



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월05일  
(11) 등록번호 10-1357017  
(24) 등록일자 2014년01월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/268 (2006.01) H01L 21/20 (2006.01)  
B23K 26/08 (2014.01) B23K 26/064 (2014.01)  
(21) 출원번호 10-2008-7032051  
(22) 출원일자(국제) 2007년05월31일  
심사청구일자 2012년05월22일  
(85) 번역문제출일자 2008년12월30일  
(65) 공개번호 10-2009-0029235  
(43) 공개일자 2009년03월20일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/013029  
(87) 국제공개번호 WO 2007/143144  
국제공개일자 2007년12월13일  
(30) 우선권주장  
11/447,379 2006년06월05일 미국(US)  
11/805,596 2007년05월23일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP09050961 A  
W02005054949 A3  
JP2001269789 A  
전체 청구항 수 : 총 16 항

(73) 특허권자  
사이머 엘엘씨  
미국 캘리포니아 92127-2413 샌디에고 쏘민트 코  
트 17075  
(72) 발명자  
호프만 토마스  
미국 캘리포니아 92116 샌디에고 아리조나 스트리  
트 4794, 샵205  
(74) 대리인  
송봉식, 정삼영

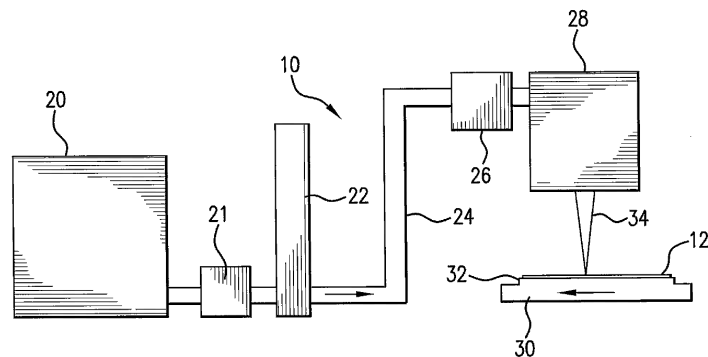
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 레이저 결정화 장치

(57) 요약

본 발명에 따라, 필성된 레이저 출력 빔을 산출하는 레이저 소스로서, 볼록 반사경과 평면 출력 결합기를 가지는 오실레이터를 구비한 레이저 소스; 및 제 1 축에서 빔을 포커싱하고 제 2 축에서 상기 빔을 공간적으로 확대시켜 상기 필름과의 상호작용을 위한 라인빔을 산출하는 광학 배치를 포함하는, 기관상에 증착된 필름을 선택적으로 용융하는 얇은 빔 레이저 결정화 장치가 제공된다.

대표도



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기관상에 증착된 필름을 선택적으로 용융하는 얇은 빔 레이저 결정화 장치에 있어서,  
필싱된 레이저 출력 빔을 산출하는 레이저 소스로서, 볼록 반사경과 평면 출력 결합기를 가지는 오실레이터를 구비한 레이저 소스; 및  
제 1 축에서 빔을 포커싱하고 제 2 축에서 상기 빔을 공간적으로 확대시켜 상기 필름과의 상호작용을 위한 라인 빔을 산출하는 광학 배치를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
상기 볼록 반사경은 원통축을 정의하는 원통형이고, 상기 볼록 반사경은 상기 제 1 축에 대응하는 제 1 빔 디멘션에 평행한 축으로 배치되는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
상기 레이저 소스는 증폭기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,  
상기 레이저 소스는 입력을 위해 상기 오실레이터로부터의 출력 빔을 상기 증폭기로 수렴시키는 광학기기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
상기 광학기기는 렌즈인 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,  
빔 믹서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,  
시간적(temporal) 펄스 스트레처를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,  
상기 오실레이터는 엑시머 가스 방전 오실레이터인 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서,  
상기 볼록 반사경은 거리 L만큼 평면 출력 결합기로부터 이격되고, 상기 볼록 반사경은 곡률반경 r을 구비하며, r/L의 비율은 0.5 내지 5의 범위인 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 거리  $L$ 은 1.0m 내지 2.0m의 범위에 있고, 상기 곡률반경  $r$ 은 2.0m 내지 3.0m의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 블록 반사경과 출력 결합기 사이에 개재된 편광기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 12

기관상에 증착된 필름을 선택적으로 용융하는 얇은 빔 레이저 결정화 장치에 있어서,

필성된 레이저 출력 빔을 산출하는 레이저 소스로서, 제1 축에서 평평한 캐비티를 그리고 상기 제1 축에 직교하는 제2 축에서 불안정한 공진기를 시뮬레이션하는 원통형 컴포넌트를 갖춘 불안정한 공진기를 포함하는 오실레이터를 구비한 레이저 소스; 및

상기 제 1 축에서 빔을 확대하고 상기 제 2 축에서 상기 빔을 포커싱하여 상기 필름과의 상호작용을 위한 라인 빔을 공간적으로 산출하는 광학 배치를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 오실레이터는 블록 반사경과 평면 출력 결합기를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 블록 반사경은 원통형인 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 레이저 소스는 증폭기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 레이저 소스는 상기 증폭기로의 입력 전에 상기 오실레이터로부터의 출력 빔에 대해 동작하는 렌즈를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 결정화 장치.

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 펄싱된, 가스 방전 레이저에 관한 것이다. 본 발명은 특히, 그러나 배타적은 아니게, 고출력 레이저 빔이 하나의 축을 따라 상대적으로 저 다이버전스를 가지는 경우 유용하다.

### 배경기술

[0002] 다수의 애플리케이션에서, 고 에너지 펄스 트레인내의 펄스의 형상 및/또는 대칭성은 펄스-펄스 간에 안정적인 것이 바람직하다. 예시의 방식에 의해, 그러나 제한은 아닌, 하나의 상기 애플리케이션은, 박막 트랜지스터(TFT) 제조를 목적으로, 재결정화시 필름의 결정화를 유도하기위해 비정질 실리콘 필름을 용융하는 고 에너지, 펄싱된 레이저 빔을 이용하는 것이다.

[0003] 다수의 레이저 재료 처리 애플리케이션은 예를 들면, 치수에 있어서 정확한 빔 형상, 예를 들면 단면을 가지는 고출력 레이저 빔의 이용을 규정한다. 예를 들면, 유리와 같은, 기관상에 증착되는 비정질 실리콘 필름의 레이저 결정화는 상대적으로 높은 전자 이동성을 가진 재료의 필름 생산을 위한 유망한 기술을 나타낸다. 특히, 한 프로세스에서, 고에너지, 펄싱된 레이저 빔이 비정질 실리콘 필름을 용융하여 재응고시 필름의 결정화를 유도하도록 하는데 사용될 수 있다. 결정화되면, 상기 재료는 그런다음, 특정한 애플리케이션에서 상대적으로 큰 액정 디스플레이(LCD)에서 사용하기에 적합한 TFT 제조에 사용될 수 있다. 결정화된 실리콘 필름에 대한 기타 애플리케이션은 유기 LED(OLED), 시스템 온 패널(SOP), 플렉서블 전자기기 및 광전지를 포함할 수 있다. 보다 양적인 면에서, 대량생산 시스템이 약 90nm의 두께 및 약 700mm 또는 그 이상의 폭을 가진 필름을 빠르게 결정화할 수 있는 장래에 상업적으로 가용하다.

