같은 고속 스캐닝 거울(high-speed scanning mirror)일 수 있고, 이에 따라 광학적 수차(Optical aberration)가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 발명의 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는 입사단으로 원추 형상으로 형성된 상기 일측단(510)을 구비하고, 출력단으로 볼록한 반구형으로 형성된 상기 타측단(520)을 더 구비하는 것이다.
- [0038] 즉, 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는 종래 엑시콘 렌즈와 구성적으로 상이하다. 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는 상기 타측단(520)을 더 구비함으로써, 레이저 빔(10)이 각도를 갖고 입사했을 때 베셀 빔(20)의 초점이 최대한 수직에 가깝게 형성되어, 베셀 빔(20)의 각 초점에서 단면으로 관찰했을 때 초점의 수차가 발생하지 않도록 할 수 있고, 광경로를 최소화하여 소형 광학 시스템을 구현할 수 있고, 광학 시스템의 구현 비용을 줄일 수 있는 현저한 효과가 있다.
- [0039] 도 5의 일실시예를 보면, 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)의 직경(d), 베셀 빔(20)이 형성된 영역인 형성영역(R_{vessel}), 베셀 빔(20)의 초점이 위치하는 영역인 초점영역(R_{focus})이 각각 표시되어 있다. 본 발명은 상기 제1 반사체(200) 및 상기 제2 반사체(300)에 의하여 서로 다른 경로들로 분리된 레이저 빔(10)은 상기 제3 반사체(400)로부터 반사되어 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)에 입사될 수 있고, 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)에 의하여 상기 굴절되어 베셀 빔(20)의 초점영역(R_{focus}) 및 형성영역(R_{vessel})이 형성되는 것이다. 여기서, 베셀 빔(20)의 초점영역(R_{focus})은 서로 다른 경로들로 분리된 레이저 빔(10)이 굴절되어 초점이 형성될 수 있는 영역이

고, 베셀 빔(20)의 형성영역(R_{vessel})은 베셀 빔(20)의 영역이다.

- [0040] 도 6을 보면, 종래 엑시콘 렌즈에 스캐닝 장치를 결합함에 따라 불가피하게 베셀 빔(20)의 형성영역(R_{vessel})의 길이 및 초점영역(R_{focus})의 반경 크기에 변화가 발생하는 것을 확인할 수 있다.
- [0041] 도 6에서 종래 엑시콘 렌즈의 직경(d)은 1mm이다. 도 6의 (a)를 보면, 종래 엑시콘 렌즈의 중심축과 초점영역(R_{focus})의 차이가 없는, 즉, 스캐닝(Scanning) 각도가 0도인 경우 베셀 빔(20)의 형성영역(R_{vessel})의 길이는 2.335mm로 도출되었고, 기 설정된 수학식으로 연산된 초점영역(R_{focus})의 반경 크기는 $3.4\mu\text{m}$ 내지 $5.2\mu\text{m}$ 범위 이내로 도출되었다.
- [0042] 반면에, 도 6의 (b)를 보면, 종래 엑시콘 렌즈에 스캐닝 장치를 결합함에 따라 광학적 수차(Optical aberration)가 발생하였다. 즉, 종래 엑시콘 렌즈의 중심축과 초점영역(R_{focus})의 차이가 2도인, 예컨대 스캐닝(Scanning) 각도가 2도인 경우 베셀 빔(20)의 형성영역(R_{vessel})의 길이는 2.209mm로 도출되었고, 기 설정된 수학식으로 연산된 초점영역(R_{focus})의 반경 크기는 $3.0\mu\text{m}$ 내지 $4.3\mu\text{m}$ 범위 이내로 도출되었다.
- [0043] 결과적으로, 스캐닝(Scanning) 각도가 0도인 실시예와 2도인 실시예를 비교했을 때 베셀 빔의(20) 형성영역(R_{vessel})이 약 0.41% 감소된 것이다. 그리고 초점영역(R_{focus})의 반경 크기 역시 소폭 감소되었다.
- [0044] 즉, 본 발명의 상기 엑시콘(Axicon) 렌즈(500)는 볼록한 반구형으로 형성된 타측단(520)을 더 구비함으로써, 굴절된 레이저 빔(10)의 광학적 수차(Optical aberration)를 광학적으로 보정할 수 있고, 따라서 베셀 빔(20)의 형성영역(R_{vessel})의 길이, 초점영역(R_{focus})의 반경 크기를 각각 보장할 수 있는 현저한 효과가 있다.
- [0045] 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 으로 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.
- [0046] 그러므로 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

