



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0157670  
(43) 공개일자 2024년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02F 1/33 (2006.01) G02B 26/08 (2006.01)  
H01S 3/106 (2023.01)  
(52) CPC특허분류  
G02F 1/33 (2013.01)  
G02B 26/0808 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2024-7028602  
(22) 출원일자(국제) 2023년02월15일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2024년08월26일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2023/062640  
(87) 국제공개번호 WO 2023/164390  
국제공개일자 2023년08월31일  
(30) 우선권주장  
63/314,437 2022년02월27일 미국(US)  
(뒷면에 계속)

(71) 출원인  
일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드  
미국 오리건주 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이 14523  
(72) 발명자  
알파이, 메흐메트  
미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이 14523  
리히터, 제러드  
미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이 14523  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 광장리앤코

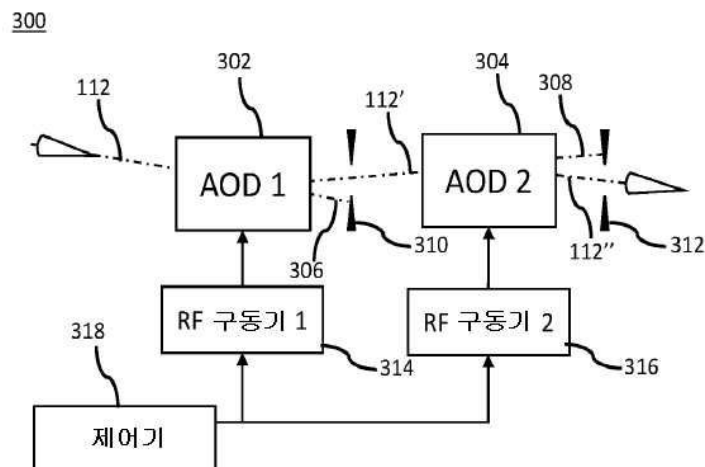
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 AOD의 열적으로 안정적인 작동을 위한 방법 및 장치

(57) 요약

시스템은 입사하는 레이저 에너지 빔을 회절시켜 그로부터 제1 레이저 에너지 빔과 제2 레이저 광 빔을 생성 및 출력하기 위한 제1 음향 광학 편향기(AOD), 제1 레이저 에너지 빔을 받도록 배치되고 그 받은 제1 레이저 에너지 빔을 회절시켜 그로부터 제3 레이저 에너지 빔과 제4 레이저 에너지 빔을 생성 및 출력하기 위한 제2 AOD, 제1 AOD로부터 출력된 제2 레이저 에너지 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제1 빔 트랩(trap), 제2 AOD로부터 출력된 제4 레이저 에너지 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제2 빔 트랩, 및 제1 AOD 및 제2 AOD에 통신 가능하게 연결되는 제어기를 포함하고, 제어기는 제2 AOD를 작동시키지 않고 제1 AOD를 작동시키도록 구성되어 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

**H01S 3/1068** (2013.01)

**G02F 2203/22** (2013.01)

(72) 발명자

**하우, 타일러**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**리우, 유안**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**요시노, 후미요**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**요한센, 브라이언**

사망

**로젠발름, 스콧**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**운라트, 마크**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**카자, 만암**

미국 텍사스 75035 프리스코 발런트 엘렌 13587

**브룩카이지, 제임스**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**케인, 패트릭**

미국 오리건 97219 포틀랜드 에스더블유 35티에이  
치 에브이이. 7419

**존스톤, 매튜**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**멜리자, 스티브**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**린줄리, 크리스**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

**스티븐스, 앤드류**

미국 오리건 97005 비버튼 에스더블유 밀리컨 웨이  
14523

(30) 우선권주장

63/314,438 2022년02월27일 미국(US)

63/338,876 2022년05월05일 미국(US)

63/417,889 2022년10월20일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시스템으로서,

입사하는 레이저 에너지 빔을 회절시켜 그로부터 제1 레이저 에너지 빔과 제2 레이저 광 빔을 생성 및 출력하도록 작동하는 제1 음향 광학 편향기(AOD);

상기 제1 레이저 에너지 빔을 받도록 배치되고 그 받은 제1 레이저 에너지 빔을 회절시켜 그로부터 제3 레이저 에너지 빔과 제4 레이저 에너지 빔을 생성 및 출력하도록 작동하는 제2 AOD;

상기 제1 AOD로부터 출력된 제2 레이저 에너지 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제1 빔 트랩(trap);

상기 제2 AOD로부터 출력된 제4 레이저 에너지 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제2 빔 트랩; 및

상기 제1 AOD 및 제2 AOD에 통신 가능하게 연결되는 제어기를 포함하고,

상기 제어기는 상기 제2 AOD를 작동시키지 않고 상기 제1 AOD를 작동시키도록 구성되어 있는, 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 AOD와 제2 AOD로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나는, 레이저 에너지가 존재할 때 열 렌징(thermal lensing)에 민감한 재료로 형성된 AO 셀을 포함하는, 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 AOD와 제2 AOD로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나는 게르마늄으로 형성된 AO 셀을 포함하는, 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어기는,

제1 기간 동안에 상기 제2 AOD를 작동시키지 않고 상기 제1 AOD를 작동시키고, 또한

제2 기간 동안에 상기 제2 AOD를 작동시키면서 상기 제1 AOD를 작동시키도록 구성되어 있는, 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 기간은 상기 제1 기간 이후인, 시스템.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 입사하는 레이저 에너지 빔의 일부분은 제1 시간적 광학 파워 프로파일에 의해 특성화될 수 있고,

상기 제어기는 또한 상기 입사하는 레이저 에너지 빔으로부터 적어도 하나의 레이저 펄스를 생성하기 위해 상기 제1 AOD 및 제2 AOD를 동시에 작동시키도록 더 구성되어 있고,

상기 적어도 하나의 레이저 펄스는 제2 시간적 광학 파워 프로파일을 가지며,

상기 제1 시간적 광학 파워 프로파일과 제2 시간적 광학 파워는 일치하지 않는, 시스템.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 레이저 에너지 빔은 레이저 에너지의 준 연속파(quasi-continuous wave; QCW) 빔인, 시스템.

#### 청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제1 시간적 광학 파워 프로파일은 평평하지 않는, 시스템.

#### 청구항 9

제6항에 있어서,

상기 제2 시간적 광학 파워 프로파일은 적어도 실질적으로 평평한, 시스템.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 레이저 에너지 빔은 빔 경로를 따라 전파될 수 있는 레이저 펄스의 시퀀스로서 나타나며, 복수의 레이저 펄스는 펄스간 간격에 의해 시간적으로 서로 분리되고,

상기 제어기는 상기 제1 AOD 및 제2 AOD를 복수의 주파수로 구동시킴으로써 상기 펄스간 간격 동안에 상기 제1 AOD 및 제2 AOD를 작동시키도록 더 구성되어 있는, 시스템.

#### 청구항 11

시스템으로서,

입사하는 레이저 광 빔을 회절시켜 그로부터 제1 레이저 광 빔과 제2 레이저 광 빔을 생성 및 출력하도록 작동하는 제1 AOD;

상기 제1 레이저 광 빔을 받도록 배치되고 그 받은 제1 레이저 광 빔을 회절시켜 그로부터 제3 레이저 광 빔을 생성 및 출력하도록 작동하는 제2 AOD;

상기 제1 AOD로부터 출력된 제2 레이저 광 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제1 빔 트랩;

상기 제2 AOD로부터 출력된 제3 레이저 광 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 훈련 빔 트랩; 및

상기 제1 AOD 및 제2 AOD에 통신 가능하게 연결되는 제어기를 포함하고,

상기 제어기는 제1 RF 구동기에 제1 구동 신호를 상기 제1 AOD의 변환기(transducer)에 가할 것을 명령하고 또한 제2 RF 구동기에 제2 구동 신호를 상기 제2 AOD의 변환기에 가할 것을 명령하도록 구성되며, 상기 제어기는,

레이저 트리거 명령의 하이(high) 상태 동안에, 구동 신호를 제1 AOD의 변환기에 가하고 구동 신호를 상기 제2 AOD에 가함으로써, 제1 AOD를 작동시켜 상기 입사하는 레이저 광 빔을 훈련 빔 경로를 따라 상기 제2 AOD로 회절시키도록 작동하며, 상기 제2 AOD는 레이저 광 빔을 제1 AOD로부터 훈련 빔 경로를 따라 훈련 빔 트랩으로 회절시키도록 구성되며, 상기 구동 신호는 일정 범위의 RF 주파수를 통해 변조되어 상기 제1 AOD 및 제2 AOD 내의 온도 구배를 제어하는, 시스템.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명의 실시 형태는 일반적으로 음향 광학 편향기, 이를 포함하는 레이저 가공 장치, 및 이를 작동시키는 기술에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 도 1을 참조하면, 작업물(102)을 처리하도록 작동하는 레이저 가공 장치(100)는 종종 다른 구성 요소 중에서, 레이저 공급원(104), 위치 결정기(106) 및 스캔 렌즈(108)를 포함한다. 그 장치는 또한 전형적으로 레이저 공급원(104)과 위치 결정기(106)의 작동을 제어하도록 작동하는 제어기(110)를 포함할 것이다. 위치 결정기(106)는, 레이저 에너지 빔이 레이저 공급원(104)으로부터 스캔 렌즈(108)로 전파될 때 그 레이저 에너지 빔의 레이저 에너지가 이동하는 빔 경로(112)를 편향시키기 위해 레이저 에너지 빔을 반사, 굴절 및/또는 회절시키도록 작동한다. 스캔 렌즈(108)로 편향되는 레이저 에너지는 그 스캔 렌즈(108)에 의해 집속되고 전송되어, 작업물(102)에 전달되도록 빔 축을 따라 전파된다.
- [0003] 작업물(102)에 대해 2차원으로(예를 들어, 도시된 X-축 및 Z-축에 직교하는 X-축 및 Y-축을 따라) 빔 경로(112)를 매우 빠르게 편향시키기 위해, 위치 결정기(106)는 검류계 미러 스캐닝 시스템 및 광학적으로 그 검류계 미러 스캐닝 시스템의 "상류"에 배치되는 음향 광학 편향기(AOD) 스캐닝 시스템을 포함할 수 있다. 검류계 미러 스캐닝 시스템은 전형적으로 광학적으로 서로 직렬로 배치되는 한 쌍의 검류계 미러를 포함한다(예컨대, 그래서 하나의 검류계 미러는 X-축을 따라 빔 경로(112)를 편향시키도록 작동하고 다른 검류계 미러는 Y-축을 따라 빔 경로(112)를 편향시키도록 작동함). AOD 스캐닝 시스템은 전형적으로 광학적으로 서로 직렬로 배치되는 한 쌍의 음향 광학 편향기(AOD)를 포함한다. 예를 들어, 그리고 도 2를 참조하면, AOD 스캐닝 시스템은, X-축을 따라 빔 경로(112)를 편향시키도록 배치 및 구성되는 제1 AOD(200) 및 Y-축을 따라 빔 경로(112)를 편향시키도록 배치 및 구성되는 제2 AOD(202)를 포함할 수 있다.
- [0004] 당업자가 인식하는 바와 같이, AOD는 AO 셀을 통해 전파되는 하나 이상의 음향파에 의해 야기되는 회절 효과를 이용하여, 그 AO 셀을 통해 동시에 전파되는 입사 광학 파(즉, 본 출원과 관련해서는 레이저 에너지 빔)를 회절시킨다. 레이저 에너지의 입사 빔을 회절시키기 위해 AOD를 구동시킬 때, 전형적으로 0차 및 1차 회절 피크를 포함하고 또한 다른 고차 회절 피크(예를 들어, 2차, 3차 등)를 포함할 수도 있는 회절 패턴이 생성된다. 일반적으로, 1차 회절 피크로 회절되는 광학 파위의 양(예를 들어, 0차 회절 피크와 비교하여)은, AOD가 레이저 에너지의 입사 빔을 회절시키기 위해 구동되는 방식에 의해 결정된다. 당업계에 알려져 있는 바와 같이, 0차 회절 피크에 있는 레이저 에너지의 회절 빔의 일부분은 "0차" 빔으로 지칭되며, 1차 회절 피크에 있는 레이저 에너지의 회절 빔의 일부분은 "1차" 빔으로 지칭되는 식이다. 일반적으로, 0차 빔 및 다른 회절 차수 빔(예를 들어, 1차 빔 등)은 (예를 들어, AO 셀의 광학 출력 측을 통해) AO 셀을 나갈 때 서로 다른 빔 경로를 따라 전파된다. 예를 들어, 0차 빔은 0차 빔 경로를 따라 전파되고, 1차 빔은 1차 빔 경로를 따라 전파되는 식이다.
- [0005] 도 2에서, 제1 AOD(200)의 0차 빔 경로는 204로 나타나 있고, 제2 AOD(202)의 0차 빔 경로는 206으로 나타나 있다. 마찬가지로, 제1 AOD(200) 및 제2 AOD(202)의 1차 빔 경로는 각각 112로 나타나 있다. 또한, 도 2에 나타나 있는 위치 결정기(106)는 또한, 제1 AOD(200)의 0차 빔 경로(204) 및 1차 빔 경로(112)를 제2 AOD(202)에 중계하도록 배치되고 구성된 하나 이상의 광학 요소(예를 들어, 종종적으로 208로 나타나 있는 하나 이상의 미러, 렌즈 등)를 포함한다. 도 2에 나타나 있는 위치 결정기(106)는, 1차 빔 경로(112)를 따라 전파되는 레이저 에너지를 차단하지 않고 0차 빔 경로(206)를 따라 전파되는 레이저 에너지(및 2차 또는 고차 빔 경로를 따라 전파되는 레이저 에너지를 차단하도록(예를 들어, 막거나 흡수하도록) 배치되고 구성된 빔 트랩(210)을 포함한다.
- [0006] AOD의 AO 셀은 이를 통해 전파되는 레이저 에너지 빔의 일부 양을 흡수할 것이다. 레이저 에너지 빔의 파워가 충분히 높으면, 흡수된 에너지는 AO 셀을 형성되는 재료를 국부적으로 가열하고 그 AO 셀 내에서 열 렌징(thermal lensing) 현상을 유발할 수 있다. 열 렌징은 빔 경로(112)를 따라 전파되는 레이저 에너지 빔의 파면을 포커싱하거나 디포커싱하거나 또는 왜곡할 수 있다. AO 셀 내의 열 렌징은 그 자체로 반드시 바람직하지 않은 것은 아니다. AO 셀 내의 열 구배가 상대적으로 일정하고 고정되어 있는 경우(예를 들어, 작업물(102)을 처리하는 동안), 작업물(102)이 만족스럽게 처리되는 것을 보장하기 위해, 파면 왜곡 효과(예들 들어, 위에서 언급한 바와 같은 포커싱 효과, 디포커싱 효과 또는 다른 파면 왜곡)가 일반적으로 고려될 수 있다. 그러나, AO 셀 내의 열 구배가 상대적으로 일정하지 않거나 고정적이지 않으면, 파면 왜곡 효과의 변화를 적절하게 보상하는 것이 매우 어려워진다.
- [0007] 도 2에 나타나 있는 위치 결정기(106)와 관련하여, 광학 요소(들)(208)는, 제2 AOD(202)의 AO 셀에 입사하는 광학 파워가 실질적으로 일정한 것을 보장하지만, 0차 빔 경로(204)가 제2 AOD(202)의 AO 셀에 입사하는 위치는 시간이 지남에 따라 약간 변할 수 있다. 따라서, 제2 AOD(202)의 AO 셀 내의 열 구배는 적절하게 일정하거나 고정적이지 않은 것으로 밝혀졌으며, 결과적으로, 궁극적으로 작업물(102)에 전달되는 레이저 에너지의 비대칭적인 에너지 분포(레이저 에너지 빔의 광학 축에 대해)가 발생하고 또한 제2 AOD(202)가 빔 경로(112)를 정확하게

편향시킬 수 있는 능력이 저하된다.