[0004] 레이저 결정화는 예를 들면, 단축인 제 1 축에서 포커싱되고, 예를 들면 장축인 제 2 축에서 확장되는 레이저 광과 같은, 라인 빔으로 광학적으로 형상화된 펄싱된 레이저 광을 이용하여 수행된다. 일반적으로, 상기 제 1 및 제 2 축은 상호 직교하며, 양축은 상기 필름을 향해 이동하는 중심광선에 대해 거의 수직이다. 레이저 결정화를 위한 예시적인 라인 빔은 20 마이크로미터 미만의, 예를 들면 3-4 마이크로미터의 필름에서의 빔의 폭, 및 약 700mm 이상의 빔 길이를 가진다. 상기 배치를 가지고, 상기 필름은 상기 빔의 폭에 대해 평행한 방향으로 스캔 또는 스테핑되어 결과적으로 예를 들면 900mm 이상의 실질적인 길이를 가지는 필름을 용융하고 거의 결정화시킨다.

[0005] 일정한 설정에서, 상기 라인 빔은 가장 간단한 경우에 슬릿 형상의 애퍼처가 될 수 있는 필드 정의 유닛으로 상기 레이저 출력을 통과시킴으로써 형성될 수 있다. 투사 광학기기는 그런다음 상기 슬릿을 상기 필름으로 이미징하는 데에 사용될 수 있다. 상기 설정에 대해, 슬릿을 형성하는 빔 스톱 상에 입사하는 광의 양을 감소시키기 위해 상대적으로 낮은 빔 다이버전스를 가지는 것이 바람직하다. 소모되는 것에 추가하여, 상기 빔 스톱에 충돌하는 광은 열문제를 발생시킬 수 있다.

[0006] 엑시머 가스 방전 레이저 소스는 상술한 바와 같은, 레이저 결정화 라인 빔 생성에 적합한 고출력 펄스를 생성할 수 있다. 예를 들면, 상대적으로 고출력, 엑시머 레이저 소스가 포토리소그래피 애플리케이션에서 성공적으로 사용되어 왔다. 상기 엑시머 레이저 소스는 일반적으로 라인 협대화되고, 약 3mm의 단축과 약 12mm의 장축을 가지는 단면을 구비한 빔을 방사한다. 일반적으로, 리소그래피용 엑시머 레이저 소스는 회절 격자와(Littrow 배치에서) 평판 출력 결합기(즉, 평면-평면 공진기)에 의해 구축된 준안정 공진기를 채용한다. 상기 배치로, 상대적으로 높은 다이버전스를 가진 빔이 산출된다.

[0007] 상기의 내용을 고려하여, 출원인은 재료 처리 애플리케이션용의 저 다이버전스, 고출력 레이저 빔을 생성하는 디바이스 및 방법을 개시한다.

### 발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명의 일 실시예의 측면에서, 기관상에 증착된 필름을 선택적으로 용융하는 얇은 빔 레이저 결정화 장치는, 펄싱된 레이저 출력 빔을 산출하는 레이저 소스로서, 볼록 반사경과 평면 출력 결합기를 가진 오실레이터를 구비한 레이저 소스; 및 제 1 축에서 빔을 포커싱하고 제 2 축에서 상기 빔을 공간적으로 확대시켜 상기 필름과의 상호작용을 위한 라인빔을 산출하는 광학 배치를 포함한다.

[0009] 상기 측면에 대해, 상기 볼록 반사경은 원통축을 정의하는 원통형이고, 제 1 축에서 제 1 빔 디멘션을 포커싱하

는 광학 배치를 가지며, 제 1 빔 디멘션에 평행한 원통축으로 배치된다. 일 실시예에서, 상기 레이저 소스는 증폭기를 더 포함하고, 특정한 실시예에서, 상기 레이저 소스는, 예를 들면, 입력을 위해 오실레이터로부터의 출력빔을 증폭기로 수렴시키는, 렌즈와 같은 광학기기를 더 포함한다. 편광기가 상기 반사경과 출력 결합기 사이에 개재될 수 있다.

[0010] 일 배치에서, 상기 장치는 빔 믹서 및/또는 시간적(temporal) 펄스 스트레처를 포함한다. 상기 오실레이터는 엑시머 가스 방전 오실레이터가 될 수 있다. 일 설정에서, 상기 볼록 반사경은 거리 L만큼 평면 출력 결합기로부터 공간을 두고 이격되고, 상기 볼록 반사경은 곡률반경, r을 가지며, 상기 r/L의 비율은 0.5 내지 5의 범위에 있다. 특정한 설정에서, 상기 거리 L은 1.0m 내지 2.0m의 범위이고, 곡률 반경, r은 2.0m 내지 3.0m의 범위에 있다.

[0011] 일 실시예의 또다른 측면에서, 기관상에 증착된 필름을 선택적으로 용융하는 얇은 빔 레이저 결정화 장치는 펄싱된 출력 빔을 산출하는 엑시머 가스 방전 레이저 소스를 포함하고, 상기 소스는 선택된 빔 축에서 저 다이버전스를 구비한 오실레이터 출력 빔을 산출하는 저 다이버전스의 불안정한 공진기 구성을 가진 오실레이터; 및 상기 선택된 빔축에서 상기 빔을 포커싱하고 상기 필름과의 상호작용을 위한 라인 빔을 산출하도록 상기 선택된 빔 축에 직교하는 축에서 상기 빔을 확대시키는 광학 배치를 포함한다. 일 실시예에서, 상기 오실레이터는 볼록 반사경과 평면 출력 결합기를 포함하고, 특정한 실시예에서, 상기 볼록 반사경은 원통형 축을 정의하는 원통형이 될 수 있고, 상기 반사경은 제 1 빔 디멘션에 평행한 원통형 축으로 배치되고, 상기 제 1 빔 방향은 상기 선택된 빔 축에 대응한다.

[0012] 상기 측면에 대해, 상기 레이저 소스는 증폭기를 구비하고, 일 배치에서, 상기 레이저 소스는 증폭기로 입력되기 전에 상기 오실레이터로부터의 출력 빔에 대해 동작하는 렌즈를 포함한다.

