



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0047558
(43) 공개일자 2020년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 26/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 26/0808 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7006324
(22) 출원일자(국제) 2018년09월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년03월03일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/052018
(87) 국제공개번호 WO 2019/060590
국제공개일자 2019년03월28일
(30) 우선권주장
62/562,047 2017년09월22일 미국(US)

(71) 출원인
일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드
미국, 오리건 97229, 포트랜드, 노스웨스트 싸이언스 파크 드라이브 13900
(72) 발명자
브룩카이지, 제임스
미국 오리건주 97229 포트랜드 엔더블유 싸이언스 파크 드라이브 13900 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드
클레이너트, 장
미국 오리건주 97229 포트랜드 엔더블유 싸이언스 파크 드라이브 13900 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 광장리앤코

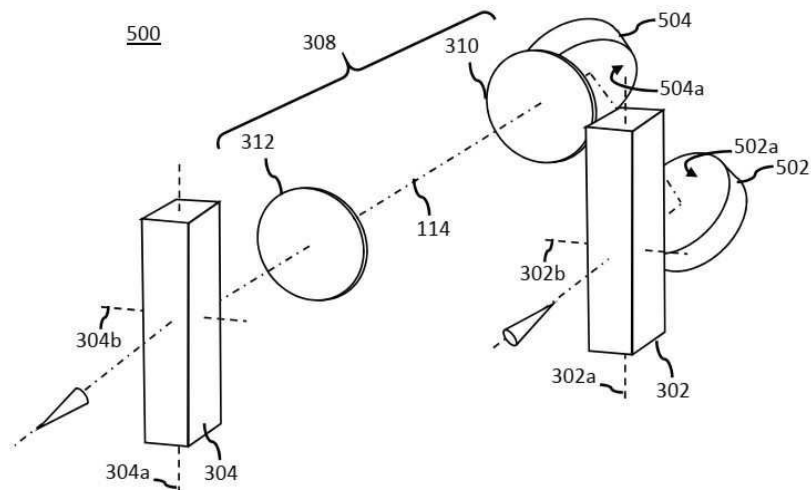
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 위상-시프팅 리플렉터를 갖는 음향-광학 시스템

(57) 요약

빔 위치 지정기는 선형으로 편광된 레이저 광의 입사 빔을 회절시키도록 동작하는 제1 음향 광학(AO) 편향기(AOD)를 포함하는 것으로 광범위하게 특징지어질 수 있으며, 제1 AOD는 제1 회절 축을 갖고 제1 회절 축이 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 평면과 미리 결정된 공간적인 관계를 갖도록 배향된다. 빔 위치 지정기는 광이 제1 AOD로부터 전파될 수 있는 빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 제1 AOD에 의해 회절된 광의 편광 평면을 회전시키도록 구성되고 배향될 수 있다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

리히터, 제러드

미국 오리건주 97229 포트랜드 엔더블유 싸이언스
파크 드라이브 13900 일렉트로 싸이언티픽 인더스
트리즈 인코포레이티드

이튼, 커트

미국 오리건주 97229 포트랜드 엔더블유 싸이언스
파크 드라이브 13900 일렉트로 싸이언티픽 인더스
트리즈 인코포레이티드

명세서

청구범위

청구항 1

빔 위치 지정기로서,

선형으로 편광된 레이저 광의 입사 빔을 회절시키도록 동작하는 제1 음향-광학(AO) 편향기(AOD) - 상기 제1 AOD는 제1 회절 축을 가지며, 상기 제1 AOD는 상기 제1 회절 축이 상기 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 평면과 미리 결정된 공간적인 관계를 갖도록 배향됨 -; 및

광이 상기 제1 AOD로부터 전파될 수 있는 빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터(phase-shifting reflector) - 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 상기 제1 AOD에 의해 회절된 광의 상기 편광 평면을 회전시키도록 구성되고 배향됨 -을 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 빔 경로 내에 배열되고 선형으로 편광된 레이저 광의 입사 빔을 회절시키도록 동작하는 제2 AOD를 더 포함하고, 상기 제2 AOD는 제2 회절 축을 가지며, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 제1 AOD와 제2 AOD 사이에 배열되는, 빔 위치 지정기.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 회절 축은 상기 제2 회절 축에 평행한, 빔 위치 지정기.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 제1 회절 축은 상기 제2 회절 축에 직교하는, 빔 위치 지정기.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제1 AOD와 상기 제2 AOD 사이의 빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 영 위상-시프트 리플렉터를 더 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 반파 위상-시프팅 리플렉터를 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 두 개의 1/4파 위상-시프팅 리플렉터를 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 두 개의 1/4파 위상-시프팅 리플렉터는:

제1 리플렉터 표면을 갖는 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터; 및

제2 리플렉터 표면을 갖는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터를 포함하고,

상기 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 및 상기 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터는 상기 제1 리플렉터 표면의 표면 법선이 상기 제2 리플렉터 표면의 표면 법선에 직교하도록 서로에 대해 배향되는, 빔 위치 지정기.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 두 개의 1/4파 위상-시프팅 리플렉터는:

제1 리플렉터 표면을 갖는 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터; 및

제2 리플렉터 표면을 갖는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터를 포함하고,

상기 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 및 상기 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터는 상기 제1 리플렉터 표면의 표면 법선이 상기 제2 리플렉터 표면의 표면 법선에 평행하도록 서로에 대해 배향되는, 빔 위치 지정기.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 검류계 미러를 더 포함하고, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 상기 제1 AOD와 상기 검류계 미러 사이에 배열되는, 빔 위치 지정기.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터의 배향은 상기 제1 AOD에 대해 고정되는, 빔 위치 지정기.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터의 배향은 상기 제1 AOD에 대해 가변적인, 빔 위치 지정기.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 제1 AOD는 게르마늄을 포함하는 재료로 형성된 AO 셀을 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 제1 AOD는 석영을 포함하는 재료로 형성된 AO 셀을 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 실리콘 및 구리로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함하는 재료로 형성되는, 빔 위치 지정기.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 제1 회절 축과 상기 선형으로 편광된 레이저 광의 상기 편광 평면 사이의 상기 미리 결정된 공간적인 관계는 상기 제1 회절 축이 상기 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 평면에 평행할 때 충족되는, 빔 위치 지정기.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 제1 회절 축과 상기 선형으로 편광된 레이저 광의 상기 편광 평면 사이의 상기 미리 결정된 공간적인 관계는 상기 제1 회절 축이 상기 선형으로 편광된 레이저 광의 상기 편광 평면에 직교할 때 충족되는, 빔 위치 지정기.

청구항 18

빔 위치 지정기로서,

제1 음향 광학(AO) 편향기(AOD);

제2 AOD; 및

상기 제1 AOD와 상기 제2 AOD 사이에 삽입된 위상 지연기(phase retarder)를 포함하고,

상기 제1 AOD 및 상기 제2 AOD로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 AOD는 게르마늄을 포함하는 재료로 형성된 AO 셀을 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 위상 지연기는 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터를 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 위상 지연기는 투과성 위상-시프팅 플레이트를 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 투과성 위상-시프팅 플레이트는 구조화된 다이아몬드 반파장판을 포함하는, 빔 위치 지정기.

청구항 22

빔 위치 지정기로서,

제1 음향 광학(AO) 편향기(AOD);

레이저 광의 빔이 상기 제1 AOD로부터 전파될 수 있는 빔 경로 내에 배열된 제2 AOD;

상기 제1 AOD와 상기 제2 AOD 사이의 상기 빔 경로 내에 배열된 위상 지연기; 및

상기 제1 AOD와 상기 제2 AOD 사이의 상기 빔 경로 내에 배열된 미러를 포함하고,

상기 제1 AOD, 제2 AOD, 위상 지연기 및 미러는 상기 레이저 광의 빔이 상기 제1 AOD 상에 입사되는 방향에 적어도 일반적으로 반대되는 방향으로 상기 레이저 광의 빔이 상기 제2 AOD로부터 전파될 수 있도록 배열되는, 빔 위치 지정기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 연관된 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2017년 9월 22일자로 출원되고, 그 전체가 참조로 통합된 미국 가출원 제62/562,047호의 이익을 주장한다.

배경 기술

[0003] 때때로 브래그 셀(Bragg cell)로 지칭되는 음향-광학(AO) 디바이스는 무선 주파수에서 음향파를 사용하여 광을 회절시키고 시프트(shift)시킨다. 이들 디바이스는 Q-스위칭(Q-switching), 전기 통신 시스템(telecommunications systems)에서의 신호 변조, 현미경 시스템에서의 레이저 스캐닝(laser scanning) 및 빔 강도 제어, 주파수 시프팅, 분광학 시스템(spectroscopy systems)에서의 파장 필터링에 종종 사용된다. 다수의 다른 응용은 그 자체에 음향-광학 디바이스를 사용한다. 예를 들어, AO 편향기(AOD)는 레이저 기반 재료 가공 시스템에서 사용될 수 있다.

[0004] 전형적인 AO 디바이스에서, 트랜스듀서(transducer)는 AO 매체(또한, "AO 셀"로 지칭됨) 전형적으로, 회절될 광의 파장에 대해 적합하게 투명한 결정 또는 유리에 부착된다. RF 신호(또한, "구동 신호"로 알려짐)가 (예를 들어, RF 구동기로부터) 트랜스듀서에 인가되며, 그를 통해 AO 매체에서 팽창 및 압축의 주기적인 영역으로 나타나는, AO 매체에서 전파하는 음향파를 생성하기 위해 특정한 주파수에서 진동하도록 트랜스듀서를 구동시키며, 그를 통해 AO 매체 내에서 주기적으로 변하는 굴절률을 생성한다. 주기적으로 변하는 굴절률은 AO 매체를 통해 전파하는 레이저 광의 빔을 회절시킬 수 있는 광학 격자(optical grating)와 유사한 기능을 한다.

