



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월15일  
(11) 등록번호 10-2805796  
(24) 등록일자 2025년05월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 27/09 (2006.01) G01N 21/64 (2006.01)  
G02B 19/00 (2006.01) G02B 6/34 (2006.01)  
G02B 7/00 (2021.01)
- (52) CPC특허분류  
G02B 27/0916 (2025.01)  
G01N 21/6408 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7018950(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2017년12월14일  
심사청구일자 2022년06월03일
- (85) 번역문제출일자 2022년06월03일
- (65) 공개번호 10-2022-0084181
- (43) 공개일자 2022년06월21일
- (62) 원출원 특허 10-2019-7020344  
원출원일자(국제) 2017년12월14일  
심사청구일자 2020년12월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/066348
- (87) 국제공개번호 WO 2018/112170  
국제공개일자 2018년06월21일
- (30) 우선권주장  
62/435,679 2016년12월16일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
KR1020150114957 A\*  
WO2016187564 A1\*  
KR1020050037072 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
퀀텀-에스아이 인코포레이티드  
미국 06437 코네티컷주 길포드 올드 화이트필드 스트리트 530
- (72) 발명자  
로스버그, 조나단, 엠.  
미국 06437 코네티컷주 길포드 언카스 포인트 로드 215  
시프리아니, 벤자민  
미국 06405 코네티컷주 브랜퍼드 터틀 베이 드라이브 176  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
양영준, 김연송, 백만기

전체 청구항 수 : 총 18 항

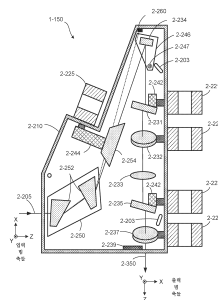
심사관 : 송병준

(54) 발명의 명칭 **컴팩트한 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리**

(57) 요약

광학 소스로부터의 광학 빔을 하이테크 시스템에 커플링시키기 위한 장치들 및 방법들이 설명된다. 컴팩트한 저비용 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리가 광학 소스와 하이테크 시스템 사이에 위치되고 빔 위치, 빔 회전, 및 빔 입사각들과 같은 빔 파라미터들에 대한 자동 조절들을 제공할 수 있다. 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리는 세상 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2ba



형 빔을 복수의 광학 도파관들에 커플링시키는 데 사용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

*G02B 19/0052* (2013.01)  
*G02B 19/0061* (2025.01)  
*G02B 27/0911* (2013.01)  
*G02B 27/0944* (2013.01)  
*G02B 27/0966* (2013.01)  
*G02B 27/0972* (2013.01)  
*G02B 27/0972* (2013.01)  
*G02B 6/34* (2013.01)  
*G02B 7/005* (2013.01)

술츠, 조나단, 씨.

미국 06437 코네티컷주 길포드 랜던스 웨이 121

(72) 발명자

글렌, 폴, 이.

미국 02482 매사추세츠주 웰즐리 파인우드 로드 22

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 시스템으로서,

입력 빔을 수신하고 제1 축을 중심으로 회전하도록 구성된 제1 광학 컴포넌트 - 상기 입력 빔이 진행하는 방향은 상기 제1 축 및 상기 제1 축에 실질적으로 수직인 제2 축 모두에 실질적으로 수직임 -;

상기 제2 축을 중심으로 회전하도록 구성된 제2 광학 컴포넌트;

제3 축을 중심으로 회전하도록 구성된 제3 광학 컴포넌트 - 상기 제3 축은 상기 제1 축에 실질적으로 평행함 -;

상기 입력 빔의 이전 버전의 빔 형상의 치수를 압축 또는 확장하도록 구성된 제4 광학 컴포넌트; 및

상기 제4 광학 컴포넌트에 의해 상기 입력 빔의 압축되거나 또는 확장된 이전 버전을 수신하도록 구성된 방향전환 미러

를 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 광학 컴포넌트는 광학 윈도를 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도는 서로 실질적으로 평행한 2개의 대향 면을 포함하고,

상기 입력 빔의 버전이 상기 제2 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도의 상기 2개의 대향 면을 통과하는, 광학 시스템.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제3 광학 컴포넌트는 광학 윈도를 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제3 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도는 서로 평행한 2개의 대향 면을 포함하고,

상기 입력 빔의 버전이 상기 제3 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도의 상기 2개의 대향 면을 통과하는, 광학 시스템.

#### 청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 광학 컴포넌트와 상기 제2 광학 컴포넌트 사이에 위치된 렌즈를 더 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 광학 컴포넌트를 지지하는 조절가능 마운트; 및  
 상기 조절가능 마운트에 결합된 액추에이터  
 를 더 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 8**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제1 광학 컴포넌트는 광학 윈도를 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

광학 시스템으로서,  
 입력 빔을 수신하도록 구성된 제1 광학 컴포넌트;  
 상기 제1 광학 컴포넌트를 제1 축을 중심으로 회전시키도록 구성된 제1 액추에이터 - 상기 입력 빔이 진행되는 방향은 상기 제1 축 및 상기 제1 축에 실질적으로 수직인 제2 축 모두에 실질적으로 수직임 -;  
 제2 광학 컴포넌트;  
 상기 제2 광학 컴포넌트를 상기 제2 축을 중심으로 회전시키도록 구성된 제2 액추에이터;  
 제3 광학 컴포넌트;  
 상기 제3 광학 컴포넌트를 제3 축을 중심으로 회전시키도록 구성된 제3 액추에이터 - 상기 제3 축은 상기 제1 축에 실질적으로 평행함 -;  
 상기 입력 빔의 이전 버전의 빔 형상의 치수를 압축 또는 확장하도록 구성된 제4 광학 컴포넌트; 및  
 상기 제4 광학 컴포넌트에 의해 상기 입력 빔의 압축되거나 또는 확장된 이전 버전을 수신하도록 구성된 방향전환 미러  
 를 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 12**

제11항에 있어서,  
 상기 제1 광학 컴포넌트와 상기 제2 광학 컴포넌트 사이에 위치된 렌즈를 더 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 13**

제11항 또는 제12항에 있어서,  
 상기 제1 광학 컴포넌트는 광학 윈도를 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 14**

제13항에 있어서,  
 상기 제1 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도는 서로 실질적으로 평행한 2개의 대향 면을 포함하고,  
 상기 입력 빔의 버전이 상기 제1 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도의 상기 2개의 대향 면을 통과하는, 광학 시스템.

**청구항 15**

제11항 또는 제12항에 있어서,  
 상기 제2 광학 컴포넌트는 광학 윈도를 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 16**

제15항에 있어서,  
 상기 제2 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도는 서로 실질적으로 평행한 2개의 대향 면을 포함하고,  
 상기 입력 빔의 버전이 상기 제2 광학 컴포넌트의 상기 광학 윈도의 상기 2개의 대향 면을 통과하는, 광학 시스템.

**청구항 17**

제11항 또는 제12항에 있어서,  
 상기 제1 액추에이터는 구동 샤프트를 포함하고,  
 상기 광학 시스템은,  
 상기 제1 광학 컴포넌트를 지지하는 조절가능 마운트;  
 상기 구동 샤프트에 접속된 캠 암;  
 상기 캠 암에 접속된 베어링; 및  
 상기 조절가능 마운트에 접속된 곡면 표면을 더 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 18**

제17항에 있어서,  
 상기 곡면 표면은 상기 구동 샤프트에 의한 상기 캠 암의 회전으로 인해 상기 제1 광학 컴포넌트를 통과하는 광학 빔의 파라미터의 변화를 선형화하도록 세이핑되는, 광학 시스템.

**청구항 19**

제11항에 있어서,  
 상기 입력 빔의 이전 버전의 빔 형상의 치수를 압축 또는 확장하도록 구성된 제4 광학 컴포넌트를 포함하는, 광학 시스템.

**청구항 20**

광학 시스템을 동작시키는 방법으로서,  
 상기 광학 시스템의 제1 광학 컴포넌트를 제1 축을 중심으로 회전시키는 단계 - 상기 제1 광학 컴포넌트는 입력 빔을 수신하도록 구성되고, 상기 입력 빔이 진행되는 방향은 상기 제1 축 및 상기 제1 축에 실질적으로 수직인 제2 축 모두에 실질적으로 수직임 -;  
 상기 광학 시스템의 제2 광학 컴포넌트를 제2 축을 중심으로 회전시키는 단계;  
 상기 광학 시스템의 제3 광학 컴포넌트를 제3 축을 중심으로 회전시키는 단계 - 상기 제3 축은 상기 제1 축에 실질적으로 평행함 -;  
 제4 광학 컴포넌트를 이용하여 상기 입력 빔의 이전 버전의 빔 형상의 치수를 압축 또는 확장하는 단계; 및  
 방향전환 미러에 의해, 상기 제4 광학 컴포넌트에 의해 상기 입력 빔의 압축되거나 또는 확장된 이전 버전을 수신하는 단계

를 포함하는, 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 출원들의 상호 참조
- [0002] 이 출원은, 그 전체가 참고로 포함되는, 2016년 12월 16일자로 출원된 발명의 명칭이 "Compact Beam Shaping and Steering Assembly"인 미국 가출원 제62/435,679호에 대한 우선권을 주장한다.
- [0003] 기술분야
- [0004] 본 출원은 레이저 또는 다른 광학 소스로부터의 출력 빔을 하이테크 광학 시스템의 입력에 커플링하기 위한 장치들 및 방법들에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0005] 레이저들 및 발광 다이오드들(LED들)은, 광학 통신 시스템들, 바이오분석 시스템들, 의료 디바이스들, 재료 프로세싱 시스템들, 및 방위 시스템들과 같은, 하이테크 광학 시스템들에 유용한 하나 이상의 선택가능한 파장에서 강렬한 방사를 제공할 수 있다. 레이저 또는 LED로부터의 출력은 콜리메이트되거나(collimated) 비콜리메이트될(uncollimated) 수 있으며, 방사는 펄스파 또는 연속파일 수 있다. 일부 경우들에서, 짧은 광학 펄스들(예컨대, 약 1 나노초 미만의 광학 펄스들)이 레이저들 또는 LED들에 의해 생성되어 하이테크 광학 시스템에 제공될 수 있다.
- [0006] 일부 하이테크 광학 시스템들은 레이저 또는 LED로부터의 출력이 커플링되어야만 하는 정밀 광학 디바이스들을 포함할 수 있다. 정밀 광학 디바이스의 일 예는 칩 상의 집적된 광학 도파관이다. 전형적으로, 레이저 또는 LED로부터의 빔 출력의 공간 모드 프로파일은, 예를 들어, 도파관에 의해 지지되는 기본 모드의 공간 모드 프로파일에 잘 매칭되지 않는다. 그에 따라, 빔의 공간 모드 프로파일들과 빔이 커플링되는 광학 시스템의 수광 광학 컴포넌트 사이의 매치를 개선시키기 위해 하나 이상의 광학 컴포넌트가 필요할 수 있다.

**발명의 내용**

- [0007] 일부 실시예들은 입력 빔의 제1 횡방향 빔 형상을 제2 빔의 제2 횡방향 빔 형상으로 변환하도록 배열된 제1 광학 컴포넌트; 제2 횡방향 빔 형상을 제2 빔의 광학 축을 중심으로 회전시키도록 배열된 제2 광학 컴포넌트; 및 타깃 위치에서의 출력 빔의 제1 위치 또는 제1 지향각(directional angle) 중 하나를 조절하도록 배열된 제3 광학 컴포넌트를 포함하는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리에 관한 것이다.
- [0008] 일부 실시예들은 광학 소스로부터의 빔을 시스템의 수광 광학 컴포넌트에 커플링시키는 방법에 관한 것이다. 이 방법은, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리에 의해, 광학 소스로부터 빔을 수광하는 단계; 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 빔의 제1 횡방향 빔 형상으로부터 출력 빔의 제2 횡방향 빔 형상으로 변환하는 단계; 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 출력 빔을 수광 광학 컴포넌트 상에 배치하는 단계; 및 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 제2 횡방향 빔 형상을 조절가능하게 회전시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 일부 실시예들은 방사 빔을 장치에 커플링시키기 위한 광학 시스템에 관한 것이며, 광학 시스템은 3개의 로터리 액추에이터; 및 3개의 로터리 액추에이터에 제각기 커플링된 3개의 광학 컴포넌트를 포함하고, 각각의 로터리 액추에이터는 3개의 광학 컴포넌트 중 한 광학 컴포넌트를 이동시키기 위해 샤프트 축을 중심으로 회전하는 구동 샤프트를 가지며, 3개의 로터리 액추에이터의 샤프트 축들은 동일한 평면에 본질적으로 평행하고, 3개의 로터리 액추에이터에 의한 3개의 광학 컴포넌트의 작동(actuation)은 3개의 상이한 자유도로 빔을 변경한다.
- [0010] 일부 실시예들은 방사 빔을 장치에 커플링시키기 위한 광학 시스템에 관한 것이며, 광학 시스템은 조절가능 마운트에 지지되는 제1 광학 컴포넌트; 및 조절가능 마운트에 커플링된 제1 액추에이터를 포함하고, 제1 액추에이터에 의한 제1 광학 컴포넌트의 이동은 제1 광학 컴포넌트를 빠져나가는 출사 빔(exit beam)의 횡방향 형상 및 편광을 회전시키고, 횡방향 형상 및 편광의 회전은 출사 빔을 따라 중앙에 뻗어 있는 광학 축을 중심으로 이루어진다.
- [0011] 일부 실시예들은 방사 빔을 변경하기 위한 광학 시스템에 관한 것이며, 광학 시스템은 제1 축을 중심으로 제1

광학 컴포넌트를 회전시키도록 구성된 조절가능 마운트에 의해 지지되는 제1 광학 컴포넌트; 제1 축에 평행하지 않은 제2 축을 중심으로 회전하는 구동 샤프트를 가지는 로터리 액추에이터; 구동 샤프트에 접속된 캠 암(cam arm); 캠 암에 접속된 베어링; 및 조절가능 마운트에 접속된 곡면 표면을 포함할 수 있고, 여기서 로터리 액추에이터가 제1 광학 컴포넌트를 회전시키기 위해 작동될 때 베어링은 곡면 표면을 가로질러 간다.

[0012] 일부 실시예들은 제1 광학 윈도를 회전시키도록 배열된 제1 로터리 액추에이터; 제2 광학 윈도를 회전시키도록 배열된 제2 로터리 액추에이터; 및 렌즈를 포함하는 광학 빔 스티어링 장치에 관한 것이며; 여기서 제1 광학 윈도의 회전은 타깃 위치에서의 광학 빔의 측방 위치를 조절하고 제2 광학 윈도의 회전은 측방 위치를 10 마이크로미터 초과만큼 변화시키지 않으면서 타깃 위치에서의 빔의 입사각을 조절한다.

[0013] 일부 실시예들은 3 직교 자유도(three orthogonal degrees of freedom)로 빔 스티어링 장치로부터의 출력 빔의 3개의 파라미터를 조절하도록 배열된 3개의 회전가능 투명 광학 윈도를 포함하는 광학 빔 스티어링 장치에 관한 것이다.

[0014] 본 교시내용의 전술한 및 다른 양태들, 구현들, 단계들(acts), 기능들, 특징들, 및 실시예들은 첨부 도면들과 함께 하기의 설명으로부터 보다 완전히 이해될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0015] 통상의 기술자는 본 명세서에 설명된 도면들이 예시 목적들만을 위한 것임을 이해할 것이다. 일부 경우들에서, 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위해 본 발명의 다양한 양태들이 과장되거나 확대되어 도시될 수 있음이 이해되어야 한다. 도면들에서, 비슷한 참조 문자들은 일반적으로 다양한 도면들 전반에 걸쳐 비슷한 특징들, 기능적으로 유사한 및/또는 구조적으로 유사한 요소들을 지칭한다. 도면들이 반드시 축척대로 되어 있는 것은 아니며, 그 대신에 교시내용의 원리들을 설명하는 것에 중점을 두고 있다. 도면들이 결코 본 교시내용의 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

도 1a는 일부 실시예들에 따른, 하이테크 시스템의 블록 다이어그램 묘사이다.

도 1b는 일부 실시예들에 따른, 하이테크 시스템에서 광학 소스에 의해 생성될 수 있는 광학 펄스들의 트레인을 묘사하고 있다.

도 1c는 하이테크 시스템 내에 장착가능한 칩 상에 포함될 수 있는 병렬 반응 챔버들의 일 예를 묘사하고 있다. 일부 실시예들에 따르면, 반응 챔버들은 하나 이상의 도파관을 통해 광학적으로 여기될 수 있고 방출들은 각각의 챔버 근방에 형성된 광검출기들에 의해 검출될 수 있다.

도 1d는 3개의 상이한 광학 파워에서 도파관에서의 시간 의존적 손실을 예시하고 있다.

도 1e는 일부 실시예들에 따른, 집적된 반응 챔버, 광학 도파관, 및 시간-비닝 광검출기(time-binning photodetector)의 추가 상세들을 묘사하고 있다.

도 1f는 일부 실시예들에 따른, 반응 챔버 내에서 일어날 수 있는 생물학적 반응의 일 예를 묘사하고 있다.

도 1g는 상이한 감쇠 특성들을 갖는 2개의 상이한 형광단에 대한 방출 확률 곡선들을 묘사하고 있다.

도 1h는 일부 실시예들에 따른, 형광 방출의 시간-비닝 검출을 묘사하고 있다.

도 2aa는 일부 실시예들에 따른, 복수의 도파관들에의 세장형 빔(elongated beam)의 커플링을 묘사하고 있다.

도 2ab는 일부 실시예들에 따른, 복수의 도파관들에의 세장형 회전된 빔(elongated and rotated beam)의 커플링을 묘사하고 있다.

도 2ba는 일부 실시예들에 따른, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(beam-shaping and steering module)을 묘사하고 있다.

도 2bb는 일부 실시예들에 따른, 기기에서의 새시에 장착되고 인쇄 회로 보드를 보강하는 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈을 묘사하고 있다.

도 2c는 일부 실시예들에 따른, 빔 셰이핑 및 스티어링 컴포넌트들의 광학 상세들을 묘사하고 있다.

도 2d는 일부 실시예들에 따른, 이미지 회전 프리즘에 대한 회전 마운트의 요소들을 묘사하고 있다.

도 2ea는 일부 실시예들에 따른, 광학 컴포넌트를 회전시키기 위한 기계적 연결부(mechanical linkage)를 묘사

하고 있다.

도 2eb는 기계적 연결부에서의 비선형성들을 보상하기 위해 엔지니어링된 곡면 표면(engineered curved surface)을 포함하는 기계적 연결부에 대한 선형화된 빔 변위를 예시하고 있다.

도 2f는 일부 실시예들에 따른, 칩 상의 광학 커플러에 대한 광학 빔의 정렬을 묘사하고 있다.

도 2g는 일부 실시예들에 따른, 광학 소스로부터의 광학 펄스들을 바이오 광전자 칩의 다수의 도파관들 내로 커플링시키기 위한 검출 및 제어 회로부를 묘사하고 있다.

본 발명의 특징들 및 장점들은, 도면들과 관련하여 취해질 때, 아래에 기재되는 상세한 설명으로부터 보다 명백해질 것이다. 도면들을 참조하여 실시예들을 설명할 때, 방향 참조들("위(above)", "아래(below)", "상부(top)", "하부(bottom)", "좌측(left)", "우측(right)", "수평(horizontal)", "수직(vertical)" 등)이 사용될 수 있다. 그러한 참조들은 도면들을 보통의 배향에서 보는 독자를 돕기 위한 수단으로서만 의도되어 있다. 이러한 방향 참조들은 구체화된 디바이스의 피쳐들(features)의 선호된 또는 유일한 배향을 설명하는 것으로 의도되지 않는다. 디바이스가 다른 배향들을 사용하여 구체화될 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

**I. 서론**

[0016]

[0017]

본 명세서에 설명된 기술은 레이저들 또는 발광 다이오드들로부터의 광학 빔들을 정밀 광학 컴포넌트들을 포함하는 하이테크 시스템들에 커플링시키기 위한 장치들 및 방법들에 관한 것이다. 하이테크 시스템은 하나 이상의 정밀 광학 컴포넌트(예컨대, 집적된 광학 도파관, 집적된 광학 커플러, 집적된 광학 변조기, 광학 회절 요소, 광학 파이버 등)을 포함할 수 있으며, 기계 컴포넌트들, 마이크로기계 컴포넌트들, 전기 회로부, 마이크로유체 컴포넌트들, 마이크로전자기계 컴포넌트들, 바이오 마이크로전자기계 컴포넌트들 및/또는 바이오 광전자 컴포넌트들을 추가로 포함할 수 있다. 일부 실시예들에 따른, 빔 파라미터들의 5 가지 자동 조절을 포함하는 로우 프로파일의 콤팩트한 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리가 설명된다. 어셈블리는 빔 초점 및 빔 형상에 대한 수동 또는 자동 조절들을 또한 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 어셈블리는 레이저로부터의 원형 빔을 바이오 광전자 칩 상의 집적된 광학 도파관들의 선형 어레이에 커플링시키고, 거의 복수의 도파관 내로의 높은 효율의 거의 균일한 파워 커플링을 제공하는 데 사용될 수 있다. 도파관들에 걸친 커플링의 균일성은 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리 내의 광학 컴포넌트의 자동 조작에 의해 조절될 수 있다.

[0018]

빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리는 콤팩트한 광학 소스와 콤팩트한 하이테크 시스템의 정밀 광학 디바이스들 사이의 정밀하고 안정된 광학 커플링을 제공하기 위해 휴대용 계측장비(예컨대, 비행 시간(time-of-flight) 이미징 기기들, 수명 분해 형광 검출(lifetime-resolved fluorescent detection)을 이용하는 바이오분석 기기들, 유전자 시퀀싱 기기들, 광학 코히런스 단층 촬영(optical coherence tomography) 기기들, 의료 기기들 등) 내에 통합될 수 있다. 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리는 광학 소스와 하이테크 시스템 사이의 광학 커플링에 대한 진동들, 온도 변동들, 및 제조 변동들의 영향을 감소시킬 수 있다. 그러한 실시예들에 대한 광학 소스들의 예들은, 본 명세서에 참고로 포함되는, 2016년 5월 20일자로 출원된, 발명의 명칭이 "Pulsed Laser and Bioadvanced System"인 미국 특허 출원 제15/161,088호 및 2016년 12월 16일자로 출원된, 발명의 명칭이 "Compact Mode-Locked Laser Module"인 미국 특허 출원 제62/435,688호에 설명되어 있다. 그러한 계측장비는 용이하게 휴대가능하고 대형 광학 소스들 및 대형 광학 커플링 컴포넌트들을 필요로 하는 종래의 계측장비에 대해서보다 상당히 더 낮은 비용으로 생산될 수 있다. 높은 휴대성은 그러한 기기들이 연구, 개발, 임상적 사용(clinical use), 현장 배치(field deployment) 군사적, 및 상업적 적용분야들에 보다 유용하게 되도록 할 수 있다.

[0019]

본 발명자들은 레이저 또는 LED 및 그의 구동 회로부가 100 밀리와트를 초과하는 파워 레벨들을 출력하고 매우 콤팩트한 크기로, 예컨대, 약 40 mm 이하의 두께를 갖는 A4 용지의 크기 이하 정도로 제조될 수 있을 때, 펄스 레이저들 및 LED들과 같은 광학 소스들이 잠재적으로 보다 유용하다는 것을 인식하고 이해하였다. 콤팩트하게 제조될 때, 그러한 광학 소스들은, 예를 들어, 의료 진단, 광학 통신, 의약품 개발을 위한 대규모 병렬 샘플 분석, 유전자 시퀀싱, 또는 단백질 분석의 분야들에서 사용될 수 있지만, 이에 한정되지 않는 휴대용 하이테크 기기들에 통합될 수 있다. "광학"이라는 용어는 자외선, 가시광, 근적외선, 및 단파장 적외선 스펙트럼 대역들을 지칭하는 데 사용될 수 있다.

[0020]

본 발명자들은 휴대용 하이테크 기기에 쉽게 교체되어 들어가고 나올(swapped into and out of) 수 있는 모듈과

같은 광학 소스들을 제조하는 것이 유리할 수 있다는 것을 추가로 인식하고 이해하였다. 그러한 플러그 앤 플레이(plug-and-play) 능력은 기기의 가동중지 시간(down-time)을 최소화하고, 단일 소스가 상이한 기기들에서 사용될 수 있게 해줄 수 있다. 본 발명자들은 레이저들 및 LED들이 일반적으로 상이한 빔 파라미터들(예컨대, 빔 크기, 빔 형상, 빔 콜리메이션, 빔 방향, 횡방향 빔 프로파일)을 갖는 출력 빔들을 가지며, 광학 빔을 수광하는 하이테크 시스템들이 수광된 빔 파라미터들에 대해 상이한 요구사항들을 가질 수 있음을 추가로 인식하였다.