[0013] 일 실시예의 또다른 측면에 대해, 기관상에 증착된 필름을 선택적으로 용융하는 얇은 빔 레이저 결정화 장치는 유사한 평면-평면 오실레이터를 이용하여 획득된 다이버전스보다 더 낮은 선택된 빔 축에서의 다이버전스를 가지는 펄싱된 레이저 출력 빔을 산출하는 수단; 및 선택된 빔 축에서 빔을 포커싱하고 선택된 빔 축에 직교하는 축에서 상기 빔을 공간적으로 확대시켜 상기 필름과의 상호작용을 위한 라인빔을 산출하는 수단을 포함한다. 일 실시예에서, 상기 산출 수단은 원통형 볼록 반사경 및 거의 평평한 출력 결합기를 구비하고, 특정한 실시예에서, 상기 산출 수단은 오실레이터와 증폭기를 구비한 엑시머 가스 방전 레이저 소스를 포함한다. 상기 측면에 대해, 상기 레이저 소스는 입력을 위해 상기 오실레이터로부터의 출력 빔을 상기 증폭기로 수렴시키는 광학기기를 더 포함한다.

## 실시예

[0022] 먼저 도 1을 참조하면, 예를 들면 비정질 실리콘 필름(12) 결정화와 같은, 레이저 빔으로 재료를 처리하는, 전체적으로 지정된 시스템(10)의, 생산 시스템의 주요 컴포넌트의 개략적인, 그러나 크기조정하지 않은 도면이 도시된다. 하기의 설명이 실리콘 필름 결정화를 참조하여 기술되지만, 재료 처리를 위해 레이저 빔이 사용되는 다른 애플리케이션에 상기 원리가 동일하게 적용가능함이 이해될 것이다.

[0023] 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 시스템(10)은 펄싱된 레이저 빔을 생성하는 레이저 소스(20)를 포함한다. 상기 시스템(10)은 상기 빔의 하나 이상의 선택된 이동 축을 따라 강도의 대칭성을 증가시키는 빔 믹서(21)와, 상기 빔을 능동 조정 메커니즘 및/또는 활성 빔 팽창기를 가지는 빔 전달 유닛(24) 및/또는 펄스 듀레이션을 증가시키는 펄스 스트레처(22)를 더 포함한다.

[0024] 빔 믹서에 관한 보다 상세한 사항은 그 전체가 본문에 참조로서 통합되어있는 2006년 6월 5일 출원된, Hofmann의 "DEVICE AND METHOD TO STABILIZE BEAM SHAPE AND SYMMETRY FOR HIGH ENERGY PULSED LASER APPLICATIONS"(Attorney Docket 번호 2006-0039-01)이라는 제하의 공동 계류중인, 공동소유의 미국 특허 출원번호 11/447,380에서 볼 수 있다.

[0025] 펄스 스트레처에 관한 보다 상세한 사항은 그 전체가 본문에 참조로서 통합되어있는 2006년 6월 5일 출원된, Hofmann 등의 "HIGH POWER EXCIMER LASER WITH PULSE STRETCHER"(Attorney Docket 번호 2006-0040-01)이라는 제하의 공동 계류중인, 공동소유의 미국 특허 출원번호 60/811,242에서 볼 수 있다.

[0026] 도 1을 다시 참조하면, 상기 시스템(10)은 액티브 조정 유닛 및/또는 액티브 빔 확장기에 의해 사용하기 위한 제어 신호 생성과, 예를 들면 파면 및/또는 빔 지향과 같은 하나 이상의 빔 특성을 측정하는 안정화 계측 모듈(26)을 더 포함한다. 시스템(10)은 또한 빔 균일화, 빔 형상화 및/또는 빔 포커싱을 위한 광학 모듈(28), 및

예를 들면 유리와 같은 것이 될 수 있는 기관(32) 상에 증착된 실리콘 필름(12)을 유지하고 배치시키기 위한 이 동가능한 스테이지 시스템(30)을 포함할 수 있다. 버퍼 재료(도시되지 않음)의 층은 상기 유리와 실리콘 층 사 이에 개재된다.

[0027] 보다 상세하게는, 상기 광학 모듈(28)은, 균질화 유닛, 슬릿-형태의 애퍼처와 상기 슬릿-형태의 애퍼처를 필름 에 이미징하는 단축 포커싱/ 장축 확장 광학 유닛을 구축하는 대향되는 빔 스톱을 구비한 필드 정의 유닛을 포 함한다. 상기 모듈의 모든 유닛은 공통의 빔 경로를 따라 배열된다. 사용시, 균질화 유닛은 예를 들면, 단축 에서 빔을 균질화시키기 위한, 렌즈 어레이, 분산 지연 디바이스 등과 같은 하나 이상의 광학기기와, 예를 들면, 장축에서 빔을 균질화시키기 위한 렌즈 어레이, 분산 지연 디바이스 등과 같은 하나 이상의 광학기기를 포함할 수 있다.

[0028] 빔 전달 유닛, 안정화 계측 모듈, 및 광학 모듈에 관한 보다 상세한 사항은, 그 전체가 참조에 의해 본문에 통 합되어 있는 2005년 5월 26일 출원된, 공동계류중이고, 공동소유인, "SYSTEMS AND METHODS FOR IMPLEMENTING AN INTERACTION BETWEEN A LASER SHAPED AS A LINE BEAM AND A FILM DEPOSITED ON A SUBSTRATE"라는 제하의 미국 특허 출원번호 11/138,001에서 볼 수 있다.

[0029] 개략적으로, 도 1에 도시되고 하기에 보다 상세히 기술되는 시스템(10)은, 필름(12)에서 예를 들면 약 20 마이크로미터 이하, 예를 들면 3-4 마이크로미터(단축)에서의 폭, 및 700mm 이상(장축)의 길이, 및 약  $\pm 30$  내지 50 마이크로미터의 초점심도(DOF)를 구비하는, 예를 들면 라인 빔과 같은, 포커싱된 얇은 빔(34)을 생성하도록 구성될 수 있다. 포커싱된 얇은 빔의 각 펄스는 비정질 실리콘의 스트립을 용융하는데에 사용될 수 있고, 펄스 의 종료후, 용융된 스트립은 결정화된다. 특히, 상기 용융된 스트립은 그라인이 단축에 대해 평행한 방향으로 성장하는 측방향 성장 프로세스에서 결정화한다. 그라인은 양 에지로부터 내부방향으로(단축에 평행한) 성장하 여 서로 만나서, 실리콘 필름의 평면으로부터 뻗어나가는 스트립의 중심을 따라 리지(소위, 그라인 경계 돌출부)를 생성한다. 상기 스테이지는 그런다음 증가하면서 또는 연속하여 이동되어, 상기 제 1 스트립의 부분 에 평행하고 그를 오버랩하는 제 2 스트립을 노출시킨다. 노출하는 동안, 상기 제 2 스트립은 용융하여, 결과 적으로 결정화된다. 상기 리지를 재용융하기에 충분한 오버랩이 사용된다. 리지를 재용융함으로써, 상대적으로 평평한 필름 표면(예를 들면,  $\sim 15\text{mm}$ 의 피크에서 피크까지의 값)이 유지된다. 얇은 빔 방향 결정화(TDX)라고 본문에서 칭하는 상기 프로세스는 일반적으로 상기 전체 필름이 결정화될 때까지 반복된다.

