(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월08일
(11) 등록번호 10-2793661
(24) 등록일자 2025년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/481 (2006.01) *G01S 17/931* (2020.01)
G02B 13/16 (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
G02B 26/10 (2022.01) *G02B 27/28* (2020.01)
G02B 3/00 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/481 (2013.01)
G01S 17/931 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2021-7013472
(22) 출원일자(국제) 2019년10월03일
심사청구일자 2022년10월04일
(85) 번역문제출일자 2021년05월03일
(65) 공개번호 10-2021-0066906
(43) 공개일자 2021년06월07일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2019/001075
(87) 국제공개번호 WO 2020/070554
국제공개일자 2020년04월09일
(30) 우선권주장
62/741,034 2018년10월04일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US10698114 B2

(73) 특허권자
이노비즈 테크놀로지스 엘티디
이스라엘 4809202 로쉬 하인 니츠바 300 빌딩 씨우리 아리아브 스트리트 5
(72) 발명자
알펜 야이르
이스라엘 3605221 키르야트 티본 19에이 칼라니오트 스트리트
기르겔 미카엘
이스라엘 2623184 키르야트 모츠킨 1 티드하르 스트리트
(74) 대리인
유미특허법인

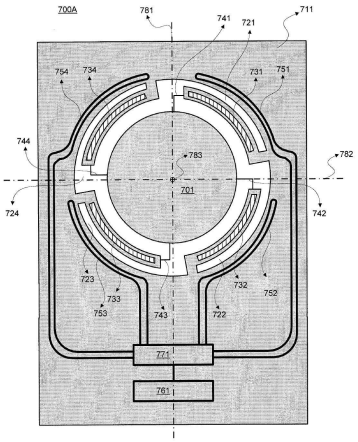
전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 최희주

(54) 발명의 명칭 **가열 요소를 갖는 전기 광학 시스템**

(57) 요 약

마이크로 전자 기계 시스템(microelectromechanical system: MEMS) 미러 조립체는 프레임 및 상기 프레임에 결합된 MEMS 미러를 포함할 수 있다. 상기 MEMS 미러 조립체는 몸체 및 압전 요소를 포함하는 적어도 하나의 압전 액추에이터를 더 포함할 수 있다. 전기장을 받으면 상기 압전 요소는 상기 몸체를 굴곡시켜 상기 프레임의 평면에 대해 상기 MEMS 미러를 이동시키도록 구성될 수 있다. 상기 MEMS 미러 조립체는 전류가 적어도 하나의 가열 저항기를 통과할 때 상기 압전 요소를 가열하도록 구성된 상기 적어도 하나의 가열 저항기를 더 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도7a



(52) CPC특허분류
G02B 13/16 (2013.01)
G02B 26/0858 (2013.01)
G02B 26/101 (2013.01)
G02B 27/283 (2013.01)
G02B 3/0056 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

마이크로 전자 기계 시스템(microelectromechanical system: MEMS) 미러 조립체로서,

MEMS 미러;

프레임;

상기 MEMS 미러 조립체와 일체로 형성되고 상기 프레임에 대해 상기 MEMS 미러를 이동시키도록 구성된 적어도 하나의 압전 액추에이터로서, 상기 적어도 하나의 압전 액추에이터는 몸체, 및 전기장을 받을 때 상기 몸체를 굴곡시켜 상기 MEMS 미러를 이동시키도록 구성된 압전 요소를 포함하는, 상기 적어도 하나의 압전 액추에이터; 및

전류가 적어도 하나의 가열 저항기를 통과할 때 상기 압전 요소를 가열시키도록 구성된 상기 적어도 하나의 가열 저항기

를 포함하고,

상기 프레임, 상기 적어도 하나의 압전 액추에이터 및 상기 적어도 하나의 가열 저항기는 단일 공통 웨이퍼 상에 포함되는, 미러 조립체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 압전 요소의 온도에 관한 정보에 응답하여 전류가 상기 적어도 하나의 가열 저항기를 통과하게 하도록 구성된 제어기를 더 포함하는, 미러 조립체.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는 상기 공통 웨이퍼의 금속 층 상에 구현되거나, 또는

상기 공통 웨이퍼의 금속 층 상에 상기 적어도 하나의 가열 저항기가 구현되고 또한 상기 금속 층 상에 상기 압전 요소에 전기장을 인가하는 데 사용되는 적어도 하나의 전극도 구현되는, 미러 조립체.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는

상기 공통 웨이퍼의 실리콘 기반 층의 도핑된 영역;

상기 압전 액추에이터들 중 적어도 하나;

상기 프레임; 또는

상기 압전 액추에이터들 중 적어도 하나에 인접한 상기 프레임의 에지

중 적어도 하나 상에 구현되는, 미러 조립체.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는 상기 압전 액추에이터들 중 적어도 하나에 인접한 상기 MEMS 미러 조립체의

비 이동 부분 상에 구현되는, 미러 조립체.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 미러 조립체는, 상기 MEMS 미러 조립체의 적어도 하나의 구성 요소의 온도를 검출하도록 구성된 센서 및 상기 적어도 하나의 가열 저항기의 활성화를 제어하도록 구성된 제어기를 더 포함하거나, 또는

상기 미러 조립체는, 상기 MEMS 미러 조립체의 적어도 하나의 구성 요소의 온도를 검출하도록 구성된 교정된 저항기 및 상기 적어도 하나의 가열 저항기의 활성화를 제어하도록 구성된 제어기를 더 포함하는, 미러 조립체.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 MEMS 미러를 작동시키기 위한 전압에 응답하여 온도를 나타내는 정보를 생성하도록 프로그래밍된 프로세서를 더 포함하는, 미러 조립체.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는 1/4킬로옴 내지 5킬로옴의 총 저항을 갖는, 미러 조립체.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는 5밀리와트 내지 500밀리와트 범위의 가열 전력을 방출하는, 미러 조립체.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

제어기를 더 포함하고,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는 제1 가열 저항기와 제2 가열 저항기를 포함하고;

상기 제어기는, 상기 압전 요소의 온도와 관련된 수신된 정보에 기초하여, 상기 제1 가열 저항기에 제1 전류의 인가 및 상기 제2 가열 저항기에 제2 전류의 인가를 제어하도록 구성되고, 상기 제1 전류는 상기 제2 전류와 상이한, 미러 조립체.

청구항 11

단일 공통 웨이퍼 상에 포함된 프레임, 적어도 하나의 압전 액추에이터 및 적어도 하나의 가열 저항기를 갖는 마이크로 전자 기계 시스템(MEMS) 미러 조립체를 동작시키는 방법으로서,

상기 압전 액추에이터의 압전 요소에 전기장을 인가하여 상기 압전 액추에이터에 결합된 MEMS 미러를 이동시키는 단계; 및

상기 압전 요소를 가열하기 위해 상기 적어도 하나의 가열 저항기를 통해 전류를 통과시키는 단계

를 포함하는, 미러 조립체를 동작시키는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 MEMS 미러 조립체로부터 온도 판독값에 기초하여 전류를 선택적으로 통과시키는 단계를 더 포함하는, 미러 조립체를 동작시키는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 방법은 상기 온도 판독값이 임계 온도보다 낮은 온도를 나타낼 때 전류를 선택적으로 통과시키는 단계를 더 포함하거나, 또는

상기 방법은 상기 온도 판독값이 이슬점보다 낮은 온도를 나타낼 때 전류를 선택적으로 통과시키는 단계를 더 포함하고, 상기 이슬점은 물방울이 응축되기 시작하고 이슬이 형성되는 대기 온도인, 미러 조립체를 동작시키는 방법.