[0021] 광학 소스와 하이테크 시스템 사이의 빔 파라미터들의 차이들을 수용하기 위해, 본 발명자들은, 아래에서 더욱 상세히 설명되는, 빔 셰이핑 및 스티어링 장치들 및 연관된 방법들을 고안하였다. 빔 셰이핑 및 스티어링 장치는 광학 소스로부터의 출력 빔을 광학 소스가 커플링되어야 하는 하이테크 시스템에 대한 용인가능한 빔 파라미터들에 부합하도록 적합화시키기 위해 기기에 통합될 수 있는 콤팩트한 어셈블리(예컨대, A4 용지의 크기의 절반 미만이고 40 mm 미만의 두께임)이다. 하기의 설명에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 장치의 실시예들은, "하이테크" 기기의 일 예에 불과한, 유전자 시퀀싱 기기와 관련하여 설명된다. 그렇지만, 설명된 실시예들의 빔 셰이핑 및 스티어링 장치가, 하이테크 또는 첨단 광학 기술을 포함하는지 여부에 관계없이, 다른 타입의 기기들과 함께 사용될 수 있음이 인식되어야 한다.

[0022] 실시예들에서, 도 1a에 묘사된 바와 같이, 하이테크 기기(1-100)는 기기 내에 장착되거나 기기에 다른 방식으로 커플링된 광학 소스(1-110)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 광학 소스(1-110)는 모드 동기 레이저일 수 있다. 모드 동기 레이저는 레이저의 종 주파수 모드들(longitudinal frequency modes)의 위상 동기(phase locking)를 유도(induce)하는, 레이저 캐비티 내에 있는 또는 레이저 캐비티에 커플링된, 요소(예컨대, 포화성 흡수체, 음향 광학 변조기(acousto-optic modulator), Kerr 렌즈(Kerr lens))를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 광학 소스(1-110)는 이득 스위칭 레이저(gain-switched laser)를 포함할 수 있다. 이득 스위칭 레이저는 레이저의 이득 매질에서의 광학 이득을 변조하는 외부 변조기(external modulator)(예컨대, 펄스 구동기 회로)를 포함할 수 있다.

[0023] 기기(1-100)는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150) 및 하이테크 시스템(1-160)을 포함할 수 있다. 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 하나 이상의 광학 컴포넌트(예컨대, 렌즈, 미러, 광학 필터, 빔 셰이핑 광학계, 감쇠기(attenuator))를 포함할 수 있고, 광학 소스(1-110)로부터의 광학 펄스들(1-122)(또는 연속파 빔)을 조작하도록 그리고/또는 그 광학 펄스들(1-122)을 하이테크 시스템(1-160)에 전달하도록 구성될 수 있다.

[0024] 일부 실시예들에 따르면, 하이테크 시스템은 광학 컴포넌트들, 검출기들, 전자장치들, 및 통신 하드웨어를 사용하여 광학 신호들을 지향시키고, 수집하며, 분석할 수 있다. 예를 들어, 하이테크 시스템(1-160)은 광학 펄스들을 분석되어야 하는 적어도 하나의 샘플로 지향시키고, 적어도 하나의 샘플로부터 하나 이상의 광학 신호(예컨대, 형광, 후방산란 방사(backscattered radiation))를 수신하며, 수신된 광학 신호들을 나타내는 하나 이상의 전기 신호를 생성하도록 배열된 광학 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하이테크 시스템(1-160)은 하나 이상의 광검출기 및 광검출기들로부터의 전기 신호들을 프로세싱하도록 구성된 신호 프로세싱 전자장치들(예컨대, 하나 이상의 마이크로컨트롤러, 하나 이상의 필드 프로그래머블 게이트 어레이, 하나 이상의 마이크로프로세서, 하나 이상의 디지털 신호 프로세서, 로직 게이트들 등)을 포함할 수 있다. 하이테크 시스템은 데이터를 데이터 통신 링크(도시되지 않음)를 통해 외부 디바이스들에게 그리고 이들로부터 전송하고 수신하도록 구성된 데이터 전송 하드웨어를 또한 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하이테크 시스템(1-160)은, 분석될 하나 이상의 샘플을 보유하는, 바이오 광전자 칩(1-140)을 수납하도록 구성될 수 있다. 샘플 분석을 위한 데이터 신호들은 칩 상에서 부분적으로 프로세싱되고 그리고/또는 분석을 위해 외부 프로세서에게 전송될 수 있다. 부가적으로, 일부 실시예들에 따르면, 샘플 분석 동안 실시간으로 적절한 광학적 커플링을 유지하기 위해 칩(1-140) 및/또는 샘플 웰들(sample wells)에 대한 광학적 커플링을 나타내는 데이터 신호들이 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)에 실시간으로 제공될 수 있다.

[0025] 비록 광학 펄스들(1-122)이 단일 횡방향 광학 모드(single transverse optical mode)를 갖는 것으로 묘사되어 있지만, 일부 실시예들에서, 광학 소스(110)로부터의 출력은 다중 모드(multimodal)일 수 있다. 예를 들어, 횡방향 출력 빔 프로파일(transverse output beam profile)은 광학 소스의 다중 모드 동작으로 인해 다수의 강도 피크들 및 최소치들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 다중 모드 출력은 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150) 내의 하나 이상의 광학 컴포넌트에 의해 (예컨대, 확산 광학계들에 의해) 균질화될 수 있다. 일부 구현들에서, 다중 모드 출력은 하이테크 시스템(1-160) 내의 복수의 파이버들 또는 도파관들에 커플링될 수 있다. 예를 들어, 다중 모드 출력의 각각의 강도 피크는 바이오 광전자 칩(1-140)에 접속되는 개별적인 도파관 또는 도파관들의 그룹에 커플링될 수 있다. 광학 소스가 다중 모드 상태(multimode state)에서 작동할 수 있게 해주

는 것은 광학 소스로부터의 보다 높은 출력 파워들을 가능하게 해줄 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 소스(1-110)는 톱햇(top-hat) 빔 프로파일들, 도넛 빔 프로파일들, 및 라인 형상 빔 프로파일들과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 다른 횡방향 빔 프로파일들을 갖는 펄스들(1-122)을 생성할 수 있다. 그러한 빔 프로파일들은 패터닝된 또는 그레이딩된(graded) 코팅들, 회절 광학 요소들, 이원 광학 요소들(binary optical elements), 액시콘 렌즈들(axicon lenses), 그레이딩된 굴절률 요소들(graded-refractive index elements), 또는 이러한 광학 요소들 중 둘 이상의 조합을 갖는 광학 요소들을 사용하여 생성될 수 있다.

[0026] 일부 실시예들에 대해, 하이테크 기기는 분리가능한 패키징된 바이오 광전자 칩(1-140)을 수납하도록 구성될 수 있다. 이 칩은 복수의 반응 챔버들, 광학 여기 에너지를 반응 챔버들에 전달하도록 배열되는 집적된 광학 컴포넌트들, 및 반응 챔버들로부터의 형광 방출 또는 다른 광학 방출을 검출하도록 배열되는 집적된 광검출기들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 칩(1-140)은 일회용일 수 있는 반면, 다른 구현들에서, 칩이 재사용가능할 수 있다. 칩이 기기에 의해 수납될 때, 칩은 광학 소스(1-110)와 전기적 및 광학적 통신을 하고 하이테크 시스템(1-160)과 전기적 및/또는 광학적 통신을 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 바이오 광전자 칩은, 부가의 기기 전자장치들을 포함할 수 있는 인쇄 회로 보드(PCB)와 같은, 전자 회로 보드(도시되지 않음) 상의 시스템 내에 (예컨대, 소켓 접속부(socket connection)를 통해) 장착될 수 있다. 예를 들어, 바이오 광전자 칩(1-140)이 장착되는 PCB(1-140)는 전력(electrical power), 하나 이상의 클럭 신호, 및 제어 신호들을 바이오 광전자 칩(1-140)에 제공하도록 구성된 회로부, 및 칩 상의 반응 챔버들로부터 검출된 방출을 나타내는 신호들을 수신하도록 배열된 신호 프로세싱 회로부를 포함할 수 있다. PCB는 광학 커플링에 관련된 피드백 신호들 및 바이오 광전자 칩(1-140)의 도파관들 내로 커플링된 광학 펄스들(1-122)의 파워 레벨들을 수신하도록 구성된 회로부를 또한 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, PCB는 바이오 광전자 칩(1-140)에 대한 보다 양호한 커플링을 위해 빔 파라미터들을 변경하기 위해 구동 신호들을 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)에 제공하도록 구성된 회로부를 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 구동 신호들은, 예컨대, 사용자에 의해 조절되는, 빔 파라미터들의 개루프 제어를 위해 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 구동 신호들은 폐루프 피드백 제어 시스템의 일부로서, 예컨대, 광학 빔의 정렬 및/또는 커플링 효율을 유지하기 위해 생성될 수 있다. 바이오 광전자 칩으로부터 반환된 데이터는 기기(1-100) 내의 데이터 프로세싱 회로들에 의해 부분적으로 또는 전체적으로 프로세싱될 수 있지만, 일부 구현들에서, 데이터가 데이터 프로세싱을 위해 네트워크 접속을 통해 하나 이상의 원격 데이터 프로세서에게 전송될 수 있다.

[0027] 도 1b는 일부 실시예들에 따른, 광학 소스(1-110)로부터의 출력 펄스들(1-122)의 시간 강도 프로파일들을 묘사하고 있다. 일부 경우들에서, 방출된 펄스들의 피크 강도 값들은 대략 동일할 수 있고, 프로파일들은 가우시안 시간 프로파일들을 가질 수 있지만,  $\text{sech}^2$  프로파일과 같은, 다른 프로파일들이 가능할 수 있다. 일부 구현들에서, 펄스들은 대칭적 시간 프로파일들을 갖지 않을 수 있고, 이득 스위칭 레이저를 사용하는 실시예들과 같은, 다른 시간 형상들을 가질 수 있다. 각각의 펄스의 지속시간은, 도 1b에 나타난 바와 같이, 반치 전폭(full-width-half-maximum)(FWHM) 값에 의해 특징지어질 수 있다. 펄스 광학 소스의 일부 실시예들에 따르면, 극초단 광학 펄스들이 형성되고, 약 10 피코초(ps) 내지 약 100 ps의 시간 FWHM 값들(temporal FWHM values)을 가질 수 있다. 다른 경우들에서, FWHM 값들은 10 ps보다 더 짧거나 100 ps보다 더 길 수 있다.

[0028] 일부 실시예들에 따르면, 출력 펄스들(1-122)은 규칙적인 간격들(T)만큼 분리될 수 있다. (예컨대, 모드 동기 레이저들에 대한) 일부 실시예들에서, T는 광학 소스(1-110)의 레이저 캐비티 내의 펄스들의 왕복 이동 시간(round-trip travel time)에 의해 결정될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 펄스 분리 간격(T)은 약 1 ns 내지 약 30 ns일 수 있다. 일부 경우들에서, 펄스 분리 간격(T)은, 약 0.7 미터 내지 약 3 미터의 레이저 캐비티 길이에 대응하는, 약 5 ns 내지 약 20 ns일 수 있다. 일부 실시예들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 부가적으로 (예컨대, 격자들 및/또는 광학 파이버들, 회절 광학 요소들, 또는 링 다운 캐비티(ring-down cavity)와 같은 주파수 분산 요소들을 사용하여) 광학 펄스들의 펄스 길이를 변화시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리는 부가적으로 (예컨대, 광학 소스(1-110)로부터 수광된 빔을 상이한 광학 경로들로 분할하는 것, 상이한 광학 경로들에 상이한 지연들을 추가하는 것, 상이한 경로들로부터의 펄스들을 인터리빙하기 위해 광학 경로들을 재결합시키는 것에 의해) 펄스 분리 간격(T)을 추가로 변화시킬 수 있다. 일부 경우들에서, 펄스 분리 간격(T)은 규칙적이지 않을 수 있고, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 펄스 분리 간격에 관계없이 자신의 빔 셰이핑 및 스티어링 기능들을 수행할 수 있다.

[0029] 광학 펄스들(1-122)이 후속하여 병렬로 검출되고 분석되는 복수의 반응 챔버들에서 형광 방출을 여기시키는 실시예들에 있어서, 원하는 펄스 분리 간격(T)은 인자들: 예를 들어, 반응 챔버들의 개수, 형광 방출 특성들, 및 반응 챔버들로부터 데이터를 판독하기 위한 검출 및 데이터 핸들링 회로부의 속도의 조합에 의해 결정될 수 있

다. 본 발명자들은 상이한 형광단들이 그들의 상이한 형광 감쇠율들(fluorescent decay rates) 또는 시간 방출 확률 곡선들(temporal emission probability curves)에 의해 구별될 수 있음을 인식하고 이해하였다. 그에 따라, 선택된 형광단들의 상이한 방출 특성들을 구별하는 데 사용될 수 있는 선택된 형광단들에 대한 적절한 통계를 수집하기에 충분한 펄스 분리 간격(T)이 필요하다. 그에 부가하여, 펄스 분리 간격(T)이 너무 짧으면, 데이터 핸들링 회로부가 많은 수의 반응 챔버들에 의해 수집되는 많은 양의 데이터를 쫓아갈 수 없다. 본 발명자들은 약 5 ns 내지 약 20 ns의 펄스 분리 간격(T)이 최대 약 2 ns의 감쇠율들을 갖는 형광단들에 그리고 약 60,000 내지 10,000,000개의 반응 챔버들로부터의 데이터를 핸들링하는 데 적당하다는 것을 인식하고 이해하였다.

[0030] 일부 구현들에 따르면, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)은 광학 소스(1-110)로부터 출력 펄스들을 수신할 수 있고 하이테크 시스템(1-160)에 대한 광학 소스(1-110)로부터의 빔의 개선된 커플링을 위해 적어도 3개의 빔 파라미터를 변경하도록 구성될 수 있다. 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)에 의해 변경될 수 있는 빔 파라미터들은: 하이테크 시스템 내의 타깃 위치에서의 빔 위치, 하이테크 시스템 내의 타깃 위치에서의 빔 방향 또는 입사각들, 빔 형상, 빔 콜리메이션, 빔의 광학 축을 중심으로 한 빔 회전, 빔 편광 및 편광 배향, 빔 스펙트럼 성분들, 빔의 횡방향 강도 프로파일, 평균 빔 파워, 펄스 지속시간, 및 펄스 분리 시간을 포함하지만, 이들로 제한되지 않는다.

[0031] 도 1c에 묘사된 바이오 분석 실시예를 참조하면, 일부 구현들에서, 출력 펄스들(1-122)은 바이오 광전자 칩 상의 하나 이상의 광학 도파관(1-312) 내로 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광학 펄스들이 격자 커플러(grating coupler)(1-310)를 통해 하나 이상의 도파관에 커플링될 수 있지만, 일부 경우들에서 바이오 광전자 칩 상의 광학 도파관의 단부에 커플링이 사용될 수 있다. 격자 커플러(1-310)에 대한 광학 펄스들(1-122)의 빔의 정렬을 돕기 위한 사분면(쿼드) 검출기(quadrant (quad) detector)(1-320)가 반도체 기관(1-305)(예컨대, 실리콘 기관) 상에 위치될 수 있다. 하나 이상의 도파관(1-312) 및 반응 챔버(1-330)는 기관, 도파관, 반응 챔버들, 및 광검출기들(1-322) 사이에 개재 유전체 층들(예컨대, 실리콘 이산화물 층들)을 갖는 동일한 반도체 기관 상에 집적될 수 있다.

[0032] 각각의 도파관(1-312)은 도파관을 따라 반응 챔버들에 커플링되는 광학 파워를 균등화(equalize)하게 하기 위해 반응 챔버들(1-330) 아래에 테이퍼링된 부분(tapered portion)(1-315) 또는 다른 광학 피쳐들을 포함할 수 있다. 감소하는 테이퍼(reducing taper)는 보다 많은 광학 에너지를 도파관의 코어 밖으로 강제로 내보내, 반응 챔버들에의 커플링을 증가시키고, 반응 챔버들 내로의 광 커플링에 대한 손실들을 포함한, 도파관을 따라 있는 광학 손실들을 보상할 수 있다. 제2 격자 커플러(1-317)는 광학 에너지를 집적된 포토다이오드(1-324)로 지향시키기 위해 각각의 도파관의 단부에 위치될 수 있다. 집적된 포토다이오드는 도파관을 따라 커플링된 파워의 양을 검출할 수 있고, 검출된 신호를, 예를 들어, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)을 제어하는 피드백 회로부에 제공할 수 있다.

[0033] 반응 챔버들(1-330)은 도파관의 테이퍼링된 부분(1-315)과 정렬되고 터브(tub)(1-340)에 리세스(recess)될 수 있다. 반도체 기관(1-305) 상에 위치된, 각각의 반응 챔버(1-330)에 대한 시간-비닝 광검출기들(1-322)이 있을 수 있다. 반응 챔버들에 없는(예컨대, 반응 챔버들 위쪽의 용액 중에 분산된) 형광단들의 광학 여기를 방지하기 위해, 반응 챔버들 주위에 그리고 도파관 위쪽에 금속 코팅 및/또는 다층 코팅(1-350)이 형성될 수 있다. 각각의 도파관의 입력 및 출력 단부들에서 도파관(1-312)에서의 광학 에너지의 흡수 손실을 감소시키기 위해 금속 코팅 및/또는 다층 코팅(1-350)이 터브(1-340)의 예지들 너머에서 융기(raise)될 수 있다.

[0034] 일부 실시예들에 따르면, 샘플들의 대규모 병렬 분석들이 수행될 수 있도록 도파관들, 반응 챔버들, 및 시간-비닝 광검출기들의 복수의 행들이 바이오 광전자 칩(1-140) 상에 있을 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 각각이 512개의 반응 챔버를 갖는, 128개의 행, 따라서 총 65,536개의 반응 챔버가 있을 수 있다. 다른 구현들은 행당 보다 적은 또는 보다 많은 반응 챔버들, 보다 적은 또는 보다 많은 도파관들의 행들을 포함할 수 있고, 다른 레이아웃 구성들을 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 수백개 또는 심지어 수천개의 도파관들의 행들이 있을 수 있다. 광학 소스(1-110)로부터의 광학 파워는 하나 이상의 집적된 스타 커플러(star coupler) 또는 다중 모드 간섭 커플러(multi-mode interference coupler)를 통해, 또는, 칩(1-140)에 대한 광학 커플러와 복수의 도파관들 사이에 위치된, 임의의 다른 수단에 의해 다수의 도파관들에 분배될 수 있다.

[0035] 본 발명자들은 일부 경우들에서 광학 소스(1-110)로부터의 파워를 많은 복수의 집적된 광학 도파관들(1-312)에 효율적으로 커플링시키려고 시도할 때 문제들이 발생할 수 있다는 것을 발견하였다. 많은 수의 반응 챔버들에 대한 각각의 도파관 및 반응 챔버(1-330)에 충분한 전력을 제공하기 위해, 입력 빔에서의 평균 파워는 반응 챔

버들의 개수의 증가에 비례하여 상승한다. (실리콘 질화물 도파관 코어/실리콘 이산화물 클래딩과 같은) 일부 집적된 광학 도파관 시스템들의 경우, 높은 평균 파워들은 도파관의 손실의 시간적 변화들을 야기할 수 있으며 따라서 시간 경과에 따라 반응 챔버들에서의 상당한 파워 불안정성을 야기할 수 있다. 높은 평균 파워들에서 집적된 광학 도파관들에서의 시간 의존적 손실은 발명자들에 의해 측정되었고, 예시적인 결과들은 도 1d에 플로팅되어 있다. 레이저로부터의 평균 파워 레벨들이 너무 높아지면, 칩 상의 집적된 도파관들 또는 다른 집적된 광학 컴포넌트들에 대해, 특히 광이 칩 내로 커플링되는 곳의 근방에서 광학 손상이 발생할 수 있다.

[0036] 삽입 손실은 실리콘 질화물 코어를 갖는 단일 모드 도파관들의 3개의 동일한 길이들에 대한 시간의 함수로서 측정되었다. 3개의 도파관 내로 커플링되는 초기 평균 파워 레벨들은 0.5 mW, 1 mW, 및 2 mW였다. 도 1d의 플롯은 3개의 파워 레벨에 대한 시간의 함수로서 도파관의 각각의 길이에 대한 측정된 삽입 손실의 변화를 보여준다. 이 플롯은 높은 파워 레벨들에서 손실이 10분 미만 내에 3dB만큼 변할 수 있음을 보여준다. 반응들이 수십 분 또는 몇 시간 동안 진행될 수 있는 단일 분자 유전자 시퀀싱과 같은 일부 적용분야들의 경우, 그러한 파워 불안정성은 용인가능하지 않을 수 있다.

[0037] 하이테크 시스템(1-160)의 일 실시예의 추가 상세들은 대규모 병렬 샘플 분석을 위해 하이테크 시스템(1-160)에 삽입될 수 있는 바이오 광전자 칩(1-140)의 일 부분을 예시하는, 도 1e와 관련하여 설명된다. 반응 챔버(1-330)에서 일어나는 생물학적 반응의 비제한적 예가 도 1e에 묘사되어 있다. 이 예에서, 표적 핵산에 상보적인 성장 가닥(growing strand) 내로의 뉴클레오티드들 또는 뉴클레오티드 유사체들의 순차적 혼입이 반응 챔버에서 일어나고 있다. DNA를 시퀀싱하기 위해 뉴클레오티드들 또는 뉴클레오티드 유사체들의 순차적 혼입이 검출될 수 있다. 반응 챔버는 약 150 nm 내지 약 250 nm의 깊이 및 약 80 nm 내지 약 160 nm의 직경을 가질 수 있다. 인접한 반응 챔버들 및 다른 원하지 않는 광원들로부터의 미광(stray light)을 차단하는 애퍼처(aperture)를 제공하기 위해 금속화 층(metallization layer)(1-540)(예컨대, 전기적 기준 전위를 위한 금속화부(metallization))이 광검출기 위쪽에 패터닝될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 폴리메라아제(1-520)는 반응 챔버(1-330) 내에 위치(예컨대, 챔버의 베이스에 부착)될 수 있다. 폴리메라아제는 표적 핵산(1-510)(예컨대, DNA로부터 유래된(derived) 핵산의 일부분)을 흡수(take up)하고, DNA(1-512)의 성장 가닥을 생성하기 위해, 상보적 핵산의 성장 가닥을 시퀀싱할 수 있다. 상이한 형광단들로 라벨링된 뉴클레오티드들 또는 뉴클레오티드 유사체들이 반응 챔버 위쪽에 그리고 반응 챔버 내에 있는 용액 중에 분산될 수 있다.

[0038] 도 1f에 묘사된 바와 같이, 라벨링된 뉴클레오티드 또는 뉴클레오티드 유사체(1-610)가 상보적 핵산의 성장 가닥 내에 혼입될 때, 하나 이상의 부착된 형광단(1-630)이 도파관(1-315)으로부터 반응 챔버(1-330) 내로 커플링된 광학 에너지의 펄스들에 의해 반복하여 여기될 수 있다. 일부 실시예들에서, 형광단 또는 형광단들(1-630)은 임의의 적합한 링커(linker)(1-620)에 의해 하나 이상의 뉴클레오티드 또는 뉴클레오티드 유사체(1-610)에 부착될 수 있다. 혼입 이벤트는 최대 약 100 ms의 시간 기간 동안 지속될 수 있다. 이 시간 동안, 형광단(들)의 여기로 인해 생기는 형광 방출의 펄스들이 시간-비닝 광검출기(1-322)를 사용해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 신호 핸들링(예컨대, 증폭, 판독, 라우팅 등)을 위해 각각의 픽셀에 하나 이상의 부가의 집적된 디바이스(1-323)가 있을 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 각각의 픽셀은 형광 방출을 통과시키고 여기 펄스로부터의 방사의 투과를 감소시키는 단일 또는 다층 광학 필터(1-530)를 포함할 수 있다. 일부 구현들은 광학 필터(1-530)를 사용하지 않을 수 있다. 상이한 방출 특성들(예컨대, 형광 감쇠율, 강도, 형광 파장)을 갖는 형광단들을 상이한 뉴클레오티드들(A, C, G, T)에 부착시키는 것에 의해, DNA(1-512)의 가닥이 핵산을 혼입하는 동안 상이한 방출 특성들을 검출 및 구별하는 것은 DNA의 성장 가닥의 유전자 서열(genetic sequence)의 결정을 가능하게 한다.