[0030] 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 레이저 소스(20)는 예를 들면 전력 오실레이터와 같은 오실레이터(36), 예를 들 면 전력 증폭기와 같은 증폭기(38)를 구비한 2 챔버 시스템이고, 따라서 소위 POPA 레이저 소스라고 할수 있다. 상술한 결정화 프로세스의 일 구현에서, 6Khz(초당 6000 펄스) POPA 레이저가 약 150mJ-225mJ의 펄스 에너지를 가지고 사용될 수 있다. 단일 패스 증폭기(38)가 도시되었지만, 애플리케이션에 따라, 다중 패스 증폭기 또는 경우에 따라 링 증폭기가 사용될 수 있음이 이해될 것이다. 도 2는 상기 오실레이터(36)가 2 개의 기다란 전극 (42a, 42b)과 예를 들면 XeCl, XeF, 등과 같은 적절한 레이저 가스를 포함하는 방전 챔버(40)를 형성하는 것을 예시한다. 유사하게, 상기 증폭기(38)는 2 개의 기다란 전극(46a, 46b)과 예를 들면 XeCl, XeF, 등과 같은 적 절한 레이저 가스를 포함하는 방전 챔버(44)를 형성한다. 상기 챔버(40, 44)는 또한 전극 사이의 전기 방전을 생성하는 고압소스(도시되지 않음), 프리이온라이저 시스템(도시되지 않음), 전극사이에서 레이저 가스를 순환 시키기 위한 탄젠셜 팬(도시되지 않음), 하나 이상의 수냉식 핀 열교환기(도시되지 않음), 예를 들면 펄스 에너 지와 같은 다양한 펄스 파라미터 측정을 위한 계측 장비(도시되지 않음), 및 제어 시스템(도시되지 않음)을 또 한 포함한다.

[0031] 도 2는 오실레이터(36)가 볼록 반사경(48) 및 평면 출력 결합기(50)를 포함하는 것을 더 도시한다. 예를 들면, 상기 볼록 반사경은 3.00  $\pm$  0.03m(예를 들면 약 1.5m의 길이, L을 구비하는 캐비티에 사용하는)의 볼록 표면 의 곡률 반경을 가지고, 0도 각도의 입사각에서 99% 이상의 반사도를 가지는 표면에서의 엑시머 그레이트 반사 코팅을 가지는 UV 그레이트 용해 실리카 반사경과 같은, 원통형 축(52)(도 3 및 4를 참조)을 정의하는 원통형 이 될 수 있다. 평면 출력 결합기(50)에 대해 5 아크 분 미만의 웨지를 가지고, UV 그레이트 무반사 코팅을 가 진 한 측면과 0도의 입사각에서 약 30%  $\pm$  4%의 반사도를 가진 UV 그레이트 반사 코팅을 가진 다른 측면에 코팅된, UV 그레이트 용해 실리카 결합기가 사용될 수 있다. 또는, 상기 반사경(48)은 예를 들면, 구면 또는 비 구면 표면을 가지는, 하나 이상의 축에서 볼록이 될 수 있다.

[0032] 도 2에 도시된 배치에서, 상기 오실레이터(36)는 하나 이상의 이동 빔 축에서 저 다이버전스를 가지는 오실레이 터 출력 빔을 산출하는 저 다이버전스 불안정한 공진기 구성을 구비한다. 특히, 상기 도시된 오실레이터(36)는, 유사한 평면-평면 오실레이터(도시되지 않음)를 사용하여 획득된 다이버전스보다 더 낮은,



일부 경우에 인지할 수 있게 더 낮은, 하나 이상의 선택된 빔 축에서 하나의 다이버전스를 가진다.

[0033] 도 3 및 4는 원통형 볼록 반사경(48)을 가진 오실레이터에 대한 빔 축을 예시한다. 도시된 바와 같이, 상기 원통은 하나의 전극(42a)으로부터 전극(42b)으로의 경로에 대응하는 방향에 평행한 자신의 축(52)으로 정렬된다. 상기 구조는 단축(56)에서 저 다이버전스를 가진 빔을 야기한다. 상기 빔의 단축(56)은 그다음 상기 라인 빔(34)의 단축을 생성하기 위해 광학적으로 조정될 수 있다(도 1).

[0034] 도 2는 볼록 반사경(48)의 꼭대기가 거리, L만큼 평면 출력 결합기로부터 공간을 두고 이격되는 것을 도시한다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 볼록 반사경(48)은 곡률 반경, r을 가진다. 오실레이터(36)에 대해, 상기 비율, r/L은 약 0.5 내지 5의 범위에 있을 수 있다. 일반적인 설정에서, 거리, L은 약 1.0m 내지 2.0m의 범위에 있고, 곡률 반경, r은 약 2.0m 내지 3.0m의 범위에 있다.

[0035] 편광기(57)는, 다른 것들 중에서 특히, 터닝 미러(58a, 58b)와 같은 반사 광학기기에서의 반사도를 증가시키기 위한 s-편광을 주로 가지는 빔을 구축하며, 반사경과 출력 결합기 사이에 개재된다. 예를 들면, 상기 편광기는 적절한 각도로 맞춰지고, 정렬되며, 장착된, 평평한, CaF<sub>2</sub> 40mm OD의 7mm 두께이다.