청구항 14

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가열 저항기는 제1 가열 저항기 및 제2 가열 저항기를 포함하고;

상기 방법은 상기 제1 가열 저항기를 통해 제1 전류를 통과시키는 단계, 및 상기 제2 가열 저항기를 통해 제2 전류를 통과시키는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 전류는 상기 제2 전류와 상이한, 미러 조립체를 동작시키는 방법.

청구항 15

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 압전 요소를 가열하는 것은 상기 압전 요소를 상기 MEMS 미러 조립체 주변의 주변 온도보다 적어도 5℃ 더 높은 온도로 가열하는 것을 포함하는, 미러 조립체를 동작시키는 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련 출원에 대한 상호 참조**

[0002] 본 출원은 2018년 10월 4일자로 출원된 미국 가특허 출원 번호 62/741,034의 우선권을 주장하며, 이 기초출원은 그의 전문이 참조에 의해 본 명세서에 원용된다.

[0003] **기술 분야**

[0004] 본 발명은 일반적으로 주변 환경을 스캐닝하기 위한 기술에 관한 것으로, 예를 들어, LIDAR 기술을 사용하여 주변 환경의 물체를 검출하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0005] 운전자 보조 시스템 및 자율 주행 차량의 출현으로 자동차는 차량의 운행에 영향을 줄 수 있는 장애물, 위험 요소, 물체, 및 다른 물리적 파라미터를 식별하는 것을 포함하여 안정적으로 주변을 감지하고 해석할 수 있는 시스템을 구비해야 한다. 이를 위해 레이더, LIDAR, 카메라 기반 시스템을 단독 또는 중복 방식으로 운영하는 등 다수의 상이한 기술이 제안되었다.

[0006] 운전자 보조 시스템 및 자율 주행 차량에 대한 하나의 고려 사항은 비, 안개, 어둠, 밝은 광, 및 눈(snow)을 포함하는 여러 조건에서 시스템이 주변을 결정하는 능력이다. 광 검출 및 거리 측정 시스템(LIDAR, 이는 LADAR라고도 알려짐)은 여러 조건에서 잘 작동할 수 있는 기술의 일례로서, 광으로 물체를 비추고 센서를 사용하여 반사된 펄스를 측정함으로써 물체까지의 거리를 측정한다. 레이저는 LIDAR 시스템에서 사용될 수 있는 광원의 일례이다. 임의의 감지 시스템에서와 같이 LIDAR 기반 감지 시스템이 자동차 산업에 완전히 채택되도록 하려면 시스템은 멀리 떨어진 물체를 검출할 수 있는 신뢰성 있는 데이터를 제공하여 한다. 그러나 현재 LIDAR 시스템의 최대 조명 전력은 LIDAR 시스템이 안구에 안전하도록(eye-safe)(즉, 투영된 광 방출이 눈의 각막 및 수정체에 흡수될 때 망막에 열 손상을 일으킬 수 있는 인간의 안구의 손상을 방지하도록) 만들기 위해 제한된다.

발명의 내용

[0007] 본 발명의 시스템 및 방법은 안구 안전 규정을 준수하면서 LIDAR 시스템의 성능을 향상시키는 것에 관한 것이다.

[0008] 본 발명에 따른 실시예는 사용자의 환경으로부터 이미지를 자동으로 캡처하고 처리하는 디바이스 및 방법, 그리고 사용자의 환경으로부터 캡처된 이미지와 관련된 정보를 처리하는 시스템 및 방법을 제공한다.

[0009] 일 실시예에서, 마이크로 전자 기계 시스템(microelectromechanical system: MEMS) 미러 조립체가 개시된다. 상기 MEMS 미러 조립체는 프레임과 상기 프레임에 결합된 MEMS 미러를 포함한다. 상기 MEMS 미러 조립체는 몸체 및 압전 요소를 포함하는 적어도 하나의 압전 액추에이터를 더 포함할 수 있다. 전기장을 받으면 상기 압전 요소는 상기 몸체를 굴곡시켜 상기 프레임의 평면에 대해 상기 MEMS 미러를 이동시키도록 구성될 수 있다. 상기 MEMS 미러 조립체는 전류가 적어도 하나의 가열 저항기를 통과할 때 상기 압전 요소를 가열시키도록 구성된 상기 적어도 하나의 가열 저항기를 더 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 마이크로 전자 기계 시스템(MEMS) 미러 조립체를 동작시키는 방법이 개시된다. 상기 방법은 상기 압전 액추에이터의 몸체를 굴곡시키기 위해 상기 MEMS 미러 조립체의 압전 액추에이터의 압전 요소에 전기장을 인가하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 압전 요소를 가열시키기 위해 상기 MEMS 미러 조립체의 적어도 하나의 가열 저항기를 통해 전류를 통과시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기(solid-state photodetector)가 개시된다. 상기 솔리드-스테이트 포토검출기는 감광성 포토다이오드에 충돌하는 광을 나타내는 출력 신호를 생성하도록 구성된 적어도 하나의 감광성 포토다이오드를 포함하는 집적 회로를 포함할 수 있다. 상기 솔리드-스테이트 포토검출기는 전류가 적어도 하나의 가열 저항기를 통과할 때 상기 솔리드-스테이트 포토검출기를 가열하도록 구성된 상기 적어도 하나의 가열 저항기를 포함할 수도 있다. 상기 전기 광학 시스템은 전류원의 전류를 상기 적어도 하나의 가열 저항기로 송신하기 위한 회로부를 더 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 전기 광학 시스템을 동작시키는 방법이 개시된다. 상기 방법은 감광성 포토다이오드를 가열하기 위해 상기 전기 광학 시스템의 적어도 하나의 가열 저항기를 통해 전류를 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 적어도 하나의 가열 저항기는 상기 감광성 포토다이오드가 구현된 칩 상에 구현될 수 있다. 상기 방법은 상기 전기 광학 시스템의 감광성 포토다이오드에 의해 상기 전기 광학 시스템의 시야(field-of-view: FOV)로부터 광을 검출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 다른 개시된 실시예에 따라, 비-일시적인 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행되고 본 명세서에 설명된 방법 중 임의의 방법을 수행하는 프로그램 명령어를 저장할 수 있다.

[0014] 전술한 일반적인 설명 및 이하의 상세한 설명은 단지 예시적이고 설명을 위한 것일 뿐 본 청구 범위를 제한하는 것이 아니다.

도면의 간단한 설명

[0015] 본 명세서에 병합되고 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부된 도면은 다양한 개시된 실시예를 도시한다.

도 1a는 개시된 실시예에 따른 예시적인 LIDAR 시스템을 도시하는 다이어그램이다.

도 1b는 개시된 실시예에 따라 차량에 장착된 LIDAR 시스템의 단일 스캐닝 사이클의 예시적인 출력을 도시하는 이미지이다.

도 1c는 개시된 실시예에 따른 LIDAR 시스템의 출력으로부터 결정된 포인트 클라우드 모델(point cloud model)의 표현을 예시하는 다른 이미지이다.

도 2a, 도 2b, 도 2c, 도 2d, 도 2e, 도 2f 및 도 2g는 본 발명의 일부 실시예에 따른 투영 유닛(projecting unit)의 상이한 구성을 예시하는 다이어그램이다.

도 3a, 도 3b, 도 3c, 및 도 3d는 본 발명의 일부 실시예에 따른 스캐닝 유닛(scanning unit)의 상이한 구성을 나타내는 다이어그램이다.

도 4a, 도 4b, 도 4c, 도 4d 및 도 4e는 본 발명의 일부 실시예에 따른 감지 유닛(sensing unit)의 상이한 구성을 나타내는 다이어그램이다.

도 5a는 단일 시야 부분에 대해 단일 프레임 시간에서의 방출 패턴(emission pattern)을 예시하는 4개의 예시적인 다이어그램을 포함한다.

도 5b는 전체 시야에 대해 단일 프레임 시간에서의 방출 방식을 예시하는 3개의 예시적인 다이어그램을 포함한다.