### 발명의 내용

[0008] 본 발명의 일 실시 형태는, 입사하는 레이저 에너지 빔을 회절시켜 그로부터 제1 레이저 에너지 빔과 제2 레이저 광 빔을 생성 및 출력하기 위한 제1 음향 광학 편향기(AOD), 제1 레이저 에너지 빔을 받도록 배치되고 그 받은 제1 레이저 에너지 빔을 회절시켜 그로부터 제3 레이저 에너지 빔과 제4 레이저 에너지 빔을 생성 및 출력하기 위한 제2 AOD, 제1 AOD로부터 출력된 제2 레이저 에너지 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제1 빔 트랩(trap), 제2 AOD로부터 출력된 제4 레이저 에너지 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제2 빔 트랩, 및 제1 AOD 및 제2 AOD에 통신 가능하게 연결되는 제어기를 포함하고, 그 제어기는 제2 AOD를 작동시키지 않고 제1 AOD를 작동시키도록 구성되어 있는 시스템으로서 특징지어질 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 실시 형태는, 입사하는 레이저 광 빔을 회절시켜 그로부터 제1 레이저 광 빔과 제2 레이저 광 빔을 생성 및 출력하도록 작동하는 제1 AOD, 제1 레이저 광 빔을 받도록 배치되고 그 받은 제1 레이저 광 빔을 회절시켜 그로부터 제3 레이저 광 빔을 생성 및 출력하도록 작동하는 제2 AOD, 제1 AOD로부터 출력된 제2 레이저 광 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 제1 빔 트랩, 제2 AOD로부터 출력된 제3 레이저 광 빔을 흡수하도록 배치 및 구성된 적어도 하나의 혼련 빔 트랩, 및 제1 AOD 및 제2 AOD에 통신 가능하게 연결되는 제어기를 포함하는 시스템으로서 특징지어질 수 있다. 제어기는 제1 RF 구동기에 제1 구동 신호를 제1 AOD의 변환기(transducer)에 가할 것을 명령하고 제2 RF 구동기에 제2 구동 신호를 제2 AOD의 변환기에 가할 것을 명령하도록 구성된다. 제어기는 제1 AOD를 작동시켜 입사하는 레이저 광 빔을 혼련 빔 경로를 따라 제2 AOD로 회절시키도록 작동한다. 제2 AOD는 레이저 광 빔을 제1 AOD로부터 혼련 빔 경로를 따라 혼련 빔 트랩으로 회절시키도록 구성된다. 구동 신호는 일정 범위의 RF 주파수를 통해 변조되어 제1 AOD 및 제2 AOD 내의 온도 구배를 제어한다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 실시 형태에 따른 위치 결정기가 본 발명의 실시 형태에 따라 포함되고 작동될 수 있는 관련 기술의 레이저 가공 장치를 개략적으로 도시한다.

도 2는 관련 기술에 따른 위치 결정기를 개략적으로 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 위치 결정기를 개략적으로 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 펄스 슬라이싱 작동을 실행하기 위한 타이밍도를 도시한다.

도 5는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 광학 혼련 작동을 실행하기 위한 타이밍도를 도시한다.

도 6 및 도 7은 본 발명의 실시 형태에 따른 펄스 슬라이싱 및 광학 혼련 작동을 실행하기 위한 타이밍도를 도시한다.

도 8은 본 발명의 일부 실시 형태에 따른 레이저 에너지 모니터링 시스템을 도시한다.

도 9 및 10은 본 발명의 일 실시 형태에 따른, 다른 구성요소 중에서 도 8에 나타나 있는 레이저 에너지 모니터링 시스템을 사용하는 펄스 형상 분석 프로세스의 양태를 도시한다.

도 11은 AOD 스캐닝 시스템에 대한 불균일한 입사 파워에 대한 펄스 슬라이싱을 실행하기 위한 타이밍도를 도시한다.

도 12는 본 발명의 실시 형태에 따른 RF 혼련 작동을 실행하기 위한 타이밍도를 도시한다.

도 13은 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 위치 결정기를 개략적으로 도시한다.

도 14는 본 발명의 실시 형태에 따른 펄스 슬라이싱 및 RF 혼련 작동을 실행하기 위한 타이밍도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 예시적인 실시 형태를 본 명세서에서 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 도면에서 구성품, 특징부, 요소 등의 크기, 위치 등 및 그 사이의 거리는 반드시 일정한 비율에 따른 것은 아니며, 명료성을 위해 과장되어 있다.

[0012] 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 예시적인 실시 형태를 설명하기 위한 것이며 제한하려는 의도는 없

다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 단수형 표현은, 문맥상 명백하게 달리 나타내지 않는 한, 복수형 표현도 포함하도록 의도되어 있다. 본 명세서에서 사용될 때 "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 언급된 특징부, 정수, 단계, 작동, 요소 및/또는 구성품의 존재를 명시하지만, 하나 이상의 다른 특징부, 정수, 단계, 작동, 요소, 구성품 및/또는 그의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다는 것을 인식해야 한다. 달리 명시하지 않는 한, 언급된 값의 범위는 그 범위의 상한과 하한은 물론 그 사이의 부분 범위도 포함한다. 달리 나타내지 않는 한, "제1", "제2" 등과 같은 용어는 한 요소를 다른 요소와 구별하기 위해서만 사용된다. 예를 들어, 하나의 노드는 "제1 노드"로 명명될 수 있고, 유사하게, 다른 노드는 "제2 노드"로 명명될 수 있으며, 그 반대도 마찬가지다. 본 명세서에 사용되는 절(section) 제목은 조직적 목적으로만 사용되며, 설명되는 주제를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0013] 달리 나타내지 않는 한, "약", "그 근방", "실질적으로" 등의 용어는, 양, 크기, 제형, 파라미터, 다른 양 및 특성이 정확하지 않고 정확할 필요도 없지만 공차, 변환 계수, 반올림, 측정 오차 등 및 당업자에게 알려져 있는 다른 요인을 반영하여 원하는 대로 대략적이고 그리고/또는 더 크거나 더 작을 수 있음을 의미한다.

[0014] "아래쪽", "아래", "하측", "위쪽" 및 "상측" 등과 같은 공간적으로 상대적인 용어는, 도면에 도시되어 있는 바와 같이, 하나의 요소 또는 특징부의 다른 요소 또는 특징부와 관계를 설명하기 위한 설명의 용어를 위해 본 명세서에서 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 나타나 있는 배향에 추가로 다른 배향을 포함하도록 의도되어 있음을 인식해야 한다. 예를 들어, 도면에 있는 한 객체가 뒤집힌 경우, 다른 요소 또는 특징부 "아래쪽" 또는 "아래"에 있는 것으로 설명되는 요소는 그 다른 요소 또는 특징부의 "위쪽"에 배향될 것이다. 따라서, "아래쪽"이라는 예시적인 용어는 위쪽과 아래쪽의 배향을 모두 포함할 수 있다. 객체는 다르게 배향될 수 있으며(예를 들어, 90도 회전되거나 다른 배향으로), 본 명세서에 사용되는 공간적으로 상대적인 설명어는 그에 따라 해석될 수 있다.

[0015] 유사한 번호는 전체에 걸쳐 유사한 요소를 지칭한다. 따라서, 동일하거나 유사한 번호는, 대응하는 도면에 언급 및 설명되어 있지 않더라도, 다른 도면을 참조하여 설명될 수 있다. 또한, 참조 번호로 표시되어 있지 않은 요소도 다른 도면을 참조하여 설명될 수 있다.

[0016] 본 개시의 사상 및 교시로부터 벗어나지 않고 많은 다른 형태 및 실시 형태가 가능하며 그래서 본 개시는 본 명세서에서 설명되는 예시적인 실시 형태에 제한되는 것으로 해석되어서는 안 된다는 것을 이해할 것이다. 오히려, 이들 예 및 실시 형태는, 본 개시가 철저하고 완전해지고 본 개시의 범위를 당업자에게 전달하도록 제공된다.

# [0017] I. 위치 결정기에 관한 일반적인 논의

[0018] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 도 1과 관련하여 전술한 위치 결정기(106)의 AOD 스캐닝 시스템은 도 3에 예시적으로 나타나 있는 바와 같이 제공될 수 있다(즉, AOD 스캐닝 시스템(300)으로서). 도 3을 참조하면, AOD 스캐닝 시스템(300)은 제1 축을 따라 빔 경로(112)를 편향시키도록 배치 및 구성되는 제1 AOD(302) 및 제2 축(예를 들어, 제1 축에 수직임)을 따라 빔 경로(112)를 편향시키도록 배치 및 구성되는 제2 AOD(304)를 포함한다. 도 3에서, 제1 AOD(302)의 0차 빔 경로는 306으로 나타나 있고, 제2 AOD(304)의 0차 빔 경로는 308로 나타나 있다. 마찬가지로, 제1 AOD(302)의 1차 빔 경로는 112'로 나타나 있으며 제2 AOD(304)는 112"로 나타나 있다. 이해하는 바와 같이, 1차 빔 경로(112') 및 1차 빔 경로(112'') 각각은 레이저 에너지 빔이 (예를 들어, 스캔 렌즈(108)로) 전파될 수 있는 빔 경로의 특정 예를 나타내는데, 따라서 빔 경로(112') 및 빔 경로(112'') 각각은 본 명세서에서 총칭적으로 "빔 경로(112)"라고도 지칭될 수 있으며, 그래서 제1 AOD(302)는 AOD 스캐닝 시스템(300)의 제1 축을 따라 1차 빔 경로(112')를 편향시키도록 배치 및 구성되며, 제2 AOD(303)는 AOD 스캐닝 시스템(300)의 제2 축을 따라 1차 빔 경로(112'')를 편향시키도록 배치 및 구성된다.

[0019] 또한, 도 3에 나타나 있는 AOD 스캐닝 시스템(300)은, 1차 빔 경로(112')를 따라 전파되는 레이저 에너지를 차단하지 않고 0차 빔 경로(306)를 따라 전파되는 레이저 에너지(또한 2차 이상의 빔 경로를 따라 전파되는 레이저 에너지)를 차단하도록 배치 및 구성된 제1 빔 트랩(310)을 포함한다. 마찬가지로, AOD 스캐닝 시스템(300)은, 1차 빔 경로(112'')를 따라 전파되는 레이저 에너지를 차단하지 않고 0차 빔 경로(308)를 따라 전파되는 레이저 에너지(또한 2차 이상의 빔 경로를 따라 전파되는 레이저 에너지)를 차단하도록 배치 및 구성된 제2 빔 트랩(312)을 포함한다. 도시되어 있지는 않지만, AOD 스캐닝 시스템(300)은, 빔 경로(112'')에서 광학적으로 제2 AOD(304)의 하류에 위치되는 검류계 미러 스캐닝 시스템(예를 들어, 당업계에 알려져 있는 바와 같이, 2개의 축을 따라 레이저 에너지 빔을 편향시키도록 배치되고 구성되는 한 쌍의 검류계 미러로 구성됨)을 더 포함할 수 있다.

- [0020] 일반적으로, 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304) 각각의 AO 셀은, 빔 경로(112)를 따라 전파되는 충분히 높은 광학 파워를 갖는 레이저 에너지 빔이 있을 때 열 렌징(예를 들어, 전술한 바와 같은)에 민감한 재료로 형성된다. 예를 들어, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304) 각각의 AO 셀은 결정질 게르마늄으로 형성될 수 있다. 이 예에서, 빔 경로(112)를 따라 전파되는 레이저 에너지 빔은  $2\ \mu\text{m}$ (또는 그 근방) 내지  $20\ \mu\text{m}$ (또는 그 근방) 범위의 파장을 가질 것이며, 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 열 렌징을 유도하기에 충분히 높은 평균 파워(예를 들어, 150W 이상 또는 그 근방)를 가질 것이다. 이 경우, 레이저 에너지 빔은 예컨대, 적절히 고파워의 이산화탄소 또는 일산화탄소 가스 레이저로서 제공되는 레이저 공급원(예를 들어, 레이저 공급원(104))에 의해 생성될 수 있다. 전형적으로, 고파워 이산화탄소 또는 일산화탄소 가스 레이저는 레이저 에너지의 연속파(CW) 또는 준(quasi)CW(QCW) 빔을 생성하거나 개별 펄스(전형적으로, 수십 마이크로초 이상의 지속 시간을 가짐)로 구성된 레이저 에너지 빔을 생성하도록 구성된다.
- [0021] 도시되어 있지는 않지만, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304) 각각은 그의 AO 셀에 부착되는 적어도 하나의 변환기(transducer)를 포함한다. 일반적으로, 이 변환기는 외부에서 가해지는 RF 신호(즉, 구동 신호)에 응답하여 진동하도록 작동하는 압전 변환기이다. 변환기는 진동하는 변환기가 AO 셀 내에서 전파되는 대응하는 음향파를 생성하도록 AOD의 AO 셀에 부착된다. 당업자는 이해하는 바와 같이, 음향파의 진폭, 주파수 및 지속 시간은 가해지는 구동 신호의 RF 파워의 진폭, 주파수 및 지속 시간에 대응한다.
- [0022] 구동 신호는 관련된 RF 구동기에 의해 변환기의 입력부에 가해질 수 있다. 따라서, AOD 스캐닝 시스템(300)은, 예를 들어, 제1 AOD(302)의 각 변환기에 전기적으로 연결되는 제1 RF 구동기(314) 및 제2 AOD(304)의 각 변환기에 전기적으로 연결되는 제2 RF 구동기(316)를 포함할 수 있다. 일반적으로, RF 구동기(314)와 제2 RF 구동기(316) 각각은 RF 합성기, 이 RF 합성기의 출력부에 결합되는 증폭기, 및 이 증폭기의 출력부에 결합되는 임피던스 정합 회로를 포함할 수 있다. RF 합성기(예컨대, DDS 합성기)는 원하는 주파수의 예비 신호를 생성하여 출력하며, 증폭기는 그 예비 신호를 원하는 진폭으로 증폭하여 그 예비 신호를 구동 신호로 변환하며, 그리고 구동 신호는 임피던스 정합 회로를 통해 변환기의 입력부에 가해진다.
- [0023] 제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(316)의 작동은, 상이한 주파수와 진폭의 구동 신호를 생성하도록 제어기(예를 들어, 제어기(318))에 의해 출력된 명령 신호에 응답하여 제어될 수 있으며, 그 구동 신호는 각각의 AOD의 각 변환기에 신속하게 가해질 수 있다(예컨대, 최대 1 MHz 이상의 속도로). 따라서 제어기(318)는 도 1에 나타나 있는 제어기(110)를 대체할 것이고, AOD 스캐닝 시스템(300) 및 위치 결정기(106)의 다른 스캐닝 시스템(예를 들어, 검류계 미러 스캐닝 시스템)의 작동에 추가로 레이저 공급원(104)의 작동을 제어할 수 있다. 개시를 용이하게 하기 위해, AOD의 변환기에 구동 신호를 가하는 행위를 본 명세서에서는 AOD를 "구동시키는" 것이라고 말한다. 따라서, 제1 AOD(302)가 제1 RF 구동기(314)로부터 가해지는 구동 신호에 의해 구동될 때, 제1 AOD(302)의 AO 셀에 입사되는 레이저 에너지의 일부분이 회절되어 그의 1차 빔 경로(112')를 따라 제2 AOD(304)의 AO 셀로 전파되며, 그 입사 레이저 에너지의 다른 부분은 0차 빔 경로(306)를 따라 전파된다. 제1 RF 구동기(314)로부터 구동 신호가 가해지지 않으면, 제1 AOD(302)의 AO 셀에 입사하는 레이저 에너지는 단순히 0차 빔 경로(306)를 따라 전파된다. 마찬가지로, 제2 AOD(304)가 제2 RF 구동기(316)로부터 가해지는 구동 신호에 의해 구동될 때, 제2 AOD(304)의 AO 셀에 입사하는(즉, 1차 빔 경로(112'))를 따라 전파되는) 레이저 에너지의 일부분이 회절되어 그의 1차 빔 경로(112'')를 따라 전파되고(궁극적으로는 스캔 렌즈(108) 상으로 가게 됨), 입사 레이저 에너지의 다른 부분은 0차 빔 경로(308)를 따라 전파된다. 구동 신호가 제2 RF 구동기(316)로부터 가해지지 않으면, 제2 AOD(304)의 AO 셀에 입사하는 레이저 에너지는 단순히 0차 빔 경로(308)를 따라 전파된다.
- [0024] 일반적으로, AOD가 가해진 구동 신호에 응답하여 구동될 때, 0차 빔 경로로 회절되는 광학 파워에 대한 1차 빔 경로(112)로 회절되는 광학 파워의 비율은, 가해지는 구동 신호의 RF 파워의 진폭 및 어떤 경우에는 가해지는 구동 신호의 RF 파워의 주파수에 의해 결정된다. 또한, 1차 빔 경로(112)로 회절되는 광학 파워의 양은, RF 파워의 어떤 포화 레벨에서 최대에 도달할 때까지, RF 파워가 증가함에 따라 증가할 것이다. AOD에 가해지는 구동 신호의 RF 파워의 진폭을 설정하거나 변조하는 행위를 본 명세서에서는 "진폭 변조 제어"라고 한다. 1차 빔 경로(112)로 회절되는 광학 파워의 양을 설정하거나 조절하는 행위는, AOD의 "전송"을 설정하거나 조절하는 것으로 간주될 수 있다.
- [0025] AOD가 다수의 변환기를 포함하는 경우, AOD의 전송은 각 변환기에 구동 신호를 가함으로써 조절될 수도 있으며, 가해지는 각 구동 신호의 RF 주파수는 동일하지만 위상은 약간 서로 다르다. 결과적으로, AOD의 AO 셀 내에서 생성된 음향파는 적어도 다소 상쇄적인 방식으로 간섭하게 된다. 이러한 상쇄 간섭 음향파는 AOD의 전송을 감소시키는 효과를 가지며, 그리하여, AOD 전송이 감소되는 정도는, AO 셀 내에서 음향파가 서로 상쇄 간섭하는 정도에 대응한다. 공통 AOD의 서로 다른 변환기에 가해지는 구동 신호의 위상 관계를 선택하거나 변조하는 행위를

본 발명에서는 "위상 변조 제어"라고 한다. 그러나, 광학 파워가 1차 빔 경로(112)로 회절되는 것을 완전히 방지하기 위해 위상 변조 제어를 사용할 수는 없다는 것을 유의해야 한다.