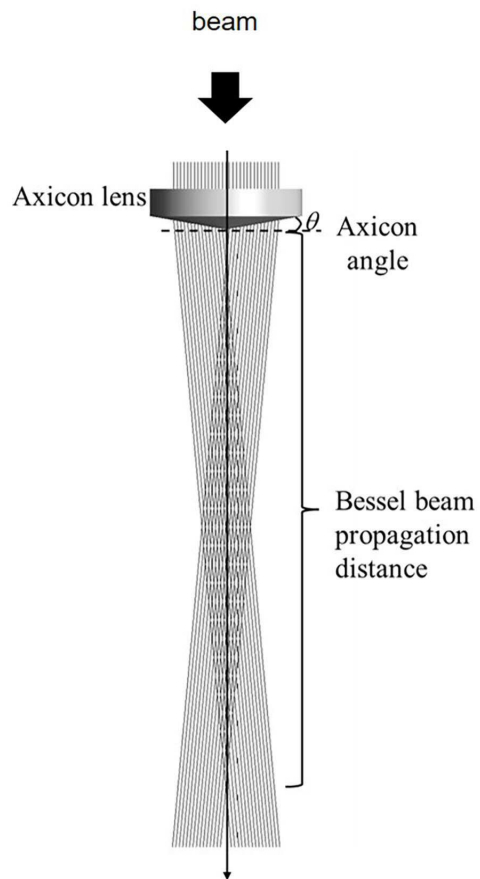
- [0047] 100.. 초단 펄스 레이저
- 200.. 제1 반사체
- 210.. 중공부
- 220.. 일측 단면
- 300.. 제2 반사체
- 310.. 돌출부
- 320.. 투명부
- 400.. 제3 반사체
- 500.. 엑시콘(Axicon) 렌즈
- 510.. 일측단
- 520.. 타측단
- 10.. 레이저 빔
- 20.. 베셀 빔
- S.. 샘플(Sample)