[0005] 도 1을 참조하면, AOD(100)는 일반적으로, AO 매체(102), AO 매체(102)에 (즉, AO 매체(102)의 트랜스듀서 단부에) 부착된 트랜스듀서(104), AO 매체(102)에 (즉, 트랜스듀서 단부 반대편의 AO 매체(102)의 흡수체 단부(absorber end)에) 부착된 음향 흡수체(106)를 포함한다. RF 구동기(108)는 보통, AOD(100)를 구동시키기 위해 트랜스듀서(104)의 입력에 전기적으로 결합된다. AO 매체(102)가 형성되는 재료는 편향될 레이저 광의 빔에서 광의 파장에 의존하여 선택된다. 트랜스듀서(104)는 일반적으로, 압전 트랜스듀서이고, RF 구동기(108)에 의해 출력된 입력 RF 신호(즉, 구동 신호)에 응답하여 진동하도록 동작한다. RF 구동기(108)는 결국 트랜스듀서(104)에 입력되는 구동 신호를 생성하도록 동작한다.

[0006] 일반적으로, 트랜스듀서(104)에 의해 생성된 진동이 AO 매체(102) 내에서 AOD(100)의 회절 축(110)을 따라 트랜스듀서 단부로부터 음향 흡수체(106) 쪽으로(예를 들어, 라인(112)으로 나타낸 바와 같이) 대응하는 음향파를

생성할 수 있도록, 트랜스듀서(104)는 AO 매체(102)에 부착된다. 도 1에 예시적으로 도시된 바와 같이, (예를 들어, 주파수, 진폭, 위상 등에 의해 특징지어지는) 구동 신호가 트랜스듀서(104)에 인가될 때, 트랜스듀서(104)는 AO 매체(102) 내에서 전파하는 음향파를 생성하도록 진동함으로써, AO 매체(102) 내에서 주기적으로 변화하는 굴절률을 생성한다. 이 기술분야에 알려진 바와 같이, 주기적으로 변화하는 굴절률은 AO 매체(102)의 제1 표면(102a) 상에 입사되고 AO 매체(102)를 통해 음향파에 대해 측정된 브래그 각도(Θ_B)로 전파하는 (예를 들어, 빔 경로(114)를 따라 전파하는) 레이저 광의 빔을 회절시키는 기능을 한다.

[0007] 레이저 광의 입사 빔을 회절시키는 것은 전형적으로 0차 및 1차 회절 피크를 포함하는 회절 패턴을 생성하고, 또한, 고차 회절 피크(예를 들어, 2차, 3차 등)를 포함할 수 있다. 이 기술분야에 알려진 바와 같이, 0차 회절 피크에서 레이저 광의 회절된 빔의 부분은 "0차" 빔으로 지칭되고, 1차 회절 피크에서 레이저 광의 회절된 빔의 부분은 "1차" 빔으로 지칭되는 등이다. 일반적으로, 0차 빔 및 다른 회절된 차수의 빔(예를 들어, 1차 빔 등)은 (예를 들어, 제1 표면(102a) 반대쪽에 있는, AO 매체(102)의 제2 표면(102b)을 통해) AO 매체(102)를 빠져 나갈 때, 상이한 빔 경로를 따라 전파한다. 예를 들어, 0차 빔은 0차 빔 경로를 따라 전파되고, 1차 빔은 1차 빔 경로를 따라 전파되는 등이다. 0차 및 다른 회절된 차수의 빔 경로 사이의 각도(예를 들어, 0차 및 1차 빔 경로 사이의 각도, Θ_D)는 AO 매체(102)상에 입사되는 레이저 광의 빔을 회절시키기 위해 인가되는 구동 신호에서의 주파수(또는 주파수들)에 대응한다.

[0008] 인가된 구동 신호의 진폭은 다양한 회절된 차수의 빔으로 회절되는 레이저 광의 입사 빔의 비율에 비선형 효과를 미칠 수 있으며, AOD는 다른 회절된 차수의 빔(예를 들어, 0차 빔 등)을 유지시키기 위해 레이저 광의 입사 빔의 상대적으로 적은 부분을 남기고, 레이저 광의 입사 빔의 상당한 부분을 1차 빔 쪽으로 회절시키도록 구동될 수 있다. 또한, 인가된 구동 신호의 주파수는 1차 빔을 스캔하도록 (예를 들어, 작업물의 상이한 영역의 처리를 용이하게 하도록) 빠르게 변경될 수 있다. 따라서, AOD는 작업물의 가공(예를 들어, 용융, 기화, 삭마, 마킹, 균열(cracking) 등) 동안 1차 빔을 작업물 상에 가변적으로 편향시키기 위해, 레이저 기반 재료 가공의 분야 내에서 사용하기 위한 레이저 가공 시스템에 이롭게 통합된다.

[0009] 레이저 가공 시스템은 전형적으로 0차 빔 경로(및 임의의 더욱 높은 차수의 빔 경로)를 따라 전파하는 레이저 광이 작업물에 도달하는 것을 방지하기 위해 하나 이상의 빔 덤프(beam dumps)를 포함한다. 따라서, 레이저 가공 시스템 내에서, AOD(100)를 빠져나가는 1차 빔 경로는 전형적으로, AOD(100) 내에서 (예를 들어, 또한 본원에서 "1차 편향 각도"로 지칭되는 각도(Θ_D) 만큼) 회전되거나 또는 편향되는 빔 경로(114)로 간주될 수 있다. AOD(100)가 레이저 광의 입사 빔을 회절시키도록 구동될 때, 빔 경로(114)가 회전되는 축(또한, 본원에서 "회전 축"으로 지칭됨)은 레이저 광의 입사 빔이 AOD(100) 내에서 전파하는 축(또한, 본원에서 "광학 축"으로 지칭됨) 및 AOD(100)의 회절 축에 수직이다. 따라서, AOD(100)는 AOD(100)의 회절 축 및 AOD(100) 내의 광학 축을 포함하는 (또는 그렇지 않다면 일반적으로 이에 평행한) 평면(또한, 본원에서 "편향 평면"으로도 지칭됨) 내에서 입사 빔 경로(114)를 편향시킨다. AOD(100)가 편향 평면 내에서 빔 경로(114)를 편향시킬 수 있는 공간의 범위는 본원에서 AOD(100)의 "스캔 필드"로 지칭된다.

[0010] 레이저 가공 시스템은 두 개의 축을 따라 빔 경로(114)를 편향시키기 위해 연속하여 배열된 다수의 AOD를 통합할 수 있다. 예를 들어, 도 2를 참조하면, 제1 AOD(200) 및 제2 AOD(202)는 그 각각의 회절 축(즉, 제1 회절 축(200a) 및 제2 회절 축(202a) 각각)이 서로 직교하도록 배향될 수 있다. 이 예시에서, 제1 AOD(200)는 (예를 들어, 제1 회절 축(200a)에 수직인) 제1 회전 축(200b)에 대해 빔 경로(114)를 회전시키도록 동작하고, 따라서 제1 편향 평면(즉, 제1 AOD(200) 내의 제1 회절 축(200a) 및 광학 축을 포함하거나, 또는 그렇지 않다면 일반적으로 이에 평행한 평면) 내에 입사 빔 경로(114)를 편향시키며, 제1 편향 평면은 제1 회전 축(200b)에 수직이다. 마찬가지로, 제2 AOD(202)는 (예를 들어, 제2 회절 축(202a)에 수직인) 제2 회전 축(202b)에 대해 빔 경로(114)를 회전시키도록 동작하고, 따라서 제2 편향 평면(즉, 제2 AOD(202) 내의 제2 회절 축(202a) 및 광학 축을 포함하거나 또는 그렇지 않다면 일반적으로 이에 평행한 평면) 내 입사 빔 경로(114)를 편향시키며, 제2 편향 평면은 제2 회전 축(202b)에 수직이다. 상기를 고려하여, 제1 및 제2 AOD(200 및 202)는 다중-축 "빔 위치 지정기"로서 집합적으로 특징지어질 수 있고, 각각은 2차원 스캔 필드(204) 내에서 빔 경로(114)를 편향시키도록 선택적으로 동작될 수 있다. 인식되는 바와 같이, 2차원 범위 스캔 필드(204)는 두 개의 1차원 스캔 필드: 제1 AOD(200)와 연관된 제1 1차원 스캔 필드 및 제2 AOD(202)와 연관된 제2 1차원 스캔 필드의 중첩인 것으로 고려될 수 있다.

[0011] 다중-축 빔 위치 지정기에 포함된 AOD의 타입에 의존하여, 제1 AOD(200)에 의해 투과된 1차 빔 경로에서 광의 편향 평면(즉, 전기장이 진동하는 평면)을 회전시키는 것이 바람직할 수 있다. 레이저 광의 입사 빔의 상당한

부분을 1차 빔으로 편향시키는 데 필요한 RF 구동 전력의 양이 편향되는 레이저 광의 빔의 편광 상태(polarization state)에 상당히 의존하는 경우, 편광 평면을 회전시키는 것이 바람직할 것이다. 또한, 다중-축 빔 위치 지정기에서 각 AOD가 동일한 재료로 형성되는 AO 매체(102)를 포함하고, 각 AOD가 레이저 광의 입사 빔을 편향시키기 위해 동일한 타입의 음향파를 사용하는 경우, 및 제1 AOD(200)에 의해 투과된 1차 빔에서 광의 편광 상태가 선형이고 2차 회절 축(202a)에 대해 특정한 방향으로 배향되는 것이 바람직할 경우, 제2 AOD(202)의 배향이 제1 AOD(200)의 배향에 대해 회전되는 것처럼(just as), 제2 AOD(202)에 의해 투과된 1차 빔에서의 광의 편광 상태는 제1 AOD(200)에 의해 투과된 1차 빔에서의 광의 편광 상태에 대해 회전되는 것이 유사하게 바람직할 것이다.