[0039] 일부 실시예들에 따르면, 형광 방출 특성들에 기초하여 샘플들을 분석하도록 구성된 하이테크 시스템(1-160)은 상이한 형광 분자들 간의 형광 수명들 및/또는 강도들의 차이들, 및/또는 상이한 환경들에서 동일한 형광 분자들의 수명들 및/또는 강도들 간의 차이들을 검출할 수 있다. 설명으로서, 도 1g는, 예를 들어, 2개의 상이한 형광 분자로부터의 형광 방출을 나타낼 수 있는, 2개의 상이한 형광 방출 확률 곡선(A 및 B)을 플로팅(plot)한 것이다. 곡선 A(파선)를 참조하여, 짧은 또는 극초단 광학 펄스에 의해 여기된 후에, 제1 분자로부터의 형광 방출의 확률( $p_A(t)$ )은, 묘사된 바와 같이, 시간에 따라 감쇠될 수 있다. 일부 경우들에서, 시간에 따른 광자

방출 확률의 감소는 지수 감쇠 함수(exponential decay function)  $p_A(t) = P_{A0}e^{-t/\tau_A}$  에 의해 표현될 수 있고, 여기서,  $P_{A0}$ 는 초기 방출 확률이고,  $\tau_A$ 는 방출 감쇠 확률(emission decay probability)을 특징지우는 제1 형광 분자와 연관된 시간 파라미터이다.  $\tau_A$ 는 제1 형광 분자의 "형광 수명", "방출 수명", 또는 "수명"이라고 지칭

될 수 있다. 일부 경우들에서,  $\tau_A$ 의 값은 형광 분자의 국소 환경(local environment)에 의해 변화될 수 있다. 다른 형광 분자들은 곡선 A에 도시된 것과 상이한 방출 특성들을 가질 수 있다. 예를 들어, 다른 형광 분자는 단일 지수 감쇠(single exponential decay)와 상이한 감쇠 프로파일을 가질 수 있고, 그의 수명은 반감기 값(half-life value) 또는 어떤 다른 메트릭에 의해 특징지어질 수 있다.

[0040] 제2 형광 분자는, 도 1g에서 곡선 B에 대해 묘사된 바와 같이, 지수적이지만, 어느 정도 상이한 수명  $\tau_B$ 를 갖는 감쇠 프로파일을 가질 수 있다. 도시된 예에서, 곡선 B의 제2 형광 분자에 대한 수명은 곡선 A에 대한 수명보다 더 짧고, 방출 확률은, 제2 분자의 여기 이후 보다 이른 시점에서는, 곡선 A에 대해서보다 더 높다. 상이한 형광 분자들은, 일부 실시예들에서, 약 0.1 ns 내지 약 20 ns 범위에 있는 수명들 또는 반감기 값들을 가질 수 있다.

[0041] 본 발명자들은 형광 방출 수명들의 차이들이 상이한 형광 분자들의 존재 여부를 구별하는 데 그리고/또는 형광 분자가 처해 있는 상이한 환경들 또는 조건들을 구별하는 데 사용될 수 있다는 것을 인식하고 이해하였다. 일부 경우들에서, (예를 들어, 방출 파장이 아닌) 수명에 기초하여 형광 분자들을 구별하는 것은 하이테크 기기(1-100)의 양태들을 단순화시킬 수 있다. 일 예로서, 수명에 기초하여 형광 분자들을 구별할 때, (과장 필터들, 각각의 과장에 대한 전용 검출기들, 상이한 과장들의 전용 펄스 광학 소스들, 및/또는 회절 광학계들과 같은) 과장 판별 광학계들(wavelength-discriminating optics)이 개수가 감소되거나 제거될 수 있다. 일부 경우들에서, 광학 스펙트럼의 동일한 과장 영역 내에서 방출하지만 어느 정도 상이한 수명들을 갖는 상이한 형광 분자들을 여기서시키기 위해, 단일 특성 과장에서 작동하는 단일 펄스 광학 소스가 사용될 수 있다. 동일한 과장 영역에서 방출하는 상이한 형광 분자들을 여기서시키고 구별하기 위해, 상이한 과장들의 다수의 소스들이 아니라, 단일 펄스 광학 소스를 사용하는 하이테크 시스템은 작동시키고 유지 보수하기가 보다 덜 복잡하고, 보다 콤팩트할 수 있으며, 보다 낮은 비용으로 제조될 수 있다.

[0042] 비록 형광 수명 분석에 기초한 하이테크 시스템들이 특정한 이점들을 가질 수 있지만, 하이테크 시스템에 의해 획득되는 정보의 양 및/또는 검출 정확도는 부가의 검출 기술들을 참작함으로써 증가될 수 있다. 예를 들어, 일부 하이테크 시스템들(1-160)은 부가적으로 형광 과장 및/또는 형광 강도에 기초하여 샘플의 하나 이상의 속성을 구별하도록 구성될 수 있다.

[0043] 도 1g를 또다시 참조하여, 일부 실시예들에 따르면, 형광 분자의 여기 이후에 형광 방출 이벤트들을 시간-비닝 하도록 구성되는 광검출기를 사용해 상이한 형광 수명들이 구별될 수 있다. 시간 비닝은 광검출기에 대한 단일 전하 축적 사이클(single charge-accumulation cycle) 동안 일어날 수 있다. 전하 축적 사이클은 광 생성 캐리어들(photo-generated carriers)이 시간-비닝 광검출기의 빈들(bins)에 축적되는 판독 이벤트들(read-out events) 사이의 간격이다. 방출 이벤트들의 시간-비닝에 의해 형광 수명을 결정하는 개념은 도 1h에 그래픽으로 소개되어 있다.  $t_1$  직전인 시간  $t_e$ 에서, 형광 분자 또는 동일한 타입(예컨대, 도 1g의 곡선 B에 대응하는 타입)의 형광 분자들의 앙상블(ensemble)이 짧은 또는 극초단 광학 펄스에 의해 여기된다. 분자들의 큰 앙상블의 경우, 방출 강도는, 도 1h에 묘사된 바와 같이, 곡선 B와 유사한 시간 프로파일을 가질 수 있다.

[0044] 그렇지만, 단일 분자 또는 적은 수의 분자들의 경우, 형광 광자들의 방출은, 이 예에서, 도 1g에서의 곡선 B의 통계에 따라 일어난다. 시간-비닝 광검출기(1-322)는 방출 이벤트들로부터 생성된 캐리어들을, 형광 분자(들)의 여기 시간과 관련하여 시간 분해(temporally resolve)되는 이산 시간 빈들(discrete time bins)(도 1h에 3개가 나타내어져 있음) 내에, 축적할 수 있다. 많은 수의 방출 이벤트들이 합산될 때(예컨대, 빈 1, 빈 2, 빈 3에 대한 곡선 아래의 면적들에 대응함), 결과적인 시간 빈들(삽입도(inset)에 묘사됨)은 도 1h에 도시된 감쇠하는 강도 곡선과 비슷할 수 있으며, 비닝된 신호들(binned signals)은 상이한 형광 분자들 또는 형광 분자가 위치되는 상이한 환경들 간을 구별하는 데 사용될 수 있다. 시간-비닝 광검출기(1-322)의 예들은, 본 명세서에 참고로 포함되는, 2015년 8월 7일자로 출원된, 발명의 명칭이 "Integrated Device for Temporal Binning of Received Photons"인 미국 특허 출원 제14/821,656호에 설명되어 있다.

[0045] 반응 챔버들로부터의 방출 강도들이 낮거나 샘플의 특성분석이 반응 챔버들로부터의 강도 값들에 의존하는 경우들에서, 반응 챔버에 전달되는 파워가 시간 경과에 따라 안정되게 유지되는 것이 유익하다. 예를 들어, 도파관들에서의 시간 의존적 손실로 인해 반응 챔버들에 전달되는 파워가 3dB만큼 감소하면(도 1d 참조), 형광 방출 이벤트들의 개수가 기기의 잡음 플로어(noise floor) 아래에 있는 레벨로 떨어질 수 있다. 일부 경우들에서, 광자 신호를 잡음과 구별하지 못하는 것은 형광단 수명들을 구별하는 데 사용되는 광자 통계에 악영향을 미칠 수 있다. 그 결과, 중요한 분석 정보가 손실될 수 있거나, 분석에서의 에러들이 발생할 수 있거나(예컨대, 유

전자 해독(genetic decoding)에서의 에러들), 또는 시퀀싱 런(sequencing run)이 실패할 수 있다.

II. 광학 소스로부터의 출력 빔을 하이테크 시스템에 커플링하기

- [0046]
- [0047] 본 발명자들은 광학 소스로부터의 출력 빔을 하이테크 시스템에 커플링시키기 위한 장치들 및 방법들을 고안하였다. 이 장치("빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리"라고 지칭됨)는 다수의 빔 파라미터들에 대한 동적 조절들을 자동화하기 위한 모든 광학 및 기계 컴포넌트들을 지지하는 단일 로우 프로파일 새시(예컨대, 높이가 35 mm 미만임)를 사용하여 저렴한 비용으로 조립될 수 있다. 일부 실시예들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리는 그의 가장 긴 측면에서 140 mm 미만일 수 있고, 35 mm 미만의 두께를 가질 수 있다. 콤팩트한 크기로 인해, 이 어셈블리는 광학 소스(1-110) 및, 앞서 설명된 휴대용 DNA 시퀀싱 기기와 같은, 하이테크 시스템(1-160)을 포함하는 휴대용 하이테크 기기에 장착될 수 있다. 다른 적용분야들은 플레이트 판독기들(plate readers), 젤 스캐너들(gel scanners), 폴리메라아제 연쇄 반응(polymerase chain-reaction)(PCR) 머신들, 형광 분류기들, 및 마이크로어레이 분석들(microarray assays)에 대한 용도들을 포함하지만, 이들로 제한되지 않는다.
- [0048] 다수의 빔 파라미터들을 조절할 수 있는 능력으로 인해, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 광학 소스 및 하이테크 시스템으로부터 빔 셰이핑 및 스티어링에 필요한 특수 컴포넌트들의 부담을 덜어줄 수 있다. 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 또한 광학 소스 및 하이테크 시스템에서의 제조 및 조립 변동들을 수용할 뿐만 아니라, 온도 변화들 및 진동들과 같은 환경 인자들에 대한 빔 커플링의 민감도(sensitivity)를 감소시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리는 10 피코초 정도로 짧은 펄스 지속시간들을 갖는 최대 2 와트의 평균 파워들을 갖는 펄스 광학 빔들을 핸들링할 수 있다. 이 어셈블리는, 앞서 설명된 유전자 시퀀싱 시스템과 같은, 하이테크 시스템에서 시간 의존적 도파관 손실을 해결하는 데 또한 사용될 수 있다.
- [0049] 시간 의존적 도파관 손실의 영향을 감소시키는 것에 대한 하나의 접근법은 칩 상의 사용되는 집적된 도파관들의 길이를 감소시키는 것이다. 그러나 일부 경우들에서, 광학 신호들을 반응 챔버들로 라우팅하기 위해 상당한 길이의 도파관들이 필요할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 도파관들에 커플링되는 방사의 강도가 감소될 수 있다. 본 발명자들은 시간 의존적 도파관 손실이 광학 소스(1-110)로부터의 빔이 집적된 광학 회로의 단일 도파관에 먼저 커플링되고 이어서 많은 도파관들 간에 재분배되는 경우에 가장 문제가 될 수 있음을 인식하고 이해하였다. 커플링 영역에서, 강도가 매우 높고 도파관 손실의 급격한 변화들을 야기할 수 있다.
- [0050] 커플링 영역에서의 시간 의존적 도파관 손실을 감소시키기 위해, 본 발명자들은 슬라이싱된 격자 커플러(sliced grating coupler)(2-100)를 고안하였으며, 그의 단순화된 예시가 도 2aa에 도시되어 있다. 슬라이싱된 격자 커플러는 하이테크 시스템(1-160)에서 칩 상에 위치한 정밀 집적된 광학 컴포넌트일 수 있고, 복수의 도파관들(2-120)에 인접하여 형성된 길이 L의 격자(2-110)를 포함할 수 있다. 도파관들은 격자(2-110)에 의해 회절된 광을 수광하는 테이퍼링된 단부들(2-122)을 가질 수 있다. 테이퍼링된 단부들은 상이한 폭들(예컨대, 묘사된 바와 같이, 격자의 대향 단부들을 향해 보다 넓은 폭들)을 가질 수 있다. 테이퍼링된 단부들이 걸쳐 있는 전체 폭은 격자의 길이 L보다 작거나 그와 대략 동일할 수 있다. 슬라이싱된 격자 커플러는, 예를 들어, 광자 회로 및 반응 챔버들(1-330)을 포함하는 기관 상에 집적될 수 있다.
- [0051] 일부 실시예들에서, 광학 소스(1-110)로부터의 빔은 길이 L을 가지는 격자 커플러에 대한 용인된 대면적 빔 프로파일과 본질적으로 매칭하도록  $\pm X$  방향으로 연장되도록 셰이핑될(또는 광학 소스에 의해 생성될) 수 있다. 대면적 빔 프로파일은 격자에 대한 길이 L과 대략 매칭하는  $(1/e^2)$  강도 값들 사이에서 측정되는)  $\pm X$  방향에서의 빔 길이 또는 제1 웨이스트 및 격자의 폭과 대략 매칭하는  $(1/e^2)$  강도 값들 사이에서 측정되는) Y 방향에서의 빔 폭 또는 제2 웨이스트를 가질 수 있다. 예를 들어, 확장된 빔(2-112)은 도 2aa에서 파선 타원으로 묘사된 바와 같은 형상을 가질 수 있다. 그러한 빔이 격자에 입사할 때(예컨대, +Z 방향으로 진행할 때), 격자는 빔을 도파관들(2-120)의 테이퍼링된 단부들(2-122)을 향해 +Y 방향으로 회절시킬 것이다. 빔은 그의 중심에서 가장 강한 X-방향의 횡방향 강도 프로파일을 가질 수 있으며 빔의 예지들을 향해 이동하면서 세기가 감소한다( $\pm X$  방향으로 감소한다). 그러한 빔에 대해, 도파관들의 테이퍼링된 단부들(2-122)은 격자(2-110)의 대향 단부들에서 보다 넓고, 격자의 중심에서 보다 좁을 수 있으며, 따라서 유사한 양의 파워가 복수의 도파관들(2-120)의 각각의 도파관 내로 커플링된다. 비록 10개의 도파관이 도면에 도시되어 있지만, 슬라이싱된 격자 커플러는 더 많은 도파관들(예컨대, 20개 내지 2000개)을 가질 수 있다. 많은 도파관들에 걸쳐 파워의 커플링을 분산시킴으로써, 초기에 모든 파워를 단일 도파관 내로 커플링시키고 이어서 광학 파워를 다수의 도파관들 내로 분산시키는 것으로부터의 시간 의존적 손실과 연관된 부작용들이 감소되거나 제거될 수 있다. 확장된 빔은 또한 격자 커플러에서의 강도를 감소시키고 격자(2-110) 또는 커플링 영역을 손상시킬 위험을 감소시킨다. 도

2aa 및 다른 도면들에서, 좌표축들은 방향들을 설명하는 데 단지 편의상 사용된다. 본 출원의 범위를 벗어나지 않으면서 좌표축들의 다른 배향들이 사용될 수 있다.

[0052] 본 발명자들은 도 2aa에 묘사된 슬라이싱된 격자 커플러(2-100) 및 빔 배열을 사용하여 복수의 도파관들(2-120) 내로의 파워의 균일한 커플링을 달성하는 것이 예기치 않게 어렵다는 것을 발견하였다. 테이퍼링된 단부들(2-122)의 상이한 폭들이 이론적으로 동일한 양의 파워를 포착하도록 미리 계산될 수 있도록 빔의 횡방향 강도 프로파일이 가우시안이거나 잘 특성화될 수 있더라도, 본 발명자들은 커플링의 균일성이 빔의 횡방향 강도 프로파일의 변화들 및  $\pm X$  방향들에서의 빔 변위에 매우 민감하다는 것을 발견하였다.

[0053] 본 발명자들은 도파관들에 커플링되는 파워 레벨들의 균일성을 개선시키기 위한 조절들을 제공하고, 빔의 횡방향 강도 프로파일 및 빔 변위에 대한 커플링의 민감도(sensitivity)를 감소시키는, 넓은 빔을 복수의 도파관들에 커플링시키는 접근법을 고안하였다. 이 접근법은 도 2ab에 예시되어 있다. 일부 실시예들에 따르면, (레이저와 같은) 광학 소스로부터의 원형 형상의 빔은 격자 라인들에 대해 어떤 각도  $\phi$ 로 배향되는 타원형 빔(2-122)으로 리셰이핑될(reshaped) 수 있다. 타원형 빔의 장축의 길이는 격자(2-110) 및 테이퍼링된 단부들(2-122)의 어레이의 길이  $L$ 을 초과할 수 있고, 타원의 장축이 격자(2-110)의 치형부들(teeth) 또는 라인들의 종방향에 대해 어떤 롤 각도(roll angle)  $\phi$ 로 있도록 회전될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 각도  $\phi$ 는 0.25 도 내지 25 도일 수 있다. 빔(2-122)의 부분들은  $\pm X$  및  $\pm Y$  방향으로 격자(2-110)의 에지들을 넘어 연장될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)은 광학 소스(1-110)로부터의 원형 빔을 수신 격자(receiving grating)(2-110) 및 인접한 테이퍼링된 도파관 단부들(2-122)에 대한 커플링 영역의 길이를 특징지우는 길이  $L$ 과 비교하여 10% 내지 35% 오버사이즈인 타원형 빔으로 리셰이핑할 수 있다. 단지 하나의 예로서, 원형 빔은 대략 120 마이크로미터의 길이  $L$ 을 갖는 격자(2-110)의 커플링 영역에 대해 ( $1/e^2$  강도 값들 사이에서 측정되는) 대략 150 마이크로미터의 장축 길이  $L_1$ 을 갖는 타원으로 셰이핑될 수 있다. 격자(2-110)에 대한 커플링 영역의 길이  $L$ 은 50 마이크로미터 내지 250 마이크로미터일 수 있고, 격자의 폭은 10 마이크로미터 내지 50 마이크로미터일 수 있다. 도 2aa에 도시된 커플링 배열은 빔 면적의 95% 초과로부터의 파워가 테이퍼링된 단부들(2-122) 내에 커플링될 수 있게 해줄 수 있는 반면, 도 2ab에 도시된 커플링 배열은 빔 면적의 80% 내지 95%로부터의 파워가 테이퍼링된 단부들 내로 커플링할 수 있게 해줄 수 있지만, 빔의 주축의 길이  $L_1$ 에 대한 감소된 민감도 및 도파관 어레이에 걸친 개선된 파워 분할 균일성을 또한 나타낸다. 본 발명자들은 전체적인 커플링 효율의 감소가 커플링 안정성의 개선, 빔 길이에 대한 감소된 민감도, 및 도파관들 내로의 커플링된 파워의 균일성에 의해 보상되는 것 이상임을 인식하고 이해하였다. 그렇지만, 일부 실시예들에서, 세장형 빔은 대략  $0^\circ$  인 각도로 격자(2-110) 또는 다른 수광 광학 컴포넌트에 정렬될 수 있다.

[0054] 동작 동안,  $X$  및  $Y$  방향들에서의 롤 각도  $\phi$  및 빔 변위는 복수의 도파관들(2-120)에 걸쳐 파워의 균일한 커플링을 획득하고 유지하도록 조절될 수 있다.  $X$  방향으로 비대칭 강도 프로파일을 갖는 빔(2-122)을 보상하기 위해, 빔의 위치는 도파관들(2-120)에 걸친 커플링 균일성을 개선시키도록  $\pm X$  및/또는  $\pm Y$  방향으로 조절될 수 있다. 예를 들어,  $+X$  방향에서의 빔의 강도가  $-X$  방향에서의 빔의 강도보다 크면, 빔은 도파관들에 커플링되는 파워들을 균등하게 하는데 도움이 되도록  $-X$  방향으로 이동될 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로,  $+X$  방향의 빔의 일 부분이 격자(2-110)로부터  $+Y$  방향으로 이동하여  $+X$  방향에서 테이퍼링된 단부들(2-122)에 커플링되는 파워의 양을 감소시키는 반면,  $-X$  방향의 빔의 일 부분이 격자(2-110) 상으로 이동하여  $-X$  방향에서 테이퍼링된 단부들(2-122)에 커플링되는 파워의 양을 증가시키도록, 빔이 (도시된 각도에 대해)  $+Y$  방향으로 이동될 수 있다. 빔(2-122)이  $X$  방향에서 대칭 강도 프로파일을 가지면, 도파관들 내로의 커플링 파워의 균일성 및/또는 효율을 개선시키기 위해, 예를 들어,  $\pm Y$  방향들,  $\pm X$  방향들, 및/또는  $\pm \phi$  방향들에서의 조절들이 이루어질 수 있다. 일부 구현들에서, 부가적으로 또는 대안적으로 커플링 효율 및/또는 균일성을 개선시키기 위해 다른 빔 파라미터들(예컨대, 입사각, 빔 크기, 편광)에 대한 조절들이 이루어질 수 있다.

[0055] 빔 각도들 및 방향들을 설명하는 것과 관련하여,  $+Z$ 는 광학 빔의 진행 방향을 지시하는 데 사용될 수 있다.  $X$  및  $Y$  방향들은 "횡방향" 또는 "측방" 방향들이라고 지칭될 수 있다.  $X$  방향은 수평 방향을 지시하는 데 사용될 수 있고  $Y$  방향은 수직 방향을 지시하는 데 사용될 수 있다.  $Z$  축을 중심으로 한 빔의 회전은 "롤(roll)"이라고 지칭될 수 있으며 심별  $\phi$ 에 의해 지시될 수 있다.  $X$  축을 중심으로 한 회전은 "피치(pitch)"라고 지칭될 수 있으며 심별  $\theta_x$ 에 의해 지시될 수 있다.  $Y$  축을 중심으로 한 회전은 "요(yaw)"라고 지칭될 수 있으며 심별  $\theta_y$ 에 의해 지시될 수 있다.

[0056] 비록  $\pm X$  및  $\pm Y$  방향들에 대한 조절들이, 예를 들어, 작동된 방향전환 미러들 또는 광학 원도들을 사용하여

수행될 수 있지만, 빔 크기 및 빔 롤 또는 회전( $\pm \phi$ )에 대한 조절들은 간단하지 않다. 예를 들어, 빔 크기 및 빔 회전에 대한 조절들은, 빔 위치와 같은, 다른 빔 파라미터들에 커플링되고 영향을 미칠 수 있다. 본 발명자들은 빔을 변위시키지 않으면서 격자 상에서의 빔의 입사각(피치 및 요 각도들)에 대한 조절들이 도파관들에 대한 커플링 효율을 개선시키고 광학 소스(1-110) 및 하이테크 시스템(1-160)의 수광 광학계들의 제조 변동들을 수용하는 데 유용할 수 있음을 또한 인식하고 이해하였다. 본 발명자들은, 일부 경우들에서, 하이테크 시스템(1-160)의 광학 컴포넌트들에의 효율적인 커플링이 달성될 수 있도록, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리로부터의 빔 품질이 높아야만 한다(예컨대,  $M^2$  값이 1.5 미만임)는 것을 추가로 인식하고 이해하였다. 본 발명자들은 현장에서의 사용(in-field use)을 위한 콤팩트하고 안정된 어셈블리와 함께 다수의 빔 파라미터들에 대한 자동화된 제어들을 갖는 빔 크기, 위치, 입사각, 및 회전 조절들을 제공하는 것이 어려운 과제임을 인식하였다.

[0057] 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)의 일 예가 도 2ba에 묘사되어 있다. 일부 실시예들에 따르면, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈은 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 액추에이터들 및 광학 컴포넌트들을 지지하도록 구성된 솔리드 새시(solid chassis)(2-210)를 포함할 수 있다. 실시예들에서, 새시는 광학 컴포넌트들이 장착될 수 있는 베이스를 포함할 수 있고, 베이스에 부착되거나 베이스와 일체로 형성될 수 있는 측벽들, 또는 그의 일 부분을 추가로 포함할 수 있다. 모듈(1-150)은, 광학 컴포넌트들을 인클로징하기 위해, 새시에 부착되는 커버를 추가로 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 커버는 측벽들 또는 그의 일 부분을 포함할 수 있다.

[0058] 새시 및 커버는 금속 및/또는 저 열 팽창 복합재(low-thermal-expansion composite)로 형성되거나 조립될 수 있다. 일부 경우들에서, 새시 및 커버는 단일 알루미늄 단편으로 머시닝되거나 캐스팅될 수 있다. 새시(2-210)가 단일 재료 단편으로 제조될 때, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리 내의 광학 컴포넌트들을 유지하는 요소들 및/또는 광학 컴포넌트들 자체는 요소들 및/또는 컴포넌트들을 새시에 머시닝된 정렬 피쳐들 또는 새시에 배치된 정렬 핀들에 정합(register)시키는 것에 의해 서로에 대해 정확하게 정렬될 수 있다. 새시(2-210)는 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)의 광학 컴포넌트들을 하우징하기 위해 임의의 적당한 형상으로 되어 있을 수 있고, 광학 소스(1-110)가 통합되는 기기의 프레임 또는 새시에 장착되도록 구성될 수 있다.