도 5c는 전체 시야에 대해 단일 프레임 시간 동안 실제 투영된 광 방출 및 수신된 반사를 나타내는 도면이다.

도 6a, 도 6b, 및 도 6c는 본 발명의 일부 실시예에 따라 제1 예시적인 구현예를 예시하는 다이어그램이다.

도 6d는 본 발명의 일부 실시예에 따라 제2 예시적인 구현예를 예시하는 다이어그램이다.

도 7a 및 도 7b는 본 명세서의 일부 실시예에 따른 예시적인 MEMS 미러 조립체를 예시하는 다이어그램이다.

도 8은 본 명세서의 일부 실시예에 따른 예시적인 MEMS 미러 조립체를 예시하는 다이어그램이다.

도 9는 본 명세서의 일부 실시예에 따른 MEMS 미러 조립체를 동작시키기 위한 예시적인 프로세스의 흐름도이다.

도 10a, 도 10b 및 도 10c는 본 명세서의 일부 실시예에 따른 예시적인 전기 광학 시스템을 예시하는 다이어그램이다.

도 11a 및 도 11b는 본 명세서의 일부 실시예에 따른 예시적인 전기 광학 시스템을 예시하는 다이어그램이다.

도 12는 본 명세서의 일부 실시예에 따른 전기 광학 시스템을 동작시키기 위한 예시적인 프로세스의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하의 발명의 상세한 설명은 첨부된 도면을 참조한다. 가능하면, 동일한 참조 부호는 도면 및 이하의 설명에서 동일하거나 유사한 부분을 나타내기 위해 사용된다. 몇몇 예시적인 실시예가 본 명세서에 설명되지만, 수정, 개

조, 및 다른 구현예도 가능하다. 예를 들어, 도면에 도시된 구성 요소에 대한 대체, 추가 또는 수정이 이루어질 수 있으며, 본 명세서에 설명된 예시적인 방법은 개시된 방법에 단계를 대체, 재정렬, 제거 또는 추가함으로써 수정될 수 있다. 따라서, 이하의 상세한 설명은 개시된 실시예 및 예로 제한되지 않는다. 대신, 적절한 범위는 첨부된 청구 범위에 의해 한정된다.

[0017] **용어의 정의**

[0018] 개시된 실시예는 광학 시스템을 포함할 수 있다. 본 명세서에 사용된 "광학 시스템"은 광의 발생, 검출, 및/또는 조작에 사용되는 임의의 시스템을 광범위하게 포함한다. 단지 예로서, 광학 시스템은 광을 생성, 검출, 및/또는 조작하기 위한 하나 이상의 광학 구성 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광원, 렌즈, 미러, 프리즘, 빔 스플리터, 시준기, 편광 광학계, 광 변조기, 광 스위치, 광 증폭기, 광학 검출기, 광학 센서, 광섬유, 반도체 광학 구성 요소는 각각 필수적으로 요구되는 것은 아니지만 각각은 광학 시스템의 일부일 수 있다. 하나 이상의 광학 구성 요소 이외에, 광학 시스템은 전기적 구성 요소, 기계적 구성 요소, 화학 반응 구성 요소, 및 반도체 구성 요소와 같은 다른 비 광학 구성 요소를 더 포함할 수 있다. 비 광학 구성 요소는 광학 시스템의 광학 구성 요소와 협력할 수 있다. 예를 들어, 광학 시스템은 검출된 광을 분석하기 위한 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명에 따라 광학 시스템은 LIDAR 시스템일 수 있다. 본 명세서에 사용된 "LIDAR 시스템"이라는 용어는 반사된 광에 기초하여 한 쌍의 유형적인 물체 사이의 거리를 나타내는 파라미터 값을 결정할 수 있는 임의의 시스템을 광범위하게 포함한다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템에 의해 방출된 광의 반사에 기초하여 한 쌍의 유형적인 물체 사이의 거리를 결정할 수 있다. 본 명세서에서 사용된 "거리를 결정하는"이라는 용어는 한 쌍의 유형적인 물체 사이의 거리를 나타내는 출력을 생성하는 것을 광범위하게 포함한다. 결정된 거리는 한 쌍의 유형적인 물체 사이의 물리적 치수를 나타낼 수 있다. 단지 예로서, 결정된 거리는 LIDAR 시스템의 시야 내의 다른 유형적인 물체와 LIDAR 시스템 사이의 비행 거리의 라인을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템에 의해 방출된 광의 반사에 기초하여 한 쌍의 유형적인 물체 간의 상대 속도를 결정할 수 있다. 한 쌍의 유형적인 물체 사이의 거리를 나타내는 출력의 예로는 유형적인 물체 간의 표준 길이 단위의 수(예를 들어, 미터 수, 인치 수, 킬로미터 수, 밀리미터 수), 임의의 길이 단위의 수(예를 들어, LIDAR 시스템 길이의 수), 다른 길이와 거리 간의 비율(예를 들어, LIDAR 시스템의 시야에서 검출된 물체의 길이에 대한 비율), 시간의 양(예를 들어, 표준 단위 임의의 단위, 또는 비율로 주어진 양, 예를 들어, 광이 유형적인 물체 사이를 이동하는 데 걸리는 시간), 하나 이상의 장소(location)(예를 들어, 합의된 좌표계를 사용하여 지정된 곳, 알려진 장소에 대하여 지정된 곳) 등을 포함할 수 있다.

[0020] LIDAR 시스템은 반사된 광에 기초하여 한 쌍의 유형적인 물체 사이의 거리를 결정할 수 있다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템은, 광 신호의 방출과 센서에 의한 광의 검출 시간 사이의 시간 기간을 나타내는 시간 정보를 생성하는 센서의 검출 결과를 처리할 수 있다. 시간 기간은 때로는 광 신호의 "비행 시간"이라고도 한다. 일 예에서, 광 신호는 짧은 펄스일 수 있고, 펄스의 상승 및/또는 하강 시간은 수신 시 검출될 수 있다. 관련 매질(보통 공기)에서 광의 속도에 관한 알려진 정보를 사용하여 광 신호의 비행 시간에 관한 정보를 처리하면 광 신호가 방출과 검출 사이에 이동한 거리를 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, LIDAR 시스템은 주파수 위상 이동(또는 다수의 주파수 위상 이동)에 기초하여 거리를 결정할 수 있다. 구체적으로, LIDAR 시스템은 (예를 들어, 최종 측정값을 제공하기 위해 일부 동시 수식을 푸는 것에 의해) 광 신호의 하나 이상의 변조 위상 이동을 나타내는 정보를 처리할 수 있다. 예를 들어, 방출된 광 신호는 하나 이상의 일정한 주파수로 변조될 수 있다. 방출된 신호와 검출된 반사 사이의 변조의 적어도 하나의 위상 이동은 광이 방출과 검출 사이에 이동한 거리를 나타낼 수 있다. 변조는 연속파 광 신호, 준 연속파 광 신호, 또는 다른 유형의 방출된 광 신호에 적용될 수 있다. 추가 정보는 투영 장소 간의 거리, 예를 들어, 장소 정보(예를 들어, 상대 위치), 신호의 검출 장소(특히, 서로 떨어져 있는 경우) 등을 결정하기 위해 LIDAR 시스템에 의해 사용될 수 있다.