[0012] 통상적으로, 편광 회전은 반파장판에 의해 제공되며, 레이저 광의 입사 빔에 관련된 반파장판 이후의 편광의 배향은 레이저 광의 입사 빔의 편광 배향에 관련된 반파장판의 배향의 기능이다. 반파장판은 전형적으로, 충분한 복굴절을 나타내고 위상 시프트된 광의 특정한 파장(또는 파장 범위)에 적절하게 투명한 재료로 제조된다. $9\mu\text{m}$ (또는 그 즈음)로부터 $11\mu\text{m}$ (또는 그 즈음)로의 범위 내의 파장(예를 들어, $9.2\mu\text{m}$, $9.5\mu\text{m}$, $10.6\mu\text{m}$ 등)에서 광을 위상 시프트시키도록 설계된 종래의 반파장판은 바람직하지 않게 비용이 많이 들고, 전형적으로 CO_2 레이저를 통한 레이저 기반 재료 가공과 같은 고출력 레이저 응용에 적합하지 않다.

발명의 내용

[0013] 일 실시예는 선형으로 편광된 레이저 광의 입사 빔을 회절시키도록 동작하는 제1 음향-광학(AO) 편향기(AOD) - 제1 AOD는 제1 회절 축을 가지며, 제1 AOD는 제1 회절 축이 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 평면과 미리 결정된 공간적인 관계를 가짐 -를 포함하는 빔 위치 지정기로 광범위하게 특징지어질 수 있다. 빔 위치 지정기는 광이 제1 AOD로부터 전파될 수 있는 빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터(phase-shifting reflector)를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 제1 AOD에 의해 회절된 광의 편광 평면을 회전시키도록 구성되고 배향된다.

[0014] 다른 실시예는 제1 음향 광학(AO) 편향기(AOD); 제2 AOD; 및 제1 AOD와 제2 AOD 사이에 삽입된 위상 지연기(phase retarder)를 포함하는 빔 위치 지정기로 광범위하게 특징지어질 수 있다. 제1 AOD 및 제2 AOD로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 AOD는 게르마늄을 포함하는 재료로 형성된 AO 셀을 포함할 수 있다.

[0015] 다른 실시예는 제1 음향 광학(AO) 편향기(AOD); 레이저 광의 빔이 제1 AOD로부터 전파될 수 있는 빔 경로 내에 배열된 제2 AOD; 제1 AOD와 제2 AOD 사이의 빔 경로 내에 배열된 위상 지연기; 및 제1 AOD와 제2 AOD 사이의 빔 경로 내에 배열된 미러를 포함하는 빔 위치 지정기로 광범위하게 특징지어질 수 있다. 제1 AOD, 제2 AOD, 위상 지연기 및 미러는 레이저 광의 빔이 제1 AOD 상에 입사되는 방향에 적어도 일반적으로 반대되는 방향으로, 레이저 광의 빔이 제2 AOD로부터 전파될 수 있도록 배열된다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 음향 광학 편향기(AOD)를 개략적으로 도시한다.
 도 2는 다중-축 빔 위치 지정기에서의 AOD의 배열을 개략적으로 도시한다.
 도 3, 4, 5 및 7은 다양한 실시예에 따른 다중-축 빔 위치 지정기를 개략적으로 도시하는 사시도이다.
 도 6 및 8은 다양한 실시예에 따른 다중-축 빔 위치 지정기에서 $1/4$ 파 위상-시프팅 리플렉터에 대한 위상 시프트와 입사각 사이의 예시적인 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 예시적인 실시예가 첨부 도면을 참조하여 여기서 서술된다. 달리 명시하지 않는 한, 도면에서 구성요소, 피쳐(features), 요소 등의 크기, 위치 등과 이들 사이의 임의의 거리는 축적대로 도시된 것은 아니고, 명료함을 위해 과장된다. 도면에서, 유사한 부호는 전체에 걸쳐 유사한 요소를 지칭한다. 따라서, 동일하거나 유사한 부호는, 대응하는 도면에서 언급되거나 서술되지 않더라도, 다른 도면을 참조하여 서술될 수 있다. 또한, 참조 부호로 표기되지 않은 요소도, 다른 도면을 참조로 서술될 수 있다.

[0018] 본원에 사용되는 용어는 오직 특정한 예시적인 실시예를 서술하기 위한 것이고, 제한하려는 것으로 의도되지 않는다. 달리 정의되지 않는 한, 본원에 사용된 (기술적 및 과학적 용어를 포함하는) 모든 용어는 통상의 기술자에 의해 보통 이해되는 것과 동일한 의미를 갖는다. 본원에 사용된 단수형인 "하나의(a, an)" 및 "그(the)"는

문맥상 분명히 달리 지시하지 않는 한 복수형도 포함하는 것으로 의도된다. 포함한다(comprises) 및/또는 "포함하는(comprising)"이란 용어는, 본원에서 사용될 때, 명시된 피처, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 구성요소의 존재를 명시하지만, 하나 이상의 다른 피처, 정수, 단계, 동작, 요소, 구성요소 및/또는 이의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 인식되어야 한다. 달리 명시되지 않는 한, 값의 범위는 인용될 때, 그 범위의 상한 및 하한 양자뿐만 아니라, 이들 사이의 임의의 하위-범위를 포함한다. 달리 지시되지 않는 한, "제1", 제2" 등과 같은 용어는 하나의 요소를 다른 것과 구분하기 위해서만 사용된다. 예를 들어, 하나의 노드는 "제1 노드"로 지칭될 수 있고, 마찬가지로 다른 노드는 "제2 노드"로 지칭될 수 있으며 그 역으로도 가능하다.

[0019] 달리 지시되지 않는 한, "약", "대략", "거의" 등의 용어는 양, 크기, 제형(formulations), 파라미터 및 다른 수량 및 특성이 정확하지 않고 정확할 필요는 없으나, 바람직한 경우, 반영 공차(reflecting tolerances), 변환 인자, 반올림, 측정 오차 등, 그리고 통상의 기술자에게 알려진 다른 인자에 대한 근사치이거나 및/또는 이보다 크거나 작을 수 있음을 의미한다. "아래의(below)", "아래쪽의(beneath)", "낮은(lower)", "위의(above)", 그리고 "높은(upper)" 등과 같은 공간적으로 상대적 용어는 도면에 도시된 것처럼, 하나의 요소 또는 피처의 다른 요소 또는 피처에 대한 관계를 서술하도록, 서술의 용이함을 위해 본원에서 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적 용어가 도면에 도시된 배향 외에 다른 배향도 포괄하는 것으로 의도된다는 것이 인식되어야 한다. 예를 들어, 도면에서 객체가 회전되면, 다른 요소 또는 피처 "아래의" 또는 "아래쪽"으로 서술된 요소는 다른 요소 또는 피처의 "위"로 배향될 것이다. 따라서, "아래의"란 예시적인 용어는 위 및 아래의 배향 양자를 포괄할 수 있다. 객체는 다르게 배향될 수 있고(예를 들어, 90도 또는 다른 배향으로 회전됨), 본원에서 사용되는 공간적으로 상대적인 서술자는 그에 따라 해석될 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예는 일반적으로, AOD에 의해 투과된 레이저 광 빔의 경로에 배치된 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터(또한, 이 기술분야에서 "위상-시프팅 미러", "위상 지연 미러", "반사 위상 지연기" 등으로도 알려짐)를 포함하는 다중-축 빔 위치 지정기를 제공하는 것으로 특징지어질 수 있다. AOD에 의해 투과된 레이저 광의 빔은 일반적으로, 선형으로 편광되는 것으로 특징지어질 수 있고, 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터는 AOD에 의해 투과된 레이저 광의 빔의 편광 평면을 회전시키도록 구성되고 배향된다.

[0021] 도 3에 도시된 하나의 예시적인 실시예에서, 다중-축 빔 위치 지정기(300)는 (예를 들어, 제1 회절 축(302a) 및 제1 회전 축(302b)에 의해 특징지어지는) 제1 AOD(302), (예를 들어, 제2 회절 축(304a) 및 제2 회전축(304b)에 의해 특징지어지는) 제2 AOD(304), 위상-시프팅 리플렉터(306) 및 (예를 들어, 릴레이 렌즈(310, 312)의 쌍을 포함하는) 광학 릴레이 시스템(308)을 포함할 수 있다. 일반적으로, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304) 각각은 AOD(100)에 대해 위에서 논의된 바와 같이 제공될 수 있다. 예를 들어, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 각각은 (AO 매체(102)와 같은) AO 매체, AO 매체의 트랜스듀서 단부에 부착된 (트랜스듀서 (104)와 같은) 트랜스듀서, 및 선택적으로 트랜스듀서 단부 반대편의 AO 매체의 흡수체 단부에서 AO 매체에 부착된 (예를 들어, 흡수체 (106)와 같은) 음향 흡수체를 포함할 수 있다.