[0059] 본 발명자들은 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 새시(2-210)가 분석 칩(예컨대, 바이오 광전자 칩(1-140))과 같은, 수광 광학 컴포넌트를 갖는 디바이스가 도 2bb에 묘사된 바와 같이 장착될 수 있는 하이테크 시스템(1-160)의 인쇄 회로 보드(PCB)(2-290)의 적어도 한 영역에 대한 지지를 부가적으로 제공할 수 있음을 인식하고 이해하였다. 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 새시(2-210)는 PCB의 다른 방식으로 지지되지 않는 또는 이동가능 영역을 안정화시킬 수 있다. 예를 들어, 새시(2-210)는 (예컨대, 높이 조절 스크루들을 갖는) 기계적 마운트들(2-214)을 사용하여 몇몇 위치들에서 하이테크 기기의 새시 또는 프레임(2-212)에 부착되어, PCB(2-290)의 한 구역에 걸쳐 있는 강체 어셈블리(rigid assembly)를 제공할 수 있다. 분석 칩(1-140)을 지지하는 PCB의 한 영역은 모듈의 새시(2-210)가 걸쳐 있는 구역 근방에 있을 수 있고, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)과 분석 칩(1-140) 사이의 상대 운동(예컨대, 기계 진동들로 인한 PCB의 플레이트 진동들과 같은 평면의 운동)을 감소시키기 위해 (예컨대, 패스너(2-216)를 사용하여) 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 새시(2-210)에 고정될 수 있다. 예를 들어, 패스너(2-216)(예컨대, 스크루)는 (다른 방식으로 지지되지 않을 수 있는) PCB(2-290)의 한 영역을 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)의 광학 출력 포트 근방의 위치에 강체적으로 고정시키며 그렇지 않았으면 PCB에 커플링되는 기계 진동들로 인해 발생할 수 있는 PCB의 평면의 편향들을 감소시키거나 제거할 수 있다. 그에 따라, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)은 그렇지 않았으면 칩 또는 하이테크 시스템(1-160)의 수광 광학계들에 작용하여 이들을 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)에 대해 변위시킬 진동들을 기계적으로 감소시킬 수 있다.

[0060] 일부 실시예들에 따르면, 기기의 새시 또는 프레임(2-212)에 대한 새시의 배향이 조절될 수 있도록, 새시(2-210) 및 전체 빔 스티어링 어셈블리(1-150)가 기기의 새시 또는 프레임(2-212)에 장착될 수 있다. 예를 들어, 3개의 기계적 마운트(2-214) 각각이 새시(2-210)의 독립적인 높이 조절을 제공하는 3점 장착 스킴(three-point mounting scheme)이 사용될 수 있다. 이러한 마운트들(2-214)을 사용하여 높이를 독립적으로 조절함으로써, 전체 높이에 부가하여 입력 빔(2-205)에 대한 새시(2-210)의 하나 이상의 각도(예컨대, 피치 및 롤 각도들)가 조절될 수 있다. 일부 경우들에서, 2개의 마운트 위치(이들을 통해 기계적 마운트들로부터의 스크루들이 연장될 수 있음)에 형성된 슬롯들(2-203)(도 2aa에 도시됨)은 입력 빔(2-205)에 대한 새시(2-210)의 추가적인 각도 조절(예컨대, 요)을 가능하게 해줄 수 있다.

[0061] 일부 실시예들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)의 액추에이터들은 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 광학 컴포넌트들을 작동시키도록 배열된 하나 이상의 스테퍼 모터(예시된 실시예에서는 5개, 2-221, 2-222, 2-223,

2-224, 2-225)를 포함할 수 있다. 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 높이를 감소시키기 위해, 액추에이터들은, 도면에 묘사된 바와 같이, 그들의 샤프트들이 대략 동일한 평면에 놓이도록 장착될 수 있다. 일부 구현들에서, 하나 이상의 스테퍼 모터는 평면에 직교인 또는 다른 배향들로 있는 샤프트들을 가질 수 있다. 일부 경우들에서, 하나 이상의 스테퍼 모터는, 도 2bb의 예에 묘사된 바와 같이, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈에 부착될 수 있는 PCB 상에 부분적으로 제조될 수 있다. 예를 들어, PCB(2-290) 상에 제조된 스테퍼 모터(도시되지 않음)는 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150) 내로 연장되고 광학 컴포넌트를 Y 축을 중심으로 회전하도록 작동시킬 수 있다. PCB로부터 부분적으로 제조된 스테퍼 모터의 일 예는, 본 명세서에 참고로 포함되는, 미국 가특허 출원 제62/289,019호에 설명되어 있다. PCB로부터 부분적으로 제조된 모터는 PCB의 평면에 수직인 축을 중심으로 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈의 광학 컴포넌트를 회전시키도록 구성된 구동 샤프트를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서 다른 타입의 액추에이터들(예컨대, 압전 액추에이터들, 리니어 모터들(linear motors))이 액추에이터들로서 사용될 수 있다.

[0062] 일부 실시예들에 따르면 그리고 도 2ba 및 도 2c에서의 광학 표현을 또다시 참조하면, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)은 제1 광학 윈도(2-231), 제2 광학 윈도(2-232), 포커싱 렌즈(2-233), 제3 광학 윈도(2-235), 및 제4 광학 윈도(2-237)를 포함한다. 일부 경우들에서, 보다 높은 빔 품질을 위해 광학 윈도들 대신  $\lambda/20$  이상 정도로 양호한 편평도(flatness)를 가지는 표면들을 갖는 광학 플랫들(optical flats)이 사용될 수 있다. 안전을 위해, 출력 빔을 차단하기 위해 광학 셔터(2-239)가 어셈블리(1-150)에 포함될 수 있다. 실시예들에서, 투명한 광학 윈도들은 포커싱 렌즈들(2-233)의 초점에서의 빔 위치 및 빔 입사각을 조절하기 위해 (제각기, 스테퍼 모터들(2-221, 2-222, 2-223, 2-224)과 같은) 액추에이터들에 의해 작동될 수 있다. 광학 윈도들 및 포커싱 렌즈들은 광학계들로부터의 원하지 않는 프레넬 반사들(Fresnel reflections)을 감소시키기 위해 반사방지 코팅될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 광학 윈도들의 대향 면들은 10 아크 초(arc-seconds) 이내로 평행할 수 있지만, 일부 경우들에서 보다 작은 평행도(parallelism)가 허용될 수 있다. 광학 윈도들은 동일한 두께를 가질 수 있거나, 상이한 두께들을 가질 수 있다. 광학 윈도의 두께는 3 mm 내지 20 mm일 수 있다. 비록 방향전환 미러들이 일부 경우들에서 빔 위치 및 입사각을 조절하는 데 사용될 수 있지만, 광학 윈도들의 장점은 이들이 새시(2-210)로부터의 기계 진동들을 빔 위치 및 입사각의 변화들에 커플링시키는 것으로부터, 1 차까지는(to first order), 실질적으로 영향을 받지 않는다는 것이다. 예를 들어, 광학 윈도가 진동 운동에 의해 변위될 수 있을지라도, 광학 윈도를 통과하는 빔의 광학 빔 경로는 변경되지 않은 채로 유지되어야 한다. 부가적으로, 광학 윈도들을 변위시킬 수 있는 광학 윈도들에 대한 광학 마운트들에서의 열 팽창 효과 또는 제조 변동들이 1차까지는 빔 경로에 영향을 미치지 않을 것이다. 일부 구현들에서, 빔 경로를 재지향시키기 위해 하나 이상의 방향전환 미러(2-234)가 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈 내에 위치될 수 있지만, 일부 경우들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈을 통한 빔 경로가 직선 또는 곡선일 수 있고 빔 경로를 폴딩시키기 위해 방향전환 미러가 사용되지 않을 수 있다.

[0063] 일부 구현들에 따르면, 방향전환 미러(2-234)는, 제1 파장 범위 내의 하나 이상의 파장을 통과시키고 제2 파장 범위 내의 하나 이상의 파장을 반사시키도록, 이색성일 수 있다. 예를 들어, 이색성 코팅된 방향전환 미러(2-234)는 광학 소스(1-110)로부터의 적외선 파장 영역 내의 기본 파장을 빔 덤프(beam dump) 및/또는 광검출기(도시되지 않음) 쪽으로 통과시키고, 가시 스펙트럼 범위 내의 주파수 배가된 파장을 바이오 광전자 칩(1-140) 쪽으로 반사시킬 수 있다. 다른 구현들에서, 방향전환 미러(2-234)는 단일 특성 파장에 대한 반사 코팅을 가질 수 있고, 이색성이 아닐 수 없다. 그러한 구현들에서, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리에서의 다른 광학 컴포넌트들(예컨대, 간섭 필터, 펠리클(pellicle), 프리즘)을 사용하여 입력 빔 내의 파장들의 분리가 달성될 수 있다.

[0064] 실시예들에서, 방향전환 미러(2-234)는, 예를 들어, 세트 스크루(set screw)(2-247)에 의해 조절될 수 있는, 조절가능 마운트(2-246) 상에 장착될 수 있다. 그러한 조절은 1 자유도만으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 세트 스크루(2-247)를 조절하는 것은 광학 윈도들(2-231, 2-232, 2-235, 2-237) 및 렌즈(2-233)를 통해 빔(2-350)의 고도각 방향(elevation angular direction)을 대략적으로(coarsely) 조절할 수 있다. 일부 경우들에서, 방향전환 미러(2-234)는 비조절가능 마운트 배열로 새시(2-210)에 장착할 수 있다.

[0065] 일부 실시예들에 따르면 그리고 도 2ba 및 도 2c 둘 다를 참조하면, 제1 광학 윈도(2-231)는 제1 액추에이터(2-221)에 의해 제1 회전축을 중심으로 회전될 수 있다. 설명을 돕기 위해, 출사 빔(2-350)에 대해 도면들에 우측 직교 좌표계 XYZ - +Z 축은 빔 진행 방향을 가리킴 - 가 나타내어져 있다. 입사 광학 빔(2-350)을 제1 광학 윈도 직후에서  $\pm X$  방향으로 시프트시키기 위해 제1 회전축은 Y 축에 본질적으로 평행할 수 있다. 제2 광학 윈도(2-232)는 광학 빔을 제2 광학 윈도 직후에서  $\pm Y$  방향으로 시프트시키기 위해 제1 회전축에 본질적으로 수직

인 제2 회전축을 중심으로 제2 액추에이터(2-222)에 의해 회전될 수 있다. 일부 구현들에서, 제1 및 제2 광학 윈도들의 순서가 반대로 될 수 있다. 제3 광학 윈도(2-235)는 광학 빔을 제3 광학 윈도 직후에서  $\pm X$  방향으로 시프트시키기 위해 제1 회전축에 본질적으로 평행한 제3 회전축을 중심으로 제3 액추에이터(2-223)에 의해 회전될 수 있다. 제4 광학 윈도(2-237)는 광학 빔을 제4 광학 윈도 직후에서  $\pm Y$  방향으로 시프트시키기 위해 제1 회전축에 본질적으로 수직인 제4 회전축을 중심으로 제4 액추에이터(2-224)에 의해 회전될 수 있다. 일부 구현들에서, 제3 및 제4 광학 윈도들의 순서가 반대로 될 수 있다.

[0066] 빔 세이핑 및 스티어링 모듈(1-150)에서 광학 빔(2-350)을 평행이동시키는 것으로 인한 기관 표면(2-340)에서의 포커싱된 광학 빔에 대한 영향은 도 2c로부터 이해될 수 있다. 기관의 표면은 포커싱 렌즈(2-233)의 초점에 또는 대략적으로 포커싱 렌즈(2-233)의 초점에 위치될 수 있다. 예를 들어, 출사 광학 빔(2-350)은 포커싱 렌즈(2-233)를 통과하고 바이오 광전자 또는 다른 분석 칩(1-140)에서의 슬라이싱된 격자 커플러(2-100) 상에 포커싱될 수 있다. 포커싱 렌즈(2-233) 이후에 위치한 회전 광학계들에 의한 광학 빔(2-350)의 측방 평행이동들은 표면(2-340)에서의  $\pm X$ ,  $\pm Y$  평행이동들을 결과한다. 일 예로서, 자신의 회전축을 중심으로 한 제3 광학 윈도(2-235)의 회전은, 광학 윈도(2-235)가 대략 6 mm의 두께 및 대략 1.5의 굴절률을 가질 때, 표면(2-340)에서의 포커싱된 빔을  $\pm 1200$  마이크로미터 정도만큼  $X$  축에 평행한 방향으로 평행이동시킬 수 있다. 자신의 회전축을 중심으로 한 제4 광학 윈도(2-237)의 회전은, 광학 윈도(2-237)가 대략 6 mm의 두께 및 대략 1.5의 굴절률을 가질 때, 표면(2-340)에서의 포커싱된 빔을  $\pm 1200$  마이크로미터 정도만큼  $Y$  축에 평행한 방향으로 평행이동시킬 수 있다. 보다 얇은 또는 보다 두꺼운 광학 윈도들에 대해, 제각기, 빔의 보다 적은 또는 보다 많은 움직임이 달성될 수 있다. 부가적으로, 높은 굴절률(예컨대, 대략 1.5 초과)을 갖는 재료를 가지는 광학 윈도는 보다 큰 빔 변위들을 제공할 수 있다.

[0067] 포커싱 렌즈(2-233) 이전에 위치한 광학계들(2-231, 2-232)을 회전시키는 것에 의한 광학 빔(2-350)의 측방 평행이동들은 표면(2-340)에서의 빔의 ( $X$ ,  $Y$ ) 위치를 크게 변화시키지 않으면서 표면(2-340)에서의 포커싱된 빔의 입사각들(피치 및 요 각도들)을 변화시키는 것을 결과한다. 예를 들어, 자신의 회전축을 중심으로 한 제1 광학 윈도(2-231)의 회전은 포커싱 렌즈(2-233)에서  $\pm X$  방향으로 광학 빔을 변위시킬 수 있다. 광학 윈도가 대략 9 mm의 두께 및 대략 1.8의 굴절률을 가질 때, 포커싱 렌즈에서의 광학 빔의 그러한 이동은 표면(2-340)에서의  $XZ$  평면에서  $Z$  축에 대한 광학 빔의 입사각  $\theta_y$  또는 요(도 2c에 도시되지 않음)를  $\pm 1.0$ 도 정도만큼 변화시킬 것이다. 일부 실시예들에서, 자신의 회전축을 중심으로 한 제2 광학 윈도(2-232)의 회전은 광학 빔을  $\pm Y$  방향으로 변위시키고, 표면(2-340)에서의  $YZ$  평면에서  $\pm 1.0$ 도 정도만큼의 입사각  $\theta_x$  또는 피치의 변화를 야기한다. 표면(2-340)이 렌즈(2-233)의 대략 초점 거리( $f$ )에 위치되기 때문에, 렌즈 이전에서 빔(2-350)을 평행이동시키는 것에 의한  $\pm 1.0$ 도 정도만큼의 입사각의 변화들은 표면(2-340)에서의 포커싱된 빔의 ( $X$ ,  $Y$ ) 위치에 크게 영향을 미치지 않을 것이다. 일부 경우들에서, 타겟 위치에서의(예컨대, 표면(2-340)에서의) 빔의 위치의  $X$  및  $Y$ 에서의 결과적인 교차 커플링 측방 변위(cross-coupling lateral displacement)는 최대  $\pm 10$  마이크로미터이다. 일부 경우들에서, 광학 윈도들(2-231, 2-232)의 회전에 의한, 타겟 위치에서의 교차 커플링 측방 변위는  $\pm 5$  마이크로미터 이하일 수 있다. 렌즈(2-233)가 보다 짧은 초점 거리를 갖고 보다 두꺼운 광학 윈도들이 사용될 때 입사각의 보다 큰 변화들(예컨대,  $\pm 10$ 도 정도로 높음)이 획득될 수 있지만, 교차 결합 변위는 변하지 않을 수 있다.

[0068] 광학 윈도들(2-231, 2-232, 2-235, 2-237) 중 하나 이상의 움직임을 자동화함으로써, 출력 빔의 연속적인 스캐닝이 1 자유도 또는 다중 자유도로 수행될 수 있다. 도 2ba에 묘사된 실시예에 대해, 제2 광학 윈도(2-232) 및 제4 광학 윈도(2-237)에 대한 연속적인 스캐닝은 광학 윈도들을 동일한 방향으로 연속적으로 회전시킴으로써 구현될 수 있다. 연속 스캐닝 모드들은 출력 빔을 하이테크 시스템(1-160) 내의 수광 광학 컴포넌트 또는 포트에 정렬시키는 데 유용할 수 있다. 연속 또는 단계별 스캐닝은 출력 빔을 하이테크 시스템 내의 다수의 수광 광학 컴포넌트들 또는 포트들에 커플링시키는 데 또한 유용할 수 있다. 예를 들어, 출력 빔은 하이테크 시스템(1-160)에서 동일한 칩 상의 또는 상이한 칩들 상의 상이한 격자 커플러들에 순차적으로 스텝핑될(steped) 수 있다. 이러한 방식으로, 다수의 상이한 분석들(각각이 샘플 분석을 위한 복수의 샘플 웰들을 가짐)이 거의 동시에 수행될 수 있다.

[0069] 일부 실시예들에서, 표면(2-340)이 입사 광학 빔(2-350)에 평행할 수 있도록, 빔을  $-Y$  방향 또는  $+Y$  방향으로 편향시키기 위해 표면(2-340)과 빔 세이핑 및 스티어링 모듈(1-150) 사이에 위치한 방향전환 미러(도 2c에 도시되지 않음)가 있을 수 있다. 이것은 바이오 광전자 칩(1-140)이, 예를 들어, 도 2bb에 묘사된 바와 같이, 아래에 있는 인쇄 회로 보드에 평행하게 장착될 수 있게 해줄 것이다. 일부 경우들에서, 방향전환 미러가, 반사 재

료로 코팅된, 실리콘 웨이퍼, 용융 실리카, 또는 다른 폴리싱된 기관의 작은 부분(예컨대,  $5\text{ mm}^2$  미만)으로 저가로 형성될 수 있고, 바이오 광전자 칩(1-140)을 포함하는 패키지 내에 장착될 수 있다.

[0070] 일부 구현들에서, 포커싱 렌즈(2-233)는 5 센티미터 내지 1 미터의 초점 거리를 갖는 싱글렛 렌즈(singlet lens)일 수 있다. 대안적으로, 포커싱 렌즈(2-233)는 한 쌍의 릴레이 렌즈들(relay lenses) 중 하나일 수 있으며, 여기서 다른 렌즈는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)의 내부 또는 외부에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 렌즈(2-233)는 줌 렌즈일 수 있다. 포커싱 렌즈(2-233)의 위치, 확대율(magnification), 및/또는 축소율(demagnification)이 수동으로(예컨대, 사용자가 렌즈가 장착되는 포지셔너(positioner)(도시되지 않음)를 조작함으로써) 제어될 수 있거나, 렌즈의 위치, 확대율, 및/또는 축소율에 대한 동적 조절들이 이루어질 수 있도록 액추에이터를 통해 자동으로 제어될 수 있다. 일부 구현들에서, 렌즈(2-233)는 제조 시에 배치되거나 사용자에게 의해 배치되는 고정된 렌즈 마운트에 설치될 수 있다.

[0071] 일부 실시예들에 따르면, 빔 형상 및 빔 회전에 대한 조절들은 광학 프리즘들을 사용하여 달성될 수 있다. 일부 구현들에서, 아나모픽 프리즘 쌍(anamorphic prism pair)(2-252)은 입력 광학 빔의 횡방향 강도 프로파일의 한 차원을 압축하거나 확장시키는 데 사용될 수 있다. 도 2ba를 참조하면, 아나모픽 프리즘 쌍은 하나의 방향(입사 광학 빔(2-205)을 기준으로 X 방향)에서의 입력 광학 빔(2-205)의 횡방향 강도 프로파일을 (프리즘 형상들에 따라) 3 내지 8배만큼 압축할 수 있고 Y-방향의 횡방향 강도 프로파일에는 영향을 미치지 않을 수 있다. 압축 또는 팽창의 양은 광학 빔이 통과하는 프리즘 입구 면들(entrance faces)과 출구 면들(exit faces) 사이의 절단각들(cut angles)에 의해 결정될 수 있다. 일부 구현들에 따르면, 프리즘들은 15도 내지 45도의 입구 프리즘 면들과 출구 프리즘 면들 사이의 각도로 절단될 수 있다. 프리즘 면들은 반사방지 코팅으로 코팅될 수 있다. 하나의 차원(도시된 예에서 X 차원)에서의 압축으로 인해, 렌즈(2-233)의 초점에서의 X 방향에서의 광학 빔의 폭은, 도 2ab에 나타난 바와 같이, Y-방향의 횡방향 강도 프로파일에 비해 더 크거나 확장될 것이다. 일부 실시예들에서, 빔 크기 및 타원율(ellipticity)에 대한 조절들은 포커싱 렌즈(2-233)를 광학 빔 경로를 따라 이동시키는 것(예컨대, 선형 액추에이터를 사용하여 렌즈(2-233)를 이동시키는 것) 및/또는 포커싱 렌즈(2-233)에 의해 제공되는 유효 확대율 또는 축소율을 변화시키는 것(예컨대, 줌 렌즈 설정을 변화시키는 것)에 의해 이루어질 수 있다.

[0072] 비록 한 쌍의 원통형 렌즈가 일부 구현들에서 광학 빔을 확장시키거나 압축하는 데 사용될 수 있지만, 본 발명자들은 결과적인 빔 형상이 렌즈 쌍의 정렬에 매우 민감하다는 것을 발견하였다. 예를 들어, 원통형 렌즈 쌍이 빔의 광학 축을 중심으로 1도 정도로 작은 양만큼 회전되면, 결과적인 빔 형상은 이 양의 5 배 초과만큼 회전한다.

[0073] 일부 실시예들에 따르면, 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)은 제조 시에 정렬될 수 있다. 예를 들어, 프리즘들은 새시(2-210)에 형성되거나 장착되는 머시닝된 정렬 피쳐들 및/또는 핀들(도시되지 않음)에 정합될 수 있다. 일부 구현들에서, 프리즘들은 새시(2-210) 상의 정렬 피쳐들에 정합되어 새시(2-210)에 부착될 수 있는 중간 플레이트(2-250)에 형성되거나 장착된 머시닝된 피쳐들 및/또는 핀들에 정합될 수 있다. 일부 경우들에서, 중간 플레이트(2-250)의 배향은 프리즘 쌍의 미세 튜닝을 위해(예컨대, 공장 정렬을 위해) 새시 내에서 조절가능할 수 있다. 일부 경우들에서, 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)의 각각의 프리즘은 개별적으로 조절가능할 수 있다(예컨대, 로터리 포지셔너 상에 장착될 수 있다). 부가적으로 또는 대안적으로, 중간 플레이트(2-250)는 회전 조절부(rotational adjustment)를 포함하거나 로터리 포지셔너 상에 장착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 프리즘 쌍, 또는 쌍의 각각의 개별 프리즘의 배향은 1개 또는 2개의 스테퍼 모터를 사용하여 자동화될 수 있다. 본 발명자들은, 아나모픽 프리즘 쌍이 적당하게 매우 다양한 빔 형상들을 얻기 위해 광학 소스로부터 하이테크 시스템으로의 빔 형상을 유연하게 적합화시키도록 제조 시에 수동으로 조절될 수 있고, 하이테크 시스템에 대한 커플링의 품질이 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150) 내의 다른 광학 컴포넌트들에 의해 제공되는 자동화된 빔 회전, 변위, 및 입사각 조절들을 사용하여 동적으로 핸들링될 수 있다는 것을 인식하고 이해하였다.

[0074] 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)은 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)에 부가의 이점들을 제공할 수 있다. 첫 번째 이점은 상이한 파장들의 광학 빔들의 공간적 분리를 제공할 수 있다는 것이다. 일부 구현들에서, 어셈블리의 입력 빔(2-205)은 다수의 주파수들(예컨대, 레이저로부터의 기본 주파수 또는 파장 및 레이저 빔 경로 내의 비선형 광학 요소로부터의 제2 고조파 주파수 또는 주파수 배가된 파장 출력)을 포함할 수 있다. 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)은, 도 2ba에 파선 및 실선으로 묘사된 바와 같이, 2개의 상이한 파장을 상이한 방향으로 굴절시킬 수 있다. 예를 들어, 입사 광학 빔(2-205)의 적외선 부분은, 예를 들어, 점선 경로를 따라 빔 덤프(2-260) 및/또는 포토다이오드 쪽으로 진행할 수 있고, 광학 빔(2-205)의 주파수 배가된 부분은 실선 경로를 따

라 어셈블리(1-150)를 통해 진행할 수 있다. 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)의 두 번째 이점은 입력 빔(2-205)의  $\pm X$  변위들에 대한 빔 커플링의 민감도를 감소시킬 수 있다는 것이다. 민감도의 감소는 X 방향에서의 프리즘 쌍에 의한 광학 빔의 축소율에 기인한다.