[0026] 서로 다른 주파수의 구동 신호를 사용하여 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)를 연속적으로 구동시킴으로써, AOD 스캐닝 시스템(300)은 1차 빔 경로(112'')를 서로 다른 각도에서 2차원 스캔 필드 내의 서로 다른 위치로 빠르게 편향시키도록 작동될 수 있다. 더욱이, 1차 빔 경로(112'')를 따라 전파되는 광학 파워의 양이 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 주파수에 관계없이 적어도 실질적으로 일정한 것을 보장하기 위해, 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)에 연속적으로 가해지는 각 구동 신호의 RF 파워의 진폭은 (필요한 경우) 구동 신호의 주파수의 함수로 변경될 수 있다.

[0027] 본 명세서에서 논의되는 실시 형태에 따르면, 빔 경로(112)를 따라 AOD 스캐닝 시스템(300)으로 전파되는 레이저 에너지 빔은 적절히 고파워의 레이저(예를 들어, 위에서 설명된 바와 같은 이산화탄소 또는 일산화탄소 가스 레이저)에 의해 생성되며, 제어기(318)는 제1 RF 구동기(314)와 제2 RF 구동기(316)를 작동시켜 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)를 각각 구동시켜, 입사 빔으로부터 시간적으로 슬라이싱된 레이저 에너지 펄스를 생성하도록 구성된다. 따라서 이들 시간적으로 슬라이싱된 레이저 에너지 펄스는 빔 경로(112'')를 따라 AOD 스캐닝 시스템(300)으로부터 출력되어 스캔 렌즈(108)로 전파된다.

[0028] 예를 들어, 그리고 도 4를 참조하면, 레이저 공급원(104)은 레이저 펄스(402)를 포함하는 레이저 에너지 빔을 생성하도록 (예를 들어, 제어기(318)에 의해 레이저 공급원(104)에 출력되는 레이저 트리거 명령 신호(400)의 로우(low) 상태에서 하이(high) 상태로의 초기 전이에 응답하여) 작동된다. 예시적으로 도시된 바와 같이, 레이저 트리거 명령 신호(400)의 하이 상태로의 초기 전이는 시간 t1에서 시작하고 시간 t6에서 끝난다. 레이저 펄스(402)의 광학 파워는 (예를 들어, 시간 t3에서 시간 t6까지에서) 대략 일정한 레벨에 도달하기 전에 초기에 시간 t2에서 상승한다. 시간 t6에서(즉, 레이저 트리거 명령 신호(400)가 하이 상태에서부터 다시 로우 상태로 전이할 때), 레이저 펄스(402)의 광학 파워는 감소하기 시작한다. 예를 들어, 시간 t7에서, 레이저 펄스(402)의 광학 파워는 0 또는 일부 다른 무시 가능한 값까지 감소되었다. 시간 t2와 t3 사이의 레이저 펄스(402)의 부분을 본 명세서에서 레이저 펄스(402)의 "헤드 부분"이라고 하고, 시간 t6과 t7 사이의 레이저 펄스(402)의 부분은 본 명세서에서 레이저 펄스(402)의 "테일(tail) 부분"이라고 한다. 시간 t3과 t6 사이의 레이저 펄스(402)의 부분(즉, 헤드 부분과 테일 부분 사이의 레이저 펄스(402)의 부분)은 본 명세서에서 레이저 펄스(402)의 "주 부분"이라고 한다.

[0029] 도 4는 명령의 지속 시간 동안 일정한 "ON" 상태로 있는 레이저 트리거 명령 신호를 도시하지만, 그 레이저 트리거 명령 신호는, (예컨대, 레이저 공급원(104)이 과열되는 것을 방지하고, 레이저 공급원에 의해 생성되는 광학 파워를 조절하고, 레이저 공급원(104)에 의해 생성되는 레이저 펄스의 펄스 지속 시간 등을 변화시키거나 그의 임의의 조합을 수행하기 위해) 원하는 대로 변조(예를 들어, 펄스 폭 변조)될 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 도 4는 레이저 트리거 명령 신호(400)에 응답하여 레이저 공급원(104)에 의해 생성된 레이저 에너지 빔의 단일 레이저 펄스(402)만을 도시하지만, 레이저 트리거 명령 신호(400)와 같은 일련의 레이저 트리거 명령 신호가 레이저 공급원(104)에 출력될 수 있고 또한 레이저 공급원(104)은 레이저 펄스(402)와 같은 일련의 레이저 펄스로 구성된 레이저 에너지 빔을 생성할 것임을 이해할 것이다.

[0030] 이제 도 3 및 4를 참조하면, 레이저 펄스(402)의 주 부분으로부터 시간적으로 슬라이싱된 펄스(404)를 생성하기 위해 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)는 (제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(316)에 의해 각각 가해지는 구동 신호에 응답하여) 구동되며, 그래서 적어도 하나의 공통 기간(406)(본 명세서에서는 "슬라이스 기간"이라고도 함) 동안, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀에 입사하는 레이저 에너지가 회절되어 그의 각각의 1차 빔 경로(112' 및 112'')를 따라 전파된다. 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 의해 1차 빔 경로(112' 또는 112'')로 회절되지 않는 레이저 에너지(예를 들어, 0차 빔 경로(306 및 308)를 따라 전파되는 레이저 에너지)는 제1 빔 트랩(310) 및 제2 빔 트랩(312)에 의해 차단된다. 도 4에 나타나 있는 예시적인 타이밍도에서, 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)는 2개의 슬라이스 기간(406)(시간 t3과 t4 사이의 제1 슬라이스 기간 및 시간 t5와 t6 사이의 제2 슬라이스 기간) 동안에 입사 레이저 에너지를 그의 각각의 1차 빔 경로(112)로 회절시켜 2개의 펄스(404)를 생성하게 되며, 각 펄스는 그의 관련된 슬라이스 기간(406)의 지속 시간과 적어도 대략 같은 펄스 지속 시간을 갖는다. 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)는 2개 보다 많거나 적은 슬라이스 기간(406) 동안 구동될 수 있고 각 슬라이스 기간(406)은 임의의 지속 시간을 가질 수 있으며 또한 서로 다른 슬라이스 기간(406)은 동일하거나 서로 다른 지속 시간을 가질 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0031] 도 4에서, 제1 RF 구동기(314)로부터 구동 신호를 제1 AOD(302)에 가함으로써 얻어지는 제1 AOD(302)의 시간적

전송 프로파일(즉, 시간의 함수로서 제1 AOD(302)의 전송)은 라인(408)으로 나타나 있다. 마찬가지로, 제2 RF 구동기(316)로부터 구동 신호를 제2 AOD(304)에 가함으로써 얻어지는 제2 AOD(304)의 시간적 전송 프로파일(즉, 시간의 함수로서 제2 AOD(304)의 전송)이 라인(410)으로 나타나 있다. 따라서, 도 4는 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304) 각각에 2개의 별개의 구동 신호가 가해진 예를 도시하는데, 2개의 별개의 구동 신호가 제1 AOD(302)에 가해져 앞에서 언급된 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 음향파를 생성하며 또한 앞에서 언급된 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 음향파를 생성하며, 2개의 별개의 구동 신호가 제2 AOD(304)에 가해져 앞에서 언급된 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 음향파를 생성하며 또한 앞에서 언급된 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 음향파를 생성하게 된다.

[0032] 본 명세서에서의 논의를 용이하게 하기 위해, 408로 나타나 있는 시간적 전송 프로파일을 발생시키는 제1 AOD(302)에 가해지는 구동 신호는 동일한 주파수를 가지며 또한 410으로 나타나 있는 시간적 전송 프로파일을 발생시키는 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호도 동일한 주파수를 갖는다고 가정한다. 그러나, 대안적으로, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 408로 나타나 있는 시간적 전송 프로파일을 발생시키는 제1 AOD(302)에 가해지는 구동 신호의 주파수는, 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 408로 나타나 있는 시간적 전송 프로파일을 발생시키는 제1 AOD(302)에 가해지는 구동 신호의 주파수와 다를 수 있다. 마찬가지로, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 410으로 나타나 있는 시간적 전송 프로파일을 발생시키는 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 주파수는, 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 410으로 나타나 있는 음향파를 발생시키는 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 주파수와 다를 수 있다. 이들 대안적인 경우에, 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)에 가해지고 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 408 및 410으로 나타나 있는 시간 전송 프로파일을 발생시키는 구동 신호의 진폭 및/또는 위상(제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)가 다수의 변환기를 포함하는 실시 형태에서)은, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 생성되는 레이저 펄스(404)의 평균 광학 파워가 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성되는 레이저 펄스의 평균 광학 파워와 적어도 실질적으로 동일한 것을 보장하도록 설정될 수 있다(예컨대, 위에서 논의된 바와 같이).

[0033] 도 4에 나타나 있는 바와 같이, 연속적인 슬라이스 기간(406) 사이(즉, 시간  $t_4$ 와  $t_5$  사이)에 최소 시간 지연이 존재한다. 이 최소 시간 지연(본 명세서에서는 "슬라이스 지연"이라고도 함)은, 다음 슬라이스 기간(406)이 시작될 때 제1 AOD(302)가 회절하도록 구동되기 전에 이전 슬라이스 기간(406)의 끝에서 제1 AOD(302)의 AO 셀에 있는 일시적인 음향파가 소산될 수 있게 하기에 충분히 길도록(예컨대, AO 셀에서 전파되는 음향파의 진폭과 속도 및 AOD의 광학 구멍의 크기와 같은 하나 이상의 인자에 따라 약  $2\ \mu\text{s}$ ,  $1\ \mu\text{s}$ ,  $0.5\ \mu\text{s}$ ,  $0.25\ \mu\text{s}$ ,  $0.1\ \mu\text{s}$  이상 등 또는 이들 값 사이) 선택된다. 레이저 펄스(402)의 주 부분의 지속 시간, 레이저 펄스(402)의 주 부분 동안에 존재할 슬라이스 기간(406)의 수 및 연속적인 슬라이스 기간(406) 사이의 슬라이스 지연을 고려하여, 공통 레이저 펄스(402)로부터 생성되는 슬라이스 기간(406)은  $0.1\ \mu\text{s}$  이상 또는 그 근방의 지속 시간(예컨대,  $0.1\ \mu\text{s}$ ,  $0.25\ \mu\text{s}$ ,  $0.5\ \mu\text{s}$ ,  $1\ \mu\text{s}$ ,  $1.5\ \mu\text{s}$ ,  $2\ \mu\text{s}$ ,  $2.5\ \mu\text{s}$ ,  $5\ \mu\text{s}$ ,  $10\ \mu\text{s}$  이상 등 또는 임의의 이들 값 사이)을 가질 수 있다.

[0034] 전술한 바와 같이, AOD 스캐닝 시스템(300)의 제1 빔 트랩(310)은 0차 빔 경로(306)가 제2 AOD(304)의 AO 셀에 도달하는 것을 방지하여, 도 2와 관련하여 위에서 논의된 문제(제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 부적절하게 일정하거나 고정된 열 구배에 관한 문제)를 피한다. 그러나, 도 3으로부터 명백한 바와 같이, 제1 AOD(302)의 AO 셀은 항상 빔 경로(112)를 따라 전파되는 레이저 에너지에 노출되는 반면, 제2 AOD(304)의 AO 셀은 제1 AOD(302)로부터 1차 빔 경로(112')를 따라 전파되는 레이저 에너지에만 노출될 것이다. 즉, 제2 AOD(304)의 AO 셀은, 1차 빔 경로(112')를 따라 전파되는 1차 빔을 생성하기 위해 제1 AOD(302)가 제1 RF 구동기(314)에 의해 구동될 때에만 레이저 에너지에 노출될 것이다.

## [0035] II. 광학 훈련에 관한 논의

[0036] 제2 AOD(304)의 AO 셀은 1차 빔 경로(112')를 따라 제1 AOD(302)로부터 전파되는 레이저 에너지가 있을 때 열 렌징에 민감한 재료로 형성되기 때문에, 제2 AOD(304)의 AO 셀은, 제1 AOD(302)가 이전에 구동된 방식에 따라 1차 빔 경로(112')를 따라 전파되는 레이저 에너지 빔(및 궁극적으로는 스캔 렌즈(108))에 전술한 바와 같은 파면 왜곡 효과를 주거나 전혀 주지 않을 수 있다. 예를 들어, 도 4에서 시간  $t_1$  이전에, 레이저 공급원(104)이 빔 경로(112)를 따라 전파되는 일련의 레이저 펄스로 구성된 레이저 에너지 빔을 생성하지만 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)는 펄스(404)와 같은 슬라이싱된 펄스를 생성하기 위해 위에서 논의된 바와 같은 슬라이스 기간 동안에 구동되지 않으면, 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 열 렌징 효과를 유도할 수 있는 열 구배는 제1 슬라이스 기간의 시작 직전에(즉, 시간  $t_3$ 에) 제2 AOD(302)의 AO 셀 내에 없을 것이다. 그러나, 열 렌징을 유도할 수 있는 열 구배는 제1 슬라이스 기간 동안(제1 슬라이스 기간이 충분히 긴 지속 시간을 갖는다고 가정함) 또는 제1

슬라이스 기간 다음의 슬라이스 기간 동안(연속적인 슬라이스 기간들은 충분히 긴 지속 시간을 가지며 그리고 시간적으로 충분히 서로 가깝다고 가정함) 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 발생하거나 진전될 수 있다. 따라서, 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배는 상대적으로 일정하지 않을 것이며, 그 결과, 제2 AOD(304)로부터 1차 빔 경로(112'')를 따라 (그리고 궁극적으로는 스캔 렌즈(108)까지) 전파되는 레이저 에너지 빔에 파면 왜곡 효과의 바람직하지 않은 변화가 생기게 된다.

[0037] 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 열 구배의 바람직하지 않은 진전을 방지하거나 유리하게 줄이기 위해, 제1 AOD(302)는 슬라이스 기간 외부에서 발생하는 하나 이상의 기간(본 명세서에서는 각각 "광학 혼련 기간"이라고 함) 동안에 구동된다(제어기(318)에 의해 명령된 대로 제1 RF 구동기(314)에 의해 가해지는 하나 이상의 구동 신호에 응답하여). 그러나, 제2 AOD(304)는 광학 혼련 기간 동안에는 구동되지 않는다. 따라서, 광학 혼련 기간 동안에, 제1 AOD(302)의 AO 셀에 입사하는 레이저 에너지가 회절되어 그의 각각의 1차 빔 경로(112')를 따라 전파된다(예를 들어, 위에서 논의된 바와 같이). 그런 다음 제2 AOD(304)의 AO 셀은 제1 AOD(302)의 1차 빔 경로(112')를 따라 전파되는 레이저 에너지의 일부분을 흡수하며, 그 결과, 제2 AOD(304)의 AO 셀의 국부적인 가열 및 그 내부에서의 열 렌징이 일어나게 된다. 이러한 방식으로 제2 AOD(304)를 가열하는 것을 본 명세서에서 제2 AOD(304)를 광학적으로 "혼련시키는" 것으로서 설명될 수 있다.