[0022] 도시되지는 않았지만, 다중-축 빔 위치 지정기(300)는 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304) 각각의 트랜스듀서(또한 도시되지 않음)의 입력에 전기적으로 연결된 (예를 들어, RF 구동기(108)와 같은) 하나 이상의 RF 구동기를 포함할 수 있다. 따라서, RF 구동기에 의해 하나 이상의 구동 신호가 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304) 각각에 인가될 수 있다. 인가된 구동 신호에 응답하여, 제1 AOD(302)는 제1 편향 평면(즉, 제1 회절 축(302b)에 수직이고, 제1 AOD(302) 내의 제1 회절 축(302a) 및 광학 축을 포함하거나 또는 그렇지 않다면 이에 평행한 평면) 내에서 레이저 광의 입사 빔을 편향시키도록 동작한다. 마찬가지로, 인가된 구동 신호에 응답하여, 제2 AOD(304)는 제2 편향 평면(즉, 제2 회절 축(304b)에 수직이고, 제2 AOD(304) 내의 제2 회절 축(304a) 및 광학 축을 포함하거나 또는 그렇지 않다면 이에 평행한 평면) 내에서 레이저 광의 입사 빔을 편향시키도록 동작한다.

[0023] 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 레이저 광의 입사 빔의 S 및 P 편광 성분 사이의 180도 위상 시프트를 초래하도록 구성된 (예를 들어, 실질적으로 평면인 리플렉터 표면(306a)을 갖는) 반파 위상-시프팅 리플렉터로 제공된다. 광학 릴레이 시스템(308)은 제1 AOD(302)의 이미지를 제2 AOD(304)상에 릴레이하도록 배열되고 구성된다. 본원에 도시된 바와 같이, 빔 경로(114)는 점선으로 그래픽으로 도시되고, 다중-축 빔 위치 지정기(300)의 전술한 구성요소는 빔 경로(114)를 따라 전파하는 레이저 광을 (예를 들어, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 경우) 회절시키거나, (예를 들어, 광학 릴레이 시스템(308)의 경우) 굴절시키거나, 또는 (예를 들어, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)의 경우) 반사시키도록 배열된다.

[0024] 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)는 각각 세로 방향 모드 AOD로서 제공된다. 따라서, 임의의 특정한 AOD상에 입사하는 레이저 광의 편광 평면은 그 AOD를 빠져나가는 레이저 광의 편광 평면에 평행이다(또는 이에 적어도 실질

적으로 평행이다). 다중-축 빔 위치 지정기(300)는 선형으로 편광된 레이저 광 상에서 동작하도록 구성되고, 따라서 빔 경로(114)를 따라 전파하고 제1 AOD(302)상에 입사되는 레이저 광은 이 기술분야에 알려진 임의의 수단에 의해 선형으로 편광되도록(또는 적어도 실질적으로 선형으로 편광되도록) 제공되며, 제1 AOD(302)는 제1 회절 축(302a)이 그에 입사되는 레이저 광의 빔의 평면 편광과 평행하도록(또는 적어도 실질적으로 평행하도록) 배향된다. 마찬가지로, 빔 경로(114)를 따라 전파하고 제2 AOD(304) 상에 입사하는 레이저 광은 선형으로 편광되고(또는 적어도 실질적으로 선형으로 편광되고), 제2 AOD(304)는 제2 회절 축(304a)이 그에 입사되는 레이저 광의 빔의 평면 편광과 평행하도록(또는 이에 적어도 실질적으로 평행하도록) 배향된다.

[0025] 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 리플렉터 표면(306a) 상에서 90도로 입사되는 (즉, 제1 AOD(302)를 빠져나간 이후의) 레이저 광의 편광 평면을 (즉, 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면에 대해)을 회전시키도록 배열되고 구성된다. 이를 달성하기 위해, 및 아래에서 더욱 상세히 논의되는 바와 같이, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 레이저 광의 빔이 45도의 입사각(또는 그 즈음)으로 리플렉터 표면(306a)상에 입사하도록 배향된다. 덧붙여, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 레이저 광의 입사 빔의 편광 평면이 리플렉터 표면(306a)에서 입사/반사의 평면에 대해 45도(또는 적어도 실질적으로 45도)의 각도가 되도록 배향된다.

[0026] 동작 동안, 제1 AOD(302)에 인가될 임의의 구동 신호에 포함된 주파수는, 제1 AOD(302)에 인가될 때 1차 편향 각도의 범위(또한, 본원에서 "1차 편향 각도 범위"로도 지칭됨) 내에 있는 1차 편향 각도(Θ_D)에서 제1 AOD(302)를 빠져나가면서 전파하는 1차 회절 빔을 생성하는 의도된 주파수 범위 내에 있을 수 있다. 의도된 주파수 범위는 하위 주파수, 상위 주파수에 의해 경계가 지어지는 주파수의 범위에 걸친 주파수 대역으로 개념적으로 고려될 수 있다.

[0027] 일 실시예에서, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)의 배향은 제1 AOD(302)에 대해 고정된다. 따라서, 제1 AOD(302)의 동작 동안, 제1 AOD(302)를 빠져나가는 1차 빔 경로(114)는 다수의 가능한 입사각 중 하나에서 (즉, 제1 AOD(302)의 동작 동안 제1 AOD(302)에 인가되는 구동 신호에 포함된 주파수에 의존하여) 리플렉터 표면(306a)에 입사될 수 있다. 일 실시예에서, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 제1 AOD(302)에 인가된 구동 신호의 주파수가 의도된 주파수 범위의 주파수 대역 내의 기준 주파수에 동일할 때, 제1 AOD(302)를 빠져나가는 1차 빔 경로(114)가 45도로(또는 그 즈음이거나, 또는 그렇지 않다면 적어도 실질적으로 45도의 입사각으로) 리플렉터 표면(306a)상에 입사하도록 배향된다. 주파수 대역은 2MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz, 25MHz, 30MHz 등 또는 이들 값 중 어느 것 사이에 있을 수 있고, 주파수 대역의 하위 주파수는 25MHz, 30MHz, 35MHz, 40MHz, 45MHz, 50MHz, 55MHz, 60MHz 등 또는 이들 값 중 사이에 있을 수 있다. 따라서, 기준 주파수는 26MHz(또는 그 즈음) 내지 89MHz(또는 그 즈음)의 범위 내의 임의의 주파수일 수 있다. 일 실시예에서, 기준 주파수는 30MHz, 40MHz, 50MHz, 60MHz, 70MHz, 80MHz 등 또는 이들 값의 임의의 값 사이에 있을 수 있다. 일반적으로, 기준 주파수는 의도된 주파수 범위의 주파수 대역의 중간에 또는 그 근처에 위치된다. 일 실시예에서, 기준 주파수가 주파수 대역의 중간 주파수의 15%, 10%, 5%, 2%, 1%, 0.5%, 0.25%, 0.1% 등 내에 또는 이들 값 중 임의의 것 사이에 있을 때, 기준 주파수는 의도된 주파수 범위의 주파수 대역의 중간 부근에 있다.

[0028] 다른 실시예에서, 제1 AOD(302)에 관련된 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)의 배향은 가변적일 수 있다. 예를 들어, 제1 AOD(302)에 인가된 구동 신호의 주파수가 의도된 주파수의 하위-범위 내에 있을 때, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 제1 AOD(302)를 빠져나가는 1차 빔 경로(114)가 45도의 입사각으로(또는 그 즈음, 또는 그렇지 않다면 적어도 실질적으로 45도의 입사각으로) 리플렉터 표면(306a)상에 입사하는 것을 보장하기 위해 회전될 수 있다. 의도된 주파수의 하위-범위는 하위 주파수, 상위 주파수에 의해 경계가 지어지는 (의도된 주파수 범위에 동일하거나 또는 그 미만일 수 있는) 주파수의 하위-범위에 걸친 주파수 대역으로 고려될 수 있다. 제1 AOD(302)에 관련된 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)의 배향에서 빠른 조정을 용이하게 하기 위해, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 음성 코일 액추에이터, 압전 위치 지정기(piezoelectric-positioner), 초소형 정밀 기계 시스템(micro-electro-mechanical system, MEMS) 등 또는 이의 임의의 조합)에 의해 작동되는 스테이지(stage)에 장착되거나, 또는 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 변형 가능한 미러 등 또는 이의 임의의 조합으로 제공될 수 있다.

[0029] 도시된 바와 같이, 위상-시프팅 리플렉터(306)는 제1 AOD(302)와 광학 릴레이 시스템(308) 사이의 빔 경로(114)에 배치된다. 하지만, 다른 실시예에서, 위상-시프팅 리플렉터(306)는 광학 릴레이 시스템(308)의 릴레이 렌즈(310, 312)의 쌍 사이의 빔 경로(114)에 배치될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 위상-시프팅 리플렉터(306)는 광학 릴레이 시스템(308)과 제2 AOD(304) 사이의 빔 경로(114)에 배치될 수 있다.

[0030] 상술한 바와 같이 배향되고 구성될 때, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면에 대

해 90도만큼 레이저 광의 입사 빔의 편광 평면을 (즉, 레이저 광의 빔이 전파하는 광학 축에 대해) 회전시킨다. 또한, 도 3에 예시적으로 도시된 바와 같이, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 다중-축 빔 위치 지정기(300)의 구성요소를 상대적으로 소형인 패키지로 조립하는 것을 어렵게 할 수 있는 방식으로 빔 경로(114)의 배향을 왜곡시킨다(skews). 다중-축 빔 위치 지정기(300)의 더욱 소형의 조립을 용이하게 하기 위해, 영(또는 적어도 실질적으로 영) 위상 시프트를 부여하도록 구성된 미러(또한, 본원에서 "영 위상-시프트 리플렉터"로도 지칭됨)가 더욱 소형인 다중-축 빔 위치 지정기를 제공하기 위한 임의의 적합한 또는 바람직한 방식으로 빔 경로(114)를 꺾도록 제공된다.