[0075] 부가적으로, 빔이 프리즘 쌍(2-252) 내의 어느 하나의 프리즘의 에지에 의해 클리핑되지 않거나 하다면, 빔 형상은 X 및 Y 방향들에서의 입력 빔의 위치에 영향을 받지 않는다. 이와 관련하여, 빔 형상은 입력 빔에 대해 프리즘 쌍을 변위시킬 진동, 열 팽창, 및/또는 머시닝 변동들에 대한 감소된 민감도를 갖는다. 예를 들어, 입사 광학 빔(2-205)은 프리즘 쌍(2-252) 이후의 타원형 빔 형상에 영향을 미치지 않으면서 X 또는 Y 방향들에서 최대  $\pm 3$  mm 변위될 수 있다. 교차된 원통형 렌즈들의 쌍이 입력 빔(2-205)을 리세이핑하기 위해 어셈블리(1-150)에서 사용될 때 빔 형상이 X 및 Y 변위들에 의해 영향을 받지 않는 것(immunity)이 가능하지 않다.

[0076] 빔 세이핑에 관련된 다른 구현들이 이용될 수 있다. 일부 구현들에 따르면, 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)은, 타원형 빔을 원형 빔으로 변환할 수 있도록, 반대로 사용되거나 배열될 수 있다. 이것은, 예를 들어, 다이오드 레이저로부터의 횡방향 빔 프로파일을 세장형 형상으로부터 보다 원형 형상으로 변환하는 데 유용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)이 사용되지 않도록 빔 형상의 변환이 요구되지 않을 수 있고, 하나 이상의 방향전환 미러가 아나모픽 프리즘 쌍(2-252) 대신에 설치될 수 있다. 그러한 실시예들에서, 이미지 회전 프리즘(2-254)이 입력 빔의 편광을 회전시키는 데 사용될 수 있다. 일부 경우들에서, 임의의 형상의 입력 빔을 리사이징(resize)(확대(magnify) 또는 축소(demagnify))하기 위해 아나모픽 프리즘 쌍 대신에 갈릴리언 빔 확장기(Galilean beam expander)가 사용될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 하나 이상의 편광 회전자( $1/2$  파장판) 또는 변환기(transformer)( $1/4$  파장판, 편광 필름)가 입력 빔의 편광을 조작하기 위해 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리에서 임의의 적절한 위치에 설치될 수 있다. 편광 회전자 또는 편광 변환기는 수동으로(사용자에 의해) 또는 자동으로(액추에이터에 의해) 회전될 수 있다.

[0077] 일부 실시예들에 따르면, 횡방향 빔 형상 및 편광의 회전은 이미지 회전 프리즘(2-254)을 사용하여 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아나모픽 프리즘 쌍(2-252)을 빠져나가는 빔은 프리즘에 들어가는 광학 빔의 광학 축에 대략 평행한 회전축을 중심으로 회전되는 회전 프리즘을 중앙에서 통과할 수 있다. 프리즘의 회전은 프리즘을 빠져나가는 광학 빔의 횡방향 형상 및 그의 편광을 광학 축을 중심으로 회전시킬 수 있다. 이러한 방식으로, (도 2ab에 묘사된 바와 같은) 타원형 횡방향 빔 형상을 갖는 광학 빔은 자신의 광학 축을 중심으로(예컨대, 도 2ab에 예시된  $\pm \phi$  방향으로) 회전될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 회전 프리즘은 도브 프리즘(dove prism)일 수 있다. 상이한 광학 레이아웃들을 갖는 다른 실시예들은 다른 이미지 회전 프리즘들(예컨대, 슈미트 프리즘(Schmitt prism), 미러들의 그룹)을 사용할 수 있다.

[0078] 일부 구현들에서, 이미지 회전 프리즘(2-254)은, 도 2d의 예시에서 광학 빔의 Z 축에 평행한, 회전축을 중심으로 회전하는 크레이들(cradle)(2-410)을 갖는 회전 어셈블리에 장착될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 크레이들은 적어도 3개의 베어링(2-420) 상에 올라타는(ride) 원통형 표면(2-412)을 가질 수 있다. 일부 경우들에서, 4개의 베어링(2-420)이 사용될 수 있다. 베어링들은 샤프트(2-210)에 장착되는 로드들(rods) 또는 액슬들(axles) 상에 장착될 수 있다. 액추에이터(예컨대, 스테퍼 모터)는 크레이들을 회전시키기 위해 레버 암(2-434)을 프레싱하였다 릴리스할(press and release) 수 있다. 일부 실시예들에서, 레버 암(2-434)을 프레싱하는 액추에이터에 맞서 안정화 상쇄 힘(stabilizing counterbalancing force)을 제공하기 위해, 기계적 연결부에서의 임의의 백래시(backlash)를 제거하기 위해, 그리고 크레이들을 베어링(2-420)과 맞닿게 유지하기 위해, 지지부(2-446)에 의해 배킹된(backed) 압축 스프링(2-440)(또는 임의의 다른 적당한 스프링)이 카운터 레버 암(counter-lever arm)(2-432)에 작용할 수 있다. 일부 경우들에서, 지지부(2-446)는 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150) 위에 장착된 커버의 일 부분을 포함할 수 있다. 스테퍼 모터가 레버 암(2-434)을 프레싱하면, 크레이들(2-410)이  $\pm 12.5$ 도만큼 회전될 수 있다. 프리즘을 통한 광학 반사로 인해, 빔 형상이 표면(2-340)에서  $\pm 25$ 도 정도 회전될 수 있다. 빔 회전의 분해능은 상업적으로 이용가능한 스테퍼 모터들을 사용하여 스테퍼 모터의 스텝당 0.1도 미만(예컨대, 0.01도/마이크로스텝 내지 0.1도/마이크로스텝)일 수 있다.

[0079] 이미지 회전 프리즘의 중심이 크레이들의 회전축과 동심이도록, 크레이들(2-410)은 이미지 회전 프리즘(2-254)이 장착될 수 있는 머시닝된 리세스를 포함할 수 있다. 머시닝된 리세스는 조립될 때 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)에서 계획된 광학 빔 경로에 대략 평행하도록 정렬된 하나 이상의 정렬 면 또는 핀을 포함할 수 있다. 조립 동안, 이미지 회전 프리즘(2-254)은 프리즘을 정렬 면들 또는 핀들 중 하나 이상에 정합시키고 임의의 적당한 패스닝 수단을 사용하여 프리즘을 크레이들에 고정시킴으로써 정렬될 수 있다. 부가적으로, 회전 프리즘의 중심 축이 크레이들(2-410)의 회전축과 대략 일치하고 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)를 통한 계획된 광학 빔 경로와 대략 일치하도록, 베어링들(2-420)을 지지하는 로드들이 샤프트(2-210)에서의 머시닝

된 피쳐들에 평행하게 정렬될 수 있다. 그에 따라, 어셈블리를 통한 계획된 광학 빔 경로에 대략 정렬된 입력 빔(2-205)은 빔 변위 및 빔 방향의 최소 변화로 회전되는 그의 형상(형방향 강도 프로파일)을 가질 것이다.

[0080] 본 발명자들은 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)의 로우 프로파일 형상을 갖는 것이 유익하다는 것을 또한 인식하고 이해하였다. 동일한 타입의 액추에이터(예컨대, 로터리 스테퍼 모터)가 어셈블리 내의 모든 이동 가능한 광학 컴포넌트들을 조작하는 데 사용될 때 이것이 어려울 수 있다. 동일한 타입의 액추에이터의 사용은 감소된 복잡성, 감소된 상이한 부품들의 개수, 대량 할인 비용, 및 상호교환가능성의 용이성의 면에서 유익할 수 있다. 그렇지만, 어셈블리(1-150) 내의 광학 컴포넌트들은 직교 축들을 중심으로 한 회전을 이용한다. 예를 들어, 도 2ba를 또다시 참조하면, 2개의 광학 윈도(2-232, 2-237)는 도면에 도시된 X 축에 평행한 축들을 중심으로 회전하며, 제각기, 스테퍼 모터들(2-222, 2-224)에 의해 직접 구동될 수 있다. 이 경우에, 광학 윈도들은, 예를 들어, 모터들의 구동 샤프트들의 단부들에 직접 장착될 수 있다. 다른 한편으로, 광학 윈도들(2-231, 2-235) 중 2개는 X 축에 본질적으로 직교하는 축들을 중심으로 회전한다. 통상적으로, 이것은 다른 2개의 광학 윈도(2-232, 2-237)에 대한 액추에이터들에 직교인 이러한 2개의 광학 윈도(2-231, 2-235)에 대한 액추에이터들을 장착하는 것을 요구할 것이며, 이는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)의 높이를 크게 증가시킬 것이다. 대안적으로, 이는 상이한 타입의 액추에이터를 사용하는 것을 요구할 수 있으며, 이는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리 내의 상이한 설계를 갖는 컴포넌트들의 개수를 증가시킬 것이다.

[0081] 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리의 전체적인 로우 프로파일을 유지하기 위해, 모든 로터리 액추에이터들이 그들의 구동 샤프트들 전부가 대략 동일한 평면에 또는 대략 평행한 평면들에 놓이도록 장착될 수 있게 해주는 기계적 연결부들(2-242, 2-244)이 사용될 수 있다. 로터리 액추에이터들의 그러한 장착을 가능하게 해주는 (기어들, 풀리들(pulleys), 또는 스프로킷들(sprockets)을 요구하지 않는) 예시적인 기계적 연결부(2-242)가 도 2ea에 묘사되어 있지만, 일부 실시예들에서 다른 연결부들이 사용될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 기계적 연결부는 액추에이터의 로터리 구동 샤프트(2-530)에 부착된 캠 암(2-510), 캠 암에 부착된 베어링(2-520), 및 광학 마운트(2-505)에 접속된 레버 암(2-540)을 포함할 수 있다. 액추에이터의 샤프트(2-530)는 제1 축(예컨대, 도면에 도시된 X 축에 평행한 축)을 중심으로 회전할 수 있다. 광학 마운트(2-505)는, 예를 들어, 광학 윈도(2-231)를 보유할 수 있고, 구동 샤프트의 회전축에 대략 직교하는 제2 회전축(예컨대, Y 축에 평행한 축)을 중심으로 액슬 및/또는 베어링(2-550)을 사용하여 회전할 수 있다. 액추에이터가 작동될 때, 베어링(2-520)은 레버 암(2-540)을 프레싱하고 레버 암의 표면을 가로질러 가며, 광학 윈도(2-231)가 제2 회전축을 중심으로 회전하게 한다. 지지부(2-446)에 의해 배킹되는 토션 스프링(torsion spring)(2-560)(또는 임의의 다른 적당한 스프링)은 레버 암(2-540)을 프레싱하는 액추에이터에 맞서 안정화 상쇄 힘을 제공하고 기계적 연결부에서의 임의의 백래시를 제거할 수 있다. 일부 경우들에서, 지지부(2-446)는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)를 커버하는 데 사용되는 리드(lid)의 일 부분을 포함할 수 있다. 도 2ea에 도시된 기계적 연결부는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리에서 광학 윈도들, 방향전환 미러들, 및/또는 이미지 회전 프리즘을 회전시키는 데 사용될 수 있다.

[0082] 본 발명자들은 제2 회전축을 중심으로 한 레버 암(2-540)의 회전 운동 및 베어링(2-520)의 원형 궤적이 통상적으로 액추에이터의 구동 샤프트(2-530)의 각도 변화에 인한 광학 컴포넌트(2-231)의 각도의 비선형 변화를 초래할 것임을 인식하고 이해하였다. 일부 실시예들에 따르면, 비선형성을 보상하는 곡면 표면(2-545)이 레버 암 상에 형성될 수 있다. 레버 암(2-540) 상에 곡면 표면이 이용될 때, 레버 암(2-540)의 접촉 표면이 편평한 경우와 비교하여 광학 컴포넌트의 확장된 움직임 범위에 걸쳐 로터리 구동 샤프트(2-530)의 각도의 변화와 광학 컴포넌트(2-231)의 각도의 변화 사이에 선형 또는 대략 선형 관계가 있을 수 있다. 곡면 표면(2-545)의 곡률은 원하는 적용분야에 선형화된 관계를 제공하도록 엔지니어링될 수 있다. 곡면 표면(2-545)을 사용하는 것은 로터리 액추에이터의 회전 운동으로 인해 선형화된 출력(예컨대, 광학 윈도(2-231)의 회전 운동)의 유용한 범위를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 출력은 베어링(2-550)을 중심으로 한 30도의 회전에 걸쳐  $\pm 5\%$  오차 내에서 선형으로 유지될 수 있다. 일부 구현들에서, 출력은 베어링(2-550)을 중심으로 한 30도의 회전에 걸쳐  $\pm 2\%$  오차 내에서 선형으로 유지될 수 있다. 일 예로서, 도 2d에 도시된 크레이들(2-410)의 레버 암(2-434)은 레버 암(2-434)에 대해 베어링(2-520)을 프레싱하는 액추에이터의 회전각과 이미지 회전 프리즘(2-254)의 회전각 사이의 관계를 선형화하기 위한 곡면 표면을 포함할 수 있다.

[0083] 다른 예로서, 곡면 표면(2-545)은 도 2ea에 묘사된 기계적 연결부에 의해 회전되는 광학 윈도(2-231)를 통과하는 광학 빔의 선형화된 변위를 제공하도록 엔지니어링될 수 있다. 곡면 표면의 설계는 캠 암(2-510)의 회전 운동, 광학 윈도(2-231)의 회전 운동, 및 광학 윈도를 통과하는 광학 빔에 대한 스넬-데카르트 법칙(Snell-Descartes law)을 고려할 수 있다. 적절하게 설계된 곡률이 레버 암(2-540)에 형성될 때, 캠 암(2-510)의 확장

된 회전 운동 범위에 걸쳐 선형화된 변위가 획득될 수 있다. 캠 암(2-510)의 확장된 회전 운동 범위에 걸친 선형화된 빔 변위의 일 예가 도 2e의 그래프에 도시되어 있다. 데이터에 대한 선형 피팅(linear fit)은 0.983의  $R^2$  값을 보여준다. 데이터 점들에서의 잡음 중 일부는 베어링(2-520)의 운동 불규칙성과 곡면 표면(2-545)의 평활도(smoothness)로 인한 것으로 생각된다. 보다 높은 품질의 베어링들 및 곡면 표면(2-545)의 보다 정밀한 머시닝 또는 마감처리(finishing)에 의해 보다 높은  $R^2$  값들이 예상된다. 실시예들에서, 엔지니어링된 곡면 표면(2-545)은 기계적 연결부에 대한 측정된 출력을 0.98 정도로 높은  $R^2$  값으로 선형화할 수 있지만, 일부 경우들에서 보다 높은 값들이 획득될 수 있다.

[0084] 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)에 사용되는 광학 컴포넌트들(예컨대, 아나모픽 프리즘들(2-252), 도브 프리즘(2-254), 방향전환 미러(2-234), 및 광학 윈도들)은 보통의 또는 높은 광학 품질을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 광학 컴포넌트들은 광학 빔이 통과하거나 반사되는 표면들에 대해 40-20(스크래치(scratch), 디그(dig)) 이상의 표면 품질을 가질 수 있다. 이러한 표면들의 편평도는 633 nm 이하의 파장의 1/4 정도로 높을 수 있다. 반사방지(AR) 코팅들은 광학 빔이 통과하는 표면들에 도포될 수 있다. AR 코팅이 일부 실시예들에서는 협대역일 수 있거나, 다른 실시예들에서는 광대역일 수 있다. 2개의 파장의 빔들(예컨대, 기본 및 제2 고조파 광학 빔들)이 표면을 통과하면, 이색성 AR 코팅이 표면에 도포될 수 있다. 일부 구현들에서, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리가 최대 100 와트의 출력 빔 파워들을 생성하는 광학 소스들에 대해 사용될 수 있도록, 광학 계들 상에 사용되는 임의의 코팅들은 고파워 코팅들일 수 있다.

[0085] 빔 세이핑 및 스티어링 모듈(1-150)의 유리한 양태는 수광 광학 커플링 컴포넌트에 입사하는 빔에 대한  $\theta_x$  및  $\theta_y$ (도 1c를 참조)에 대한 입사각 조절들이, 도 2c와 관련하여 설명된 바와 같이, 표면(2-340)에서의 포커싱된 빔의 위치에 대한 X, Y 조절들과 실질적으로 무관하게 이루어질 수 있다는 것이다. 부가적으로, 빔 회전 또는 롤  $\phi$ 에 대한 조절들이  $\theta_x$ ,  $\theta_y$ , X, 및 Y 조절들과 무관하게 이루어질 수 있다. 그에 따라, 5개의 빔 파라미터( $\theta_x$ ,  $\theta_y$ , X, Y, 및  $\phi$ )이 본질적으로 서로 독립적으로 조절될 수 있다. 예를 들어, 임의의 하나의 파라미터의 조절이 본질적으로 다른 빔 파라미터들 내로의 교차 커플링(cross coupling) 없이 이루어질 수 있다. 게다가, 수광 광학 컴포넌트 상의 빔 초점은 (예컨대, 렌즈(2-233)를 평행이동시키는 것에 의해) 본질적으로 다른 빔 특성들과 무관하게 변경될 수 있다. 독립적 조절들의 이러한 양태들은 수광 광학 컴포넌트에 대한 입사 빔의 정렬의 복잡성을 감소시킬 수 있고, 수광 광학 컴포넌트에 대한 광학 빔(2-350)의 자동화된 정렬을 가능하게 해줄 수 있다. 예를 들어, 도 1c를 또다시 참조하면, 격자 커플러(1-310) 또는 슬라이싱된 격자 커플러(2-100)를 통해 하나 이상의 도파관(1-312) 내로 커플링되는 펄스들(1-122)을 갖는 입력 광학 빔으로부터의 광학 에너지가 정렬 절차 동안 하나 이상의 도파관의 반대쪽 단부에 있는 하나 이상의 포토다이오드(1-324)를 사용해 모니터링될 수 있다. 빔의 입사각 및 회전각 중 임의의 것이 격자 커플러 상에서의 빔의 위치를 크게 변화시키지 않으면서 커플링을 증가시키거나 최적화하도록 조절될 수 있다. 부가적으로, 필요하다면, 빔 초점에 대한 조절들은 광학 빔 경로를 따라 렌즈(2-233)를 이동시킴으로써 다른 빔 파라미터들에 대한 조절들과 무관하게 이루어질 수 있다. 빔 파라미터들에 대한 조절들이 본질적으로 서로 분리되어(decoupled) 있기 때문에, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 하이테크 시스템(1-160)에 대한 광학 소스(1-110)로부터 광학 빔의 정렬을 보다 용이하게 자동화하는 데 그리고 높은 커플링 효율을 증가시키고 유지하는 데 사용될 수 있다. 하나의 빔 파라미터(예컨대, X 위치)에 대한 조절들이 하나 이상의 다른 빔 파라미터(예컨대, 입사각 또는 빔 형상)에 교차 커플링되면, 정렬이 보다 복잡해지고 자동화하기 어려워질 것이다.

[0086] 일부 실시예들에 따르면, 자동화된 정렬 절차는 광학 소스(1-110)로부터의 광학 빔을 하이테크 시스템(1-160) 내의 도파관 커플러(예컨대, 슬라이싱된 격자 커플러(2-100))에 정렬시키는 데 사용될 수 있다. 정렬 절차는, 도 2f에 묘사된 바와 같이, 격자 커플러(2-100)에 대한 나선형 탐색을 실행하는 것을 포함할 수 있지만, 래스터-스캔(raster-scan) 및 부스트로피도닉 스캐닝(boustrophedonic scanning)과 같은 다른 타입의 탐색 패턴들이 사용될 수 있다. 나선형 탐색은 포커싱된 빔(2-350)을 칩의 표면 상에서 X 및 Y 방향으로 측방으로 평행이동시키기 위해 제3 광학 윈도(2-235) 및 제4 광학 윈도(2-237)를 회전시키는 것에 의해 실행될 수 있다. 예를 들어, 칩(1-140)이 하이테크 기기(1-100) 내로 로딩(load)되고 광학 소스(1-110)가 턴 온된 후에, 광학 빔이 도 2f에서 "A"라고 마킹된 위치에서 칩의 표면에 부딪힐 수 있다. 이 위치에서, 쿼드 검출기(1-320)에 의해 어떤 신호도 검출되지 않을 수 있다. 쿼드 검출기로부터의 신호들이 모니터링되면서, 나선형 탐색 경로(2-610)가 실행될 수 있다. 위치 "B"에서, 쿼드 검출기는 그의 검출기들로부터의 빔의 (X, Y) 위치 신호들을 정합(register)시키기 시작할 수 있다. 제어 회로부는 이어서 쿼드 검출기의 중앙에 대한 빔의 위치를 결정하고,

나선형 경로의 실행을 취소하며, 빔을 쿼드 검출기(1-320)의 중앙인 지점 "C"로 스티어링하기 위해 액추에이터들(2-223 및 2-224)을 작동시킬 수 있다. 격자 커플러(2-100)는 쿼드 검출기에 걸쳐 대략 중앙에 위치될 수 있다. 차후에, 도파관들(2-120) 내로 커플링되는 광학 파워의 양을 증가시키기 위해 그리고 각각의 도파관 내로 커플링되는 파워의 균일성을 개선시키기 위해 미세한 위치, 빔 회전, 및 입사각 조절들이 행해질 수 있다. 일부 실시예들에서, 다수의 광학 도파관들 내로 커플링되는 파워들의 균일성을 개선시키기 위해 격자 커플러에서 광학 빔에 대해 미세한 조절들을 행하는 데 도움을 주기 위해, 다수의 도파관들(2-120)에 커플링된 다수의 집적된 포토다이오드들(1-324)로부터의 광학 파워들이 모니터링될 수 있다.

[0087] 쿼드 검출기(1-320)를 탐색하고 포커싱된 빔(2-350)을 격자 커플러(2-100)에 정렬시키기 위해 다른 방법들 및 장치들이 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광학 빔이 검출될 수 있는 범위를 확장하기 위해 쿼드 검출기(1-320)의 감도가 개선될 수 있다. 예를 들어, 광학 빔 파워가 고파워(예컨대, 완전 온(fully on))에 있는 경우의 쿼드 검출기로부터의 신호들이 광학 빔 파워가 저 설정치(low setting)(예컨대, 오프(off))에 있는 경우의 쿼드 검출기로부터의 신호들과 비교될 수 있다. 그에 부가하여, 광학 빔이 쿼드 검출기로부터 상당한 거리에 위치될 수 있을 때, 쿼드 검출기의 위치 검출 감도를 개선시키기 위해 신호들이 보다 긴 시간 기간들에 걸쳐 적분될 수 있다.

[0088] 일부 실시예들에서, 광 산란 요소들(2-630)이 칩(1-140) 상에서 쿼드 검출기(1-320) 주위에 제조될 수 있다. 포커싱된 빔이 오정렬되어 쿼드 검출기로부터 멀리 떨어진 주변 위치에 있을 때, 산란 요소들은 포커싱된 빔으로부터의 광을 쿼드 검출기(1-320)를 향해 산란시킬 수 있다. 검출된 산란 광은 그러면 빔의 위치를 나타낼 수 있다.

[0089] 일부 구현들에서, 예상된 포커싱된 빔 크기와 폭이 유사한, 좁은 선형 산란 요소(예컨대, 트렌치 또는 리브, 포스트들(posts) 또는 디봇들(divots)의 어레이, 도시되지 않음) 또는 라인 검출기가 쿼드 검출기의 중앙을 통과하게 또는 쿼드 검출기의 측면에(또는 쿼드 검출기에 대해 임의의 적당한 배향으로) 배치되고, 쿼드 검출기의 대향 에지들을 상당히 넘어서(예컨대, 초기 빔 오프셋 오차의 합당한 기대치보다 더 큰 거리까지) 연장될 수 있다. 이 요소 또는 검출기의 배향이 설계에 의해 알려져 있기 때문에, 포커싱된 빔(2-350)은, 빔이 요소 또는 검출기에 부딪치고, 쿼드 검출기(1-320) 쪽으로의 산란에 의해 또는 라인 검출기에 의해 직접적으로, 긍정적으로 검출될 때까지, 먼저 요소에 수직인 방향으로 스캐닝될 수 있다. 이어서, 쿼드 검출기(1-320)를 발견하기 위해 빔이 다른 방향으로 스캐닝될 수 있다.