[0021] 일부 실시예에서, LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템의 환경에서 복수의 물체를 검출하는 데 사용될 수 있다. "LIDAR 시스템의 환경에서 물체를 검출하는"이란 용어는 광을 LIDAR 시스템과 연관된 검출기 쪽으로 반사한 물체를 나타내는 정보를 생성하는 것을 광범위하게 포함한다. 하나를 초과하는 물체가 LIDAR 시스템에 의해 검출되면, 서로 다른 물체와 관련된 생성된 정보, 예를 들어, 도로에서 주행하는 자동차, 나무에 앉아 있는 새, 자전거를 타는 사람, 빌딩 쪽으로 이동하는 밴이 상호 연결될 수 있다. LIDAR 시스템이 물체를 검출하는 환경의 차원은 구현예에 따라 변할 수 있다. 예를 들어, LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템이 설치된 차량의 환경에서 100m(또는 200m, 300m 등)의 수평 거리, 10m(또는 25m, 50m 등)의 수직 거리까지 복수의 물체를 검출하는 데 사용될 수 있다. 다른 예에서, LIDAR 시스템은 차량의 환경에서 또는 미리 정해진 수평 범위(예를 들어, 25°, 50°, 100°,

180° 등)와 미리 정해진 수직 고도(예를 들어, ±10°, ±20°, +40°-20°, ±90°, 또는 0°-90°) 내에서 복수의 물체를 검출하는 데 사용될 수 있다.

[0022] 본 명세서에서 사용된 "물체를 검출하는"이라는 용어는 물체의 존재(예를 들어, 물체가 LIDAR 시스템 및/또는 다른 기준 장소에 대해 특정 방향으로 존재할 수 있고, 또는 물체가 특정 공간 체적 내에 존재할 수 있음)를 결정하는 것을 광범위하게 지칭할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, "물체를 검출하는"이라는 용어는 물체와 이와 다른 장소(예를 들어, LIDAR 시스템의 장소, 지구 상의 장소 또는 다른 물체의 장소) 사이의 거리를 결정하는 것을 지칭할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, "물체를 검출하는"이라는 용어는 물체를 식별하는 것(예를 들어, 자동차, 식물, 나무, 도로와 같은 물체의 유형을 분류하는 것), 특정 물체(예를 들어, 워싱턴 기념비)를 인식하는 것, 번호판 번호를 결정하는 것, 물체의 조성(예를 들어, 고체, 액체, 투명, 반투명)을 결정하는 것, 물체의 운동 파라미터(예를 들어, 물체가 이동하고 있는지, 속도, 이동 방향, 물체의 팽창)를 결정하는 것을 지칭할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, "물체를 검출하는"이라는 용어는 포인트 클라우드 맵(point cloud map)의 하나 이상의 포인트의 모든 포인트가 물체의 장소 또는 그 면(face)의 장소에 대응하는 포인트 클라우드 맵을 생성하는 것을 지칭할 수 있다. 일 실시예에서, 시야의 포인트 클라우드 맵 표현과 연관된 데이터 해상도는 시야의 0.1° ×0.1° 또는 0.3° ×0.3° 와 연관될 수 있다.

[0023] 본 발명에 따르면, "물체"라는 용어는 적어도 일부분으로부터 광을 반사할 수 있는 유한한 조성물을 광범위하게 포함한다. 예를 들어, 물체는 적어도 부분적으로 고체(예를 들어, 자동차, 나무); 적어도 부분적으로 액체(예를 들어, 도로 상의 웅덩이, 비); 적어도 부분적으로 가스(예를 들어, 연기, 구름); 수많은 별개의 입자(예를 들어, 모래 폭풍우, 안개, 스프레이)로 만들어진 것; 및 ~1밀리미터(㎜), ~5㎜, ~10㎜, ~50㎜, ~100㎜, ~500㎜, ~1미터(m), ~5m, ~10m, ~50m, ~100m 등과 같은 크기의 하나 이상의 크기 스케일일 수 있다. 이러한 예시적인 크기 사이의 임의의 크기뿐만 아니라 더 작거나 더 큰 물체도 검출될 수 있다. 다양한 이유로, LIDAR 시스템은 물체의 일부분만을 검출할 수 있다는 것을 유의해야 한다. 예를 들어, 일부 경우에 광은 물체의 일부 측(예를 들어, LIDAR 시스템과 대향하는 측만)으로부터만 반사될 수 있고, 다른 경우에 광은 물체의 일부분으로만 투영될 수 있고(예를 들어, 도로 또는 건물에 투영된 레이저 빔), 다른 경우에 물체는 LIDAR 시스템과 검출된 물체 사이의 다른 물체에 의해 부분적으로 차단될 수 있으며, 또 다른 경우에 LIDAR의 센서는 예를 들어 주변 광 또는 다른 간섭이 물체의 일부분의 검출을 방해하기 때문에 물체의 일부로부터 반사된 광만을 검출할 수 있다.

[0024] 본 발명에 따르면, LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템의 환경을 스캔함으로써 물체를 검출하도록 구성될 수 있다. "LIDAR 시스템의 환경을 스캔하는"이라는 용어는 LIDAR 시스템의 시야 또는 시야의 일부를 조명하는 것을 광범위하게 포함한다. 일 예에서, LIDAR 시스템의 환경을 스캔하는 것은 광 편향기를 이동시키거나 선회시켜 시야의 상이한 부분을 향해 상이한 방향으로 광을 편향시킴으로써 달성될 수 있다. 다른 예에서, LIDAR 시스템의 환경을 스캔하는 것은 시야에 대해 센서의 위치(즉, 장소 및/또는 배향)를 변화시킴으로써 달성될 수 있다. 다른 예에서, LIDAR 시스템의 환경을 스캔하는 것은 시야에 대해 광원의 위치(즉, 장소 및/또는 배향)를 변화시킴으로써 달성될 수 있다. 또 다른 예에서, LIDAR 시스템의 환경을 스캔하는 것은 적어도 하나의 광원 및 적어도 하나의 센서의 위치를 시야에 대해 고정되게 이동되도록 변화시킴으로써 달성될 수 있다(즉, 적어도 하나의 센서와 적어도 하나의 광원의 상대적 거리 및 배향은 유지된다).

[0025] 본 명세서에 사용된 "LIDAR 시스템의 시야"라는 용어는 물체가 검출될 수 있는 LIDAR 시스템의 관찰 가능한 환경의 범위를 광범위하게 포함할 수 있다. LIDAR 시스템의 시야(FOV)는 LIDAR 시스템의 배향(예를 들어, LIDAR 시스템의 광축 방향), 환경에 대한 LIDAR 시스템의 위치(예를 들어, 지면 위의 거리 및 인접한 지형과 장애물), LIDAR 시스템의 동작 파라미터(예를 들어, 방출 전력, 계산 설정, 정해진 동작 각도) 등을 포함하지만 이로 제한되지 않는 다양한 조건에 의해 영향을 받을 수 있다는 점을 유의해야 한다. LIDAR 시스템의 시야는 예를 들어 입체각(예를 들어, ϕ와 Θ 각을 사용하여 정해지고, 여기서 ϕ와 Θ는 수직 평면, 예를 들어 LIDAR 시스템 및/또는 그 FOV의 대칭 축에 대해 정해진 각도)으로 정해질 수 있다. 일례에서, 시야는 또한 특정 범위(예를 들어, 최대 200m) 내로 정해질 수 있다.

[0026] 유사하게, "순간 시야"라는 용어는 임의의 주어진 순간에 물체가 LIDAR 시스템에 의해 검출될 수 있는 관찰 가능한 환경의 범위를 광범위하게 포함할 수 있다. 예를 들어, 스캐닝 LIDAR 시스템의 경우 순간 시야가 LIDAR 시스템의 전체 FOV보다 좁으며, 순간 시야는 LIDAR 시스템의 FOV의 다른 부분을 검출할 수 있도록 LIDAR 시스템의 FOV 내에서 이동될 수 있다. LIDAR 시스템의 FOV 내의 순간 시야의 이동은 LIDAR 시스템의 (또는 LIDAR 시스템의 외부) 광 편향기를 이동시켜 LIDAR 시스템으로 및/또는 LIDAR 시스템으로부터 상이한 방향으로 광 빔을 편향시킴으로써 달성될 수 있다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템이 동작하는 환경에서 장면을 스캔하

도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용된 "장면"이라는 용어는 LIDAR 시스템의 동작 지속 시간 내에서 LIDAR 시스템의 시야 내에서 그 상대 위치와 그 현재 상태의 물체의 일부 또는 전부를 포함할 수 있다. 예를 들어, 장면은 지상 요소(예를 들어, 땅, 도로, 잔디, 보도, 도로 표면 표시), 하늘, 인공물(예를 들어, 차량, 건물, 간판), 식물, 사람, 동물, 광 투영 요소(예를 들어, 손전등, 태양, 다른 LIDAR 시스템) 등을 포함할 수 있다.