[0031] 예를 들어, 도 4를 참조하면, (예를 들어, 실질적으로 평면인 리플렉터 표면(402a)을 갖는) 영 위상-시프트 리플렉터(402)는 다중-축 빔 위치 지정기(300)의 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)와 렌즈(310) 사이의 빔 경로(114)에 삽입될 수 있다(이에 의해, 다중-축 빔 위치 지정기(400)를 산출한다). 도 4에 예시적으로 도시된 바와 같이, 영 위상-시프트 리플렉터(402)는 영 위상-시프트 리플렉터(402)에 의해 반사된 레이저 광의 빔이 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)에 입사하는 레이저 광의 빔이 전파하는 방향에 일반적으로 반대인 방향을 따라 전파하도록, 및 영 위상-시프트 리플렉터(402)로부터 반사될 때, 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면이 리플렉터 표면(306a) 상에 입사하는 제1 편향 평면의 배향에 대해 90도만큼 회전되도록 배향될 수 있다. 영 위상-시프트 리플렉터(402)가 임의의 (또는 임의의 상당한) 위상 시프트를 부여하지 않기 때문에, 리플렉터 표면(402a)에서 반사된 레이저 광의 빔의 편광 평면은 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면에 대해 변경되지 않는다(또는 무시할만한 양만큼 변경된다). 결과적으로, 제2 AOD(304)에 최종적으로 전달되는 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 방향은 제1 AOD(302)로부터 출력된 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 방향에 평행할 것이다(또는 이에 적어도 실질적으로 평행할 것이다). 따라서, 도 4에 도시된 바와 같이, 제2 AOD(304)의 제2 회절 축(304a)은 제1 AOD(302)의 제1 회절 축(302a)에 평행할 수 있다(또는 이에 적어도 실질적으로 평행할 수 있다). 또한, 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면은 (예를 들어, 광학 릴레이 시스템(308)을 통해 영 위상-시프트 리플렉터(402)로부터) 제2 AOD(304) 상에 투영될 때, 제2 AOD(304)의 제2 편향 평면에 직교할 것이다(또는 이에 적어도 실질적으로 직교할 것이다). 따라서, 제1 AOD(302)와 연관된 스캔 필드(1차원 스캔 필드)는, 제2 AOD(304) 상에 투영될 때, 제2 AOD(304)와 연관된 스캔 필드에 직교할 것이고(또는 이에 적어도 실질적으로 직교할 것이고), 다중-축 빔 위치 지정기(400)는 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)와 연관된 두 개의 1차원 스캔 필드의 중첩에 의해 특징지어지는 2차원 스캔 필드를 갖는 것으로 고려될 수 있다.

[0032] 전형적으로, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)가 빔 경로(114)를 따라 전파하는 레이저 광의 입사 빔에 부여할 수 있는 위상 시프트의 양(또한, "위상 지연"으로도 알려짐)은 리플렉터 표면(306a)에서 빔 경로(114)의 입사각이 변할 때 (예를 들어, 제1 AOD(302)의 구동 주파수를 변경시키는 것에 대한 결과로서) 변경될 것이다. 위상 시프트에서의 이 변경은 바람직한 축에서 선형으로 편광되지 않고 오히려 타원형으로 편광되도록, 제2 AOD(304) 상에 입사되는 빔의 편광 상태의 편차를 초래할 것이다. 리플렉터 표면(306a)에서 빔 경로(114)의 가변적인 입사각의 영향을 제거하거나 또는 그렇지 않다면 감소시키기 위해, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 쌍으로 대체될 수 있다. 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 다중-축 빔 위치 지정기(500)는 도 3에 도시된 다중-축 빔 위치 지정기(300)에 대해 유사하게 서술된 바와 같이 제공될 수 있지만, 반파 위상-시프팅 리플렉터(306)는 빔 경로(114) 내에 배열된 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 쌍(즉, 실질적으로 평면 리플렉터 표면(502a)을 갖는 제1 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 실질적으로 평면 리플렉터 표면(504a)을 갖는 제2 위상-시프팅 리플렉터(504))으로 대체될 수 있다.

[0033] 도 5에 예시적으로 도시된 바와 같이, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 제1 AOD(302)에 인가된 구동 신호의 주파수가 의도된 주파수 범위의 전술한 기준 주파수에 동일할 때, 빔 경로(114)를 따라 전파하는 레이저 광의 빔이 45도의 입사각(또한, "제1 입사각"으로도 지칭됨)으로(또는 그 즈음, 또는 그렇지 않다면 적어도 실질적으로 45도의 제1 입사각으로) 리플렉터 표면(502a) 상에 입사하도록 배향된다. 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 제1 AOD(302)에 인가된 구동 신호의 주파수가 의도된 주파수 범위의 전술한 기준 주파수에 동일할 때, 리플렉터 표면(502a)으로부터 반사된 광이 동일한 (또는 적어도 실질적으로 동일한) 양의 S 및 P 편광 성분을 포함함을 보장하도록(즉, 리플렉터 표면(502a)에 의해 반사된 광이 원형으로 편광되거나 또는 적어도 거의 원형으로 편광되도록) 더 배향된다. 따라서, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 전술한 바와 같이 배향될 때, 레이저 광의 입사 빔의 S 및 P 편광된 성분 사이에서 90도(또는 그 즈음)만큼의 위상 시프트를 초래하도록 구성된다.

[0034] 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 리플렉터 표면(504a)이 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 리플렉터 표면(502a)에 직교하도록(또는 적어도 실질적으로 직교하도록) 배향된다. 따라서, 제2 1/4파 위상-시프팅 리

플렉터(504)의 리플렉터 표면(504a)의 표면 법선은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 리플렉터 표면(502a)의 표면 법선에 직교한다(또는 이에 적어도 실질적으로 직교한다). 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 전술한 바와 같이 배향될 때, 레이저 광의 입사 빔의 S 및 P 편광된 성분 사이에서 90도(또는 그 즈음)만큼 위상 시프트를 초래하도록 구성된다. 따라서, 리플렉터 표면(504a)상에 입사되는 원형으로 편광된(또는 적어도 거의 원형으로 편광된) 광은 선형으로 편광된(또는 적어도 실질적으로 선형으로 편광된) 광으로서 반사될 것이다.

[0035] 다중-축 빔 위치 지정기(500)에서 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502 및 504)의 쌍으로부터 180도(또는 그 즈음)의 결합된 위상 시프트를 용이하게 하기 위해, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 동일한 입사각 범위에 걸쳐 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)와 동일한 (또는 실질적으로 동일한) 위상-시프팅 특성(적어도 실질적으로 선형일 수 있음)을 갖도록 제공된다. 도 6은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 각각이 동일한 입사각 범위에 걸쳐 가질 수 있는 예시적인 위상-시프팅 특성을 나타내는 차트이다. 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 또는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)에 의해 임의의 특정한 입사각에서 부여되는 위상 시프트의 양은 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 리플렉터 표면이 이루어지는 재료, 리플렉터 표면의 온도, 리플렉터 표면에서의 임의의 기계적인 변형의 존재, 크기 및 배향과 같은 하나 이상의 인자 등 또는 이의 임의의 조합에 의존하여 (예를 들어, 에러 바(error bars)로 나타난 바와 같이) 변할 가능성을 갖는다.

[0036] 제1 AOD(302)를 빠져나가는 1차 빔 경로(114)가 45도의 제1 입사각으로 리플렉터 표면(502a)상에 입사될 때, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 그 위에 입사된 선형으로 편광된 레이저 광에 대해 90도의 위상 시프트를 부여하고, (예를 들어, 적어도 실질적으로 동일한 양의 S 및 P 편광 성분을 갖는) 적어도 실질적으로 원형으로 편광된 레이저 광의 빔을 반사시킬 것이다. 하지만, 도 6에 예시적으로 도시된 바와 같이, 제1 입사각이 45도에서 벗어날 때, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 의해 부여된 위상 시프트는 그에 대응하여 90도에서 벗어나며, 점점 더 타원형이 되는 편광을 갖는 레이저 광의 반사된 빔을 초래한다.

[0037] 예를 들어, 제1 입사각이 45도를 초과하여 증가할 때, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 90도보다 높은 위상 시프트(즉, "오버시프트(overshift)")를 생성할 것이다. 입사각이 45도 아래로 감소할 때, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 90도보다 낮은 위상 시프트(즉, "언더시프트(undershift)")를 생성할 것이다. 하지만, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)가 전술한 바와 같이 배향될 때, 제2 입사각(즉, 리플렉터 표면(504a)상에 입사되는 레이저 광의 빔의 입사각)은 제1 입사각에 대해 상보물(complement)이다. 즉, 제1 및 제2 입사각의 합은 90도이다. 따라서, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 의해 생성된 오버시프트는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)에 의해 생성된 동일하지만(또는 거의 또는 적어도 실질적으로 동일하지만) 반대의 언더시프트에 의해 보상된다. 마찬가지로, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 의해 생성된 언더시프트는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)에 의해 생성된 동일하지만(또는 거의 또는 적어도 실질적으로 동일하지만) 반대의 오버시프트에 의해 보상된다. 최종적인 결과(net result)는 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)가 함께, 입사각 범위에 걸친 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)상에 입사되는 레이저 광의 빔에서 S와 P 성분 사이에 180도(또는 그 즈음)의 결합된 위상 시프트를 초래할 수 있다는 것이다.