[0090] 일부 실시예들에 따르면, 광학 빔이 처음에 칩(1-140)의 표면(2-340)에서 확장될(expanded) 수 있다(예컨대, 액추에이터를 사용하여 렌즈(2-233)를 이동시키는 것, 디포커싱 렌즈를 빔 경로에 삽입하는 것, 또는 다른 수단을 사용하는 것에 의해 빔을 디포커싱(defocusing)함). 쿼드 검출기(1-320)를 탐색할 때 임의의 스캐닝 프로세스가 빔 위치들 간에 보다 큰 스텝들(steps)(예컨대, 나선형 스캔 시에 방사상 루프들(radial loops) 간의 보다 큰 오프셋들)을 사용할 수 있도록, 칩 상에서의 빔의 풋프린트(footprint)가 그러면 크게(예컨대, 10배 이상) 증가될 수 있다. 이러한 및 전술한 대안의 탐색 방법들은 포커싱된 빔(2-350)을 격자 커플러(2-100)에 정렬시키는 것과 연관된 탐색 시간을 감소시킬 수 있다.

[0091] 정렬 이후에, 포커싱된 광학 빔은 정렬된 위치에 능동적으로 유지될 수 있다. 예를 들어, 빔을 대략적으로 고정된 위치에 유지하기 위해, 쿼드 검출기(1-320)에 대한 초기 정렬 이후에 결정된 빔의 (X, Y) 위치가 쿼드 검출기로부터의 피드백 및 액추에이터들(2-223 및 2-224)의 활성화를 사용하여 능동적으로 유지될 수 있다. 일부 실시예들에서, 도파관 내로 커플링되는 파워를 최적화하기 위해, 표면에서의 광학 빔의 입사각들이 초기 정렬 이후에 조절되지 않을 수 있다. 그에 부가하여, 도파관들 내로 커플링되는 파워의 양이 측정들에 걸쳐 대략 일정한 레벨로 유지될 수 있다.

[0092] 일부 실시예들에 따르면, 도파관들(2-120)에 전달되는 파워는 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)의 광학 컴포넌트들 및/또는 광학 소스(1-110) 내의 광학 또는 다른 컴포넌트들을 제어하기 위해 피드백을 사용함으로써 대략 일정한 레벨들로 유지될 수 있다. 예를 들어, 도파관들 중 하나 이상으로부터 광을 수광하도록 배열된 포토다이오드들로부터의 하나 이상의 포토다이오드(photodiode)(1-324) 신호는 도파관들에 커플링되는 파워 레벨들을 평가하기 위해 신호 프로세서에 의해 모니터링될 수 있다. 도파관들에서의 파워 레벨들의 검출된 변화들에 응답하여 제어 신호들이 생성될 수 있고, 제어 신호들은 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리 및/또는 광학 소스 내의 액추에이터들에 인가될 수 있다. 주파수 배가 결정체를 사용하여 주파수 배가된 출력 빔을 생성하는 레이저를 포함하는 광학 소스와 관련하여, 제어 신호는 광학 소스 내의 1/2 파장판의 배향을 제어하는 액추에이터에 인가될 수 있다. 1/2 파장판의 회전은 주파수 배가 결정체에 들어가는 광학 펄스들의 편광을 변화시키고, 따라

서 주파수 배가된 파장으로의 변환 효율 및 주파수 배가된 파장의 파워를 변화시킬 수 있다. 이것은 광학 소스의 안정성에 영향을 미치지 않으면서 또는 격자 커플러(2-100)에 대해 광학 빔을 오정렬할 필요가 없으면서 광학 파워를 제어할 수 있다.

[0093] 일부 실시예들에 따른, 빔 정렬 및 파워 안정화를 위한 예시적인 회로부가 도 2g에 묘사되어 있다. 쿼드 검출기(1-320)는 4개의 포토다이오드로서 표현되고, 도파관 포토다이오드(1-324)는 제5 포토다이오드로서 표현되어 있다. 일부 구현들에서, 단일 격자 커플러로부터의 광학 파워가 커플링되는 많은 복수의 도파관들(2-120)이 있을 수 있다. 그에 따라, 제어 회로부(2-730)에 접속되는 신호 출력들을 가지는, 도파관들로부터의 방사를 수광하도록 배열된 많은 복수의 도파관 포토다이오드들(1-324)이 있을 수 있다. 증폭 회로부(2-710)는 다이오드들의 광전도(photoconduction)에 의해 생성된 전압들을 검출하도록 배열될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 증폭 회로부(2-710)는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 CMOS 전자장치들(예컨대, FET들, 샘플링 회로들, 아날로그-디지털 변환기들)을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 아날로그 신호들은 증폭 회로부로부터 제어 회로부(2-730)에 제공될 수 있다.

[0094] 일부 실시예들에서, 제어 회로부는 다음과 같은 요소들: 아날로그 및 디지털 회로부, ASIC, FPGA, DSP, 마이크로컨트롤러, 및 마이크로프로세서 중 하나 또는 그 조합을 포함할 수 있다. 제어 회로부(2-730)는 각각의 도파관에서의 광학 파워의 레벨을 결정하기 위해 하나 이상의 도파관 포토다이오드로부터의 수신되는 신호들을 프로세싱하도록 구성될 수 있다. 제어 회로부(2-730)는 쿼드 검출기에 대한 광학 빔의 (X, Y) 위치를 결정하기 위해 쿼드 검출기(1-320)로부터의 수신된 신호들을 프로세싱하도록 추가로 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 제어 회로부(2-730)는 각각의 도파관 내로 커플링되는 파워를 검출하고, 파워가 도파관들에서 균등화(equalize)되거나 도파관들에 걸쳐 최고의 균일성을 갖도록, 광학 빔을 이동시키기 위해 액추에이터들에 제어 신호를 제공하도록 구성된다.

[0095] X 방향에서의 광학 빔의 위치는, 예를 들어, 하기의 알고리즘을 실행하도록 적합화된 제어 회로부(2-730)에 의해 결정될 수 있으며:

$$S_x = [(V_{Q1} + V_{Q4}) - (V_{Q2} + V_{Q3})]/V_T$$

[0097] 여기서  $S_x$ 는 x 방향에 대응하는 정규화된 신호 레벨이고,  $V_{Qn}$ 은 쿼드 검출기의 제n 포토다이오드로부터 수신되는 신호 레벨(예컨대, 전압)이며,  $V_T$ 는 4개의 포토다이오드 전부로부터의 신호를 합산하는 것에 의해 수신되는 총 신호 레벨이다. 부가적으로, Y 방향에서의 광학 빔의 위치는, 예를 들어, 하기의 알고리즘을 사용하여 결정될 수 있다:

$$S_y = [(V_{Q3} + V_{Q4}) - (V_{Q1} + V_{Q2})]/V_T.$$

[0099] 칩(1-140) 상의 모든 도파관들 내로 커플링되는 평균 파워는 칩 상의 도파관들 각각에서의 파워를 검출하도록 배열된 포토다이오드들(1-324) 전부로부터의 신호를 합산하는 것에 의해 결정될 수 있다.

[0100] X 및 Y에서의 검출된 빔 위치에 응답하여 그리고 하나 이상의 도파관(2-120)에서 검출된 파워 레벨들에 응답하여 제어 회로부(2-730)에 의해 제어 신호들이 생성될 수 있다. 제어 신호들은 하나 이상의 통신 링크(SM1, SM2, ... SM5)를 통해 빔 셰이핑 및 스티어링 모듈(1-150)의 액추에이터들에 그리고 하나 이상의 통신 링크(WP)를 통해 광학 소스 시스템(1-110)의 액추에이터들 또는 컨트롤들(예컨대, 1/2 파장판 또는 빔 감쇠기를 회전시키도록 배열된 액추에이터, 다이오드 광학 소스에 전력을 인가하기 위한 컨트롤)에 디지털 신호들로서 제공될 수 있다. 제어 신호들은 파워를 안정화시키고 그리고/또는 광학 소스(1-110)와 하이테크 시스템(1-160) 사이의 광학 커플링을 개선시키기 위해 인가될 수 있다.

[0101] 전술한 설명으로부터 인식될 수 있는 바와 같이, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 유리하게도 비용을 상당히 증가시키게 될 일부 빔 셰이핑 및 스티어링 컴포넌트들을 포함하지 않을 수 있다. 그러한 컴포넌트들은 전기 광학 및 열 광학 컴포넌트들, 위상 어레이(phased array) 또는 빔 결합 컴포넌트들, 및 마이크로전기기계 시스템들을 포함한다. 일부 실시예들에 따르면, 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)의 모든 부분들은 표준 머시닝 및 몰딩 능력들을 사용하여 제조될 수 있다.

[0102] 비록 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리의 사용이 주로 슬라이싱된 격자 커플러에 커플링하기 위한 것으로 설명되지만, 이는 광학 빔을 광학 파이버, 2차원 파이버 어레이, 버트 커플링(butt coupling)을 통한 집적된 광학 도파관, 하나 이상의 마이크로유체 채널, 프리즘 커플러, 또는 표면 플라스몬들을 여기시키도록 배열된 광학 시스

템과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는 다른 광학 시스템들에 커플링시키는 데 사용될 수 있다.

- [0103] 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)의 일부 실시예들은 어셈블리 내의 적어도 일부 컴포넌트들의 작동 상태를 모니터링하고 평가하기 위한 센서들 및 회로부(어느 것도 도 2ba에 도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)는 빔 스티어링 컴포넌트들의 건강 및/또는 동작(예컨대, 액추에이터들의 동작 상태, 광학 컴포넌트들의 움직임)을 모니터링하기 위한 회로부를 포함하고 액추에이터들을 작동시키기 위한 제어 회로부를 포함하는 인쇄 회로 보드를 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, PCB는 수신된 신호들을 프로세싱하는 것 및 프로세싱된 수신된 신호들에 기초하여 액추에이터들로 제어 신호들을 출력하는 것을 제공하는 마이크로컨트롤러 및/또는 제어 회로부(2-730)를 포함할 수 있다. 컴포넌트들의 움직임을 모니터링하기 위한 센서들은 (컴포넌트들이 지시된 대로 움직이는지를 결정하기 위해 컴포넌트들의 기계적 움직임을 모니터링하기 위한) 광학 인코더들, 기계적 인코더들, 광학 근접 스위치들, 및 리미트 스위치들(limit switches)을 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 광학 컴포넌트의 움직임은 광학 컴포넌트를 조작하는 액추에이터에 공급되는 전류의 양으로부터 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 어셈블리 내의 전자 컴포넌트들(예컨대, 스테퍼 모터들 또는 다른 액추에이터들)을 모니터링하여 이들이 안전한 동작 온도들 내에서 동작하는지를 결정하기 위해 또는 빔 특성들에 대한 온도 영향을 상쇄시키도록 광학 컴포넌트 위치들에 대한 임의의 온도 보상 조절들을 결정하기 위해 온도 센서들 및/또는 전류 센서들(예컨대, 서미스터들)이 사용될 수 있다.
- [0104] 일부 실시예들에서, 어셈블리 내의 하나 이상의 위치에서의 광학 빔(2-350)의 특성들을 모니터링하기 위해 하나 이상의 포토다이오드, 하나 이상의 이미징 어레이, 및/또는 하나 이상의 쿼드 검출기가 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)에 통합될 수 있다. 모니터링될 수 있는 특성들은 기본 빔의 파워, 제2 고조파 빔의 파워, 출력 빔 위치, 출력 빔 포인팅 방향, 출력 빔 형상, 및 출력 빔 포인팅 각도를 포함하지만 이들로 제한되지 않는다. 예를 들어, 상이한 파장들의 빔들이 분리될 때 빔 덤프(2-260)에서 기본 빔 또는 다른 빔의 에너지의 양을 모니터링하기 위해 포토다이오드가 사용될 수 있다. 제2 포토다이오드는 방향전환 미러(예컨대, 미러(2-234))를 통해 누설되거나 광학 윈도(2-231, 2-232, 2-235, 2-237) 또는 렌즈(2-233), 또는 어셈블리(1-150) 내의 다른 광학 컴포넌트의 패킷으로부터 반사되는 기본 빔의 제2 고조파 빔의 파워의 양을 모니터링할 수 있다. 일부 경우들에서, 포토다이오드는 광학 윈도로부터의 패킷 반사를 수광하기 위해 새시(2-210) 위에 배치된 커버에 또는 새시 베이스에 장착될 수 있다. 일부 경우들에서, 기본 및/또는 제2 고조파 빔으로부터의 광학 파워는 광학 소스의 건강(예컨대, 입력 빔(2-205)을 제공하는 모드 동기 레이저의 안정성)을 평가하는 데 사용될 수 있다. 실시예들에서, 모드 동기 레이저 빔을 검출하는 포토다이오드로부터 생성된 신호는 포토다이오드의 펄스 도달 시간들에 시간상으로 위상 동기된 클록 신호를 생성하는 데 사용될 수 있다.
- [0105] 쿼드 검출기 또는 이미징 어레이는 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리 내의 광학 컴포넌트의 패킷으로부터의 또는 어셈블리의 하류에 위치된 광학 컴포넌트로부터의 하나 이상의 스트레이 반사 빔(stray reflected beams)의 위치 및/또는 존재를 모니터링하는 데 사용될 수 있다. 일 예로서, 도 2c를 참조하면, 쿼드 검출기 또는 이미징 어레이는 광학 윈도로부터의 저레벨 패킷 반사의 위치 및/또는 빔 형상을 검출하고 모니터링하기 위해 광학 윈도(2-231, 2-232, 2-235, 2-237)에 대해 한 위치에 장착될 수 있다. 그러한 방식으로 배열된 하나 이상의 쿼드 검출기 및/또는 이미징 어레이로부터의 출력은 출사 빔의 위치, 형상, 회전각  $\phi$ , 및 포인팅 각도를 안정화시키는 데 도움을 주기 위해 사용될 수 있다.
- [0106] 전기, 열 및 광학 센서(들)로부터 신호들은 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리가 안정적으로 그리고 예상대로 동작하는지를 결정하기 위해 그리고 어셈블리가 오작동하는 경우 여러 신호들을 생성하기 위해 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리(1-150)를 구비한 PCB 상의 신호 프로세싱 로직(예컨대, 마이크로컨트롤러 및/또는 로직 칩들)에 제공될 수 있다. 일부 구현들에서, PCB는 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리의 새시(2-210)에 장착될 수 있지만, 다른 실시예들에서, PCB는 다른 곳에 위치되고 멀티 와이어 케이블(multi-wire cable)을 통해 어셈블리(1-150) 내의 센서들, 액추에이터들, 및 임의의 다른 전자장치들에 접속될 수 있다.
- [0107] 설명된 기술의 실시예들은 적어도 아래에서 (1) 내지 (51)에 기재된 구성들 및 방법들을 포함한다.
- [0108] (1) 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 입력 빔의 제1 횡방향 빔 형상을 제2 빔의 제2 횡방향 빔 형상으로 변환하도록 배열된 제1 광학 컴포넌트; 제2 횡방향 빔 형상을 제2 빔의 광학 축을 중심으로 회전시키도록 배열된 제2 광학 컴포넌트; 및 타깃 위치에서의 출력 빔의 제1 위치 또는 제1 지향각 중 하나를 조절하도록 배열된 제3 광학 컴포넌트를 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0109] (2) 구성 (1)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제1 광학 컴포넌트를 통한 최대  $\pm 3$  mm의 입력 빔의 변위들은 제2 횡방향 빔 형상을 변화시키지 않는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.

- [0110] (3) 구성 (1) 또는 구성 (2)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제1 광학 컴포넌트는 아나모픽 프리즘 쌍을 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0111] (4) 구성 (1) 내지 구성 (3) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 빔 덤프를 추가로 포함하고, 제1 광학 컴포넌트는 입력 빔 내의 광학 파장들을 공간적으로 분리시키고, 빔 덤프는 제1 파장의 제1 광학 컴포넌트로부터의 출력을 수광하도록 위치되는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0112] (5) 구성 (4)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제2 파장을 갖는 제2 빔을 수광하고 제2 빔을 제3 광학 컴포넌트 쪽으로 지향시키도록 배열된 방향전환 미러를 추가로 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0113] (6) 구성 (1) 내지 구성 (5) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제2 광학 컴포넌트는 도브 프리즘을 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0114] (7) 구성 (1) 내지 구성 (6) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제3 광학 컴포넌트는 광학 윈도를 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0115] (8) 구성 (1) 내지 구성 (7) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제1 광학 컴포넌트, 제2 광학 컴포넌트, 및 제3 광학 컴포넌트를 지지하는 새시를 추가로 포함하며, 새시는 제2 빔을 수광하는 수광 광학 컴포넌트를 가지는 디바이스가 장착되어 있는 인쇄 회로 보드(PCB)를 포함하는 기기에 장착되고, 디바이스를 포함하는 PCB의 영역은 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리에 대한 디바이스의 움직임을 감소시키기 위해 새시에 부착되는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0116] (9) 구성 (1) 내지 구성 (8) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 타깃 위치에서의 출력 빔의 제2 위치 또는 제2 지향각 중 하나를 조절하도록 배열된 제4 광학 컴포넌트를 추가로 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0117] (10) 구성 (9)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제4 광학 컴포넌트에 대한 조절들에 의해 야기되는 타깃 위치에서의 출력 빔에 대한 제1 효과들은 제3 광학 컴포넌트에 대한 조절들에 의해 야기되는 타깃 위치에서의 출력 빔에 대한 제2 효과들에 본질적으로 영향을 미치지 않으며, 그 반대도 마찬가지인, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0118] (11) 구성 (9) 또는 구성 (10)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서,
- [0119] 제3 광학 컴포넌트에 커플링된 제1 액추에이터; 및 제4 광학 컴포넌트에 커플링된 제2 액추에이터를 추가로 포함하며, 제1 액추에이터 및 제2 액추에이터 각각은 동일한 평면에 본질적으로 평행한 로터리 구동 샤프트를 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0120] (12) 구성 (11)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제1 액추에이터 및 제2 액추에이터의 로터리 구동 샤프트들은 본질적으로 평행한, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0121] (13) 구성 (11) 또는 구성 (12)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제3 광학 컴포넌트에 의해 초래되는 타깃 위치에서의 출력 빔에 대한 변화들은 제4 광학 컴포넌트에 의해 초래되는 타깃 위치에서의 출력 빔에 대한 변화들에 본질적으로 직교인 차원에서 있는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0122] (14) 구성 (1) 내지 구성 (13) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제3 광학 컴포넌트는 타깃 위치에서의 출력 빔의 제1 지향각을 조절하도록 배열되고, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리는 타깃 위치에서의 출력 빔의 제2 지향각을 조절하도록 배열된 제4 광학 컴포넌트; 타깃 위치에서의 출력 빔의 제1 위치를 조절하도록 배열된 제5 광학 컴포넌트; 및 타깃 위치에서의 출력 빔의 제2 위치를 조절하도록 배열된 제6 광학 컴포넌트를 추가로 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0123] (15) 구성 (14)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제3 및 제4 광학 컴포넌트들이 포커싱 렌즈의 제1 측면 상에 배치되고 제5 및 제6 광학 컴포넌트들이 포커싱 렌즈의 제2 측면 상에 배치되도록 배열된 포커싱 렌즈를 추가로 포함하는, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0124] (16) 구성 (14) 또는 구성 (15)의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제1 지향각은 타깃 위치에서의 출력 빔의 피치 각도이고; 제2 지향각은 타깃 위치에서의 출력 빔의 요 각도이며; 제1 위치는 타깃 위치에서의 출력 빔의 X-방향 위치이고; 제2 위치는 타깃 위치에서의 출력 빔의 Y-방향 위치이며, X-방향과 Y-방향은 직교인, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.

- [0125] (17) 구성 (1) 내지 구성 (16) 중 어느 한 구성의 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리로서, 제2 횡방향 빔 형상은 실질적으로 타원형이고 제1 횡방향 빔 형상은 실질적으로 원형인, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리.
- [0126] (18) 광학 소스로부터의 빔을 시스템의 수광 광학 컴포넌트에 커플링시키는 방법으로서, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리에 의해, 광학 소스로부터의 빔을 수광하는 단계; 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 빔의 제1 횡방향 빔 형상으로부터 출력 빔의 제2 횡방향 빔 형상으로 변환하는 단계; 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 출력 빔을 수광 광학 컴포넌트 상에 배치하는 단계; 및 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 제2 횡방향 빔 형상을 조절가능하게 회전시키는 단계를 포함하는, 방법.
- [0127] (19) (18)의 방법으로서, 회전시키는 단계는 단일 재료 단편으로 제조된 광학 컴포넌트를 회전시키는 것에 의해 수행되는, 방법.
- [0128] (20) (18) 또는 (19)의 방법으로서, 제1 횡방향 빔 형상은 원형이고 제2 횡방향 빔 형상은 타원형인, 방법.
- [0129] (21) (18) 내지 (20) 중 어느 하나의 방법으로서, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 수광 광학 컴포넌트 상에서의 출력 빔의 입사각 및 위치 중 하나 또는 둘 다를 변화시키는 단계를 추가로 포함하는, 방법.
- [0130] (22) (18) 내지 (21) 중 어느 하나의 방법으로서, 광학 원도의 회전은 수광 광학 컴포넌트 상에서의 출력 빔의 입사각을 조절하는 데 사용되는, 방법.
- [0131] (23) (18) 내지 (22) 중 어느 하나의 방법으로서, 출력 빔의 횡방향 크기는 수광 광학 컴포넌트의 커플링 영역 보다 10% 내지 35% 더 크고, 수광 광학 컴포넌트에 대해 물 각도로 배향되는, 방법.
- [0132] (24) (23)의 방법으로서, 제2 횡방향 빔 형상에서의 강도의 비대칭성을 보상하기 위해 수광 광학 컴포넌트에서의 출력 빔의 위치를 조절하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.
- [0133] (25) (18) 내지 (24) 중 어느 하나의 방법으로서, 수광 광학 컴포넌트는 출력 빔을 복수의 도파관들에 커플링시키도록 구성된 슬라이싱된 격자 커플러를 포함하는, 방법.
- [0134] (26) (25)의 방법으로서, 빔 세이핑 및 스티어링 어셈블리를 사용하여, 복수의 도파관들에 커플링되는 파위의 균일성을 조절하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.
- [0135] (27) 방사 빔을 장치에 커플링시키기 위한 광학 시스템으로서, 광학 시스템은 3개의 로터리 액추에이터; 및 3개의 로터리 액추에이터에 제각기 커플링된 3개의 광학 컴포넌트를 포함하고, 각각의 로터리 액추에이터는 3개의 광학 컴포넌트 중 한 광학 컴포넌트를 이동시키기 위해 샤프트 축을 중심으로 회전하는 구동 샤프트를 가지며, 3개의 로터리 액추에이터의 샤프트 축들은 동일한 평면에 본질적으로 평행하고, 3개의 로터리 액추에이터에 의한 3개의 광학 컴포넌트의 작동(actuation)은 3개의 상이한 자유도로 빔을 변경하는, 광학 시스템.
- [0136] (28) 구성 (27)의 광학 시스템으로서, 3개의 광학 컴포넌트와 3개의 로터리 액추에이터 사이의 커플링들은 기어 들, 풀리들, 또는 스프로킷들을 포함하지 않는, 광학 시스템.
- [0137] (29) 구성 (27) 또는 구성 (28)의 광학 시스템으로서, 3개의 광학 컴포넌트 중 적어도 2개는 투명한 광학 원도 들이고 구동 샤프트들 중 적어도 2개는 본질적으로 평행한, 광학 시스템.
- [0138] (30) 구성 (27) 내지 구성 (29) 중 어느 한 구성의 광학 시스템으로서, 3개의 로터리 액추에이터는 본질적으로 동일한 크기 및 구조를 갖는, 광학 시스템.
- [0139] (31) 구성 (27) 내지 구성 (30) 중 어느 한 구성의 광학 시스템으로서, 3개의 로터리 액추에이터 중 제1 로터리 액추에이터에 의한 3개의 광학 컴포넌트 중 제1 광학 컴포넌트의 이동은 제1 광학 컴포넌트를 빠져나가는 위치에서의 횡방향 빔 형상을 제1 광학 컴포넌트를 빠져나가는 빔을 따라 중앙에 뺀어 있는 광학 축을 중심으로 회전시키는, 광학 시스템.
- [0140] (32) 구성 (31)의 광학 시스템으로서, 제1 광학 컴포넌트의 이동은 타깃 위치에서의 포커싱된 빔의 측방 변위가 본질적으로 없으면서 타깃 위치에서의 빔을 포커싱된 빔을 따라 중앙에 뺀어 있는 광학 축을 중심으로 회전시키는, 광학 시스템.
- [0141] (33) 구성 (27) 내지 구성 (32) 중 어느 한 구성의 광학 시스템으로서, 빔을 장치에서의 타깃 위치에 포커싱시키기 위한 렌즈를 추가로 포함하며, 3개의 로터리 액추에이터 중 2개의 로터리 액추에이터에 의한 3개의 광학 컴포넌트 중 2개의 광학 컴포넌트의 이동은 타깃 위치에서의 포커싱된 빔의 측방 변위가 본질적으로 없으면서 타깃 위치에서의 포커싱된 빔의 입사각들을 변경하는, 광학 시스템.