[0027] 개시된 실시예는 재구성된 3차원 모델을 생성하는 데 사용하기 위한 정보를 얻는 것을 포함할 수 있다. 사용될 수 있는 재구성된 3차원 모델의 유형의 예는 포인트 클라우드 모델 및 다각형 메쉬(예를 들어, 삼각형 메쉬)를 포함한다. "포인트 클라우드" 및 "포인트 클라우드 모델"이라는 용어는 이 기술 분야에 널리 알려져 있으며, 일부 좌표계에서 공간적으로 위치된 데이터 포인트의 세트(즉, 각각의 좌표계에 의해 설명된 공간에서 식별 가능한 장소를 갖는 것)를 포함하는 것으로 해석되어야 한다. "포인트 클라우드 포인트"라는 용어는 공간 내 포인트(무차원 또는 소형 셀형 공간, 예를 들어 $1cm^3$일 수 있음)를 나타내고, 그 장소는 좌표 세트(예를 들어, (X, Y, Z), (r, ϕ, Θ))를 사용하여 포인트 클라우드 모델에 의해 표시될 수 있다. 단지 예로서, 포인트 클라우드 모델은 포인트의 일부 또는 전부에 대한 추가 정보(예를 들어, 카메라 이미지로부터 생성된 포인트에 대한 색상 정보)를 저장할 수 있다. 마찬가지로, 재구성된 3차원 모델의 임의의 다른 유형은 물체의 일부 또는 전부에 대한 추가 정보를 저장할 수 있다. 유사하게, "다각형 메쉬" 및 "삼각형 메쉬"라는 용어는 이 기술 분야에 널리 알려져 있으며, 특히 하나 이상의 3D 물체(예를 들어, 다면체)의 형상을 한정하는 정점, 에지(edge), 면의 세트를 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 상기 면은 삼각형(삼각형 메쉬), 사변형, 또는 다른 간단한 볼록 다각형 중 하나 이상을 포함할 수 있고, 이는 렌더링을 단순하게 할 수 있기 때문이다. 상기 면은 보다 일반적인 오목 다각형 또는 구멍을 가지는 다각형을 포함할 수도 있다. 다각형 메쉬는 정점-정점 메쉬, 면-정점 메쉬, 날개형 에지 메쉬, 및 렌더 동적 메쉬와 같은 상이한 기술을 사용하여 표현될 수 있다. 다각형 메쉬의 다른 부분(예를 들어, 정점, 면, 에지)은 직접 및/또는 서로에 대해 일부 좌표계에서 공간적으로 위치된다(즉, 각 좌표계에 의해 표시된 공간에서 식별 가능한 장소를 가짐). 재구성된 3차원 모델의 생성은 임의의 표준, 전용 및/또는 신규한 사진 측량 기술을 사용하여 구현될 수 있으며, 이 기술 중 다수는 이 기술 분야에 알려져 있다. 환경의 다른 유형의 모델은 LIDAR 시스템에 의해 생성될 수 있다는 것을 유의해야 한다.

[0028] 개시된 실시예에 따르면, LIDAR 시스템은 광을 투영하도록 구성된 광원을 갖는 적어도 하나의 투영 유닛을 포함할 수 있다. 본 명세서에 사용된 "광원"이라는 용어는 광을 방출하도록 구성된 임의의 디바이스를 광범위하게 지칭한다. 일 실시예에서, 광원은 레이저, 예를 들어, 고체 레이저, 레이저 다이오드, 고전력 레이저, 또는 대안적인 광원, 예를 들어 발광 다이오드(LED) 기반 광원일 수 있다. 또한, 도면 전체에 걸쳐 도시된 바와 같은 광원(112)은 광 펄스, 연속파(continuous wave: CW), 준-CW 등과 같은 상이한 형식의 광을 방출할 수 있다. 예를 들어, 사용될 수 있는 광원의 하나의 유형은 수직 공동 표면 방출 레이저(vertical-cavity surface-emitting laser: VCSEL)이다. 사용될 수 있는 또 다른 유형의 광원은 외부 공동 다이오드 레이저(external cavity diode laser: ECDL)이다. 일부 예에서, 광원은 약 650nm 내지 1150nm의 파장의 광을 방출하도록 구성된 레이저 다이오드를 포함할 수 있다. 대안적으로, 광원은 약 800nm 내지 약 1000nm, 약 850nm 내지 약 950nm, 또는 약 1300nm 내지 약 1600nm의 파장의 광을 방출하도록 구성된 레이저 다이오드를 포함할 수 있다. 달리 명시되지 않는 한, 숫자 값에 대한 "약"이라는 용어는 명시된 값에 대해 최대 5%까지의 변동을 포함하는 것으로 정의된다. 투영 유닛 및 적어도 하나의 광원에 대한 추가적인 세부 사항은 도 2a 내지 도 2c를 참조하여 이하에서 설명된다.

[0029] 개시된 실시예에 따르면, LIDAR 시스템은 시야를 스캔하기 위해 광원으로부터 광을 편향시키도록 구성된 적어도 하나의 광 편향기를 가진 적어도 하나의 스캐닝 유닛을 포함할 수 있다. "광 편향기"라는 용어는 광을 원래의 경로로부터 벗어나게 하도록 구성된 임의의 메커니즘 또는 모듈을 광범위하게 포함하며, 예를 들어, 미러, 프리즘, 제어 가능한 렌즈, 기계적 미러, 기계적 스캔 다각형, 능동 회절(예를 들어, 제어 가능한 LCD), 리슬리 프리즘(Risley prism), (Vscent에 의해 만들어진 것과 같은) 비 기계식 전기 광학 빔 조향, (볼더(Boulder) 비선형 시스템에 의해 제공된 것과 같은) 편광 격자, 광학 위상 어레이(optical phased array: OPA) 등을 포함한다. 일 실시예에서, 광 편향기는 적어도 하나의 반사 요소(예를 들어, 미러), 적어도 하나의 굴절 요소(예를 들어, 프리즘, 렌즈) 등과 같은 복수의 광학 구성 요소를 포함할 수 있다. 일 예에서, 광 편향기는 광을 (예를 들어, 이산 각도로 또는 연속적인 각도 범위에서) 다른 각도로 벗어나게 하도록 이동 가능할 수 있다. 광 편향기는 선택 사항으로 상이한 방식(예를 들어, 각도(α)로 편향시킴, 편향각을 Δα만큼 변화시킴, M밀리미터만큼 광 편향기의 구성 요소를 이동시킴, 편향각이 변하는 속도를 변화시킴)으로 제어 가능할 수 있다. 또한, 광 편향기는 선택 사항으로 단일 평면(예를 들어, Θ 좌표) 내에서 편향각을 변화시키도록 동작될 수 있다. 광 편향기는 선

택 사항으로 2개의 비-평행 평면(예를 들어, Θ 및 Φ 좌표) 내에서 편향각을 변화시키도록 동작 가능할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 광 편향기는 (예를 들어, 미리 정해진 스캐닝 경로를 따라) 미리 정해진 설정 또는 그 밖의 다른 것 사이에서 편향각을 변화시키도록 선택 사항으로 동작 가능할 수 있다. LIDAR 시스템에 광 편향기의 사용과 관련하여, 광 편향기는 광원으로부터 광을 시야의 적어도 일부분으로 편향시키기 위해 아웃바운드 방향(송신 방향 또는 TX라고도 함)으로 사용될 수 있다는 것을 유의해야 한다. 그러나, 광 편향기는 또한 시야의 적어도 일부로부터의 광을 하나 이상의 광 센서로 편향시키기 위해 인바운드 방향(수신 방향 또는 RX라고도 함)으로도 사용될 수 있다. 스캐닝 유닛과 적어도 하나의 광 편향기에 대한 추가적인 세부 사항은 도 3a 내지 3c를 참조하여 이하에서 설명된다.