Θ1.. 제1 반사체의 일측 단면이 경사진 각도

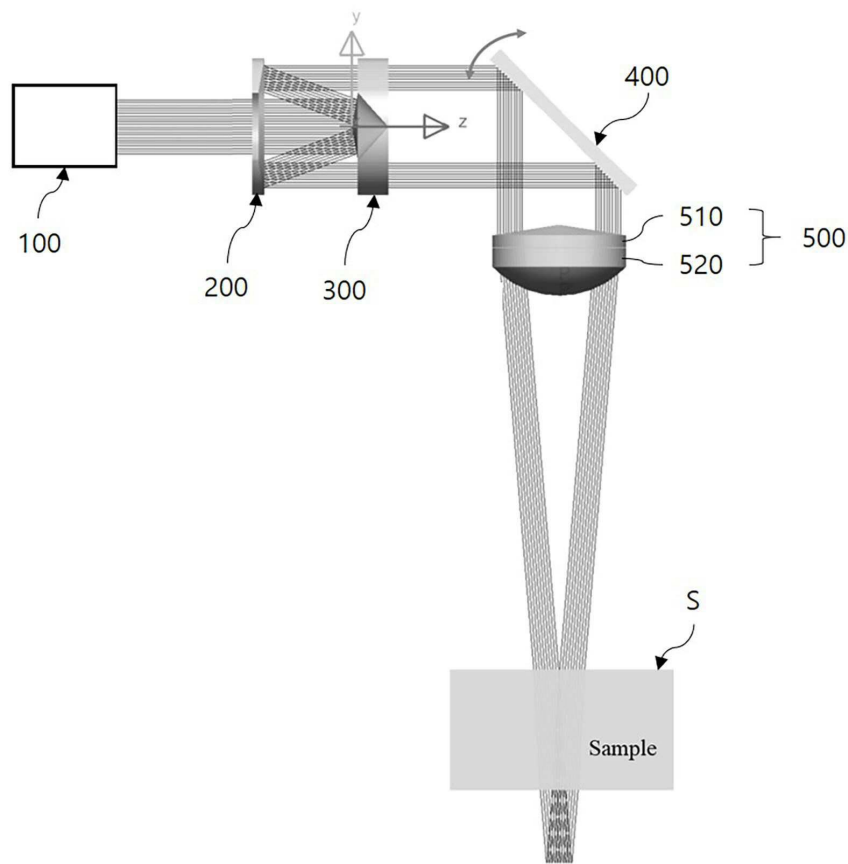
Θ2.. 돌출부의 모선과 밑면이 이루는 각도

도면

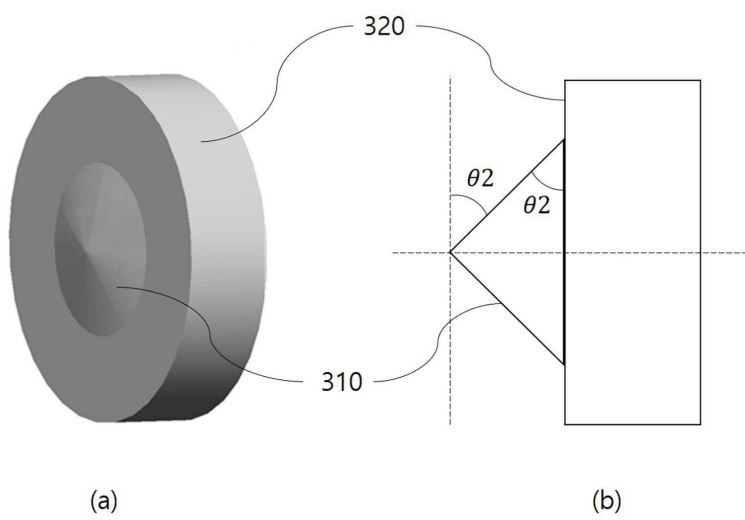
도면1



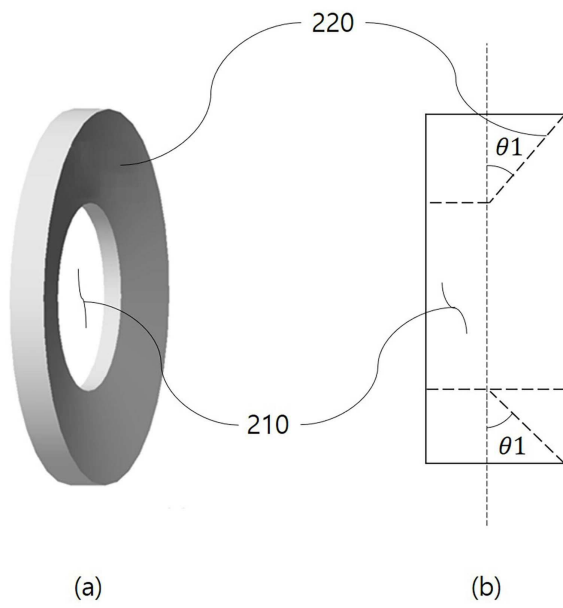
도면2



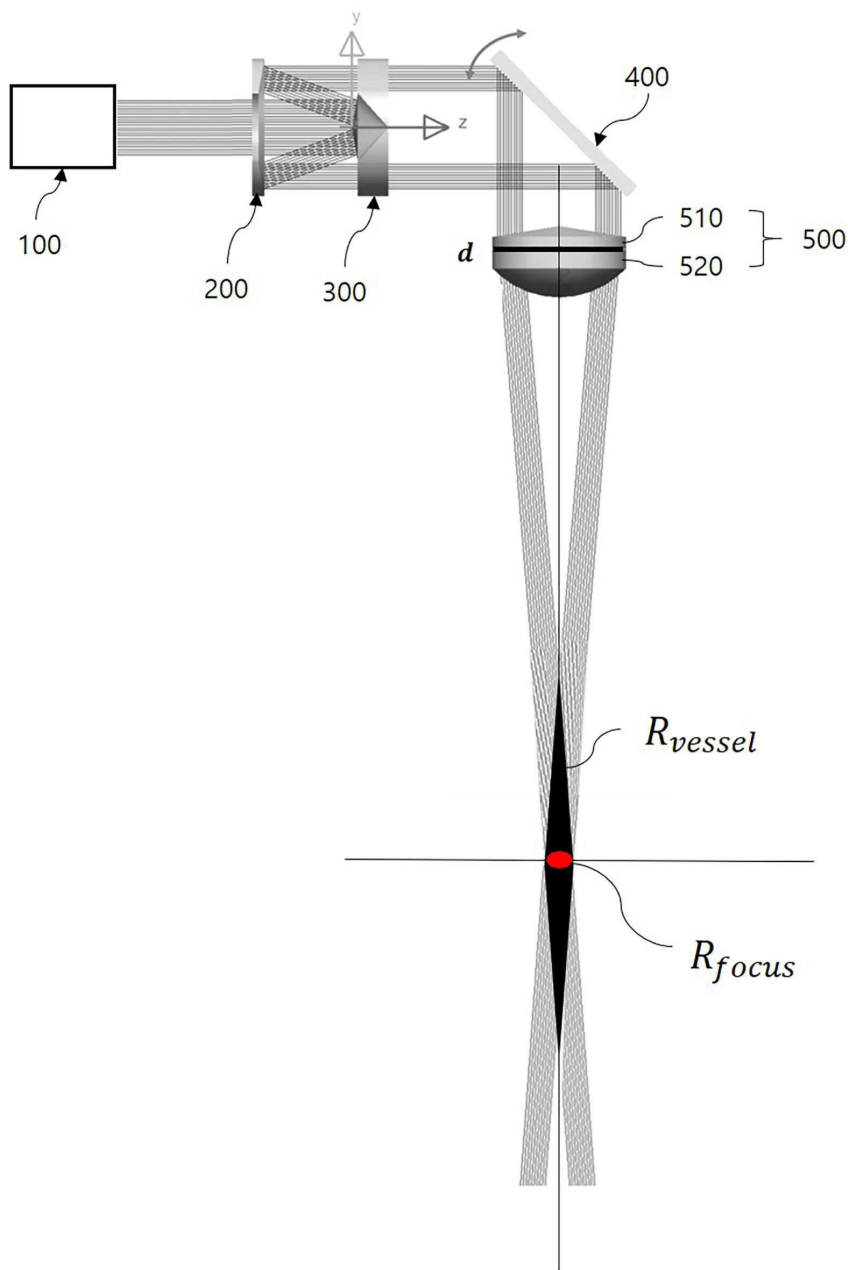
도면3



도면4



도면5



도면6