- [0142] (34) 구성 (33)의 광학 시스템으로서, 제4 광학 컴포넌트를 이동시키기 위해 샤프트 축을 중심으로 회전하는 구동 샤프트를 가지는 제4 로터리 액추에이터에 커플링된 제4 광학 컴포넌트; 및 제5 광학 컴포넌트를 이동시키기 위해 샤프트 축을 중심으로 회전하는 구동 샤프트를 가지는 제5 로터리 액추에이터에 커플링된 제5 광학 컴포넌트를 추가로 포함하며, 제4 및 제5 로터리 액추에이터들의 샤프트 축들은 동일한 평면에 본질적으로 평행한, 광학 시스템.
- [0143] (35) 구성 (34)의 광학 시스템으로서, 3개의 로터리 액추에이터 및 제4 및 제5 로터리 액추에이터들의 샤프트 축들은 본질적으로 동일한 평면에 있는, 광학 시스템.
- [0144] (36) 구성 (34) 또는 구성 (35)의 광학 시스템으로서, 광학 시스템은 40 mm 이하의 높이를 가지는, 광학 시스템.
- [0145] (37) 구성 (34) 내지 구성 (36) 중 어느 한 구성의 광학 시스템으로서, 제4 및 제5 광학 컴포넌트들의 이동은 타깃 위치에서의 빔의 입사각들의 변화들이 본질적으로 없으면서 타깃 위치에서의 포커싱된 빔을 2 자유도로 측 방향으로 평행이동시키는, 광학 시스템.
- [0146] (38) 구성 (27) 내지 구성 (37) 중 어느 한 구성의 광학 시스템으로서, 수광된 원형 빔 형상을 세장형 빔 형상으로 변환하도록 구성된 빔 셰이핑 컴포넌트를 추가로 포함하는, 광학 시스템.
- [0147] (39) 구성 (38)의 광학 시스템으로서, 빔 셰이핑 컴포넌트는 빔 내의 상이한 방사 파장들을 공간적으로 분리시키도록 추가로 구성되는, 광학 시스템.
- [0148] (40) 방사 빔을 장치에 커플링시키기 위한 광학 시스템으로서, 광학 시스템은 조절가능 마운트에 지지되는 제1 광학 컴포넌트; 및 조절가능 마운트에 커플링된 제1 액추에이터를 포함하며, 제1 액추에이터에 의한 제1 광학 컴포넌트의 이동은 제1 광학 컴포넌트를 빠져나가는 출사 빔의 횡방향 형상 및 편광을 회전시키고, 횡방향 형상 및 편광의 회전은 출사 빔을 따라 중앙에 뻗어 있는 광학 축을 중심으로 이루어지는, 광학 시스템.
- [0149] (41) 구성 (40)의 광학 시스템으로서, 제1 광학 컴포넌트는 빔이 제1 광학 컴포넌트의 회전축을 따라 중앙에 입사하도록 정렬되는 단일 재료 단편으로 제조되는, 광학 시스템.
- [0150] (42) 구성 (40) 또는 구성 (41)의 광학 시스템으로서, 빔의 제1 횡방향 빔 형상을 제2 빔의 제2 횡방향 빔 형상으로 변환하도록 그리고 빔 내의 파장들을 공간적으로 분리시키도록 배열된 제2 광학 컴포넌트; 및 빔으로부터의 공간적으로 분리된 파장을 수광하도록 배열된 빔 덤프를 추가로 포함하는, 광학 시스템.
- [0151] (43) 구성 (40) 내지 구성 (42) 중 어느 한 구성의 광학 시스템으로서, 출사 빔의 지향각을 조절하도록 배열된 부가의 광학 컴포넌트를 추가로 포함하는, 광학 시스템.
- [0152] (44) 구성 (43)의 광학 시스템으로서, 부가의 광학 컴포넌트는 투명한 광학 윈도우인, 광학 시스템.
- [0153] (45) 방사 빔을 변경하기 위한 광학 시스템으로서, 광학 시스템은 제1 축을 중심으로 제1 광학 컴포넌트를 회전시키도록 구성된 조절가능 마운트에 의해 지지되는 제1 광학 컴포넌트; 제1 축에 평행하지 않은 제2 축을 중심으로 회전하는 구동 샤프트를 가지는 로터리 액추에이터; 구동 샤프트에 접속된 캠 암; 캠 암에 접속된 베어링; 및 조절가능 마운트에 접속된 곡면 표면을 포함하며, 로터리 액추에이터가 제1 광학 컴포넌트를 회전시키기 위해 작동될 때 베어링은 곡면 표면을 가로질러 가는, 광학 시스템.
- [0154] (46) 구성 (45)의 광학 시스템으로서, 곡면 표면은 구동 샤프트에 의한 캠 암의 회전에 의해 광학 컴포넌트를 통과하는 광학 빔의 파라미터의 변화를 선형화하도록 셰이핑되는, 광학 시스템.
- [0155] (47) 광학 빔 스티어링 장치로서, 제1 광학 윈도우를 회전시키도록 배열된 제1 로터리 액추에이터; 제2 광학 윈도우를 회전시키도록 배열된 제2 로터리 액추에이터; 및 렌즈를 포함하며, 제1 광학 윈도우의 회전은 타깃 위치에서의 광학 빔의 측방 위치를 조절하고 제2 광학 윈도우의 회전은 측방 위치를 10 마이크로미터 초과만큼 변화시키지 않으면서 타깃 위치에서의 빔의 입사각을 조절하는, 광학 빔 스티어링 장치.
- [0156] (48) 구성 (47)의 광학 빔 스티어링 장치로서, 제1 로터리 액추에이터의 로터리 구동 샤프트는 제2 로터리 액추에이터의 로터리 구동 샤프트와 본질적으로 평행한, 광학 빔 스티어링 장치.
- [0157] (49) 광학 빔 스티어링 장치로서, 3 직교 자유도로 빔 스티어링 장치로부터의 출력 빔의 3개의 파라미터를 조절하도록 배열된 3개의 회전가능 투명 광학 윈도우를 포함하는, 광학 빔 스티어링 장치.
- [0158] (50) 구성 (49)의 광학 빔 스티어링 장치로서, 3개의 회전가능 투명 광학 윈도우를 회전시키도록 구성된 3개의 로

터리 액추에이터를 추가로 포함하며, 3개의 로터리 액추에이터의 구동 샤프트들은 동일한 평면에 본질적으로 평행한, 광학 빔 스티어링 장치.

[0159] (51) 구성 (50)의 광학 빔 스티어링 장치로서, 구동 샤프트들은 서로 본질적으로 평행한, 광학 빔 스티어링 장치.

[0160] VI. 결론

[0161] 따라서 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리의 몇몇 실시예들의 몇몇 양태들을 설명하였지만, 다양한 변경들, 수정들, 및 개선들이 본 기술분야의 통상의 기술자에게 용이하게 안출될 것이 인식되어야 한다. 그러한 변경들, 수정들, 및 개선들은 본 개시내용의 일부인 것으로 의도되고, 본 발명의 사상 및 범위 내에 있는 것으로 의도된다. 본 교시내용들이 다양한 실시예들 및 예들과 관련하여 설명되었지만, 본 교시내용들이 이러한 실시예들 또는 예들로 제한되는 것으로 의도되지 않는다. 이와 반대로, 본 기술분야의 통상의 기술자에 의해 인식될 것인 바와 같이, 본 교시내용들은 다양한 대안들, 수정들, 및 균등물들을 포괄한다.

[0162] 예를 들어, 실시예들이 앞서 설명된 것보다 더 많은 또는 더 적은 광학 컴포넌트들을 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리에 포함하도록 수정될 수 있다. 더욱이, 광학 구성들은 어셈블리를 통과하는 광학 경로에서 보다 많은 또는 보다 적은 방향전환들 또는 폴딩들을 가지는 일부 빔 셰이핑 및 스티어링 어셈블리들을 갖는 도시된 구성들과 상이할 수 있다.

[0163] 다양한 발명 실시예들이 설명되고 예시되었지만, 본 기술분야의 통상의 기술자는 기능을 수행하고 그리고/또는 결과들 및/또는 설명된 장점들 중 하나 이상의 장점을 획득하기 위한 다양한 다른 수단들 및/또는 구조들을 용이하게 구상할 것이고, 그러한 변형들 및/또는 수정들 각각은 설명된 발명 실시예들의 범위 내에 있는 것으로 간주된다. 보다 일반적으로, 본 기술분야의 통상의 기술자는 설명된 모든 파라미터들, 치수들, 재료들, 및 구성들이 예들인 것으로 의도된다는 것과, 실제 파라미터들, 치수들, 재료들, 및/또는 구성들이 발명 교시내용들이 사용되는 특정 적용분야 또는 적용분야들에 의존할 것임을 쉽게 인식할 것이다. 본 기술분야의 통상의 기술자는, 일상적인 실험만을 사용하여, 설명된 특정 발명 실시예들에 대한 많은 균등물들을 인식하거나 확인할 수 있을 것이다. 따라서, 전술한 실시예들이 단지 예로서 제시되어 있다는 것과, 첨부된 청구항들 및 그의 균등물들의 범위 내에서, 발명 실시예들이 구체적으로 설명되고 청구된 것과 다른 방식으로 실시될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 본 개시내용의 발명 실시예들은 설명된 각각의 개별 특징, 시스템, 시스템 업그레이드, 및/또는 방법에 관한 것일 수 있다. 그에 부가하여, 그러한 특징들, 시스템들, 시스템 업그레이드들, 및/또는 방법들이 상호 모순되지 않으면, 2개 이상의 그러한 특징, 시스템, 및/또는 방법의 임의의 조합이 본 개시내용의 발명 범위 내에 포함된다.

[0164] 게다가, 비록 본 발명의 일부 장점들이 지시될 수 있지만, 본 발명의 모든 실시예가 모든 설명된 장점을 포함하는 것은 아님이 인식되어야 한다. 일부 실시예들은 유리하다고 설명된 임의의 특징들을 구현하지 않을 수 있다. 그에 따라, 전술한 설명 및 도면들은 예에 불과하다.

[0165] 특허들, 특허 출원들, 기사들, 서적들, 논문들, 및 웹 페이지들을 포함하지만 이들로 제한되지 않는, 본 출원에 인용된 모든 문헌 및 유사한 자료들은, 그러한 문헌 및 유사한 자료의 포맷에 관계없이, 그 전체가 참고로 명백히 포함된다. 포함된 문헌 및 유사한 자료들 중 하나 이상은, 정의된 용어들, 용어 사용법, 설명된 기술들 등을 포함하지만 이들로 제한되지 않는, 본 출원과 상이하거나 모순되는 경우에, 이 출원이 우선한다.

[0166] 사용된 섹션 제목들은 편성 목적들을 위한 것에 불과하고, 어떤 식으로든 설명된 발명 요지를 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0167] 또한, 설명된 기술은 방법 - 그의 적어도 하나의 예가 제공되었음 - 으로서 구체화될 수 있다. 방법의 일부로서 수행되는 동작들은 임의의 적당한 방식으로 순서화될 수 있다. 그에 따라, 동작들이 예시된 것과 상이한 순서로 수행되는 실시예들이 구성될 수 있으며, 이 실시예들은 일부 동작들을, 비록 예시적인 실시예들에서 순차적인 동작들로서 도시되어 있더라도, 동시에 수행하는 것을 포함할 수 있다.

[0168] 모든 정의들은, 정의되고 사용되는 바와 같이, 사전 정의들(dictionary definitions), 참고로 포함된 문서들에서의 정의들, 및/또는 정의된 용어들의 통상적인 의미들보다 우선하는 것으로 이해되어야 한다.

[0169] 수치 값들 및 범위들이, 명세서 및 청구범위에서, 대략적인 또는 정확한 값들 또는 범위들로서 설명될 수 있다. 예를 들어, 일부 경우들에서, "약", "대략", 및 "실질적으로"라는 용어들이 값에 대한 언급에서 사용될 수 있다. 그러한 언급들은 언급된 값은 물론 값의 타당한 ± 변동들을 포괄하는 것으로 의도된다. 예를 들어, "

약 10 내지 약 20"이라는 문구는 일부 실시예들에서 "정확히 10 내지 정확히 20"은 물론, 일부 실시예들에서 "10 ± δ1 내지 20 ± δ2"를 의미하는 것으로 의도된다. 값에 대한 변동량(δ1, δ2)은 일부 실시예들에서 값의 5% 미만, 일부 실시예들에서 값의 10% 미만, 그리고 게다가 일부 실시예들에서 값의 20% 미만일 수 있다. 값들의 큰 범위, 예컨대, 100배 이상을 포함한 범위가 주어지는 실시예들에서, 값에 대한 변동량(δ1, δ2)은 50% 정도로 높을 수 있다. 예를 들어, 작동가능 범위가 2 내지 200으로 확장되면 "대략 80"은 40 내지 120의 값들을 포함할 수 있고, 범위는 1 내지 300 정도로 클 수 있다. 정확한 값들이 의도될 때, "정확히"라는 용어가 사용된다 - 예컨대, "정확히 2 내지 정확히 200" -. "본질적으로"라는 용어는 값들이 ± 3% 이내에서 동일하거나 타겟 값 또는 조건에 있음을 나타내는 데 사용된다.

[0170] "인접한"이라는 용어는 2개의 요소가 서로 가까운 근접 범위 내에(예컨대, 2개의 요소 중 큰 쪽의 횡방향 또는 수직 치수의 약 1/5 미만의 거리 내에) 배열된 것을 지칭할 수 있다. 일부 경우들에서, 인접한 요소들 사이에 개재 구조체들 또는 층들이 있을 수 있다. 일부 경우들에서, 인접한 요소들은 어떤 개재 구조체들 또는 요소들도 없이 서로 바로 인접해 있을 수 있다.

[0171] 명세서에서 그리고 청구범위에서 사용되는 바와 같은 부정 관사 "한(a)" 및 "한(an)"은, 명확히 달리 지시되지 않는 한, "적어도 하나"를 의미하는 것으로 이해되어야 한다.

[0172] "및/또는"이라는 문구는, 명세서에서 그리고 청구범위에서 사용되는 바와 같이, 것처럼 등위 접속된 요소들, 즉 일부 경우들에서 결합적으로(conjunctively) 존재하고 다른 경우들에서 택일적으로(disjunctively) 존재하는 요소들 중 "어느 하나 또는 둘 다"를 의미하는 것으로 이해되어야 한다. "및/또는"을 사용해 열거된 다수의 요소들은 동일한 방식으로, 즉 것처럼 등위 접속된 요소들 중 "하나 이상"으로 해석되어야 한다. "그리고/또는" 절에 의해 구체적으로 식별되는 요소들 이외에 다른 요소들이, 구체적으로 식별된 그 요소들에 관련이 있는지 여부와 상관없이, 임의로 존재할 수 있다. 따라서, 비제한적인 예로서, "A 및/또는 B"에 대한 언급은, "포함하는(comprising)"과 같은 개방형 표현(open-ended language)과 함께 사용될 때, 일 실시예에서, A만(B 이외의 요소들을 임의로 포함함); 다른 실시예에서, B만(A 이외의 요소들을 임의로 포함함); 또 다른 실시예에서, A 및 B 둘 다(다른 원소들을 임의로 포함함); 기타를 지칭할 수 있다.

[0173] 명세서에서 그리고 청구범위에서 사용되는 바와 같이, "또는"은 앞서 정의된 바와 같은 "및/또는"과 동일한 의미를 갖는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, 목록에서 항목들을 분리할 때, "또는" 또는 "및/또는"은 포괄적(inclusive)인 것으로 해석되어야 하며, 즉 다수의 요소들 또는 요소들의 목록 중 적어도 하나의 요소를 포함하는 것은 물론, 하나 초과인 요소, 그리고 임의로 부가의 열거되지 않은 항목들을 포함하는 것으로 해석되어야 한다. "~ 중 하나만(only one of)" 또는 "~ 중 정확히 하나(exactly one of)" 또는, 청구범위에서 사용될 때, "~로 이루어진(consisting of)"과 같은, 명확히 달리 지시되는 용어들만이 다수의 요소들 또는 요소들의 목록 중 정확히 하나의 요소를 포함하는 것을 지칭할 것이다. 일반적으로, 사용되는 바와 같은 용어 "또는"은, "어느 하나", "~중 하나", "~중 하나만", 또는 "~ 중 정확히 하나"와 같은, 배타성의 용어들이 선행될 때 배타적 양자택일(exclusive alternative)(즉, 둘 다가 아니라 한쪽 또는 다른 쪽)을 지시하는 것으로만 해석되어야 한다. "본질적으로 ~로 이루어진(consisting essentially of)"은, 청구범위에서 사용될 때, 특허법 분야에서 사용되는 것과 같이 그의 통상적인 의미를 갖는다.

[0174] 명세서에서 그리고 청구범위에서 사용되는 바와 같이, 하나 이상의 요소의 목록에 대한 언급에서의 문구 "적어도 하나"는 요소들의 목록 내의 요소들 중 임의의 하나 이상의 요소 중에서 선택된 적어도 하나의 요소를 의미하는 것으로 이해되어야 하지만, 요소들의 목록 내에 구체적으로 열거된 각기의 요소 중 적어도 하나를 반드시 포함하는 것은 아니며 요소들의 목록 내의 요소들의 임의의 조합들을 배제하지 않는다. 이 정의는 "적어도 하나"라는 문구가 언급하는 요소들의 목록 내에서 구체적으로 식별되는 요소들 이외에 요소들이, 구체적으로 식별된 그 요소들에 관련이 있는지 여부에 관계없이, 임의로 존재할 수 있는 것을 또한 허용한다. 따라서, 비제한적인 예로서, "A 및 B 중 적어도 하나"(또는 등가적으로, "A 또는 B 중 적어도 하나", 또는 등가적으로 "A 및/또는 B 중 적어도 하나")는, 일 실시예에서, B가 존재하지 않는 경우(그리고 B 이외의 요소들을 임의로 포함함), 적어도 하나의 A - 하나 초과인 A를 임의로 포함함 - 를 지칭할 수 있고; 다른 실시예에서, A가 존재하지 않는 경우(그리고 A 이외의 요소들을 임의로 포함함), 적어도 하나의 B - 하나 초과인 B를 임의로 포함함 - 를 지칭할 수 있으며; 또 다른 실시예에서, 적어도 하나의 A - 하나 초과인 A를 임의로 포함함 -, 및 적어도 하나의 B - 하나 초과인 B를 임의로 포함함 - (그리고 임의로 다른 요소들을 포함함)를 지칭할 수 있고; 기타일 수 있다.

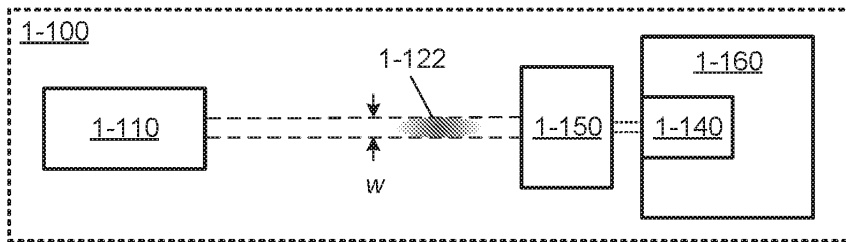
[0175] 청구범위에서는 물론 이상의 명세서에서, "포함하는(comprising)", "포함하는(including)", "담고 있는

(carrying)", "갖는(having)", "함유하는(containing)", "수반하는(involving)", "보유하는(holding)", "~로 구성되는(composed of)", 및 이와 유사한 것과 같은 모든 이행적 어구들(transitional phrases)은 개방형(open-ended)인 것으로, 즉 "~를 포함하지만 이에 한정되지는 않는"을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 이행적 어구들 "~로 이루어진(consisting of)" 및 "본질적으로 ~로 이루어진(consisting essentially of)"만이, 제각기, 폐쇄형(closed) 또는 반폐쇄형(semi-closed) 이행적 어구들이다.

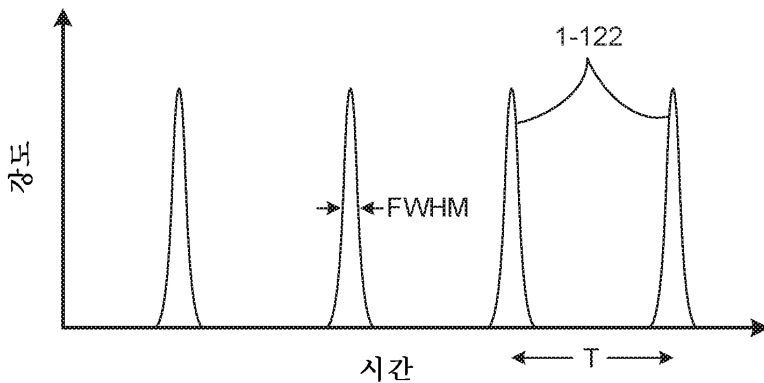
[0176] 청구범위는, 그 취지로 언급되지 않는 한, 설명된 순서 또는 요소들로 제한되는 것으로 읽혀져서는 안된다. 첨부된 청구항들의 사상 및 범위를 벗어남이 없이 본 기술분야의 통상의 기술자에 의해 형태 및 상세의 다양한 변경들이 이루어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 하기의 청구항들 및 그에 대한 균등물들의 사상 및 범위 내에 있는 모든 실시예들이 청구된다.