[0038] 전술한 바와 같이 배향되고 구성될 때, 다중-축 빔 위치 지정기(500)의 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면에 대해 제1 AOD(302)로부터 출력된 레이저 광의 빔의 편광 평면을 (예를 들어, 90도 또는 그 즈음만큼) 회전시키고, 또한 리플렉터 표면(502a)상에 입사할 때 제1 편향 평면의 배향에 대해 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면을 (예를 들어, 90도, 또는 그 즈음으로) 회전시키기 위해 함께 동작할 수 있어서, 다중-축 빔 위치 지정기(500)는 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)와 연관된 두 개의 1차원 스캔 필드의 중첩에 의해 특징지어지는 2차원 스캔 필드를 갖는 것으로 고려될 수 있다.

[0039] 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 제1 AOD(302)와 광학 릴레이 시스템(308) 사이에 배치된다. 하지만, 다른 실시예에서, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 광학 릴레이 시스템의 릴레이 렌즈(310, 312)의 쌍 사이에 배치될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 광학 릴레이 시스템(308)과 제2 AOD(302) 사이에 배치될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 다중-축 빔 위치 지정기(500)의 구성요소의 임의의 쌍 사이에 배치될 수 있고, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 다중-축 빔 위치 지정기(500)에서 구성요소의 다른 쌍 사이에서 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 광학적으로 하류에 배치될 수 있다.

- [0040] 다른 실시예에서, 다중-축 빔 위치 지정기(500)는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 리플렉터 표면(504a)이 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 리플렉터 표면(502a)에 평행하도록(또는 이에 적어도 실질적으로 평행하도록) 수정될 수 있다(이를 통해, 도 7에 도시된 다중-축 빔 위치 지정기(700)를 산출한다). 서로 평행한(또는 이에 적어도 실질적으로 평행한) 리플렉터 표면(502a 및 504a)에 부가하여, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 반사 평면은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 반사 평면과 동일하다(또는 이에 적어도 실질적으로 동일 평면에 있다). 따라서, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 리플렉터 표면(504a)의 표면 법선은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 리플렉터 표면(502a)의 표면 법선과 평행할 것이다(또는 적어도 실질적으로 평행할 것이다).
- [0041] 다중-축 빔 위치 지정기(700)에서 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502 및 504)의 쌍으로부터 180도(또는 약 180도)의 결합된 위상 시프트를 용이하게 하기 위해, 동일한 입사각 범위에서 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)와 그에 대응하여 상이한 위상-시프팅 특성(적어도 실질적으로 선형일 수 있음)을 갖는 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)가 제공된다. 구체적으로, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 또는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504) 중 하나는 (이 기술분야에 알려진 어느 적합하거나 또는 이로운 수단에 의해) 주어진 입사각에서 S 및 P 편광 성분 사이의 위상의 언더시프트를 생성하도록 구성되는 한편, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 또는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504) 중 다른 것은 동일한 주어진 입사각에서 S 및 P 편광 사이의 위상의 오버시프트를 생성하도록 구성된다. 도 8은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 또는 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504) 중 하나가 입사각의 범위에 걸쳐 가질 수 있는 예시적인 위상-시프팅 특성을 나타내는 차트이다. 예를 들어, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 도 6에 도시된 위상-시프팅 특성을 가질 수 있는 한편, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 도 8에 도시된 위상-시프팅 특성을 가질 수 있으며, 그 역으로도 그러하다.
- [0042] 도 6 및 8에 도시된 바와 같이, 공통 입사각에서의 언더시프트 및 오버시프트의 결합된 크기는 180도(또는 그 즈음)일 것이다. 예를 들어, 45도의 입사각에서, 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 양자는 90도의 위상 시프트를 생성한다. 43도의 입사각에서, 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 중 하나는 83도의 위상 시프트를 생성하는 한편(도 6 참조), 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 중 다른 것은 97도의 위상 시프트를 생성한다(도 8 참조). 46도의 입사각에서, 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 중 하나는 94도의 위상 시프트를 생성하는 한편(도 6 참조), 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 중 다른 것은 86도의 위상 시프트를 생성한다(도 8 참조).
- [0043] 전술한 바와 같이 배향되고 구성될 때, 다중-축 빔 위치 지정기(700)의 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502) 및 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면에 대해 제1 AOD(302)로부터 출력된 레이저 광의 빔의 편광 평면을 (예를 들어, 90도 또는 그 즈음만큼) 회전시키도록 함께 동작한다. 하지만, 다중-축 빔 위치 지정기(500)에 대해 앞서 논의된 실시예와는 다르게, 다중-축 빔 위치 지정기(700)에서 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 쌍은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 리플렉터 표면(502a)상에 입사되는 레이저 광의 편광 평면에 대해 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면을 회전시키지 않는다. 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 쌍은 또한, 리플렉터 표면(504a)으로부터 반사된 광이 레이저 광의 빔이 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 리플렉터 표면(502a) 상에 입사된 방향과 일반적으로 동일한 방향으로 전파하도록 빔 경로(114)를 재지향시키는 것으로 고려될 수 있다. 결과적으로, 다중-축 빔 위치 지정기(700)에서 제2 AOD(304)에 최종적으로 전달되는 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 방향은 제1 AOD(302)로부터 출력된 선형으로 편광된 레이저 광의 편광 방향에 직교할 것이다(또는 이에 적어도 실질적으로 직교할 것이다). 따라서, 도 7에 도시된 바와 같이, 제2 AOD(304)의 제2 회절 축(304a)은 제1 AOD(302)의 제1 회절 축(302a)에 직교할 수 있다(또는 이에 적어도 실질적으로 직교할 수 있다). 또한, 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면은 (예를 들어, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)로부터 광학 릴레이 시스템(308)을 통해) 제2 AOD(304) 상에 투영될 때, 제2 AOD(304)의 제2 편향 평면에 적어도 실질적으로 직교할 것이다(또는 이에 적어도 실질적으로 직교할 것이다). 따라서, 제1 AOD(302)와 연관된 스캔 필드(1차원 스캔 필드)는, 제2 AOD(304) 상에 투영될 때, 제2 AOD(304)와 연관된 스캔 필드(또한, 1차원 스캔 필드)에 직교할 것이고(또는 이에 적어도 실질적으로 직교할 것이고), 다중-축 빔 위치 지정기(700)는 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)와 연관된 두 개의 1차원 스캔 필드의 중첩에 의해 특징지어지는 2차원 스캔 필드를 갖는 것으로 고려될 수 있다.
- [0044] 위의 논의로부터, 다중-축 빔 위치 지정기(700)에서, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 배향은 제1 AOD(302)에 대해 고정되고, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 배향은 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 대해 고정되는 것으로 가정된다. 이 실시예에서, 도 5에 대해 논의된 실시예와는 다르게, 두 개의 위상-시프팅 리플렉터가 S 및 P 편광 성분 사이에 90도의 위상 시프트를 부여하는 입사각 이외의 입사각에서 S 및 P

편광 성분 사이의 동일한 위상 시프트를 부여하는 경우, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 오버시프트 또는 언더시프트를 보상하지 않는다. 하지만, 다른 실시예에서, 제1 AOD(302)에 대한 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 배향이 가변적이거나, 제1 AOD(302)에 대한 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 배향이 가변적이거나, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)에 대한 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)의 배향이 가변적이거나, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 대한 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)의 배향이 가변적이거나 등 또는 이의 임의의 조합일 수 있다. 예를 들어, 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)는 제1 AOD(302)에 인가되는 구동 신호의 주파수가 의도된 주파수의 전술한 하위-범위 내에 있을 때, 제1 AOD(302)를 빠져나가는 1차 빔 경로(114)가 45도(또는 적어도 실질적으로 45도)의 입사각으로 리플렉터 표면(502a) 상에 입사함을 보장하도록 (예를 들어, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)와 독립적으로 또는 이와 동일하게) 회전될 수 있다. 다른 예시에서, 제1 AOD(302)에 인가된 구동 신호의 주파수가 의도된 주파수의 전술한 하위 범위 내에 있을 때, 제2 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(504)는 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 의해 생성된 임의의 오버시프트 또는 언더시프트를 보상하기 위해 제1 1/4파 위상-시프팅 리플렉터(502)에 대해 회전될 수 있다. 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 어느 것의 배향에서 빠른 조정을 용이하게 하기 위해, 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 중 하나 또는 양자는 음성 코일 액추에이터, 압전 위치 지정기, 초소형 정밀 기계 시스템(MEMS) 위치 지정기 등 또는 이의 임의의 조합)에 의해 작동되는 스테이지에 장착될 수 있거나, 또는 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 중 하나 또는 양자는 변형 가능한 미러 등 또는 이의 임의의 조합으로 제공될 수 있다.

[0045] 일 실시예에서, 제1 및 제2 AOD(302 및 304)의 AO 매체(102)가 형성되는 재료는 $2\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 의 범위 내의 파장을 갖는 광을 편향시키기 위해 통상적으로 선택되는 게르마늄(Ge)과 같은 재료일 수 있다. 따라서, 빔 경로(114)를 따라 전파하는 레이저 광의 빔은 $2\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 범위의 파장을 가질 수 있으며, 일 실시예에서, 파장은 $9\mu\text{m}$ 내지 $11\mu\text{m}$ 범위에 있다. 예시적인 파장은 $9.4\mu\text{m}$, $9.6\mu\text{m}$, $10.6\mu\text{m}$ 등 또는 그 즈음 또는 이들 값의 어느 것 사이의 것을 포함할 수 있다. 이러한 레이저 광의 빔은 임의의 적합한 레이저원(통상의 기술자에게 알려진 바와 같이 20W(또는 그 즈음) 내지 20kW(또는 그 즈음) 범위의 평균 출력으로 레이저 빔을 출력할 수 있는 고출력 CO₂ 레이저)으로부터 생성될 수 있다. 전술한 위상-시프팅 리플렉터 중 임의의 것이 형성될 수 있는 재료는 실리콘, 구리, 몰리브덴, 금 등 또는 이의 임의의 조합과 같은 재료를 포함할 수 있으며, 통상의 기술자에게 알려진 바와 같이 전형적으로 편향될 레이저 광의 빔에서의 광의 파장에 의존하여 선택된다. 예를 들어, 제1 및 제2 AOD(302 및 304)의 AO 셀은 게르마늄(Ge)으로 형성될 수 있고, 다중-축 빔 위치 지정기(300, 400, 500 또는 700)의 임의의 것의 임의의 위상-시프팅 리플렉터는 실리콘 또는 구리와 같은 재료로 형성될 수 있으며, 통상의 기술자에게 잘 알려진 바와 같이 하나 이상의 코팅을 선택적으로 포함할 수 있다.