[0036] 도 2는, 레이저 소스가 예를 들면 증폭기로 지향된 수렴 입력 빔(64)을 생성하기 위해 오실레이터(36)로부터의 출력 빔(62)을 수렴하는, 예를 들면 하나 이상의 렌즈, 미러, 프리즘, 웨지등과 같은 광학기기(60)를 포함하는 것을 더 도시한다. 예를 들면, 상기 광학기기(60)는 레이저 효율을 개선시키는 데에 사용될 수 있다. 일 구현에서, f=4.3m 구면 렌즈가 상기 오실레이터(36)와 증폭기(38) 사이에 배치된다. 일부 경우, 예를 들면 f=1.65m, 원통형 렌즈가 광학기기(60)에 사용될 수 있다. 시스템 애퍼처까지의 렌즈의 거리는 약 2.0m이고, 증폭기(38) 중심까지의 렌즈의 거리는 약 1.2m가 된다. 상기 광학기기(60)의 목적은 상기 증폭기(38)를 통해 오실레이터(36)의 에너지 이상을 흐르게하여, 그에 의해 총 레이저 에너지를 증가시키는 것이다. 상기 초점 거리는, 장축 빔의 중간 허리부분의 다이버전스 \* 초점 거리가 오실레이터(36)와 증폭기(38) 챔버의 개방된 애퍼처(전극 갭)과 유사하게 유지되도록 선택된다. 이는, 상기 렌즈가 실제로 상기 빔을 포커싱하는 것이 아니라, 그것을 포함하는 것을 의미한다. 상기 광학기기(60)는 또한 상기 단축의 파면의 곡률을 감소시키고, 상기 출력을 보다 시준되도록 한다. 상기 광학기기를 사용하면, 특히 상기 오실레이터(36)와 증폭기(38)가 동일한 전극의 간격을 가질 때 유용하다. 상기 경우에 대해, 광학기기(60)가 없다면, 오실레이터(36)로부터 발산한 빔이 증폭기(38)를 지나치게 많이 채우고 전력을 낭비하도록 한다. 오실레이터(36)와 증폭기(38)가 동일한 전극 간격을 가지는 시스템을 사용하면, 양 챔버가 동일한 방전 전압을 사용하고, 레이저 소스(20)의 타이밍과 제어를 간략화시킬 수 있게 한다.

## [0037] 기타 불안정 공진기 구성

[0038] 예를 들면, 약 20 마이크로미터 이하, 예를 들면 3-4 마이크로미터의 상대적으로 작은 폭, 및 약 700mm 이상, 예를 들면 900mm의 상대적으로 긴 빔 길이를 가지는 라인 빔의 생성과 같은, 일부 애플리케이션에서, 예를 들면 제 1 축을 따라 상기 빔의 디멘션에 제한된 3 회의 회절 미만의 다이버전스와 같은, 상기 제 1 축에서의 상대적으로 저 다이버전스를 가지는 레이저 출력 빔을 산출하는 것이 바람직하다. 이는, 상기 빔이 제 1 축에서, 예를 들면 3-4 마이크로미터까지 엄격하게 포커싱되도록 한다. 또한, 상기 레이저 출력 빔이, 예를 들면 제 2 축(포커싱이 필요없는)을 따라 상기 빔의 디멘션에 제한된 약 3 회의 회절 이상의 다이버전스와 같은, 상기 제 1 축에 직교하는 제 2 축에서의 상대적으로 높은 다이버전스를 가져서, 상기 빔의 코히어런스와 그에 연관된 반점을 감소시키는 것이 바람직하다.

[0039] 엑시머 레이저 및 기타 레이저 유형에서, 상기 엑시머 레이저 캐비티에서 필요한 광의 왕복 횟수가 일반적으로 작기 때문에, 예를 들면 평평한 출력 결합기에 의해 형성되고 미러 또는 격자에 대항하는 것과 같은, 거의 안정적인 캐비티가 사용될 수 있다. 한편, 안정적인 캐비티는 낮은-이득, 긴 듀레이션 레이저에서 더 잘 동작하는 경향이 있다. 따라서, 제 1 축에서 거의 안정적인 평평한/평평한 캐비티와 상기 제 1 축에 직교하는 제 2 축에서 불안정한 공진기를 시뮬레이션하는 원통형 컴포넌트를 가지는 불안정한 공진기가, 엑시머 이득 매체를 가지고 사용되어 한 축에서 상대적으로 높은 다이버전스와 낮은 코히어런스를 가지고, 다른 축에서는 상대적으로 저 다이버전스를 가지는 출력 빔을 산출한다.

[0040] 도 2-4(이전에 기술된), 5-11, 및 11A는 제 1 축에서 상대적으로 저 다이버전스를 가지고 상기 제 1 축에 직교하는 제 2 축에서 상대적으로 높은 다이버전스를 가지는 빔을 산출하도록 채용된 불안정한 공진기 캐비티를 예시한다. 도시된 각 캐비티는 반사 미러와 대항하는 출력 결합기를 포함한다. 일반적으로, 불안정한 공진기 캐

비티는 Siegman의 텍스트북, "Lasers"(1986년, University Science Books, Mill Valley, Calif)에 기술되어 있으며, 예를 들면 22 장 및 23장을 참조하라. 광이 상기 출력 결합기의 에지 주위의 레이저 캐비티로부터 커플링되는 경우에, 그것을 에지-결합 불안정한 공진기라고 한다. 한편, 출력 빔은 국부 반사 출력 결합기를 통해 커플링된다. 상기 배치는 "연속-결합 불안정 공진기"라고 한다. 일부 경우, 광은 그의 반사도가 상기 출력 결합기를 지나는 위치에 따라 변하는 코팅을 통해 커플링되고, 이는 종종 "가변 반사도 출력 미러" 또는 VRM이라고 한다. 추가로, 불안정한 공진기는 각 패스 상의 광선의 위치가 공진기 광선축이 동일한 측면에 남아있다면 포지티브한 분류의 불안정한 공진기로 분류되고, 또는 각 패스 상의 광선 위치가 각 패스 상의 공진기 광선 축을 가로질러 전후로 진동한다면 네거티브한 분류의 불안정한 공진기로서 분류될 수 있다.

- [0041] 본문에 사용된 것과 같은, "공유초점 불안정 공진기"라는 용어와 그의 파생어는 공진기를 형성하는 2개의 곡선 미러가, 평행한 입사광에 대해 자신들의 초점이 동일한 포인트에 있도록 배치되는 것을 의미한다.
- [0042] 도 5를 참조하면, 블록한 국부 반사 출력 결합기(66a) 및 그에 대향되는 거의 평평한 완전 반사 미러(66b)를 구비한 연속-결합, 불안정 공진기 구성(66)이 도시된다.
- [0043] 도 6은 블록한 국부 반사 출력 결합기(68a) 및 그에 대향되는 블록한 완전 반사 미러(68b)를 구비한 연속-결합, 불안정 공진기 구성(68)을 도시한다.
- [0044] 도 7은 블록한 국부 반사 출력 결합기(70a) 및 그에 대향되는 오목한 완전 반사 미러(70b)를 구비한 연속-결합, 공유초점 불안정한 공진기 구성(70)을 도시한다.
- [0045] 도 8은 블록한 완전 반사 출력 결합기(72a) 및 그에 대향되는 오목한 완전 반사 미러(72b)를 구비한 에지 결합, 공유초점 불안정 공진기 구성(72)을 도시한다.
- [0046] 도 9는 축에서 벗어난 블록한 완전 반사 출력 결합기(74a) 및 그에 대향되는 축에서 벗어난 오목한 완전 반사 미러(74b)를 구비한 에지 결합인, 축에서 벗어난 공유초점 불안정 공진기 구성(74)을 도시한다.
- [0047] 도 10은 상술한(예를 들면 도 2-4, 및 5-11) 불안정한 공진기 캐비티 각각에 대해, 등가인 캐비티(76으로 지정된)가 출력 결합기(76a)와 완전 반사 미러(76b) 사이에 배치된 내부로의 캐비티 렌즈(76c)를 이용하여 구축되는 것을 예시한다.
- [0048] 도 11은 상술한(예를 들면 도 2-4, 및 5-11) 불안정한 공진기 캐비티 각각에 대해, 시준된 출력을 산출하는 캐비티(78으로 지정된)가 곡선 후면 및 완전 반사 미러(78b)를 구비한 출력 결합기(78a)를 이용하여 구축되는 것을 예시한다.
- [0049] 도 11A는 반경  $R_1$ 의 오목한 완전 반사 출력 결합기(80a)와 대향하는 반경  $R_2$ 의 오목한 완전 반사 미러(80b)를 구비한 에지 결합인 불안정한 공진기 구성(80)을 도시한다. 상기 배치는 공유초점, 공통중심을 가진, 축에서 벗어난 것 등으로서 구축되고,  $g_1g_2 < 0$  또는  $g_1g_2 > 1$ 에 대해 불안정하다(여기서,  $g_1 = 1 - (L/R_1)$  이고  $g_2 = 1 - (L/R_2)$ ).