[0030] 개시된 실시예는 시야를 스캔하기 위해 광 편향기를 선회시키는 것을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용된 "선회"라는 용어는 실질적으로 회전 중심을 고정시켜 유지하면서 하나 이상의 회전축을 중심으로 물체(특히 고체 물체)를 회전시키는 것을 광범위하게 포함한다. 일 실시예에서, 광 편향기의 선회는 고정된 축(예를 들어, 샤프트)을 중심으로 광 편향기의 회전을 포함할 수 있지만, 반드시 그래야만 하는 것은 아니다. 예를 들어, 일부 MEMS 미러 구현예에서, MEMS 미러는 미러에 연결된 복수의 굴곡기의 작동에 의해 움직일 수 있으며, 미러는 회전 이외에도 일부 공간적 병진 이동을 경험할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이러한 미러는 실질적으로 고정된 축을 중심으로 회전하도록 설계될 수 있으며, 따라서 본 명세서에 따라 이는 선회되는 것으로 고려된다. 다른 실시예에서, 일부 유형의 광 편향기(예를 들어, 비 기계식 전기 광학 빔 조향, OPA)는 편향된 광의 편향각을 변화시키기 위해 임의의 이동 구성 요소 또는 내부 이동을 필요로 하지 않는다. 광 편향기의 이동 또는 선회와 관련된 임의의 논의는 또한 광 편향기의 편향 가동을 변화시키기 위해 광 편향기를 제어하는 데 필요한 부분만 약간 수정하여 적용 가능하다. 예를 들어, 광 편향기를 제어하는 것은 적어도 하나의 방향으로부터 도달하는 광 빔의 편향각의 변화를 유발할 수 있다.

[0031] 개시된 실시예는 광 편향기의 단일 순간 위치에 대응하는 시야의 일부와 연관된 반사를 수신하는 것을 포함할 수 있다. 본 명세서에 사용된 "광 편향기의 순간 위치("광 편향기의 상태"라고도 함)"라는 용어는 광 편향기의 적어도 하나의 제어된 구성 요소가 순간 시점에 또는 짧은 시간 범위에 걸쳐 위치하는 공간 내의 장소 또는 위치를 광범위하게 지칭한다. 일 실시예에서, 광 편향기의 순간 위치는 기준 프레임에 대해 측정될 수 있다. 기준 프레임은 LIDAR 시스템에서 적어도 하나의 고정된 포인트와 관련될 수 있다. 또는, 예를 들어, 기준 프레임은 장면의 적어도 하나의 고정된 포인트와 관련될 수 있다. 일부 실시예에서, 광 편향기의 순간 위치는 일반적으로 시야를 스캔하는 동안 광 편향기의 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 미러, 프리즘)를 최대 변화 각도에 대하여 제한된 각도로 일부 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, LIDAR 시스템의 전체 시야의 스캐닝은 30° 의 범위에 걸쳐 광의 편향을 변화시키는 것을 포함할 수 있고, 적어도 하나의 광 편향기의 순간 위치는 0.05° 내에서 광 편향기의 각도 이동을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, "광 편향기의 순간 위치"라는 용어는, LIDAR 시스템에 의해 생성된 포인트 클라우드(또는 다른 유형의 3D 모델)의 단일 포인트에 대한 데이터를 제공하도록 처리되는, 광을 획득하는 동안 광 편향기의 위치를 의미할 수 있다. 일부 실시예에서, 광 편향기의 순간 위치는 LIDAR 시야의 특정 서브 구역을 조명하는 동안 편향기가 짧은 시간 잠시 멈추는 고정된 위치 또는 배향에 대응할 수 있다. 다른 경우에, 광 편향기의 순간 위치는 광 편향기가 LIDAR 시야의 연속 또는 반-연속 스캔의 일부로서 통과하는 광 편향기의 위치/배향의 스캔된 범위를 따라 특정 위치/배향에 대응할 수 있다. 일부 실시예에서, 광 편향기는 LIDAR FOV의 스캐닝 사이클 동안 광 편향기가 복수의 상이한 순간 위치에 위치하도록 이동될 수 있다. 즉, 스캐닝 사이클이 발생하는 시간 기간 동안, 편향기는 일련의 상이한 순간 위치/배향을 통해 이동될 수 있고, 편향기는 각각 스캐닝 사이클 동안 상이한 시간에 상이한 순간 위치/배향에 도달할 수 있다.

[0032] 개시된 실시예에 따르면, LIDAR 시스템은 시야 내의 물체로부터의 반사를 검출하도록 구성된 적어도 하나의 센서를 갖는 적어도 하나의 감지 유닛을 포함할 수 있다. "센서"라는 용어는 전자기파의 특성(예를 들어, 전력, 주파수, 위상, 펄스 시간, 펄스 지속 시간)을 측정하고 측정된 특성과 관련된 출력을 생성할 수 있는 임의의 디바이스, 요소, 또는 시스템을 광범위하게 포함한다. 일부 실시예에서, 적어도 하나의 센서는 복수의 검출 요소로 구성된 복수의 검출기를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 센서는 하나 이상의 유형의 광 센서를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 센서는 다른 특성(예를 들어, 감도, 크기)이 상이할 수도 있는 동일한 유형의 다중 센서를 포함할 수 있다는 것을 유의해야 한다. 다른 유형의 센서도 사용될 수 있다. 여러 유형의 센서의 조합이 여러 이유로 예를 들어 거리 범위(특히 근거리)에서 검출의 개선, 센서의 동적 범위의 개선; 센서의 시간 응답의 개선; 다양한 환경 상태(예를 들어, 대기 온도, 비 등)에서 검출의 개선을 이유로 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 적어도 하나의 센서는 애벌런치 광다이오드(avalanche photodiode: APD)와 단일 광자 애벌런치 다이오드(single photon avalanche diode: SPAD)의 어레이로부터 만들어진 솔리드-스테이트 단일 광자 민감 디바

이스인 실리콘 광전 증배관(Silicon photomultiplier: SiPM)을 포함하며, 이는 공통 실리콘 기판에서 검출 요소로서 작용한다. 일 예에서, SPAD들 사이의 전형적인 거리는 약 10㎛ 내지 약 50㎛일 수 있으며, 여기서 각 SPAD는 약 20ns 내지 약 100ns의 회복 시간을 가질 수 있다. 다른 비-실리콘 재료와 유사한 광전 증배관을 사용할 수도 있다. SiPM 디바이스는 디지털/스위칭 모드로 작동하지만 SiPM은 모든 마이크로 셀을 병렬로 읽을 수 있기 때문에 아날로그 디바이스이며, 상이한 SPAD에 의해 검출된 단일 광자로부터 수백 개, 수천 개의 광자에 이르는 동적 범위 내에서 신호를 생성하는 것이 가능하다. 서로 다른 유형의 센서(예를 들어, SPAD, APD, SiPM, PIN 다이오드, 포토검출기)로부터의 출력은 LIDAR 시스템의 프로세서에 의해 처리될 수 있는 단일 출력으로 함께 결합될 수 있다는 것을 유의해야 한다. 감지 유닛 및 적어도 하나의 센서에 대한 추가의 세부 사항은 도 4a 내지 도 4c를 참조하여 아래에서 설명된다.