[0038] 일반적으로, 광학 혼련 기간의 타이밍 및 지속 시간은, 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배가 시간이 지남에 따라 비교적 일정한 것을 보장하기 위해 선택되며, 그래서 파면 왜곡 효과의 변화가 무시할 수 있거나, 작업물(102)과 같은 작업물이 만족스럽게 처리될 수 있는 것을 보장하도록 충분히 감소된다. 예를 들어, 도 4에서 시간  $t_1$  전에, 제어기(318)는 빔 경로(112)를 따라 전파되는 하나 이상의 레이저 펄스(402)를 포함하는 레이저 에너지 빔을 생성하기 위해 레이저 공급원(104)의 작동을 제어할 수 있지만, 레이저 펄스(402)로부터 펄스(404)와 같은 슬라이싱된 펄스를 생성하기 위해(또는 제1 AOD(302)를 구동시키기 위해) AOD 스캐닝 시스템(300)을 제어할 수는 없다. 이 예에서, 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 열 렌징을 유도할 수 있는 열 구배는 도 4와 관련하여 전술한 제1 슬라이스 기간의 시작시에(즉, 도 4의 시간  $t_3$ 에서) 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에 없을 것이다. 그러나, 열 렌징을 유도할 수 있는 열 구배가 도 4와 관련하여 전술한 제1 슬라이스 기간 동안(제1 슬라이스 기간은 충분히 긴 지속 시간을 갖는다고 가정함) 또는 제1 슬라이스 기간 다음의 슬라이스 기간 동안(연속적인 슬라이스 기간들은 충분히 긴 지속 시간을 가지며 또한 시간적으로 충분히 서로 가깝다고 가정함) 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 발생하거나 진전될 수 있다.

[0039] 슬라이스 기간 동안 또는 연속적인 슬라이스 기간에 걸쳐 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배의 바람직하지 않은 진전을 방지하거나 유리하게 줄이기 위해, 제어기(318)는, 제1 RF 구동기(314)의 작동을 제어하여 (광학 혼련 기간(500) 동안에) 제1 AOD(302)를 구동시켜 앞에서 언급한 시간  $t_1$  전에 생성된 각 레이저 펄스(402)의 입사 레이저 에너지를 1차 빔 경로(112')로 회절시켜 제1 AOD(302)로부터 1차 빔을 제2 AOD(304)의 AO 셀로 전파 시킴으로써 예컨대 도 5에 나타나 있는 바와 같이 광학 혼련 작동이 수행되게 할 수 있다. 제1 AOD(302)의 이러한 구동은 도 5에 예시적으로 나타나 있지만, 단순성을 위해 단일 레이저 펄스(402)만이 도시되어 있다. 도 5에 나타나 있는 바와 같이, 제어기(318)는 광학 혼련 기간(500) 동안에 제2 AOD(304)를 구동시키기 위해 제2 RF 구동기(316)의 작동을 제어하지 않으며, 그래서 제2 AOD(304)의 AO 셀에 입사되는 모든 레이저 에너지가 제2 빔 트랩(312)에 의해 차단된다.

[0040] 도 5는 광학 혼련 기간(500)이 레이저 펄스(402)의 전체 지속 시간(레이저 펄스(402)의 헤드 부분과 테일 부분 전체를 포함) 동안 지속되는 것을 도시하고 있지만, 광학 혼련 기간(500)은 레이저 펄스(402)의 전체 지속 시간보다 짧을 수 있거나 또는 펄스(402)의 지속 시간에 걸친 연속적인 광학 혼련 기간 동안에 제1 AOD(302)가 구동될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 이 경우, 제1 AOD(302)는 레이저 펄스(402)의 헤드 부분의 전체 또는 일부분 동안, 레이저 펄스(402)의 테일 부분의 전체 또는 일부분 동안, 헤드 부분과 테일 부분 사이의 레이저 펄스(402)의 전체 또는 일부분 동안, 또는 이것들의 임의의 조합 동안 구동되지 않을 수 있다.

[0041] 위에서 언급한 바와 같이, 도 4는 레이저 공급원(104)에 의해 생성된 레이저 에너지 빔의 단일 레이저 펄스(402)만을 도시하고 있지만, 일련의 레이저 트리거 명령 신호(400)가 일반적으로 레이저 공급원(104)에 출력될 것이며, 그래서, 예컨대 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 레이저 공급원(104)은 일반적으로 일련의 레이저 펄스(402)로 구성된 레이저 에너지 빔을 생성할 것이다. 연속적으로 생성된 레이저 펄스(402) 사이의 지속 시간이 충분히 길면, 이전 레이저 펄스(402)(예컨대, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 레이저 펄스(402'))와 관련된 이전 슬라이스 기간(406)(예를 들어, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 슬라이스 기간(406')) 동안 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배는, 다음 레이저 펄스(402)(예컨대, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 레이저 펄스(402''))와 관련된 다음 슬라이스 기간(406)(예컨대, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 슬라이스 기간(406'')) 동안에 펄스(404)와

같은 슬라이스 펄스가 생성되기 전에, 바람직하지 않게 소멸되거나 감소될 수 있다. 결과적으로, 이전 슬라이스 기간(406') 동안에 제2 AOD(304)의 AO 셀에 의해 펄스(404)에 부여되는 파면 왜곡 효과는 다음 슬라이스 기간(406") 동안에 제2 AOD(304)의 AO 셀에 의해 펄스(404)에 부여되는 파면 왜곡 효과와 다를 수 있다. 이해하는 바와 같이, 레이저 펄스(402' 및 402") 각각은 레이저 펄스의 특정 예를 나타내며, 따라서 본 명세서에서 총칭적으로 레이저 펄스(402)라고도 지칭될 수 있다.

[0042] 연속적으로 생성된 레이저 펄스(402)와 관련된 슬라이스 기간 사이(예를 들어, 레이저 펄스(402', 402")와 각각 관련된 슬라이스 기간(406', 406") 사이)에서 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 열 구배의 바람직하지 않은 소멸 또는 감소를 방지하거나 유리하게 줄이기 위해, 제어기(318)는, 제1 RF 구동기(314)의 작동을 제어하여 제1 AOD(302)를 구동시켜 레이저 펄스(402')의 테일 부분에서 입사 레이저 에너지를 1차 빔 경로(112')로 회절시켜(그리고/또는 레이저 펄스(402")의 헤드 부분에서 입사 레이저 에너지를 회절시켜) 제1 AOD(302)로부터 1차 빔을 제2 AOD(304)의 AO 셀로 전파시킴으로써 예컨대 도 6에 나타나 있는 바와 같이 하나 이상의 광학 혼련 작동이 수행되게 할 수 있다. 따라서, 레이저 펄스(402')의 테일 부분에서 입사 레이저 에너지를 회절시키기 위해(그리고/또는 레이저 펄스(402")의 헤드 부분에서 입사 레이저 에너지를 회절시키기 위해) 제1 AOD(302)가 구동되는 기간(들)은 앞에서 언급된 "광학 혼련 기간"의 예이다.

[0043] 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 제어기(318)는 임의의 광학 혼련 기간 동안에 제2 AOD(304)를 구동시키기 위해 제2 RF 구동기(316)의 작동을 제어하지 않으며, 그래서, 광학 혼련 기간 동안에 제2 AOD(304)의 AO 셀에 입사하는 모든 레이저 에너지가 제2 빔 트랩(312)에 의해 차단된다. 또한 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 제어기(318)는, 제1 AOD(302)를 구동시켜 레이저 펄스(402')의 헤드 부분에서 입사 레이저 에너지를 그의 1차 빔 경로(112')로 회절시켜(그리고/또는 레이저 펄스(402")의 테일 부분에서 입사 레이저 에너지를 회절시켜) 필요에 따라 또는 원하는 대로 제1 AOD(302)로부터 1차 빔을 제2 AOD(304)의 AO 셀로 전파시키도록 제1 RF 구동기(314)의 작동을 제어할 수 있다.

[0044] 또한, 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 제어기(318)는, 광학 혼련 기간과 다음의 연속적인 슬라이스 기간 사이에(또는 그 반대) 시간 지연이 있도록 제1 RF 구동기(314)의 작동을 제어한다. 시간 지연이 광학 혼련 기간(500)과 다음의 연속적인 슬라이스 기간(406) 사이(예컨대, 레이저 펄스(402")와 관련된 광학 혼련 기간(500)과 슬라이스 기간(406") 사이)에 시간 지연이 있으면, 시간 지연의 지속 시간은, 다음의 연속적인 슬라이스 기간(406)이 시작될 때 제1 AOD(302)가 회절하도록 구동되기 전에 광학 혼련 기간(500)의 끝에서 제1 AOD(302)의 AO 셀에 있는 일시적인 음향파가 소산될 수 있게 하기에 충분히 길어야 한다(예컨대, AO 셀에서 전파되는 음향파의 진폭과 속도 및 AOD의 광학 구멍의 크기와 같은 하나 이상의 인자에 따라 약  $2\ \mu\text{s}$ ,  $1\ \mu\text{s}$ ,  $0.5\ \mu\text{s}$ ,  $0.25\ \mu\text{s}$ ,  $0.1\ \mu\text{s}$  등 또는 이들 값 사이). 슬라이스 기간(406)과 다음의 연속적인 광학 혼련 기간(500) 사이(예를 들어, 레이저 펄스(402')와 관련된 슬라이스 기간(406')과 광학 혼련 기간(500) 사이)에 시간 지연이 있으면, 그 시간 지연의 지속 시간은 제1 시간 지연 보다 작거나 같거나 클 수 있다.

[0045] 도 6은 레이저 펄스(402)의 헤드 또는 테일 부분 동안에 발생하는 단지 하나의 광학 혼련 기간(500)을 도시하지만, 레이저 펄스(402)의 임의의 헤드 또는 테일 부분 동안에 다수의 간헐적인 광학 혼련 기간(500)이 발생할 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 도 6은 임의의 레이저 펄스(402)와 관련된 광학 혼련 기간(500)이 레이저 펄스(402)의 헤드 부분 또는 테일 부분의 전체 지속 시간 보다 짧은 시간 동안 지속된다는 것을 도시하고 있지만, 임의의 레이저 펄스(402)와 관련된 광학 혼련 기간(500)은 레이저 펄스(402)의 헤드 부분 또는 테일 부분의 전체 지속 시간 동안 지속될 수 있음을 이해할 것이다.

[0046] 도 4 및 도 6은, 위에서 언급된 슬라이스 지연을 제외하고 헤드 부분과 테일 부분 사이의 레이저 펄스(402)의 전체 지속 시간을 슬라이스 기간(406)이 차지하도록 펄스 슬라이싱 작동이 수행되는 실시 형태를 도시한다. 그러나, 다른 실시 형태에서, 슬라이스 지연의 지속 시간(또는 그 근방)의 2배 보다 크고 슬라이스 기간의 외부에 있는 지속 시간을 갖는 적어도 하나의 기간이 레이저 펄스(402)의 헤드 부분과 테일 부분 사이에 있도록 제어기(318)는 하나 이상의 펄스 슬라이싱 작동이 수행되게 할 수 있다. 이하에서는 이러한 기간을 "비슬라이스 기간"이라 한다. 부수적인 광학 혼련 기간(500)과 임의의 다음 슬라이스 기간(예를 들어, 전술한 바와 같이) 사이에 제1 시간 지연이 존재한다면, 제어기(318)는 비슬라이스 기간 동안에 광학 혼련 작동이 수행되게(예를 들어, 전술한 바와 같이) 할 수 있다. 예를 들어, 비슬라이스 기간은 도 7에서 예시적으로 700으로 예시되어 있고, 비슬라이스 기간(700) 내의 광학 혼련 기간(500) 동안에 광학 혼련 작동이 수행한다. 도 7에 나타나 있는 바와 같이, 비슬라이스 기간(700) 동안에 발생하는 광학 혼련 기간(500)과 다음 슬라이스 기간(406'') 사이에 제1 시간 지연이 존재하고, 비슬라이스 기간(700) 동안에 발생하는 광학 혼련 기간(500)과 이전 슬라이스 기간(406) 사이에도 시간 지연이 존재한다. 또한 도 7에 나타나 있는 바와 같이, 광학 혼련 작동은 또한 레이저 펄스(40

2)의 헤드 부분 및/또는 테일 부분에서 수행될 수 있다(예를 들어, 도 6과 관련하여 위에서 예시적으로 설명된 방식으로).

[0047] 위에서 논의된 실시 형태로부터, 제어기(318)는 임의의 비슬라이스 기간 전체 동안, 레이저 펄스의 임의의 헤드 부분 전체 동안, 레이저 펄스의 임의의 테일 부분 전체 동안 또는 이것들의 임의의 조합 동안에 하나 이상의 광학 훈련 작동(예를 들어, 전술한 바와 같은)을 수행하도록 구성된다 것을 이해할 것이다. 다른 실시 형태에서, 제어기(318)는 비슬라이스 기간의 일부분 동안에만, 레이저 펄스의 헤드 부분의 일부분 동안에만, 레이저 펄스의 테일 부분의 일부분 동안에만 또는 이것들의 임의의 조합시에 광학 훈련 작동이 수행되게 한다. 비슬라이스 기간의 일부분(전체 비슬라이스 기간과는 대조적으로) 동안에만, 레이저 펄스의 헤드 부분의 일부분(레이저 펄스의 전체 헤드 부분과는 대조적으로) 동안에만 그리고/또는 레이저 펄스의 테일 부분의 일부분(레이저 펄스의 전체 테일 부분과는 대조적으로) 동안에만 제어기(318)가 광학 훈련 작동이 수행되게 하는 실시 형태에서, 광학 훈련 기간(500)을 "맞춤형 광학 훈련 기간"(500)이라고 할 수 있다.

[0048] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 광학 훈련 작동이 수행되는 맞춤형 광학 훈련 기간(500)의 지속 시간은 그 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 동안의 레이저 펄스(예를 들어, 레이저 펄스(402))의 광학 파워에 대응할 수 있다. 예를 들어, 레이저 펄스(402)의 헤드 부분의 단부의 근처(또는 테일 부분의 시작부의 근처)에서 발생하는 맞춤형 광학 훈련 기간(500)과 비교할 때 레이저 펄스(402)의 헤드 부분의 시작부의 근처(또는 테일 부분의 단부의 근처)에서 발생하는 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 동안에 더 적은 레이저 에너지가 제2 AOD(304)의 AO 셀로 회절될 것이다. 따라서, 제어기(318)는 레이저 펄스(402)의 헤드 부분의 시작부의 근처에서 발생하는 상대적으로 긴 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 동안에 또는 레이저 펄스(402)의 헤드 부분의 단부의 근처에서 발생하는 상대적으로 짧은 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 동안에 광학 훈련 작동을 수행하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 제어기(318)는 레이저 펄스(402)의 테일 부분의 시작부의 근처에서 발생하는 상대적으로 짧은 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 동안에 또는 레이저 펄스(402)의 테일 부분의 단부의 근처에서 발생하는 상대적으로 긴 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 동안에 광학 훈련 작동을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0049] 본 발명의 다른 실시 형태에 따르면, 광학 훈련 작동이 수행되는 임의의 맞춤형 광학 훈련 기간(500)의 지속 시간은 또한 그 맞춤형 광학 훈련 기간(500) 직전에 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 실제 또는 추정된 열 구배에 대응할 수 있다. 맞춤형 광학 훈련 기간 동안에 광학 훈련 작동의 수행을 용이하게 하기 위해, 제어기(318)에는, 레이저 펄스(402)의 시간적 광학 파워 프로파일(즉, 헤드 부분의 시작 부분으로부터 테일 부분의 단부까지) 또는 레이저 펄스(402)의 다양한 시간적 "슬라이스"에서 그 레이저 펄스(402) 내의 에너지 양을 설명하는 펄스 형상 정보를 제공받을 수 있다(또는 예를 들어, 하나 이상의 유선 또는 무선 네트워크(나타나 있지 않음)를 통해 그 펄스 형상 정보에 접근할 수 있음).