[0050] **자신들의 공진 스펙트럼에 정렬하고, 그에 의해 다이버전스를 감소시키기 위한 상이한 온도에서의 챔버의 동작**

- [0051] 출원인은 2 개의 레이저 챔버가 동일한 것으로 지정되고 제조될 때, 상기 2 개의 챔버 사이의 작은 편차가 여전히 존재하며, 그 결과 상기 챔버들은 펄스 방전 동안 음향 반사를 상이하게 만든다는 것을 발견하였다. 상기 차이는 제조 결함/불규칙성에 기인하여 발생할 수 있으며, 예를 들면, 하나의 챔버가 다른 것보다 현저하게 오랜동안 동작될 때 발생할 수 있다. 예를 들면, 도 12는 동일한 챔버에 대해, 그러나 챔버 수명에 있어서 2개의 상이한 시간에서의 펄스 반복률의 함수로서 측정된 다이버전스의 플롯을 도시한다(플롯(100)은 십억 펄스 후의 관계식을 나타내고, 플롯(102)은 약 60억 펄스 후의 관계식을 도시한다). 상기의 결과는 멀티-스테이지 레이저에서의 임의의 2 챔버에 대해, 펄스 반복률(rep.률)에 따라 출력 빔의 속성(다이버전스와 같은)의 편차가 2 개의 챔버에 대해 상이하게 될 수 있다는 것이다. 따라서, 한 챔버에서 다이버전스를 최소화하는 펄스 반복률을 선택하는 것이 반드시, 멀티-스테이지 레이저, 예를 들면 MOPA에서, 또다른 "동일한" 챔버에서의 다이버전스를 최소화시킬 수 있는 것은 아니며, 양 챔버 모두가 다이버전스에 영향을 줄 수 있다. 그러나, 출원인은, 또한, 예를 들면 가스 온도와 같은 챔버 동작 온도를 변화 시킴으로써, 다이버전스- 반복률의 편차가 상기 반복률에 대해 시프트되는 것으로 판단하였다. 예를 들면, 도 13은 약 50℃의 온도에서 동작하는 챔버에 대한 관계식을 도시하는 플롯(104) 및 약 50℃의 온도에서 동작하는 챔버에 대한 관계식을 도시하는 플롯(106)을 가진 2 개의 상이한 챔버 동작 온도에서의 동일한 챔버에 대한 펄스 반복률의 함수로서 측정된 다이버전스를 도시한다. 플



롯(104)은 플롯(106)과 동일한 형상을 가지지만, 약 100Hz까지 절대 반복률 축을 따라 시프트되는 것을 볼 수 있다. 상기는 주파수 축이 가스 온도의 제곱근에 따라 보정된 후에 2 개의 플롯(104, 106)을 도시하는 도 14에서 더 명료하게된다.

[0052] 상기를 명심하며, 하기의 단계/동작이 수행되어, 예를 들면 2 개 이상의 챔버를 구비한 챔버와 같은, 펄싱된 멀티-스테이지 레이저를 이용하여 적어도 하나의 빔 축에서, 예를 들면 최소 다이버전스와 같은 선택된 다이버전스를 가지는 빔을 산출하는 것이 수행된다. 우선, 다이버전스와 펄스 반복률의 원하는 범위에서의 레이저 펄스 반복률 사이의 관계식이 각 챔버에 대해 측정될 수 있다. 다음으로, 측정된 관계식은 예를들면 각 스테이지에 대해 적절한 동작 온도, 가스 온도 제어 설정포인트와 같은 제어 설정포인트를 판정하기 위해 비교된다. 상기 판정은 예를 들면 가스 온도의 제곱근에 대해 시프팅된 주파수의 비례식과 같은, 수학적식을 이용하는, 컴퓨터 처리 알고리즘에 의해 이루어질 수 있다. 또는 도 13에 도시된 플롯에 대응하는 데이터가 적절한 동작 온도를 판정하기 위해, 예를 들면 컴퓨터 프로세서와 같은 프로세서에 의해 액세스 가능한 "검색 테이블"로 제공될 수 있다. 스테이지 사이의 온도차는 5℃를 초과하고, 1℃를 초과하며, 일부 경우에 15℃를 초과할 수 있다. 상술한 프로세스는 멀티-스테이지 레이저 수명동안 여러번 반복될 수 있고, 챔버가 바뀌지거나 또는 서비스되는 경우, 멀티-스테이지 레이저를 리셋하여 선택된 다이버전스를 산출한다.

[0053] 일반적인 엑시머 레이저 챔버에서, 하나 이상의 열교환기 및 하나 이상의 히터를 이용하여 가스 온도 제어가 구축되고 유지관리될 수 있다. 예를 들면 열교환기는 열교환 유체가 그를 통해 지나가는 냉각 채널을 구비한 핀이 있는 부재를 포함한다. 상기 핀이 있는 부재는 그런다음 레이저 가스 흐름속에 배치된다. 프로세서 제어 신호에 응답하는 밸브가 설치되어, 열교환 유체가 상기 핀이 있는 부재를 통과하여 지나고 그에 의해 챔버 온도를 제어하도록 상기 속도를 제어한다. 히터는, 또한 예를 들면 레이저 정지시간 동안 챔버를 가열하기 위해 제공된다. 예를 들면, 프로세서 제어 신호에 응답하는 가열 로드가 상기 챔버하우징을 가열하기 위해 포함된다.