[0033] 개시된 실시예에 따라 LIDAR 시스템은 상이한 기능을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있거나 적어도 하나의 프로세서와 통신할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서는 입력 또는 입력들에 논리 동작을 수행하는 전기 회로를 가지는 임의의 물리적 디바이스를 구성할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서는, 주문형 집적 회로(Application-specific integrated circuit: ASIC)를 포함하는 하나 이상의 집적 회로(IC), 마이크로칩, 마이크로 제어기, 마이크로 프로세서, 중앙 처리 유닛(CPU)의 전부 또는 일부, 그래픽 처리 유닛(GPU), 디지털 신호 프로세서(DSP), 전계-프로그래밍 가능한 게이트 어레이(FPGA), 또는 명령어를 실행하거나 논리 동작을 수행하기에 적합한 다른 회로를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행되는 명령어는, 예를 들어 제어기에 통합 또는 내장된 메모리에 미리 로딩되거나 별도의 메모리에 저장될 수 있다. 메모리는 RAM(Random Access Memory), ROM(Read-Only Memory), 하드 디스크, 광 디스크, 자기 매체, 플래시 메모리, 다른 영구적인, 고정된, 휘발성 메모리, 또는 명령어를 저장할 수 있는 임의의 다른 메커니즘을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 메모리는 LIDAR 시스템의 환경에서 물체에 대한 데이터를 나타내는 정보를 저장하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 적어도 하나의 프로세서는 하나를 초과하는 프로세서를 포함할 수 있다. 각 프로세서는 유사한 구성을 가질 수도 있고, 또는 프로세서는 서로 전기적으로 연결되거나 서로 연결이 끊어진 상이한 구조일 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 별개의 회로이거나 단일 회로에 통합될 수 있다. 하나를 초과하는 프로세서가 사용되는 경우, 프로세서는 독립적으로 또는 협력하여 동작하도록 구성될 수 있다. 프로세서는 전기적, 자기적, 광학적, 음향적, 기계적으로 결합될 수 있고, 또는 이들을 상호 작용하게 할 수 있는 다른 수단에 의해 결합될 수 있다. 처리 유닛 및 적어도 하나의 프로세서에 관한 추가적인 세부 사항은 도 5a 내지 도 5c를 참조하여 이하에서 설명된다.

[0034] **시스템 개요**

[0035] 도 1a는 투영 유닛(102), 스캐닝 유닛(104), 감지 유닛(106), 및 처리 유닛(108)을 포함하는 LIDAR 시스템(100)을 도시한다. LIDAR 시스템(100)은 차량(110) 상에 장착될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 투영 유닛(102)은 적어도 하나의 광원(112)을 포함할 수 있고, 스캐닝 유닛(104)은 적어도 하나의 광 편향기(114)를 포함할 수 있으며, 감지 유닛(106)은 적어도 하나의 센서(116)를 포함할 수 있고, 처리 유닛(108)은 적어도 하나의 프로세서(118)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 적어도 하나의 프로세서(118)는 시야(120)를 스캔하기 위해 적어도 하나의 광 편향기(114)의 이동과 적어도 하나의 광원(112)의 동작을 조정하도록 구성될 수 있다. 스캐닝 사이클 동안, 적어도 하나의 광 편향기(114)의 각각의 순간 위치는 시야(120)의 특정 부분(122)과 연관될 수 있다. 또한, LIDAR 시스템(100)은 시야(120)를 향하여 투영된 광을 지향하고 및/또는 시야(120) 내의 물체로부터 반사된 광을 수신하기 위해 적어도 하나의 선택적 광학 윈도우(124)를 포함할 수 있다. 선택적 광학 윈도우(124)는 투영된 광의 시준 및 반사된 광의 집광과 같은 상이한 목적을 제공할 수 있다. 일 실시예에서, 선택적인 광학 윈도우(124)는 개구, 평평한 윈도우, 렌즈, 또는 임의의 다른 유형의 광학 윈도우일 수 있다.

[0036] 본 발명에 따르면, LIDAR 시스템(100)은 자율 또는 반자율 주행 차량(예를 들어, 자동차, 버스, 밴, 트럭, 및 임의의 다른 지상 차량)에 사용될 수 있다. LIDAR 시스템(100)을 갖춘 자율 주행 차량은 사람의 입력 없이도 환경을 스캔하고 목적지로 주행할 수 있다. 유사하게, LIDAR 시스템(100)은 자율/반자율 공중 차량(예를 들어, UAV, 드론, 쿼드콥터, 및 임의의 다른 공중 차량 또는 디바이스); 또는 자율 또는 반자율 수상 배(water vessel)(예를 들어, 보트, 선박, 잠수함, 또는 임의의 다른 선박)에서도 사용될 수 있다. LIDAR 시스템(100)을 갖는 자율 공중 차량 및 선박은 환경을 스캔하여 목적지까지 자율적으로 또는 원격 사람 조작자를 이용하여 운행할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 차량(110)(도로 차량, 공중 차량, 또는 선박)은 차량(110)이 동작하고 있는 환경을 검출하고 스캔하는 데 도움을 주기 위해 LIDAR 시스템(100)을 사용할 수 있다.

[0037] LIDAR 시스템(100) 또는 그 구성 요소 중 임의의 것이 본 명세서에 개시된 임의의 예시적인 실시예 및 방법과 함께 사용될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 또한, LIDAR 시스템(100)의 일부 양태는 예시적인 차량 기반 LIDAR

플랫폼과 관련하여 설명되지만, LIDAR 시스템(100), 그 구성 요소 중 임의의 것, 또는 본 명세서에 설명된 임의의 프로세스는 다른 플랫폼 유형의 LIDAR 시스템에 적용될 수 있다.

[0038] 일부 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은 차량(110) 주변의 환경을 스캔하기 위해 하나 이상의 스캐닝 유닛(104)을 포함할 수 있다. LIDAR 시스템(100)은 차량(110)의 임의의 부분에 부착되거나 장착될 수 있다. 감지 유닛(106)은 차량(110) 주변으로부터의 반사를 수신하고, 시야(120) 내의 물체로부터 반사된 광을 나타내는 반사 신호를 처리 유닛(108)으로 전달할 수 있다. 본 발명에 따라, 스캐닝 유닛(104)은 범퍼, 펜더, 사이드 패널, 스포일러, 루프, 전조등 조립체, 후미등 조립체, 후사경 미러 조립체, 후드, 트렁크, 또는 LIDAR 시스템의 적어도 일부분을 수용할 수 있는 차량(110)의 임의의 다른 적절한 부분에 통합되거나 장착될 수 있다. 일부 경우에, LIDAR 시스템(100)은 차량(110)의 환경에 대한 완벽한 주변 경관을 캡처할 수 있다. 따라서, LIDAR 시스템(100)은 360도의 수평 시야를 가질 수 있다. 일 예에서, 도 1a에 도시된 바와 같이, LIDAR 시스템(100)은 차량(110)의 루프 상에 장착된 단일 스캐닝 유닛(104)을 포함할 수 있다. 대안적으로, LIDAR 시스템(100)은 전체 수평 시야가 차량(110) 주변의 360도 스캔에 의해 덮이도록 각각 시야를 갖는 다수의 스캐닝 유닛(예를 들어, 2개, 3개, 4개, 또는 더 많은 스캐닝 유닛(104))을 포함할 수 있다. 이 기술 분야에 통상의 기술자라면 LIDAR 시스템(100)이 임의의 방식으로 배열된 임의의 개수의 스캐닝 유닛(104)을 포함할 수 있으며, 각각의 스캐닝 유닛은 사용된 유닛의 개수에 따라 각각 80° 내지 120° 의 시야 또는 그 이하의 시야를 가질 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 단일 스캐닝 유닛(104)을 각각 갖는 다중 LIDAR 시스템(100)을 차량(110) 상에 장착함으로써 360도 수평 시야를 얻을 수도 있다. 그럼에도 불구하고, 하나 이상의 LIDAR 시스템(100)이 전체 360° 시야를 제공할 필요는 없으며, 더 좁은 시야가 일부 상황에서는 유용할 수 있다는 것을 유의해야 한다. 예를 들어, 차량(110)은 차량의 전방을 바라보는 75° 의 시야를 갖는 제1 LIDAR 시스템(100), 및 가능하게는 후방을 바라보는 (선택 사항으로 더 낮은 검출 범위를 갖는) 유사한 FOV를 갖는 제2 LIDAR 시스템(100)을 요구할 수 있다. 또한, 상이한 수직 시야각이 구현될 수도 있음을 유의해야 한다.