[0046] 앞서 논의된 실시예에서, 다중-축 빔 위치 지정기(300, 400, 500 및 700)는 두 개의 AOD(즉, 제1 및 제2 AOD(200, 202))를 갖는 다중-축 빔 위치 지정기로서 제공된다. 다른 실시예에서, 빔 위치 지정기는 단일 AOD, 또는 두 개를 초과하는 AOD를 포함할 수 있다. 빔 위치 지정기가 단일 AOD를 포함하는 실시예에서, 빔 위치 지정기는 AOD의 광학 출력에 배열되는 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터(예를 들어, 적어도 하나의 반파 위상-시프팅 리플렉터, 적어도 하나의 1/4파 위상-시프팅 리플렉터 등 또는 이의 임의의 조합)을 포함할 수 있다. 빔 위치 지정기가 두 개를 초과하는 AOD를 포함하는 실시예에서, 빔 위치 지정기는 빔 경로가 다른 AOD에 제공되는 임의의 AOD의 광학 출력에 배열되는 (예를 들어, 도 3, 4, 5 또는 7 중 어느 것에 대해 상술한) 적어도 하나의 위상-시프팅 리플렉터를 포함하거나 또는 포함하지 않을 수 있다.

[0047] 앞서 논의된 실시예에서, 빔 위치 지정기는 빔 편향 디바이스로서 하나 이상의 AOD를 포함하는 것으로 서술된다. 빔 위치 지정기는 (예를 들어, 상술한 AOD의 어느 것에 의해 투과된 광의 임의의 빔을 편향시키도록 배열된) 하나 이상의 다른 빔 편향 디바이스를 추가적으로 포함할 수 있음이 인식되어야 한다. 이러한 경우, 이러한 다른 빔 편향 디바이스 중 어느 것은 전기-광학 편향기(electro-optic deflector, EOD), 압전 액추에이터, 전왜 액추에이터(electrostrictive actuator), 음성-코일 액추에이터(voice-coil actuator) 등에 의해 작동되는 고속-조향 미러(FSM) 요소, 검류계 미러(galvanometer mirror), 회전 다각형 미러 스캐너 등 또는 이의 임의의 조합을 포함할 수 있다.

[0048] 전술한 것은 본 발명의 실시예 및 예시를 예시하는 것이며, 그를 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 도면을 참조로 수 개의 특정한 실시예 및 예시가 서술되었지만, 통상의 기술자는 본 발명의 새로운 교시 및 장점을 실질적으로 벗어나지 않으면서, 개시된 실시예 및 예시뿐만 아니라 다른 실시예에 대한 다수의 변형이 가능함을 쉽게 인식할 것이다.

[0049] 예를 들어, 위에서 제시된 실시예가 제1 AOD(302)로부터 출력된 광의 편광 평면의 회전을 초래하기 위해 반파

위상-시프팅 리플렉터 또는 1/4파 위상-시프팅 리플렉터의 쌍의 사용을 논의하였지만, 제1 AOD(302)로부터 출력된 광의 편광 평면을 제1 AOD(302)의 제1 편향 평면에 대해 90도(또는 그 즈음)만큼 회전시키기 위해, 빔 경로(114)를 따라 전파하는 레이저 광의 빔에서 편광된 광의 S 및 P 성분 사이의 180도(또는 그 즈음)의 위상 시프트를 부여하도록 이러한 리플렉터가 구성되고 배향되는 경우, (하나 이상의 영 위상-시프팅 리플렉터의 협력을 통해 또는 이의 협력 없이) 임의의 다른 타입의 위상-시프팅 리플렉터 또는 위상-시프팅 리플렉터의 조합이 사용될 수 있음이 인식될 것이다.

[0050] 또한, 제1 및 제2 AOD(200, 202)의 AO 매체(102)가 형성되는 재료에 대한 위의 논의가 게르마늄으로 제한되었지만, 제1 및 제2 AOD(200 및 202)의 어느 것의 AO 재료(102)는 갈륨 비소(GaAs), 울페나이트(wulfenite, PbMoO_4), 이산화 텔루륨(TeO_2), 결정질 석영, 유리질 SiO_2 , 삼황화 비소(arsenic trisulfide, As_2S_3), LiNbO_3 등과 같은 임의의 다른 적합한 재료일 수 있고, 통상의 기술자에게 알려진 바와 같이, 편향될 레이저 광의 빔에서 광의 파장에 의존하여 통상적으로 선택된다. 따라서, 전술한 위상-시프팅 리플렉터가 형성될 수 있는 재료는 또한, 통상의 기술자에게 알려진 바와 같이, 반사될 레이저 광의 빔에서의 광의 파장에 의존할 것이다. 임의의 위상-시프팅 리플렉터가 형성될 수 있는 예시적인 재료는 유리, 용융 실리카, 결정 석영, 실리콘, 구리, 몰리브덴, 금, 실리콘 카바이드(silicon carbide), 알루미늄 등 또는 이의 임의의 조합과 같은 재료를 포함할 수 있다.

[0051] 또한, 위에 제시된 실시예가 그에 입사되는 레이저 광의 빔의 편광 평면에 평행한 (또는 이에 적어도 실질적으로 평행한) 회절 축을 갖는 AOD의 사용 및 배열을 논의하였지만, 본원에서 논의된 원리는 그에 입사되는 레이저 광의 빔의 편광 평면에 직교하는 (또는 그에 적어도 실질적으로 직교하는) 회절 축을 갖는 AOD의 사용을 수반하는 다른 실시예에 적용될 수 있다. 예를 들어, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 각각은 (즉, 다중-축 빔 위치 지정기(300, 400, 500 또는 700)의 어느 것에서) 결정질 석영과 같은 재료로 형성된 AO 셀을 제공받을 수 있고, 레이저 광의 빔이 빔 경로(114)를 따라 전파할 이들 AOD의 각각의 회절 축이 각 AOD에 입사하는 레이저 광의 빔의 편광 평면에 직교하도록(또는 이에 적어도 실질적으로 직교하도록) 배향될 수 있다. 이 예시에서, 레이저 광의 빔은 전자기 스펙트럼의 자외선, 가시광선 또는 다른 적외선 범위의 파장을 가지며 선형으로 편광된다.

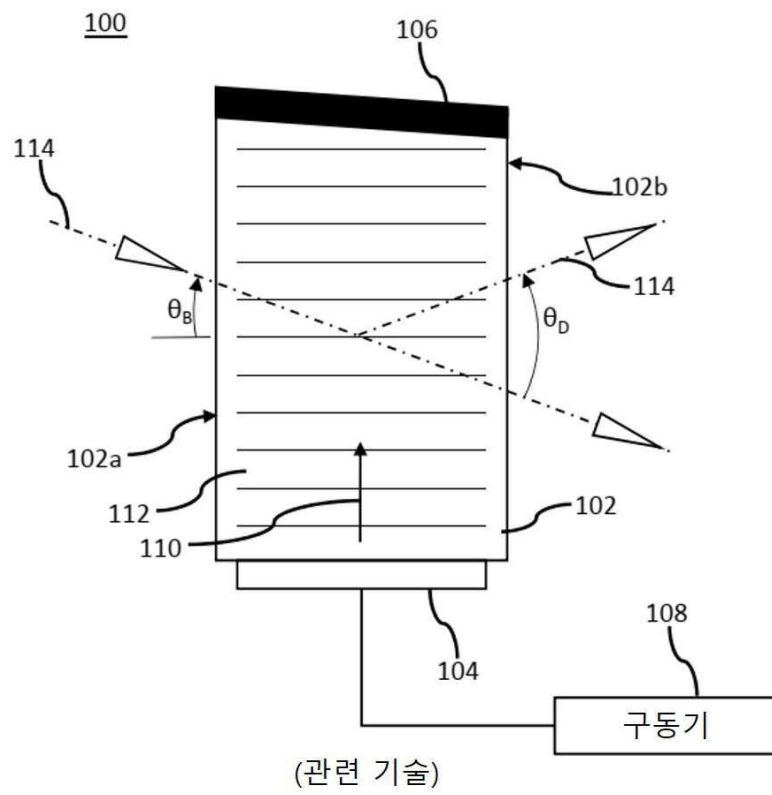
[0052] 또한, 위에 제시된 실시예가 광학 릴레이 시스템(308)을 포함하는 것으로 다중-축 빔 위치 지정기(300, 400, 500 또는 700)를 서술하였지만, 광학 릴레이 시스템(308)이 생략될 수 있음이 인식될 것이다.