[0054] 35 U.S.C. § 112를 만족시키기 위해 요구되는 본 특허 출원에 상세히 기술되고 예시된 실시예(들)의 특정한 측면들이, 상술한 실시예(들)의 측면들에 대한 상술한 목적을 달성하고, 그에 의해 문제점들을 해결하거나, 또는 그에 대한 이유들에 대한 목적을 완전히 달성할 수 있지만, 당업자는 본 발명의 기술된 실시예들의 현재 기술된 측면들이 단순히 예시, 실예, 및 개시된 발명에 의해 폭넓게 사용되는 본 발명의 대표적인 예임을 이해할 것이다. 실시예들의 현재 기술된 그리고 청구된 측면들의 범위는 명세서의 교안에 기초하여 당업자에 명료한 또는 명료하게 될 기타 실시예를 포함한다. 상기 본 발명의 범위는 단지 첨부된 청구범위에 의해서만 그리고 그로써 완전히 제한되고, 첨부된 청구범위의 인용을 벗어나는 것은 없다. 단일하게 상기 청구범위에서의 하나의 엘리먼트에 대한 참조는 명시적으로 언급되지 않으면 "하나 및 하나만"으로 상기 청구범위의 엘리먼트를 번역하도록 의미하는 것이 의도되는 것이 아니고, 또한 그러서도 안되며, "하나 이상"으로 번역하도록 의도되고 의미한다. 당업자에 공지되거나 또는 추후에 공지될 실시예(들)의 상술한 측면들의 엘리먼트 중 어느 하나에 대한 모든 구조적 및 기능적 등가물은 참조에 의해 명시적으로 본문에 통합되며, 본 청구범위에 의해 포함되도록 의도된다. 명세서 및/또는 청구범위에서 사용된 용어 및, 본 출원의 명세서 및/또는 청구범위에서 명시적으로 주어진 의미는 상기 용어에 대해 사전상 또는 기타 공통으로 사용되는 의미에 관계없이, 상기 의미를 가져야 한다. 일 실시예의 측면으로서 명세서에서 논의된 디바이스 및 방법이, 본 출원에서 개시된 실시예들의 측면에 의해 해결되어야 할 각각의 그리고 모든 문제를 처리하고, 본 청구범위에 의해 그것이 포함되는 것이 의도되고 필수적인 것은 아니다. 본 개시물에서의 어떠한 엘리먼트, 컴포넌트, 또는 방법의 단계도 상기 엘리먼트, 컴포넌트 또는 방법의 단계가 명시적으로 청구범위에 언급되었는지 여부에 관계없이 공개될 것을 의도한 것은 아니다. 첨부된 청구범위에서의 어떠한 엘리먼트도, 상기 엘리먼트가 "~을 위한 수단"이라는 문구를 이용하여 명시적으로 언급되거나, 또는 방법의 청구범위의 경우에, 상기 엘리먼트가 "동작" 대신에 "단계"로서 언급되지 않는다면, 35 U.S.C. § 112, 6번째 조항에 따라 해석되지 않는다.

[0055] 당업자는 상기 개시된 본 발명의 실시예들의 측면이 바람직한 실시예일 뿐이고, 어떠한 방식으로건 본 발명(들)의 개시를 제한하지 않으며, 특히 특정한 바람직한 실시예에만 한정되지 않는 것을 의도하는 것을 이해할 것이다. 다수의 변경과 변조가 당업자들에 의해 이해되고 명료해질 개시된 발명(들)의 실시예의 개시된 측면들에 대해 이루어질 수 있다. 첨부된 청구범위는 본 발명(들)의 실시예들의 개시된 측면 뿐 아니라 당업자에게 명확한 등가물 및 기타 변조 및 변형을 포함하는 의미를 가지며, 그러한 범위에 있는 것이 의도된다.

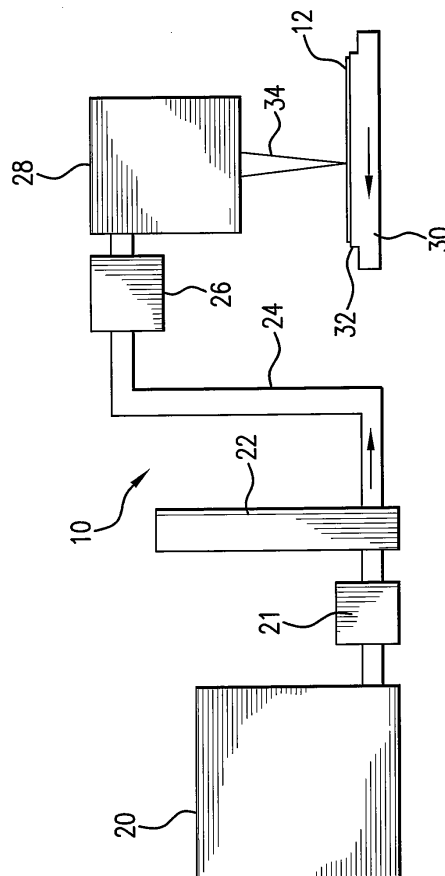
## 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 비정질 실리콘 필름을 결정화하기 위한 예시적인 생산 시스템의 주요 컴포넌트의 개략도를 도시한다.

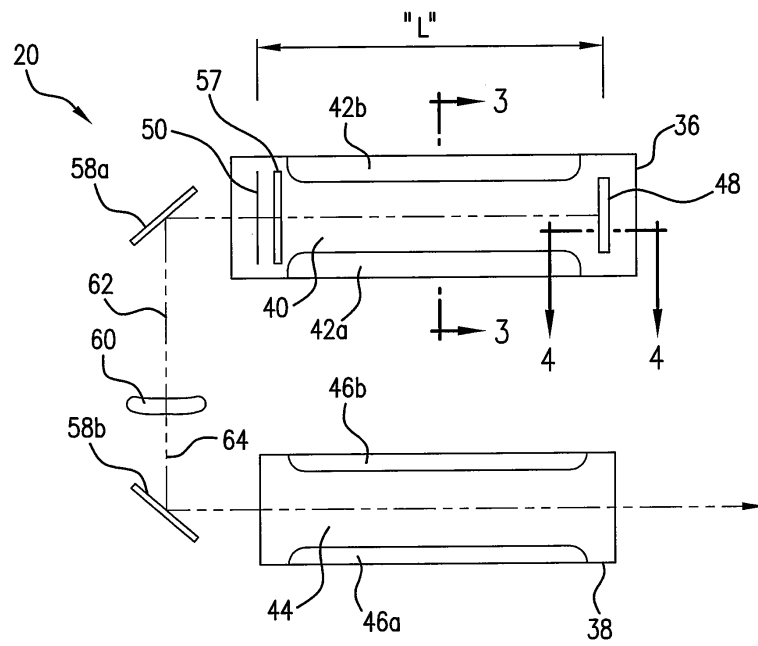
- [0015] 도 2는 2 챔버 레이저 소스의 개략도를 도시한다.
- [0016] 도 3은 도 2에서의 라인 3-3을 따라 도시된 개략적인 단면도를 도시한다.
- [0017] 도 4는 도 2에서의 라인 4-4를 따라 도시된 개략적인 단면도를 도시한다.
- [0018] 도 5-11, 및 11A는 다수의 불안정한 공진기 구성을 도시한다.
- [0019] 도 12는 동일한 챔버이지만, 챔버 수명에 있어서 2개의 상이한 시간에서의, 펄스 반복률의 함수로서의 측정된 다이버전스의 플롯을 도시한다.
- [0020] 도 13은 2 개의 상이한 챔버 동작 온도에서의 동일한 챔버에 대한 펄스 반복률의 함수로서의 측정된 다이버전스를 도시한다.
- [0021] 도 14는 주파수 축이 상기 가스 온도의 제공근에 따라 보정된 후 도 13의 2 개의 플롯을 도시한다.