### [0050] III. 펄스 형상 정보에 관한 일반적인 논의

[0051] 위에서 언급한 바와 같이, 제어기(318)는, 맞춤형 광학 훈련 기간 동안에 광학 훈련 작동의 수행을 용이하게 하기 위해 펄스 형상 정보를 제공받을 수 있다(또는 예를 들어 하나 이상의 유선 또는 무선 네트워크(나타나 있지 않음)를 통해 그 정보에 접근할 수 있음). 제어기(318)는 레이저 공급원(104)에 의해 생성된 레이저 펄스와 관련된 펄스 형상 정보를 나타내는 정보를 수신할 수 있거나, 그렇지 않으면, 수신된 정보에 근거하여 그러한 펄스 형상 정보를 도출할 수 있다. 이러한 수신된 정보는 사용자에게 의해 입력되거나(예를 들어, 장치(100)의 사용자 인터페이스(나타나 있지 않음)를 통해) 장치(100)의 조작자 또는 기술자에 의해 설정될 수 있고, 제어기(318) 등에 전송 또는 전달되는 컴퓨터 파일로부터 관독되거나 이것들의 조합이 이루어질 수 있다.

[0052] 펄스 형상 정보는, 레이저 에너지 빔의 레이저 펄스(402)가 생성되는 레이저 파라미터(예를 들어, 레이저 공급원(104)에 의해 생성되는 레이저 펄스(402)의 펄스 지속 시간, 레이저 펄스(402)가 생성된 펄스 반복 주파수, 레이저 펄스(402)가 생성된 평균 파워 등 또는 이것들의 임의의 조합)를 설명하는 다른 정보(또한 본 명세서에서는 "보충 정보"라고도 함)와 연관되어 저장될 수 있다(예를 들어, 제어기(318)의 또는 제어기(318)에 접근 가능한 컴퓨터 메모리에 있는 룩업 테이블 또는 다른 데이터 구조에). 그런 다음 제어기(318)는, 장치(100)의 작동 동안에 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서 실질적으로 일정한 열 구배를 유지시키기 위해, 펄스 형상 정보 및 선택적으로 임의의 관련된 보충 정보를 사용하여, 레이저 펄스(402)로부터 슬라이싱된 펄스(404)를 생성하는 동안에 임의의 광학 훈련 작동이 수행되어야 하는 시기 및 광학 훈련 작동이 얼마나 오랫동안 수행되어야 하는지(맞춤형 광학 훈련 기간(500)의 지속 시간)를 결정할 수 있다.

### [0053] A. 펄스 형상 정보의 생성에 관한 논의

- [0054] 일 실시 형태에서, 펄스 형상 정보는 AOD 스캐닝 시스템(300) 내에 또는 AOD 스캐닝 시스템(300)을 포함하는 장치(100) 내에 포함된 임의의 공지된 또는 적절한 레이저 에너지 모니터링 시스템을 사용하여 생성될 수 있다. 예를 들어, 그리고 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 레이저 에너지 모니터링 시스템(800)은 미러(802)와 레이저 센서(804)를 포함한다.
- [0055] 미러(802)는 빔 경로(806) 내에 배치되고, 빔 경로(806)를 따라 전파되는 레이저 에너지의 입사 빔의 광의 대부분을 (빔 경로(806r)로) 반사하고 또한 그 광의 소량 부분(예들 들어, 2% 정도)을 빔 경로(806t)로 전송하도록 구성된 부분 전송 미러로서 제공된다. 도 8에서, 빔 경로(806)는 0차 빔 경로(306 또는 308) 중의 하나이거나 1차 빔 경로(112' 또는 112") 중의 하나일 수 있다. 따라서, 빔 경로(806r)는 제1 빔 트랩(310)(빔 경로(806)가 0차 빔 경로(306)인 경우), 제2 빔 트랩(312)(빔 경로(806)가 0차 빔 경로(308)인 경우), 제2 AOD(304)(빔 경로(806)가 1차 빔 경로(112')인 경우), 또는 스캔 렌즈(108) 또는 광학적으로 AOD 스캐닝 시스템(300)의 하류에 위치되는 다른 광학 요소(빔 경로(806)가 1차 빔 경로(112")인 경우)으로 전파될 수 있다.
- [0056] 레이저 센서(804)는 미러(802)를 통해 전송된(예들 들어, 빔 경로(806t)를 따라 전파되는) 레이저 에너지를 받도록 배치된다. 일 실시 형태에서, 레이저 센서(804)는 그에 입사하는 레이저 에너지 빔의 순간 광학 파워를 측정하고 감지 또는 측정에 근거하여 센서 데이터를 생성하도록 구성된다. 그 센서 데이터는 임의의 적절한 수단에 의해(예들 들어, 당업계에 알려져 있는 바와 같이 유선 또는 무선 통신을 통해) 제어기(318)에 출력될 수 있다. 제어기(318)는 센서 데이터가 설정된 시간 기간에 걸쳐(예들 들어, 아래에서 더 상세히 설명하는 바와 같이, 레이저 펄스(402)의 시간적 "슬라이스" 동안) 레이저 센서(804)에 입사하는 레이저 에너지의 시간적 광학 파워 프로파일을 설명하는 펄스 형상 정보로서 (예들 들어, 국부적으로 제어기(318) 내에, 제어기(318)에 접근 가능한 장치(100) 내의 일부 컴퓨터 메모리에, 장치(100)로부터 원격으로 위치되지만 하나 이상의 네트워크를 통해 그 장치(100)에 통신 가능하게 연결된 일부 컴퓨터 메모리에) 저장되게 한다.
- [0057] 다른 실시 형태에서, 제어기(318)에 출력되는 센서 데이터는 설정된 시간 기간에 걸쳐 레이저 센서(804)에 입사하는 레이저 에너지 빔의 에너지량을 도출하기 위해 추가로 처리(예들 들어, 시간 적분)될 수 있다. 이 실시 형태에서, 처리된 센서 데이터는 설정된 시간 기간에 걸쳐(예들 들어, 아래에서 더 상세히 설명하는 바와 같이, 레이저 펄스(402)의 시간적 "슬라이스" 동안) 레이저 펄스 에너지 내의 에너지량을 설명하는 펄스 형상 정보로서 저장될 수 있다(예들 들어, 전술한 바와 같이).
- [0058] 다른 실시 형태에서, 레이저 센서(804)는 적분 검출기(예들 들어, 입사하는 레이저 에너지 빔의 순간 광학 파워를 측정하고 그 측정된 광학 파워를 적분하여 빔의 에너지량을 도출하도록 구성됨)로서 제공되고 센서 데이터를 생성한다. 그 센서 데이터는 임의의 적절한 수단에 의해(예들 들어, 당업계에 알려져 있는 바와 같이 유선 또는 무선 통신을 통해) 제어기(318)에 출력될 수 있으며, 설정된 시간 기간에 걸쳐(예들 들어, 아래에서 더 상세히 설명하는 바와 같이, 레이저 펄스(402)의 시간적 "슬라이스" 동안) 레이저 펄스 에너지 내의 에너지량을 설명하는 펄스 형상 정보로서 저장될 수 있다(예들 들어, 전술한 바와 같이).
- [0059] 일 실시 형태에서, 레이저 공급원(104), AOD 스캐닝 시스템(300) 및 레이저 에너지 모니터링 시스템(800)은 펄스 형상 정보를 생성하기 위해 펄스 형상 분석 처리를 수행하도록 작동될 수 있다. 펄스 형상 분석 처리 동안에, 레이저 공급원(104)은, 특정 세트의 레이저 파라미터 하에서 생성된 레이저 펄스(402)의 시퀀스를 포함하는 레이저 에너지 빔을 생성하도록 작동된다(예들 들어, 전술한 바와 같이). 예를 들어, 레이저 펄스 시퀀스의 모든 레이저 펄스는 동일한(또는 실질적으로 동일한) 펄스 지속 시간을 가질 수 있으며, 모든 레이저 펄스는 동일한(또는 실질적으로 동일한) 펄스 반복 주파수로 생성될 수 있다.
- [0060] 레이저 펄스의 시퀀스의 각 레이저 펄스(402)의 레이저 에너지가 적어도 하나의 기간(각 기간은 본 명세서에서 레이저 펄스(402)의 위에서 언급된 시간적 "슬라이스" 또는 더 간단하게는 "슬라이스 창(window)"이라고도 함) 동안에 빔 경로(806)를 따라 전파되도록 하기 위해 AOD 스캐닝 시스템(300)은 펄스 형상 분석 처리 동안에 작동된다(예들 들어, 전술한 바와 같이). 레이저 에너지가 빔 경로(806)를 따라 전파될 때 슬라이스 창은 "개방"된 것으로 간주 될 수 있다. 레이저 에너지가 빔 경로(806)를 따라 전파되지 않는 경우, 슬라이스 창은 "폐쇄된" 것으로 간주될 수 있다. 각 슬라이스 창의 지속 시간은 약 2  $\mu$ s, 1  $\mu$ s, 0.5  $\mu$ s, 0.25  $\mu$ s, 0.1  $\mu$ s, 0.05  $\mu$ s 등이거나 이들 값 사이일 수 있으며, 레이저 펄스의 시퀀스 동안에 생성된 모든 슬라이스 창은 같은 지속 시간을 갖는다.
- [0061] 슬라이스 창이 개방되면, 레이저 센서(804)는 센서 데이터를 생성하고 이를 제어기(318)에 출력한다. 그 센서 데이터는 위에서 언급된 보충 정보 및 센서 데이터가 생성된 슬라이스 창의 시간적 양태를 설명하는 슬라이스 정보와 같은 다른 정보와 연관되어 저장된다(예들 들어, 위에서 논의한 바와 같이). 슬라이스 정보의 예는, 슬

라이스 창이 개방된 시간(예를 들어, 레이저 트리거 명령 신호가 로우 상태에서부터 하이 상태로 전이된 시간 등에 대한), 슬라이스 창이 폐쇄된 시간(예를 들어, 레이저 트리거 명령 신호가 로우 상태에서부터 하이 상태로 전이된 시간 등에 대한), 슬라이스 창이 지속 시간, 또는 이것들의 임의의 조합을 포함할 수 있다.

[0062]

일반적으로, 레이저 펄스(402)와 관련된 각 슬라이스 창(402)의 지속 시간은 레이저 펄스(402)의 펄스 지속 시간보다 짧지만, 레이저 펄스(402)의 시퀀스의 다른 레이저 펄스(402)와 관련된 슬라이스 창은 서로 다른 시간에 개방되고 폐쇄되며, 그래서 레이저 센서(804)에 의해 생성된 센서 데이터는 레이저 펄스(402)의 시퀀스의 대표적인 레이저 펄스(402)의 모든 부분을 효과적으로 나타낸다. 예를 들어, 그리고 도 9를 참조하면, 레이저 공급원(104)은 복수의 레이저 펄스(402)(단순화를 위해, 레이저 펄스의 시퀀스의 제1 레이저 펄스(402') 및 제2 레이저 펄스(402'')만이 나타나 있음)를 포함하는 레이저 에너지 빔을 생성하도록 작동된다(예를 들어, 전술한 바와 같이). AOD 스캐닝 시스템(300)은 레이저 펄스의 시퀀스의 각 레이저 펄스와 관련된 적어도 하나의 슬라이스 창 동안에(예를 들어, 제1 레이저 펄스(402')와 관련된 제1 슬라이스 창(900') 동안에 또한 제2 레이저 펄스(402'')와 관련된 제2 슬라이스 창(900'') 동안에) 레이저 에너지가 빔 경로(806)를 따라 전파 되도록 하기 위해 작동된다(예를 들어, 전술한 바와 같이). 이해하는 바와 같이, 슬라이스 창(900' 및 900'') 각각은 슬라이스 창(900')의 특징 예를 나타내며, 따라서 본 명세서에서 총칭적으로 슬라이스 창(900)으로 지칭될 수도 있다. 관련된 레이저 펄스(402')의 시간적 광학 파워 프로파일 내에서의 제2 슬라이스 창(900'')의 위치는, 902로 나타나 있는 바와 같은, 관련된 레이저 펄스(402')의 시간적 광학 파워 프로파일 내에서의 제1 슬라이스 창(900')의 위치에 대해 시간적으로 오프셋되어 있다. 그 오프셋은 일반적으로 슬라이스 창(900)의 지속 시간과 같지만, 슬라이스 창(900)의 지속 시간보다 작거나 클 수 있다. AOD 스캐닝 시스템(300)은, 서로 오프셋된 슬라이스 창 동안에 레이저 펄스의 시퀀스의 다음 레이저 펄스(402)의 레이저 에너지가 빔 경로(806)를 따라 전파되도록 하기 위해 추가로 작동되며(예를 들어, 전술한 바와 같이), 그래서 레이저 펄스(402)의 시퀀스의 모든 레이저 펄스(402)를 나타내는 레이저 펄스의 모든 부분에 대해 슬라이스 창(900)이 생성된다(따라서 센서 데이터가 생성됨)(예를 들어, 도 10 참조).

[0063]

#### IV. RF 훈련에 관한 논의

[0064]

위에서 언급한 바와 같이, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304) 각각의 AO 셀은, 빔 경로(112) 또는 1차 빔 경로(112')를 따라 전파되는 레이저 에너지가 있을 때 열 렌징에 민감한 재료로 형성된다. 그러나, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)를 구동시키면, 위에서 설명한 것과 같은 열 렌징 효과를 유도할 수 있는 열 구배를 생성하기에 충분한 방식으로 내부의 AO 셀이 가열될 것이다. AOD의 AO 셀 내의 열 구배 특성은, AOD가 구동되는 방식에 따라 변할 것이다(예를 들어, 슬라이스 기간 동안에 AOD에 가해지는 RF 에너지의 양 및 RF 주파수(들)를 고려하여). 그러나, 열 렌징 효과를 유도하는 AO 셀 내의 열 구배는 이를 통해 전파되는 레이저 에너지가 없는 경우(예를 들어, AOD가 구동되고 있지 않을 때, 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 펄스(402')의 시간 t17과 펄스(402'')의 시간 t22 사이의 기간 동안; 펄스(402')의 시간 t17은 도 4에 나타나 있는 t7에 대응하고 펄스(402'')의 시간 t22는 도 4에 나타나 있는 t2에 대응함)에 소멸될 수 있다. 결과적으로, 펄스 슬라이싱 작동이 수행될 때(예를 들어, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 레이저 펄스(402'')에 대해) 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배는, 펄스 슬라이싱 작동이 수행될 때(예를 들어, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 레이저 펄스(402')에 대해) 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀 내에서의 열 구배와 바람직하지 않게 다를 수 있다. 따라서, 연속적인 레이저 펄스(402)로부터의 레이저 에너지가 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀을 통해 전파되는 기간에 걸쳐, 이들 AO 셀 내의 열 구배는 바람직하지 않게 변할 수 있으며, 이에 따라, AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)의 일관되지 않은 편향이 일어나게 된다.

[0065]

연속적인 레이저 펄스(402)로부터의 레이저 에너지가 전파되는 기간에 걸쳐 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배의 바람직하지 않은 변화를 방지하거나 최소화하기 위해, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)는 펄스 간 간격 동안에 구동될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "펄스 간 간격"은, 연속적인 레이저 펄스(402)로부터의 레이저 에너지가 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)를 통해 전파되지 않는 시간 기간(예를 들어, 도 6에 나타나 있는 바와 같은 펄스(402')의 시간 t7과 펄스(402'')의 시간 t2 사이의 기간 동안에 발생하는 간격(600))을 말한다. 펄스 간 간격(600) 동안에 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)를 구동시키는 것을 본 명세서에서 "RF 훈련"이라고 하며, 이 훈련은 RF 훈련 작동 동안에 수행될 수 있다.

[0066]

도 12를 참조하면, 제어기(318)는 펄스 간 간격(600)과 같은 펄스 간 간격 동안에 RF 훈련 작동이 수행되도록 할 수 있다. 도 12에서, 제1 RF 구동기(314)로부터 제1 AOD(302)에 가해지는 구동 신호는 제1 RF 훈련 펄스(1202)를 포함하고, 제2 RF 구동기(316)로부터 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호는 제2 RF 훈련 펄스(1204)를 포함한다. 도 12에 나타나 있는 바와 같이, 제1 RF 훈련 펄스(1202) 및 제2 RF 훈련 펄스(1204)가 가해지는 지속

시간을 본 명세서에서 RF 훈련 기간(1200)이라고 한다. RF 훈련 기간(1200)의 타이밍 및 지속 시간은, 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배가 시간이 지남에 따라 상대적으로 일정한 것을 보장하기 위해 선택될 수 있고, 그래서 파면 왜곡 효과의 변화는 무시할 수 있거나, 작업물(102)과 같은 작업물이 만족스럽게 처리될 수 있도록 충분히 감소된다.