[0053] 또한, 위상-시프팅 리플렉터가 제1 AOD(302)로부터 출력된 레이저 광의 빔에 위상 시프트를 부여하기 위해 다양하게 사용되는 실시예가 위에서 논의되었지만, 하나 이상의 투과성 위상-시프팅 플레이트가 또한, (도 3, 4, 5 또는 7)의 어느 것에 대해 위에서 논의된 위상-시프팅 리플렉터의 어느 것에 부가하여 또는 이의 대안으로) 사용될 수 있음을 인식할 것이다. 일반적으로, 투과성 위상-시프팅 플레이트는 빔 경로(114)를 따라 전파할 레이저 광의 빔의 파장에 대해 적어도 실질적으로 투명하다. 예를 들어, 빔 경로(114)를 따라 전파되는 레이저 광의 빔이 $9\mu\text{m}$ 내지 $11\mu\text{m}$ 범위(예를 들어, $9.4\mu\text{m}$, $9.6\mu\text{m}$, $10.6\mu\text{m}$ 등, 또는 이들 값의 어느 것 사이) 내의 파장을 가질 때, 구조화된 다이아몬드 반파장판과 같은 투과성 위상-시프팅 플레이트는 제1 AOD(302)에 의해 출력되는 레이저 광의 빔에 180도의 위상 시프트를 부여하도록 빔 경로(114)에 삽입될 수 있다.

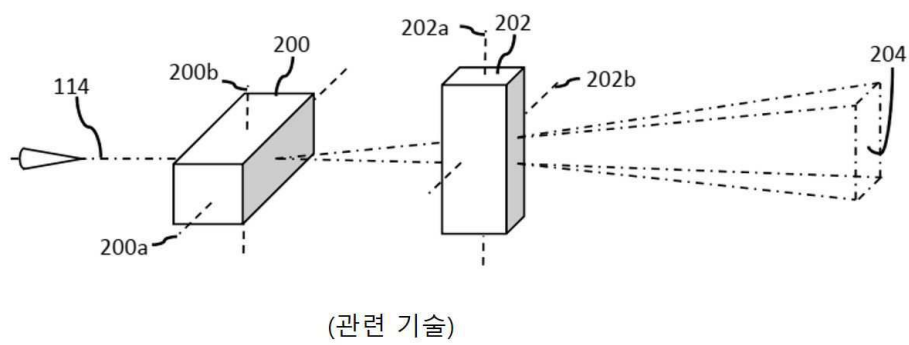
[0054] 따라서, 이러한 모든 수정은 청구범위에 정의된 본 발명의 범주 내에 포함되는 것으로 의도된다. 예를 들어, 기술자는 임의의 문장, 단락, 예시 또는 실시예의 주제가 이러한 조합이 상호 배타적인 경우를 제외하고, 다른 문장, 단락, 예시 또는 실시예의 일부 또는 전체의 주제와 조합될 수 있음을 인식할 것이다. 그러므로, 본 발명의 범주는 다음의 청구범위에 의해 결정되어야 하며, 청구범위의 균등물도 그 안에 포함된다.

도면

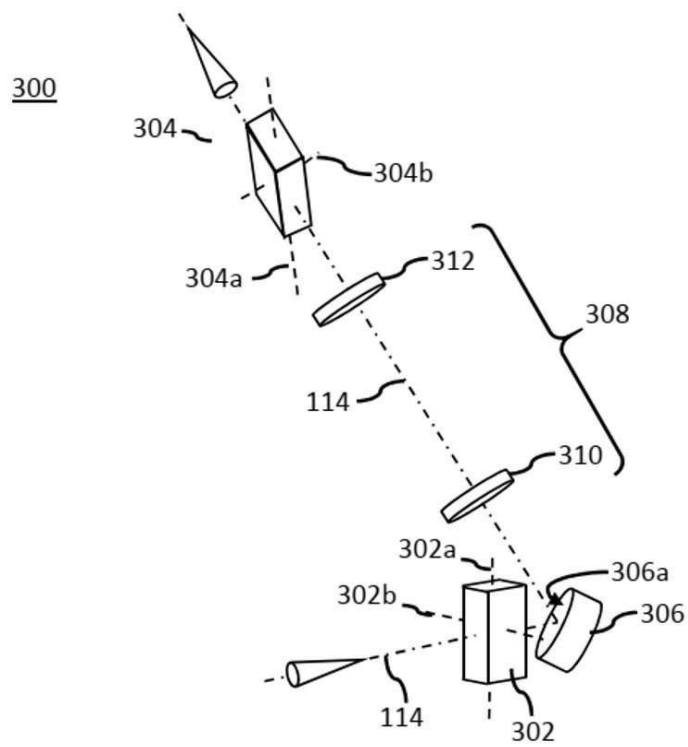
도면1



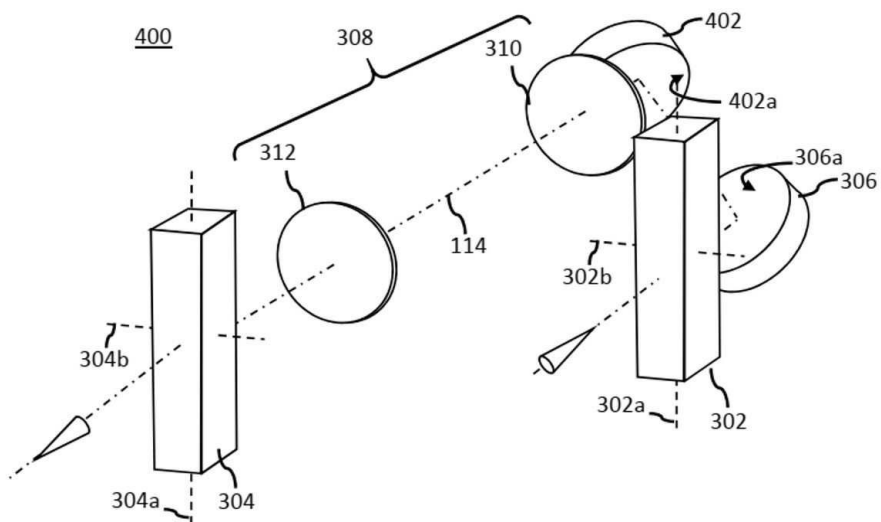
도면2



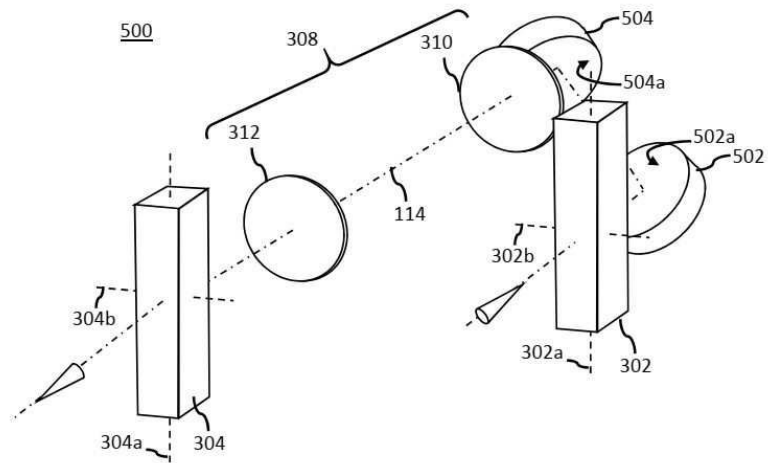
도면3



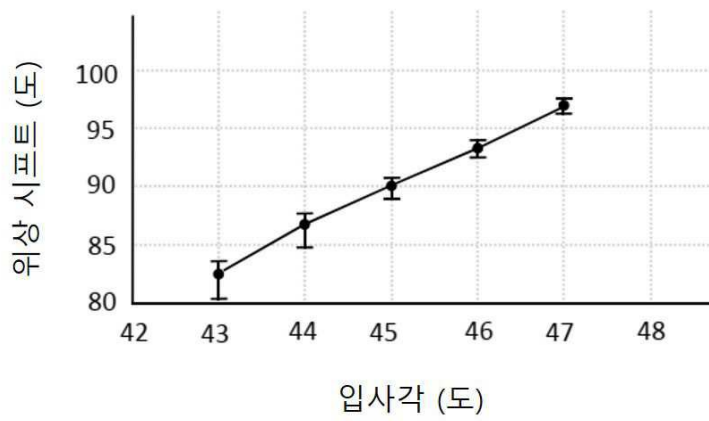
도면4



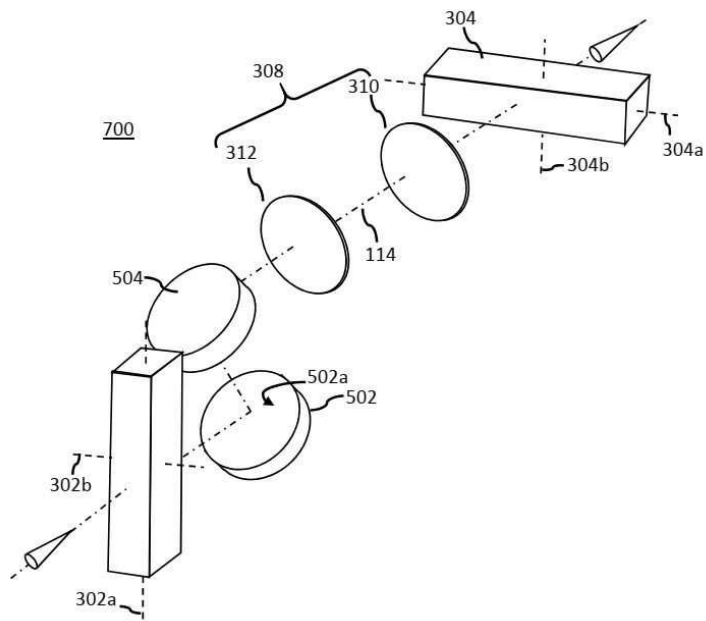
도면5



도면6



도면7



도면8