## 도면

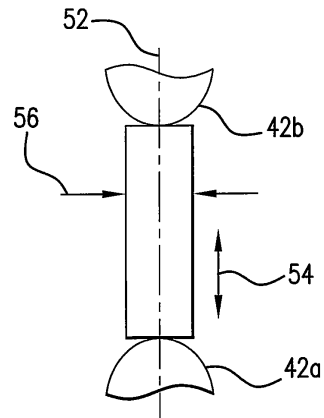
### 도면1



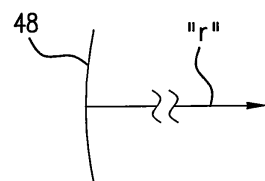
도면2



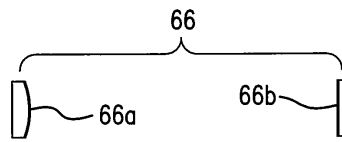
도면3



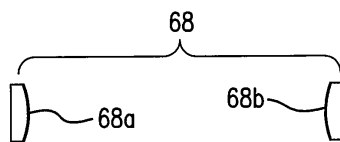
도면4



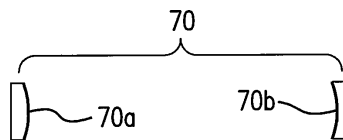
도면5



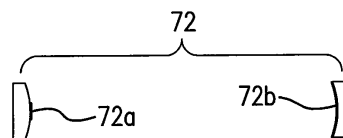
도면6



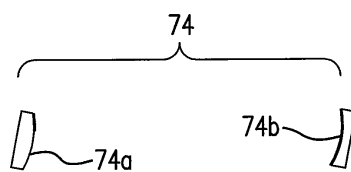
도면7



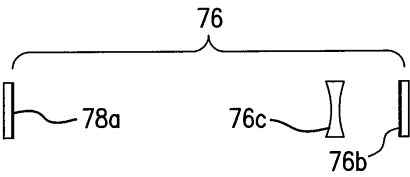
도면8



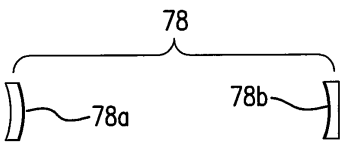
도면9



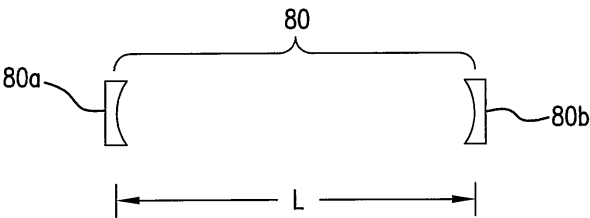
도면10



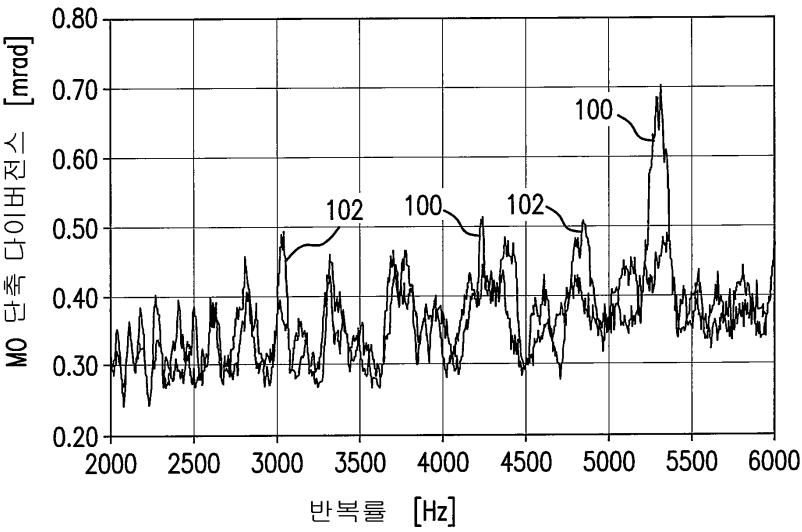
도면11



도면11A

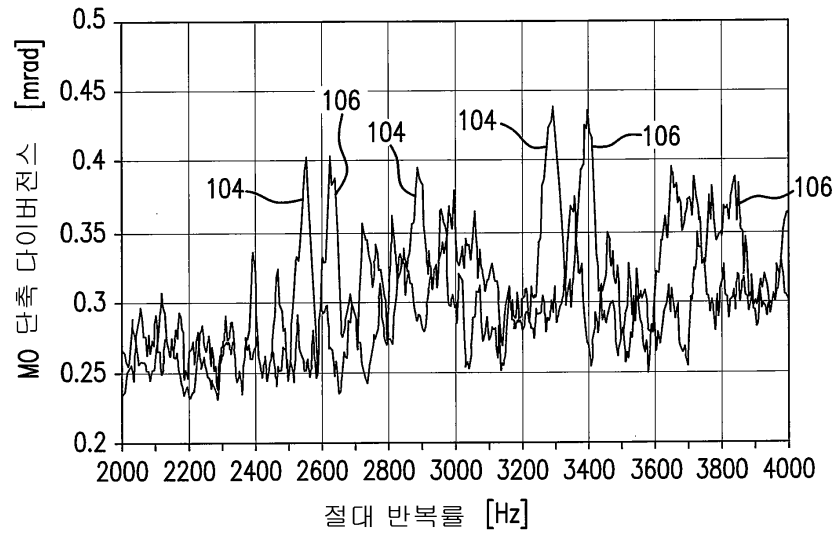


도면12





도면13



도면14