[0067] 제어기(318)는, RF 훈련 기간(1200)과 다음의 연속적인 슬라이스 기간(위에서 논의된 바와 같이, 시간  $t_{22}$  이후에 발생함) 사이에 시간 지연이 있도록 제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(316)의 작동을 제어한다. 일반적으로, 시간 지연의 지속 시간은, 슬라이스 기간(406)이 시작될 때 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)가 회절하도록 구동되기 전에 RF 훈련 기간(1200)의 끝에서 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)의 AO 셀에 있는 일시적인 음향파가 소산될 수 있게 하기에 충분히 길어야 한다(예컨대, AO 셀에서 전파되는 음향파의 진폭과 속도 및 AOD의 광학 구멍의 크기와 같은 하나 이상의 인자에 따라 약  $2 \mu s$ ,  $1 \mu s$ ,  $0.5 \mu s$ ,  $0.25 \mu s$ ,  $0.1 \mu s$  이상 등 또는 이들 값 사이). 도시되어 있지는 않지만, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호는, 위에서 논의된 레이저 펄스(404)를 생성하기 위해, 위에서 논의된 광학 훈련 작동 중 임의의 것을 수행하기 위해 또는 이것들의 임의의 조합을 이루기 위해, 임의의 적절한 주파수, 진폭 및 지속 시간의 다른 RF 펄스(기호적으로 점선으로 나타나 있는 바와 같은)를 포함할 수 있음을 이해해야 한다.

[0068] 제1 RF 훈련 펄스(1202) 및 제2 RF 훈련 펄스(1204)의 진폭 및 지속 시간은, 또한 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배가 시간이 지남에 따라 상대적으로 일정한 것을 보장하기 위해 임의의 원하는 또는 유리한 방식으로 선택될 수 있으며, 그래서 파면 왜곡 효과의 변화는 무시할 수 있거나, 작업물(102)과 같은 작업물이 만족스럽게 처리될 수 있도록 충분히 감소된다. 도 12에 나타나 있는 실시 형태에서, 제1 및 제2 RF 훈련 펄스(1202, 1204)는 계단 함수로 나타나 있다. 대안적으로, 제1 및 제2 RF 훈련 펄스(1202, 1204)의 진폭은 AO 셀에서 원하는 열 구배를 얻기 위해 다른 방식으로(예를 들어, 정현파로) 성형될 수 있다. 또 다른 실시 형태에서, RF 훈련 펄스(1202, 1204)는 서로 다른 지속 시간을 가질 수 있다.

[0069] RF 훈련 펄스(1202, 1204)의 RF 주파수 성분은 또한 임의의 원하는 또는 유리한 방식으로 선택될 수 있다. 일부 경우에(예를 들어, AO 셀에 부착되는 변환기(들)의 구성, 변환기가 AO 셀 안으로 음향파를 발사할 수 있는 효율 등에 따라), AO 셀에 의한 RF 에너지의 흡수는 구동 신호의 주파수에 따라 달라질 수 있다. 일 실시 형태에서, RF 훈련 펄스(1202, 1204)는 주파수 대역 내의 하나 이상의 개별 주파수의 서브세트를 포함할 수 있거나, 그러한 개별 주파수 모두를 포함할 수 있다. 또한, 상이한 RF 훈련 기간 동안에 가해지는 RF 훈련 펄스(1202, 1204)의 주파수는 동일하거나 다를 수 있다. 즉, 제1 RF 훈련 기간 동안에 가해지는 RF 훈련 펄스의 주파수(또는 주파수들)는 제2 RF 훈련 기간 동안에 가해지는 RF 훈련 펄스의 주파수(또는 주파수들)와 동일하거나 다를 수도 있다. 예를 들어, 제1 RF 훈련 기간(1200) 동안에, 제1 서브세트의 주파수가 RF 훈련 기간(1200) 전체 동안에 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)의 변환기에 출력될 수 있고, 다음 RF 훈련 기간(1200) 동안에는, 제2 서브세트의 주파수(제1 서브세트에 포함된 동일한 주파수의 일부를 포함하거나 포함하지 않을 수 있음)가 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)의 변환기에 출력된다.

[0070] 다른 실시 형태에서, RF 훈련 펄스(1202, 1204)는, RF 훈련 기간 동안에 RF 훈련 펄스의 주파수를 처핑(chirping)하거나 "스미어링(smearing)"함으로써 특정 주파수 대역 내의 주파수의 일부 또는 전부를 포함할 수 있다. 개별 주파수 RF 훈련 펄스가 바람직하지 않은 수준의 전자기 방사선(예를 들어, 레이저 가공 장치(100) 근처에 있는 전자 장치를 방해할 수 있음)을 방사하면, 이러한 처핑된 또는 "스미어링된" RF 훈련 펄스를 생성하고 가하는 것은, 하나 이상의 개별 주파수를 포함하는 RF 훈련 펄스(각각은 본 명세서에서 또한 "개별 주파수 RF 훈련 펄스"라고도 함)에 보다 유리할 수 있다.

[0071] RF 훈련이 AOD 스캐닝 시스템(300)과 관련하여 위에서 논의되었지만, RF 훈련은 적절하게 장비된 임의의 수의 AOD를 갖는 임의의 시스템(예를 들어, 단지 하나의 AOD를 갖는 시스템, 또는 2개 이상의 AOD를 갖는 시스템)으로 수행될 수 있음을 또한 이해할 것이다.

## [0072] V. 빔 트랩 훈련에 관한 논의

[0073] 전술한 바와 같이, 광학 훈련은, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)를 통해 전파되는 레이저 에너지가 작업물(102)에 전파되지 않을 때 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀의 열적 상태를 유지시키기 위해 유리하게 사용될 수 있다. 또한 전술한 바와 같이, 레이저 에너지가 제1 AOD(302) 또는 제2 AOD(304)를 통해 전파되지 않을 때(따라서 작업물(102)에 전파되지 않음)(예컨대, 위에서 언급된 펄스간 간격 동안에) 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀의 열적 상태를 유지시키기 위해 RF 훈련이 사용될 수 있다.

- [0074] 그러나, 레이저 공급원(104)이 (예컨대, 레이저 공급원(104)의 안정적인 작동을 유지하기 위해) 여전히 레이저 에너지 빔을 생성하는 동안, 하지만 광학 혼련이 효과적이거나 실행가능하지 않는(예컨대, 제1 AOD(302)가 구동되고 있을 때 제2 AOD(304)가 상대적으로 긴 기간 동안 구동되고 있지 않기 때문에) 동안, 작업물(102)이 레이저 에너지로 조사되는(irradiated) 것을 방지하는 것이 바람직한 상황이 있을 수 있다. 이러한 상황은, 예를 들어, 처리된 작업물이 시스템 등으로부터 제거되고 있을 때(또는 그 시스템에 로딩되고 있을 때), 작업물에 연속적으로 형성될 특징부들 사이에 긴 거리가 있는 작업물 처리 중에 그러한 상황이 발생할 수 있다. 이러한 상황 동안에 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀의 열적 상태를 유지시키기 위해, 그리고 도 13을 참조하면, AOD 스캐닝 시스템(1300)은 AOD 스캐닝 시스템(300)에 대해 예시적으로 설명한 바와 같이 제공될 수 있으나, 그에 전파되는 레이저 에너지를 차단하도록 배치되고 구성되는 제3 빔 트랩(1302)(본 명세서에서는 "혼련 빔 트랩(1302)"이라고도 함)을 더 포함할 수 있고, AOD 시스템(1300)의 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)는 1차 빔 경로(112'')를 혼련 빔 트랩(1302)으로 편향시키도록(예를 들어, 화살표(1304)로 나타나 있는 바와 같이) 구동될 수 있으며, 그래서 혼련 빔 트랩(1302)은 1차 빔 경로(112'')를 따라 전파되는 레이저 에너지를 차단한다. 이러한 방식으로 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)를 구동시키는 것을 본 명세서에서는 "빔 트랩 혼련"이라고 하며, 이 혼련은 빔 트랩 혼련 작동 중에 수행될 수 있다.
- [0075] 도 14를 참조하면, 제어기(318)는, 일련의 다수의 연속적으로 생성된 레이저 펄스(402)의 레이저 에너지가 AO 셀을 통해 전파될 때 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 구동 신호를 가하도록 제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(312)의 작동을 제어함으로써 빔 트랩 혼련 작동이 수행되게 할 수 있다. 도 14에서, 혼련 빔 트랩(1302)으로 편향되는 1차 빔 경로(112'')의 광학 파워는 라인(1400)으로 나타나 있다.
- [0076] 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 진폭은 일정할 수 있거나, 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 AO 셀 내의 열 구배가 시간이 지남에 따라 상대적으로 일정한 것을 보장하기 위해 임의의 원하는 또는 유리한 방식으로 변할 수 있으며, 그래서 파면 왜곡 효과의 변화가 무시될 수 있거나, 작업물(102)과 같은 작업물이 만족스럽게 처리될 수 있도록 충분히 감소된다.
- [0077] 일 실시 형태에서, 위상 변조 제어가 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)를 구동시키는 동안에 위상 변조 제어가 추가로 사용되어, 빔 경로(112'')를 따라 혼련 빔 트랩(1302)으로 전파되는 광학 파워를 감소시킨다. 그렇지 않으면 빔 경로(112'')를 따라 혼련 빔 트랩(1302)으로 전파될 레이저 에너지의 평균 또는 최고 파워가 빔 트랩(1302)을 바람직하지 않게 손상시키거나 악화시키면, 그렇게 하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0078] 도 14에 나타나 있는 바와 같이, 제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(316)로부터 각각 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 지속 시간은 단일 레이저 펄스(402)의 지속 시간보다 상당히 길다. 도시된 실시 형태에서, 한번에 제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(316)로부터 가해지는 구동 신호는, 제1 AOD(302)의 AO 셀에 입사하는 레이저 펄스(402)의 헤드 부분의 시작부에 동기화된(즉, 위에서 언급된 시간  $t_2$ 에 대응하는 시간  $t_{12}$ 에서). 그러나, 다른 실시 형태에서, 구동 신호는 시간  $t_{12}$  이전에(예를 들어, 앞에서 언급된 시간  $t_1$ 에 대응하는 시간  $t_{12}$ 와 시간  $t_{11}$  사이, 또는 시간  $t_{11}$  전에) 가해질 수 있다.
- [0079] 명백한 바와 같이, 제1 RF 구동기(314) 및 제2 RF 구동기(316)로부터 가해지는 각 구동 신호의 주파수는, 1차 빔 경로(112'')를 따라 전파되는 레이저 에너지를 혼련 빔 트랩(1302)으로 향하게 하도록 선택된다. 일반적으로, 제1 RF 구동기(314)로부터 가해지는 구동 신호의 주파수(본 명세서에서 "제1 주파수"라고도 함)는 제1 주파수 범위 내의 임의의 주파수일 수 있다. 마찬가지로, 제2 RF 구동기(316)로부터 가해지는 구동 신호의 주파수(본 명세서에서는 "제2 주파수"라고도 함)는 제2 주파수 범위 내의 임의의 주파수일 수 있다. 제1 주파수 범위의 대역폭은 제2 주파수 범위의 대역폭보다 크거나, 같거나, 작을 수 있다. 일 실시 형태에서, 제1 주파수 범위는 제2 주파수 범위와 겹친다(즉, 제1 주파수 범위에 포함된 주파수는 제2 주파수 범위에 포함됨). 다른 실시 형태에서, 제1 주파수 범위는 제2 주파수 범위와 겹치지 않는다(즉, 제1 주파수 범위에 포함된 주파수는 제2 주파수 범위에 포함되지 않으며, 그 반대로 마찬가지임).
- [0080] 빔 트랩 혼련 작동 동안에 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 RF 주파수 성분은 임의의 원하는 또는 유리한 방식으로 선택될 수 있다. 예를 들어, 제1 AOD(302)에 가해지는 구동 신호는 제1 주파수 범위 내의 하나 이상의 개별 주파수를 포함할 수 있거나, RF 혼련에 관한 실시 형태에서 전술한 바와 같이 처핑되거나 "스미어링된" 제1 주파수 범위 내의 복수의 주파수를 포함할 수 있다. 마찬가지로, 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호는 제2 주파수 범위 내의 하나 이상의 개별 주파수를 포함할 수 있거나, RF 혼련에 관한 실시 형태에서 전술한 바와 같이 처핑되거나 "스미어링된" 제2 주파수 범위 내의 복수의 주파수를 포함할 수 있다.
- [0081] 빔 트랩 혼련은 혼련 빔 트랩(1302)을 포함하는 AOD 스캐닝 시스템(1300)과 관련하여 혼련 빔 트랩의 사용을 포

합하는 것으로 위에서 설명되었지만, 다른 실시 형태에서 훈련 빔 트랩(1302)은, 빔 트랩 훈련 작동 동안에 1차 빔 경로(112'')를 따라 전파되는 레이저 에너지를 차단하고 또한 그 레이저 에너지를 제1 빔 트랩(310) 또는 제2 빔 트랩(312) 안으로 다시 향하게 하도록 배치되고 구성된 하나 이상의 광학 요소(예를 들어, 하나 이상의 미러, 렌즈 등 또는 이것들의 임의의 조합)로 대체될 수 있음을 이해할 것이다. 또 다른 실시 형태에서, 제2 빔 트랩(312)은 빔 트랩 훈련 작동 중에 1차 빔 경로(112'')를 따라 제2 AOD(304)로부터 전파되는 레이저 에너지를 차단하도록 구성될 수 있다.

[0082] 빔 트랩 훈련이 AOD 스캐닝 시스템(1300)과 관련하여 위에서 논의되었지만, RF 훈련은 적절하게 장비된 임의의 수의 AOD를 갖는 임의의 시스템(예를 들어, 단지 하나의 AOD를 갖는 시스템, 또는 2개 이상의 AOD를 갖는 시스템) 및 빔 트랩으로 수행될 수 있음을 이해할 것이다. 더욱이, 도 14는 2개의 연속적인 레이저 펄스(402)를 빔 트랩(1302)으로 편향시키기 위해 빔 트랩 훈련이 수행되는 실시 형태를 도시하지만, 그 빔 트랩 훈련은 임의의 수의 그러한 레이저 펄스(402)를 빔 트랩(1302)으로 편향시키기 위해 수행될 수도 있다는 것을 이해할 것이다.

[0083] VI. 시간적 광학 파워 프로파일의 조절에 관한 논의

[0084] 위에서 논의된 바와 같이, 각각 408 및 410으로 나타나 있는, 슬라이스 기간 동안의 제1 AOD(302) 및 제2 AOD(304)의 시간적 전송 프로파일은 슬라이스 기간(406)의 전체 지속 시간 동안 일정하다(또는 적어도 실질적으로 일정함). 결과적으로, 슬라이스 기간 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워 프로파일(즉, 슬라이스 기간 동안에 시간의 함수로서 AOD 스캐닝 시스템(300)으로부터 출력되는 레이저 펄스(404)의 광학 파워)은, 슬라이스 기간 동안에 AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)의 일 부분의 시간적 광학 파워 프로파일과 대략 일치할 것이다. 예를 들어, 도 4-7 또는 8-10에 나타나 있는 임의의 슬라이스 기간 동안에 AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)와 AOD 스캐닝 시스템(300)으로부터 출력되는 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워 프로파일은 본질적으로 수평으로 평평한데, 이는 입사하는 레이저 펄스(402)와 출력되는 레이저 펄스(404)의 광학 파워는 슬라이스 기간(406) 동안에 대략 일정하다는 것을 의미한다. 따라서, 상이한 슬라이스 기간 동안에 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일은 동일(또는 대략 동일)할 것이며, 슬라이스 기간 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워 프로파일도 동일(또는 대략 동일)할 것이다. 슬라이스 기간 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워 프로파일이 동일한(또는 대략 동일한) 것을 보장하는 것은, 작업물에 특징부를 형성하기 위한(예를 들어, 인쇄 회로 기판 또는 집적 회로 기판과 같은 작업물에 관통 또는 블라인드 비아를 형성하기 위한) 레이저 기반 공정의 개발을 촉진하는 데에 유리하거나 또는 공통 레이저 펄스(402)로부터 슬라이싱된 서로 다른 레이저 펄스(404)를 사용하여 다수의 특징부를 형성하는 데에 유리할 수 있다.