**도면**

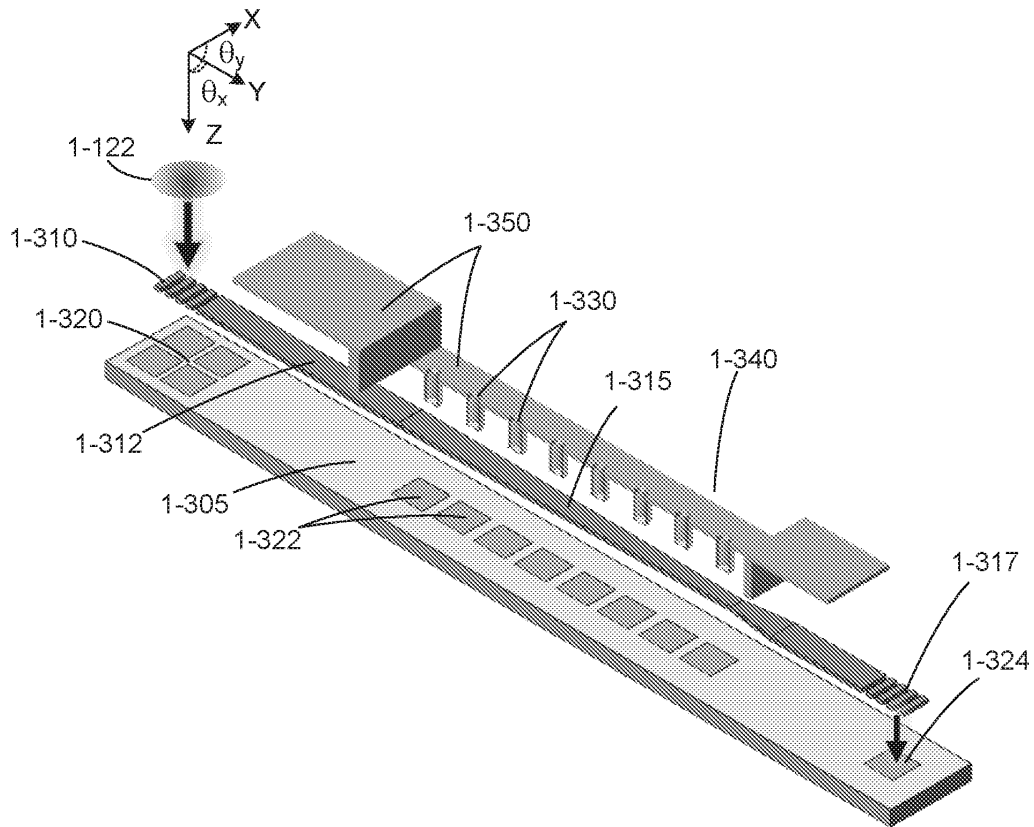
**도면1a**



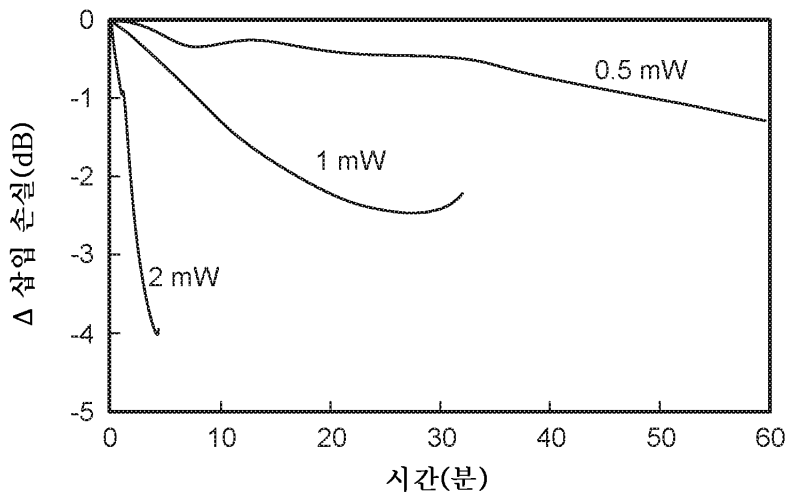
**도면1b**



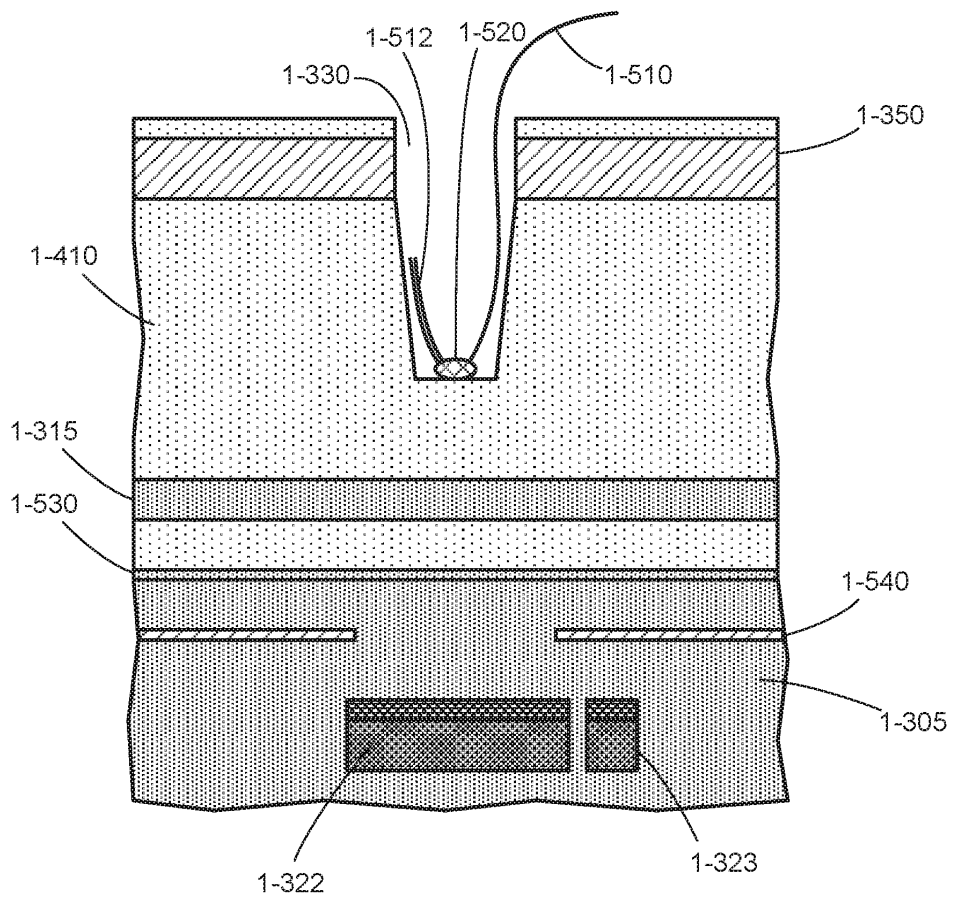
도면1c



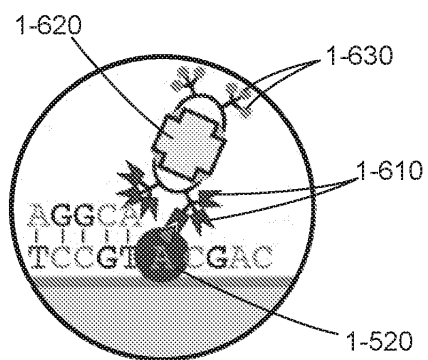
도면1d



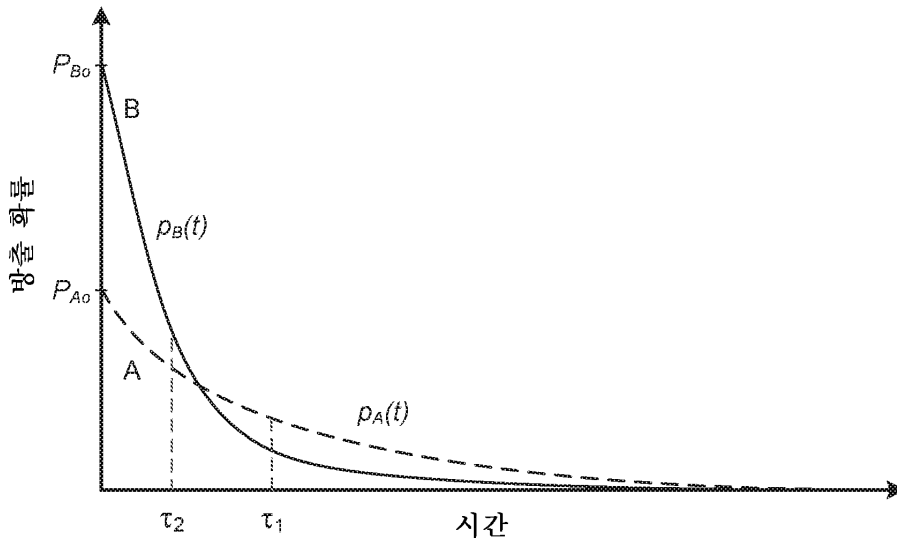
도면1e



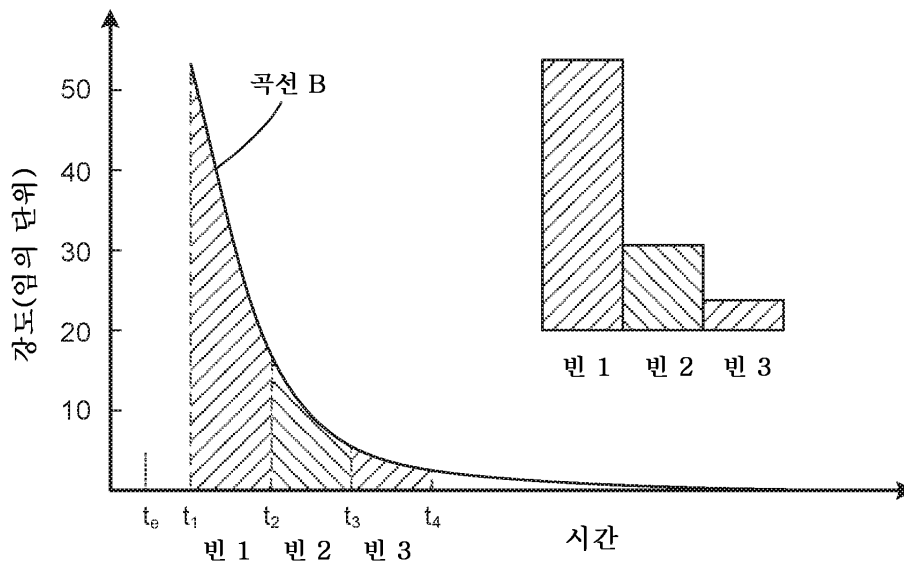
도면1f



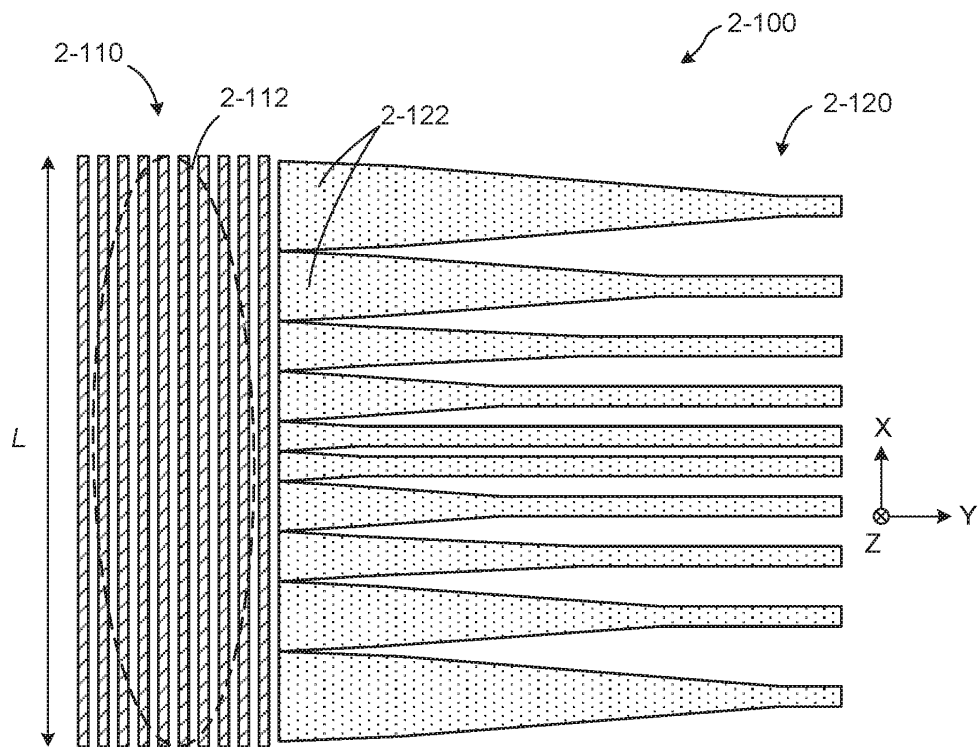
도면1g



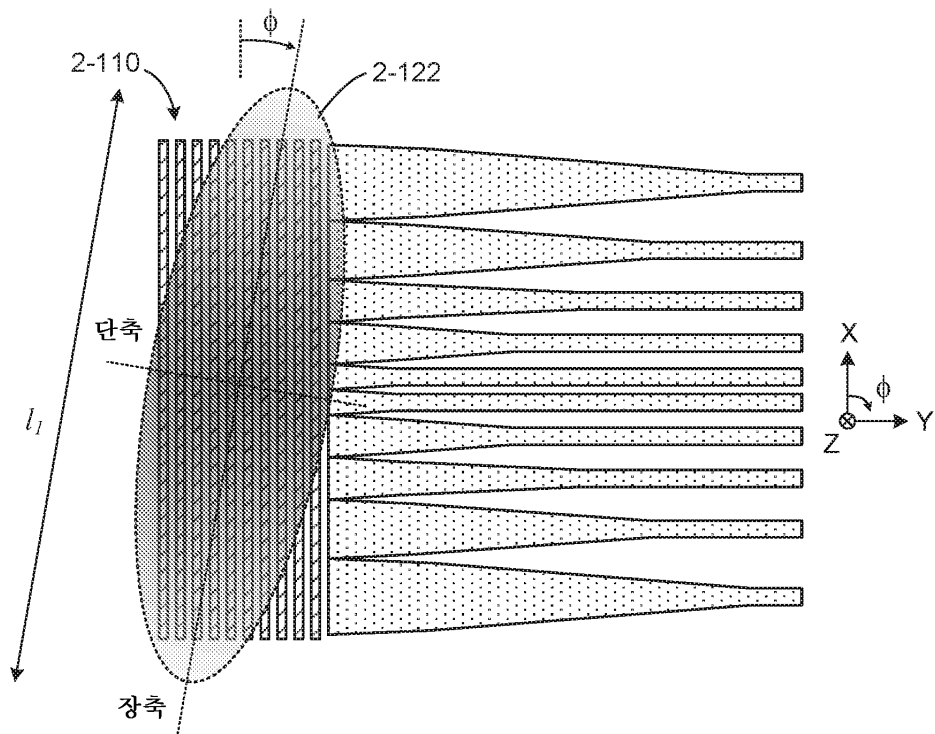
도면1h



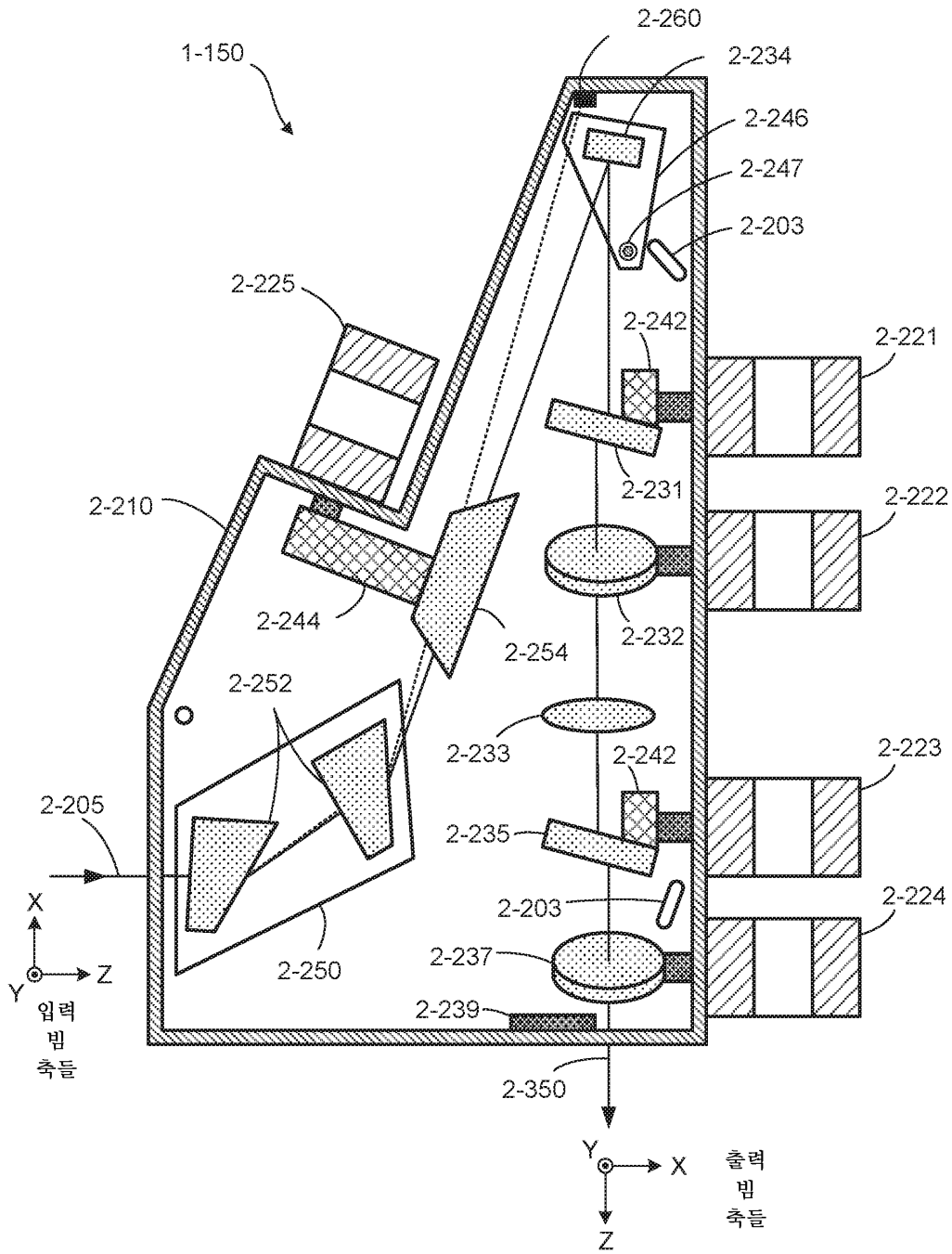
도면2aa



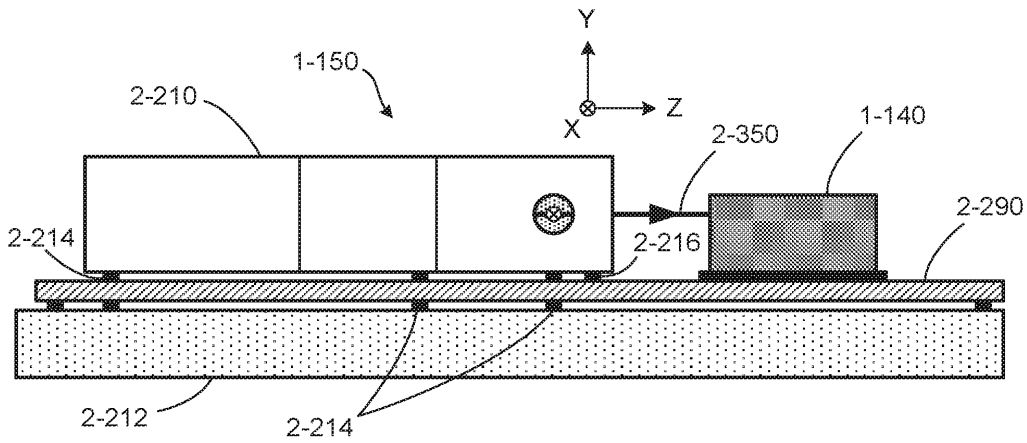
도면2ab



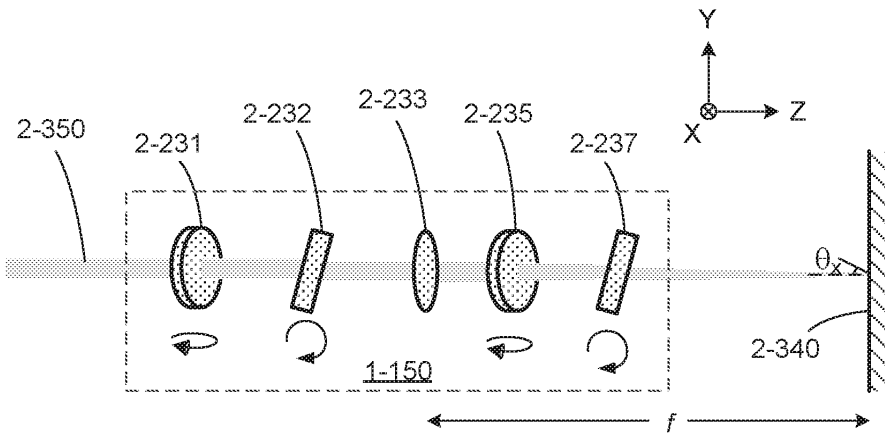
도면 2ba



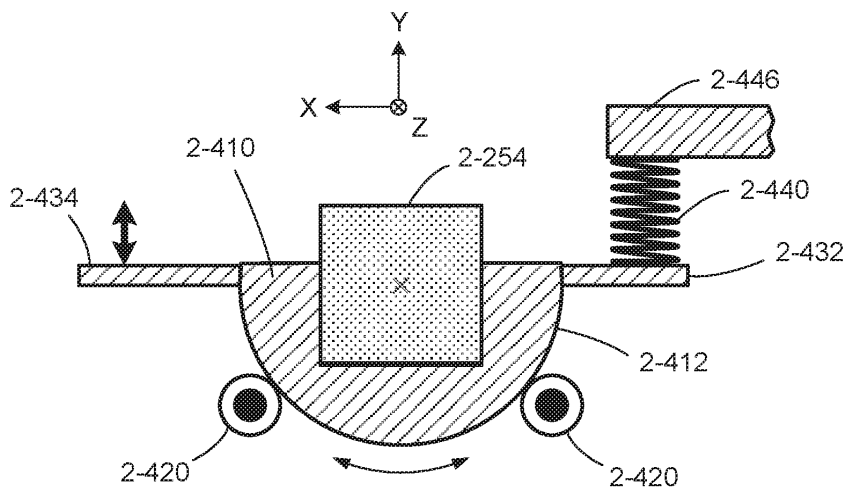
도면2bb



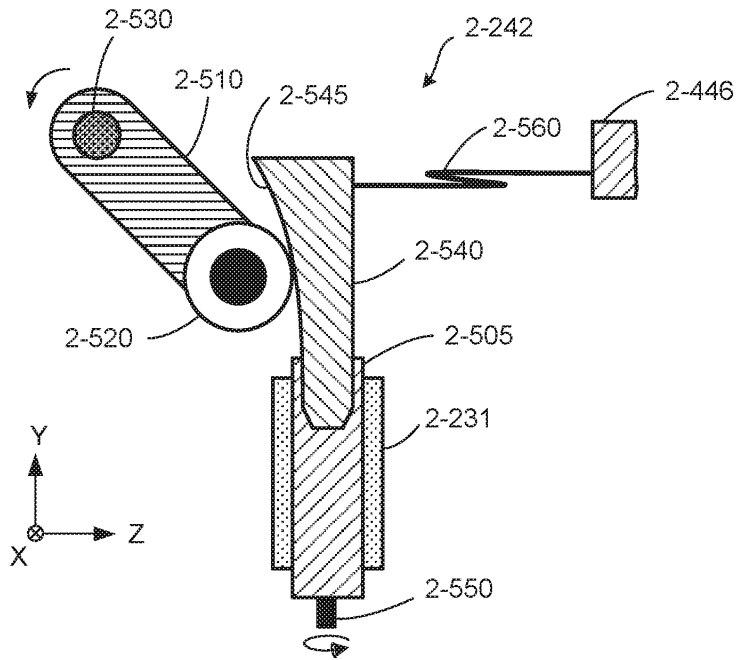
도면2c



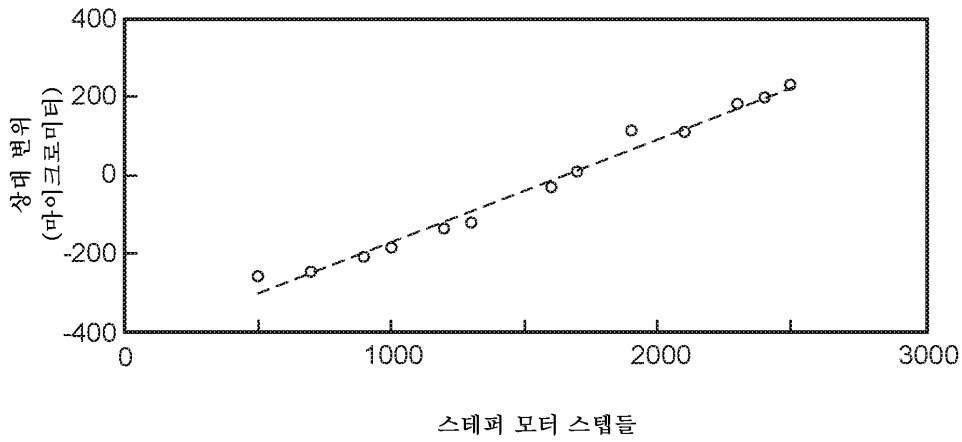
도면2d



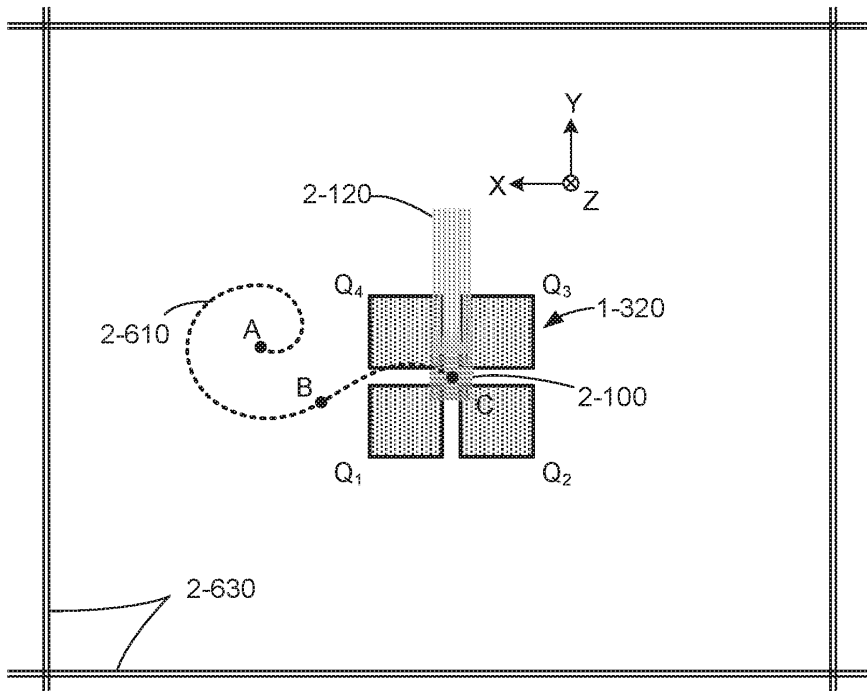
도면2ea



도면2eb



도면2f



도면2g