[0085] 그러나, 레이저 펄스(402)의 주 부분의 광학 파워가 바람직하지 않게 변하는 경우가 종종 있을 수 있다. 결과적으로, 서로 다른 슬라이스 기간 동안 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일은 충분히 서로 다를 것이며, 이에 따라, 레이저 기반 공정을 효율적으로 개발하고 또한 공통 레이저 펄스(402)로부터 슬라이싱된 서로 다른 레이저 펄스(404)를 사용하여 다수의 특징부를 형성하는 것이 어렵게 된다. 일부 실시 형태에서, 레이저 펄스(402)의 시간적 광학 파워 프로파일은, 레이저 공급원(104)이 작동되는 방식을 변경함으로써(예를 들어, 생성된 레이저 펄스의 광학 파워를 변경함으로써, 펄스 반복율을 변경함으로써, 생성된 레이저 펄스의 펄스 지속 시간을 변경함으로써, 레이저 공급원(104)에 가해지는(예를 들어, 펄스폭 변조를 통해) 레이저 트리거 명령 신호의 듀티 사이클을 변조함으로써 또는 이것들의 임의의 조합을 통해) 조절될 수 있다.

[0086] 레이저 공급원(104)의 작동을 수정하는 것에 대한 대안으로서(또는 그와 함께), 슬라이스 기간(406) 동안에 408 및/또는 410으로 각각 나타나 있는 시간적 전송 프로파일을 발생시키는, 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호들의 진폭 및/또는 위상(제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)가 다수의 변환기를 포함하는 실시 형태에서)은 슬라이스 기간(406) 동안에 가변적일 수 있다(예를 들어, 전술한 바와 같이). 본 발명의 실시 형태에 따르면, 슬라이스 기간(406) 동안에 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)에 가해지는 구동 신호의 진폭 및/또는 위상은, 그 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워프로파일이 슬라이스 기간(406) 동안에 AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일과 대략 일치하지 않도록 가변적일 수 있다.

[0087] 예를 들어, 그리고 도 11을 참조하면, 레이저 펄스(402)의 광학 파워는 크게 변하는 것으로 밝혀졌다(예를 들어, 앞에서 언급된 시간  $t_3$ 에서의 상대적으로 높은 광학 파워 "Hi"로부터 앞에서 언급된 시간  $t_6$ 에서의 상대적으로 낮은 광학 파워 "Lo"까지 꾸준히 감소함, 여기서 광학 파워 Lo는 광학 파워 Hi보다 5% 내지 15% 더 낮은 범위에 있을 수 있음). 앞에서 언급된 제1 슬라이스 기간(406) 동안 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)의 시간적 전

송 프로파일이 일정하다면, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 광학 파워는 제1 슬라이스 기간 동안에 바람직하지 않게 변할 것이다(예를 들어, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일과 일치하는 시간적 광학 파워 프로파일을 생성하기 위해 꾸준히 감소함). 마찬가지로, 앞에서 언급된 제2 슬라이스 기간(406) 동안 시간적 전송 프로파일이 일정하다면, 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 광학 파워는 제2 슬라이스 기간 동안에 바람직하지 않게 변할 것이다(예를 들어, 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일과 일치하는 시간적 광학 파워 프로파일을 생성하기 위해 꾸준히 감소함). 더욱이, 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 펄스 지속 시간이 같다고 가정하면, 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)는, 바람직하지 않게, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)보다 적은 펄스 에너지를 갖게 될 것이다.

[0088] 따라서, 본 발명의 실시 형태에 따르면, 그리고 도 11에 예시적으로 나타나 있는 바와 같이, 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워 프로파일은 적어도 실질적으로 수평으로 평평하도록(즉, 시간이 지남에 따라 실질적으로 일정함), 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 제1 AOD(302)에 가해지는 각 구동 신호의 시간적 전송 프로파일은 가변적일 수 있다(예를 들어, 진폭 변조 제어, 위상 변조 제어 또는 이것들의 조합을 사용하여). 예를 들어, 제1 및 제2 슬라이스 기간 동안 제1 AOD(302)의 시간적 전송 프로파일이 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 AOD 스캐닝 시스템(300)에 입사하는 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일의 역이 되도록, 진폭 변조 제어 및/또는 위상 변조 제어가, 제1 및 제2 슬라이스 기간 동안에 제1 AOD(302)를 구동시키는 데에 수행될 수 있다. 더욱이, 진폭 변조 제어 및/또는 위상 변조 제어는, 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워가 적어도 실질적으로 같도록 수행될 수 있다. 결과적으로, 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 펄스 지속 시간이 같다고 가정하면, 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)는, 바람직하게, 제1 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)와 동일한 펄스 에너지를 갖게 될 것이다.

[0089] 도 11은 레이저 펄스(402)의 광학 파워가 꾸준히 감소하는 것으로 나타난 실시 형태를 도시하지만, 레이저 펄스(402)의 광학 파워는, 레이저 에너지 빔을 생성하기 위해 사용되는 레이저 공급원(104), 레이저 공급원(104)이 작동되는 방식, 레이저 공급원(104)의 온도, 레이저 공급원(104)을 둘러싸는 주변 환경 내의 환경적 조건(예컨대, 습도, 온도) 등 또는 이것들의 조합과 같은 하나 이상의 인자에 따라, 꾸준히 증가하거나 정현파, 준-오차(quasi-erratic) 또는 다른 비선형적인 방식 등 또는 이것들의 조합 방식으로 감소 또는 증가할 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0090] 더욱이, 도 11은 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안에 생성된 레이저 펄스(404)의 시간적 광학 파워 프로파일이 적어도 실질적으로 수평으로 평평한 것을 보장하기 위해 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안의 제1 AOD(302)의 시간적 전송 프로파일이 변하는 실시 형태를 도시하지만, 제1 및 제2 슬라이스 기간(406) 동안의 제2 AOD(304)의 시간적 전송 프로파일은 대안적으로 또는 추가적으로 동일한 목표를 달성하기 위해 변할 수 있음을 이해할 것이다.

[0091] 마지막으로, 제1 AOD(302) 및/또는 제2 AOD(304)의 시간적 전송 프로파일은 적어도 실질적으로 수평으로 평평한 시간적 광학 파워 프로파일을 갖는 레이저 펄스(404)를 생성하기 위해 실질적으로 수평으로 평평하지 않아 슬라이스 기간 동안에 변하는 시간적 광학 파워 프로파일을 갖는 레이저 펄스(402)의 일부분이 존재할 때 변경될 수 있다는 것이 위에서 논의되었지만, 가해지는 구동 신호(들)의 진폭은 슬라이스 기간 동안 존재하는 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일과 대략 일치하거나 일치하지 않는 다른 시간적 광학 파워 프로파일을 갖는 레이저 펄스(404)를 생성하기 위해 임의의 다른 방식으로 변경될 수 있음을 이해할 것이다.

[0092] 레이저 공급원(104)에 의해 생성될 수 있는 레이저 펄스의 시간적 광학 파워 프로파일을 설명하거나 근사화하는 펄스 형상 정보만큼, 그러한 펄스 형상 정보는 제어기(318)에 의해 접근될 수 있다. 그 후, 제어기(318)는 적어도 하나의 RF 구동기(예를 들어, 제1 RF 구동기(314), 제2 RF 구동기(316) 또는 이것들의 조합)에 의해 생성될 적어도 하나의 구동 신호의 시간적 진폭 프로파일을 특징짓는 데이터를 생성할 수 있고, 이에 의해, 그것이 생성된 레이저 펄스(402)의 일부분의 시간적 광학 파워 프로파일과 일치하지 않는 원하는 시간적 광학 파워 프로파일을 갖는 레이저 펄스(404)가 생성될 것이다. 그 후, 제어기(318)는 RF 구동기에 대한 명령 신호의 형태로 데이터를 적절한 RF 구동기에 출력할 수 있다.

## [0093] VII. 추가 코멘트

[0094] 일반적으로, 제어기(118)는 (예를 들어, 하나 이상의 명령의 실행시에) 위에서 언급된 명령 및 제어 신호를 생

성하도록 작동하는 하나 이상의 프로세서를 포함한다. 프로세서는 명령을 실행하도록 작동하는 프로그래밍 가능한 프로세서(예컨대, 하나 이상의 범용 컴퓨터 프로세서, 마이크로프로세서, 디지털 신호 프로세서, 또는 프로그래밍 가능한 논리 디바이스(PLD), 중앙 처리 유닛(CPU), 그래픽 처리 유닛(GPU), 가속 처리 유닛(APU), 실시간 처리 장치(RPU), 필드 프로그래밍 가능 한 게이트 어레이(FPGA), 필드 프로그래밍 가능한 객체 어레이(FPOA), 주문형 집적 회로(ASIC)(디지털, 아날로그 및 혼합 아날로그/디지털 회로를 포함함) 등 또는 이것들의 임의의 조합을 포함하는 임의의 다른 적합한 형태의 회로)로서 제공될 수 있다. 명령의 실행은 하나의 프로세서에서 수행될 수 있고, 디바이스 내 프로세서 또는 디바이스의 네트워크 등 또는 이것들의 조합에 걸쳐 병렬로 있는 다수의 프로세서들 사이에 분산된다.

[0095]

일반적으로, 명령은 소프트웨어(예를 들어, 실행 가능한 코드, 파일, 라이브러리 파일 등 또는 이것들의 임의의 조합), 하드웨어 구성(예를 들어, FPGA, ASIC 등의 경우) 등 또는 이것들의 임의의 조합으로 구현될 수 있으며, 이는 여기에 제공된 설명(예를 들어, C, C++, Visual Basic, Java, Python, Tel, Perl, Scheme, Ruby, 어셈블리 언어, LUCID, VHDL 또는 VERILOG와 같은 하드웨어 설명 언어 등으로 작성됨)으로부터 전문가에 의해 쉽게 특정될 수 있다. 소프트웨어는 일반적으로 프로세서에 의해 접근 가능한(예를 들어, 하나 이상의 유선 또는 무선 통신 링크를 통해) 컴퓨터 메모리와 같은 유형적인 매체에 의해 전달되는 하나 이상의 데이터 구조에 저장된다. 유형적인 매체의 예는 자기 매체(예를 들어, 자기 테이프, 하드 디스크 드라이브 등), 광학 디스크, 휘발성 또는 비휘발성 반도체 메모리(예를 들어, RAM, ROM, NAND형 플래시 메모리, NOR형 플래시 메모리, SONOS 메모리 등) 등 또는 이것들의 임의의 조합을 포함하며, 국부적으로, 원격으로(예를 들어, 네트워크를 통해) 또는 이것들의 임의의 조합으로 접근될 수 있다.

[0096]

레이저 펄스(402)가 존재할 때 AOD 스캐닝 시스템(300)을 작동시키는 것과 관련하여 본 발명의 다양한 실시 형태가 도 1-11과 관련하여 위에서 설명되었지만, 이들 실시 형태는 레이저 에너지의 CW 또는 QCW 빔이 존재할 때 AOD 스캐닝 시스템(300)을 작동시키도록 마찬가지로 실행될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 마찬가지로, 레이저 펄스(402)의 열에 의해 나타나는 레이저 에너지 빔을 편향시키는 것과 관련하여 빔 트랩 혼련이 도 13 및 도 14와 관련하여 위에서 설명되었지만, 레이저 공급원(104)에 의해 생성된 레이저 에너지 빔이 레이저 에너지의 CW 또는 QCW 빔으로서 나타날 때 빔 트랩 혼련 기술이 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 추가로, 도 4, 6, 7 및 14는 제1 AOD(302)가 제2 AOD(304)보다 더 높은 전송 레벨로 구동되는 실시 형태를 도시하지만, 제1 AOD(302)와 제2 AOD(304)는 같은 전송 레벨로 구동될 수 있고 또는 제2 AOD(304)는 제1 AOD(302)보다 더 높은 전송 레벨로 구동될 수 있거나, 또는 제1 AOD(302)는 제2 AOD(304)보다 더 높은 전송 레벨과 더 낮은 전송 레벨로 교대로 그리고 반복적으로 구동될 수 있음을 이해할 것이다. 더욱이, 슬라이싱된 레이저 펄스(404)가 연속적인 펄스 슬라이스에 걸쳐 일관된 시간적 광학 파워 프로파일 또는 시간적 광학 파워 프로파일의 임의의 다른 원하는 또는 적절한 분포를 갖는 것을 보장하기 위해, 펄스 형상 정보의 획득과 처리 및 시간적 광학 프로파일의 조절과 관련하여 위에서 논의된 실시 형태는 레이저 에너지의 CW 또는 QCW 빔에 적용될 수 있다.

[0097]

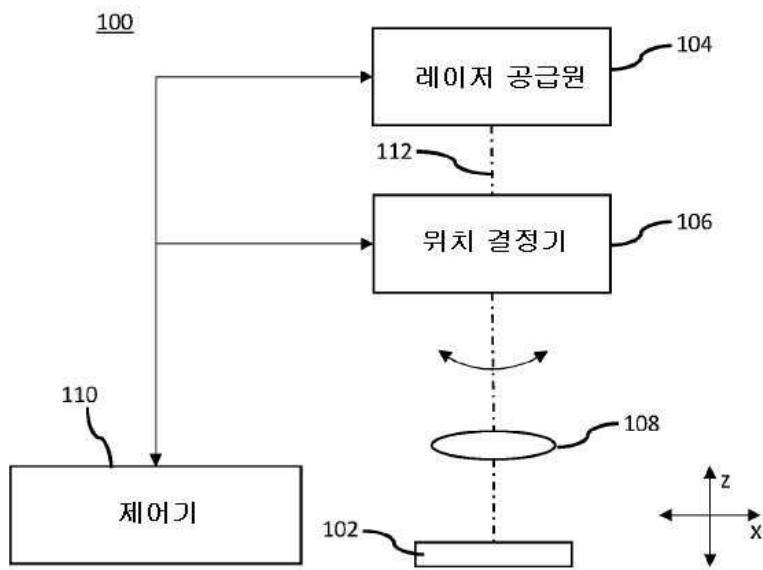
## VIII. 결론

[0098]

전술한 내용은 본 발명의 실시 형태 및 예를 예시한 것이며, 이를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 몇몇 특정 실시 형태 및 예가 도면을 참조하여 설명되었지만, 당업자는, 개시된 실시 형태 및 예에 대한 많은 수정예 및 다른 실시 형태가 본 발명의 신규한 교시 및 이점으로부터 실질적으로 벗어나지 않고 가능하다는 것을 쉽게 이해할 것이다. 예를 들어, 혼련 작동에 관한 실시 형태가 도 3에 나타나 있는 빔 위치 결정기와 함께 사용되는 것으로 위에서 설명되었지만, 도 2에 나타나 있는 빔 위치 결정기(106)에 있는 제1 AOD(200)는 또한 본 명세서에서 설명되는 혼련 작동을 실행하기 위해 구동될 수 있음을 이해할 것이다. 따라서, 그러한 모든 수정예는 청구 범위에 규정된 바와 같은 본 발명의 범위 내에 포함되도록 의도된다. 예를 들어, 당업자는, 임의의 문장, 단락, 예 또는 실시 형태의 주제는 다른 문장, 단락, 예 또는 실시 형태의 일부 또는 전부의 주제와 조합될 수 있음을(그러한 조합이 상호 배타적인 경우를 제외하고) 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 다음의 청구 범위에 의해 결정되어야 하며, 그 청구 범위에 대한 등가물도 청구 범위에 포함될 것이다.

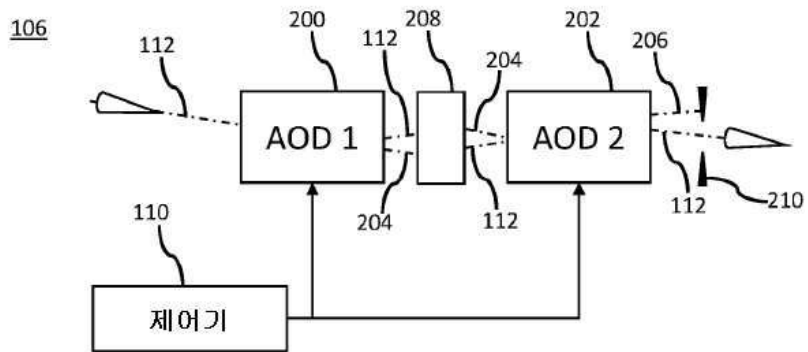
도면

도면1



(관련 기술)

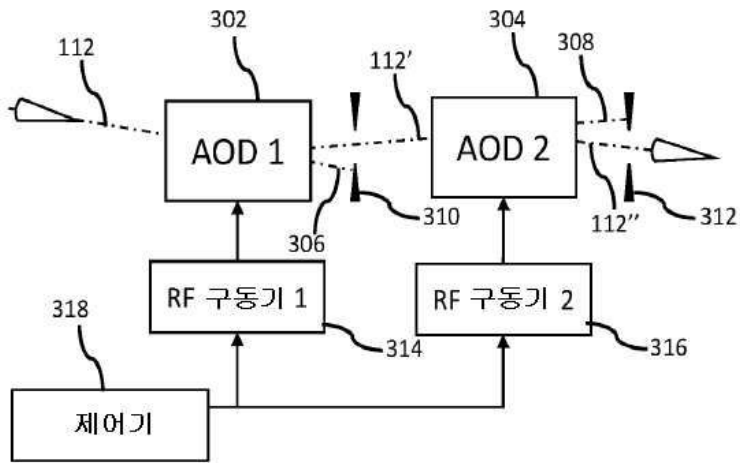
도면2



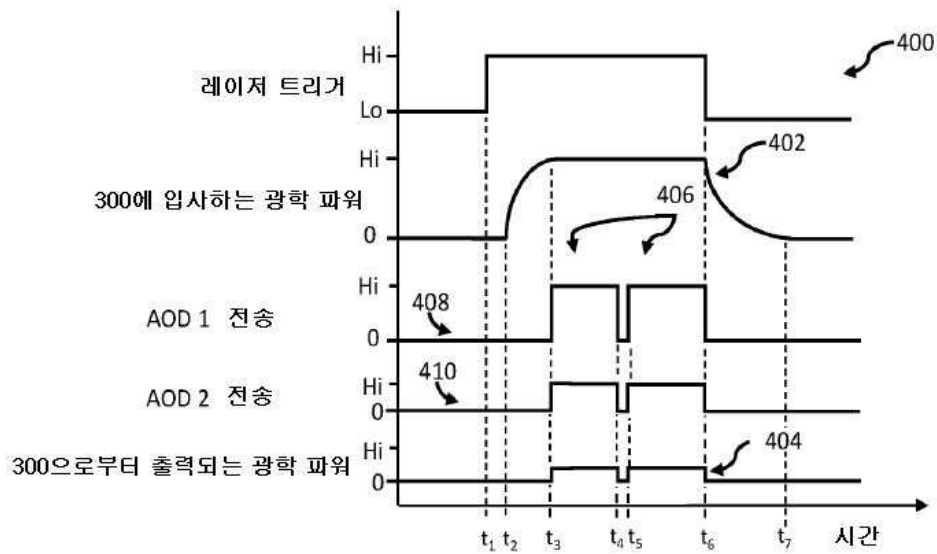
(관련 기술)

도면3

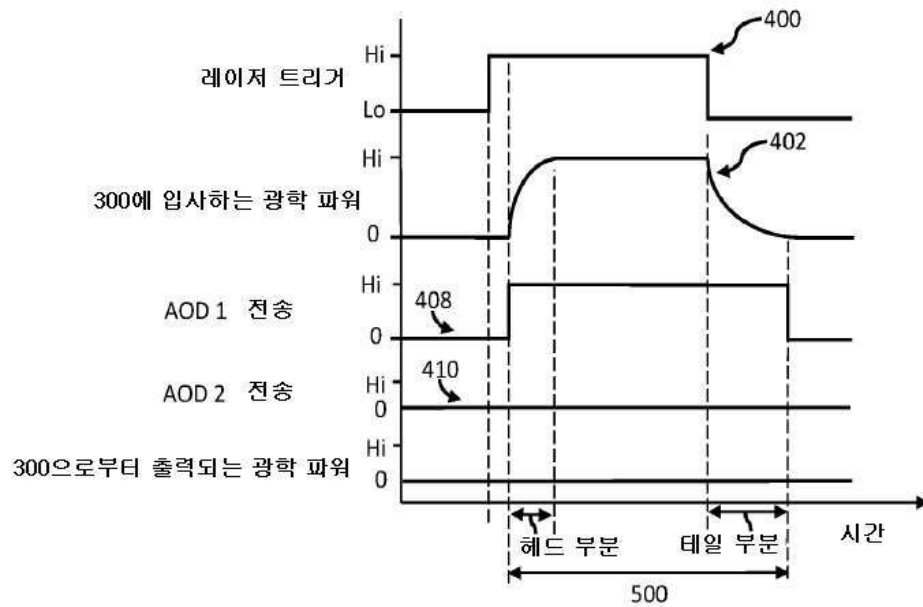
300



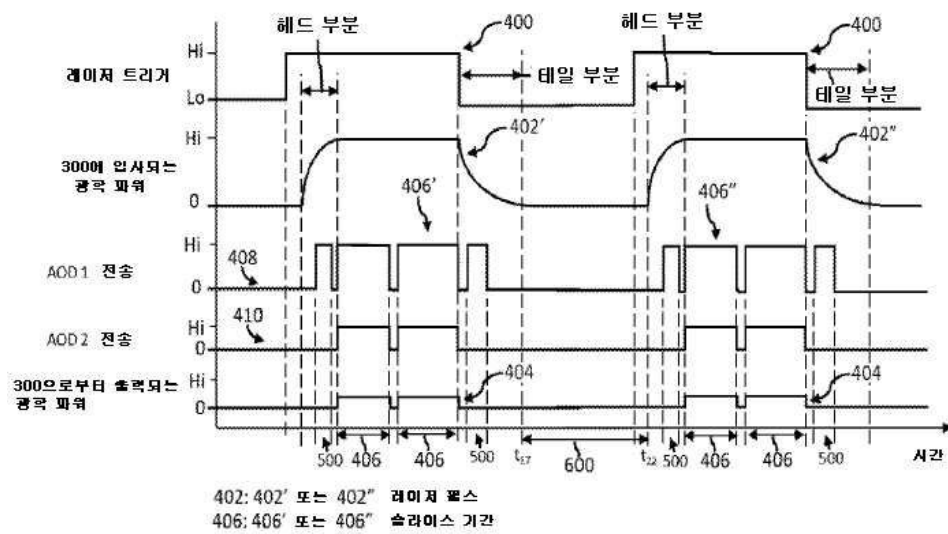
도면4



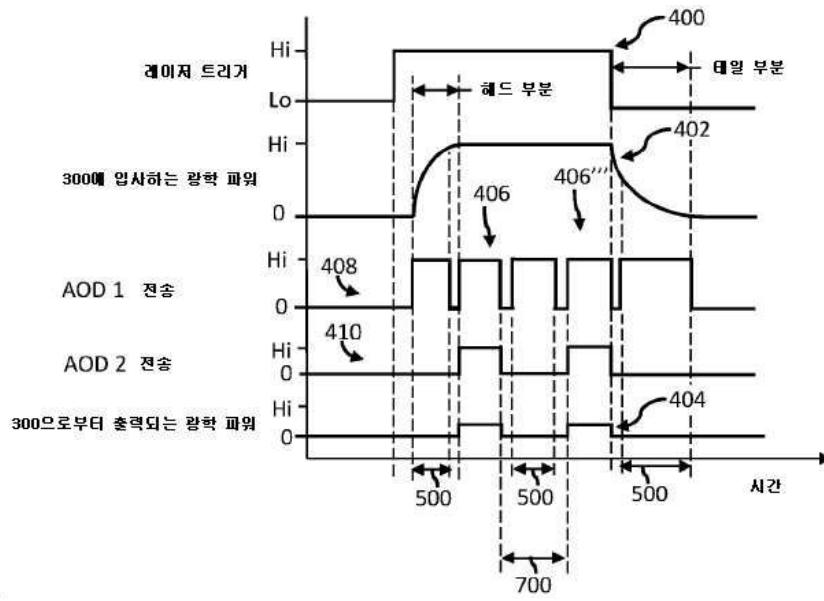
도면5



도면6

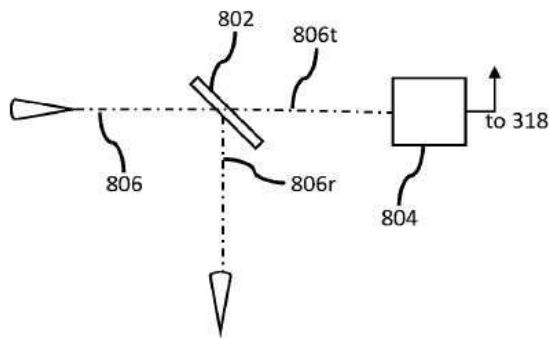


도면7

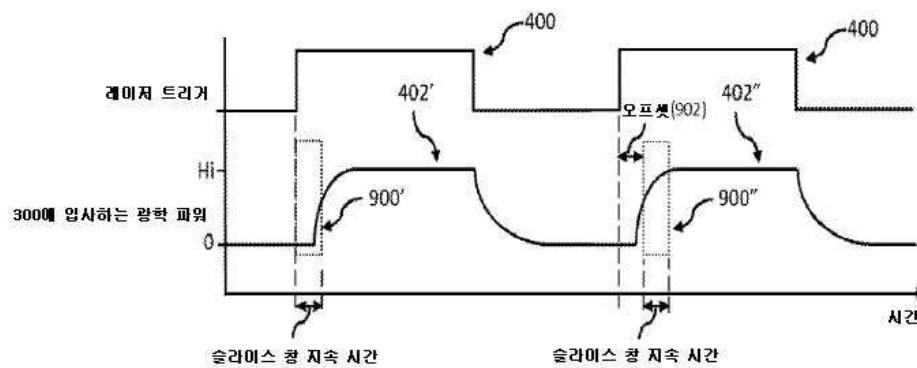


도면8

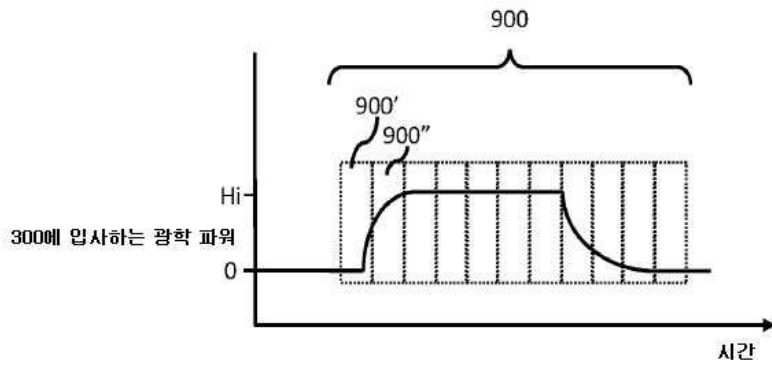
800



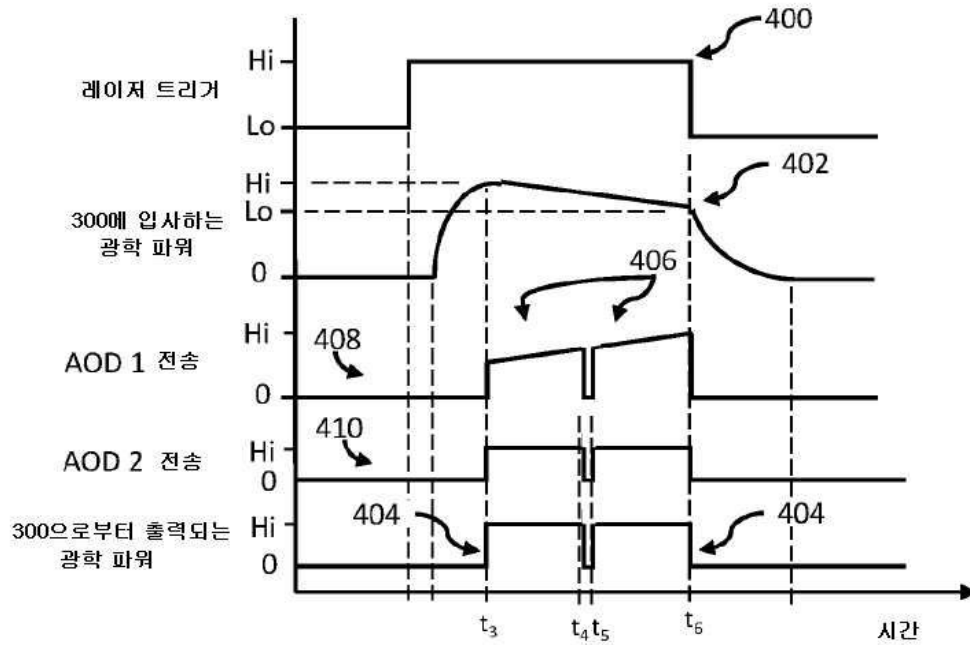
도면9



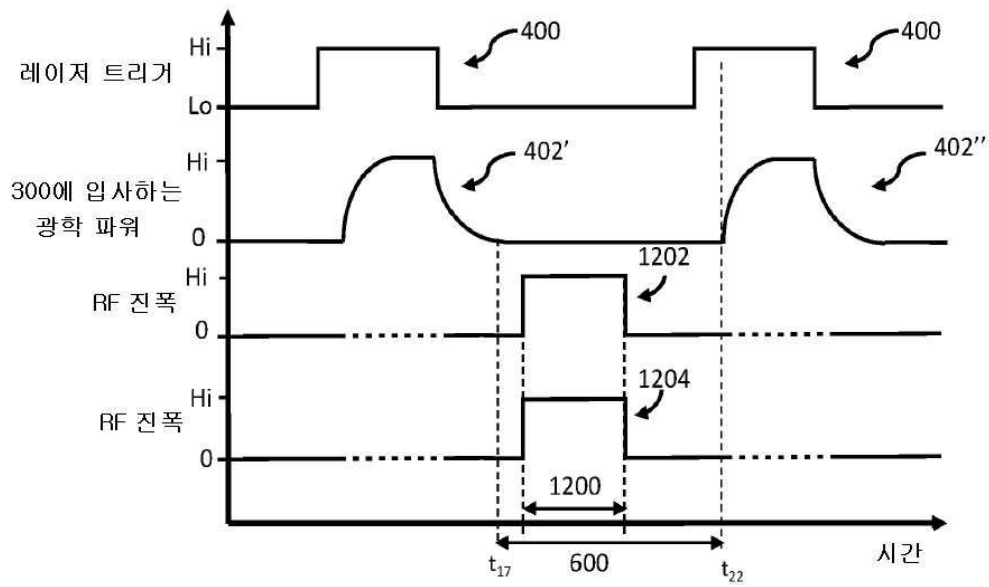
도면10



도면11



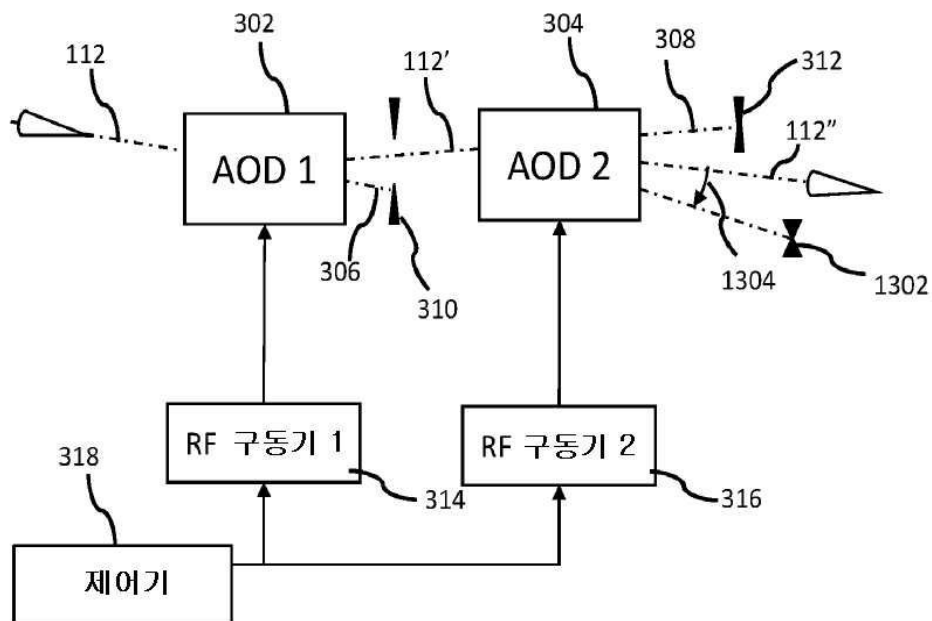
도면12



402: 402' 또는 402''

도면13

1300



도면14