[0039] 도 1b는 개시된 실시예에 따라 차량(110) 상에 장착된 LIDAR 시스템(100)의 단일 스캐닝 사이클로부터의 예시적인 출력을 도시하는 이미지이다. 이 예에서, 스캐닝 유닛(104)은 차량(110)의 우측 전조등 조립체에 통합된다. 이미지의 모든 회색 점(gray dot)은 감지 유닛(106)에 의해 검출된 반사로부터 결정된 차량(110) 주변의 환경의 장소에 대응한다. 각 회색 점은 장소에 더하여 세기(예를 들어, 이 장소에서 되돌아오는 광의 양), 반사율, 다른 점과의 근접성 등과 같은 여러 유형의 정보와 연관될 수도 있다. 일 실시예에서, 예를 들어 차량(110) 주변의 환경의 포인트 클라우드 모델을 결정할 수 있도록, LIDAR 시스템(100)은 시야의 다수의 스캐닝 사이클의 검출된 반사로부터 복수의 포인트 클라우드 데이터 엔트리를 생성할 수 있다.

[0040] 도 1c는 LIDAR 시스템(100)의 출력으로부터 결정된 포인트 클라우드 모델의 표현을 도시하는 이미지이다. 개시된 실시예에 따라, 차량(110) 주변의 환경의 생성된 포인트-클라우드 데이터 엔트리를 처리함으로써, 주변 경관 이미지가 포인트 클라우드 모델로부터 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 포인트 클라우드 모델은 복수의 특징을 식별하기 위해 포인트 클라우드 정보를 처리하는 특징 추출 모듈에 제공될 수 있다. 각 특징은 차량(110) 주변의 환경(예를 들어, 자동차, 나무, 사람, 및 도로)의 물체 및/또는 포인트 클라우드의 다양한 양태에 대한 데이터를 포함할 수 있다. 특징은 동일한 해상도의 (즉, 선택 사항으로 유사한 크기의 2D 어레이로 배열된 동일한 개수의 데이터 포인트를 갖는) 포인트 클라우드 모델을 가질 수 있고, 또는 다른 해상도를 가질 수도 있다. 특징은 임의의 종류의 데이터 구조(예를 들어, 래스터, 벡터, 2D 어레이, 1D 어레이)에 저장될 수 있다. 또한, (예를 들어, 도 1b에 도시된 바와 같이) 이미지에서 차량(110), 물체 또는 구역을 분리하는 경계선 또는 바운딩 박스를 나타내는 것과 같은 가상 특징, 및 하나 이상의 식별된 물체를 나타내는 아이콘은 최종 주변 경관 이미지를 형성하기 위한 포인트 클라우드 모델의 표현에 중첩될 수 있다. 예를 들어, 차량(110)의 심볼은 주변-경관 이미지의 중심에 중첩될 수 있다.

[0041] **투영 유닛**

[0042] 도 2a 내지 도 2g는 투영 유닛(102)의 다양한 구성과 LIDAR 시스템(100)에서 이의 역할을 도시한다. 구체적으로, 도 2a는 단일 광원을 갖는 투영 유닛(102)을 도시하는 도면이고; 도 2b는 공통의 광 편향기(114)를 향하는 복수의 광원을 갖는 복수의 투영 유닛(102)을 도시하는 도면이며; 도 2c는 1차 및 2차 광원(112)을 갖는 투영 유닛(102)을 도시하는 도면이고; 도 2d는 투영 유닛(102)의 일부 구성에 사용되는 비대칭적인 편향기를 도시하는 도면이고; 도 2e는 비-스캐닝 LIDAR 시스템의 제1 구성을 예시하는 도면이고; 도 2f는 비-스캐닝 LIDAR 시스템의 제2 구성을 예시하는 도면이고; 도 2g는 아웃바운드 방향으로 스캔하고 인바운드 방향으로 스캔하지 않는 LIDAR 시스템을 예시하는 다이어그램이다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 투영 유닛(102)의

묘사된 구성은 다수의 변형 및 수정을 가질 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0043] 도 2a는 투영 유닛(102)이 단일 광원(112)을 포함하는 LIDAR 시스템(100)의 이중 정적(bi-static) 구성의 일례를 도시한다. "이중 정적 구성"이라는 용어는 LIDAR 시스템에서부터 나가는 투영된 광과 LIDAR 시스템으로 들어가는 반사된 광이 실질적으로 상이한 광학 경로를 통과하는 LIDAR 시스템 구성을 광범위하게 지칭한다. 일부 실시예에서, LIDAR 시스템(100)의 이중 정적 구성은 완전히 다른 광학 구성 요소를 사용하거나, 평행하지만 완전히 분리되지 않은 광학 구성 요소를 사용하거나, 또는 광학 경로의 일부에만 동일한 광학 구성 요소(광학 구성 요소는 예를 들어 윈도우, 렌즈, 미러, 빔 스플리터 등을 포함할 수 있음)를 사용하는 것에 의해 광학 경로를 분리하는 것을 포함할 수 있다. 도 2a에 도시된 예에서, 이중 정적 구성은, 아웃바운드 광과 인바운드 광이 단일 광학 윈도우(124)를 통과하지만 스캐닝 유닛(104)이 2개의 광 편향기, 즉 아웃바운드 광을 위한 제1 광 편향기(114A) 및 인바운드 광을 위한 제2 광 편향기(114B)를 포함하는 구성을 포함한다(LIDAR 시스템의 인바운드 광은 장면 내 물체로부터 반사된 방출된 광을 포함하고 다른 소스에서 들어오는 주변 광을 더 포함할 수 있다). 도 2e 및 도 2g에서 도시된 예에서, 이중 정적 구성은 아웃바운드 광이 제1 광학 윈도우(124A)를 통과하고 인바운드 광이 제2 광학 윈도우(124B)를 통과하는 구성을 포함한다. 위의 모든 예시적인 구성에서 인바운드 및 아웃바운드 광학 경로는 서로 다르다.

[0044] 이 실시예에서, LIDAR 시스템(100)의 모든 구성 요소는 단일 하우징(200) 내에 포함되거나 복수의 하우징으로 분할될 수 있다. 도시된 바와 같이, 투영 유닛(102)은 광(투영 광(204))을 방출하도록 구성된 레이저 다이오드(202A)(또는 함께 결합된 하나 이상의 레이저 다이오드)를 포함하는 단일 광원(112)과 연관된다. 하나의 비-제한적인 예에서, 광원(112)에 의해 투영된 광은 약 800nm 내지 950nm의 파장일 수 있고, 약 50mW 내지 약 500mW의 평균 전력을 가질 수 있으며, 약 50W 내지 약 200W의 피크 전력과, 약 2ns 내지 약 100ns의 펄스 폭을 가질 수 있다. 또한, 광원(112)은 선택 사항으로 레이저 다이오드(202A)에 의해 방출된 광을 조작하기 위해 (예를 들어, 시준, 집광 등을 위해) 사용되는 광학 조립체(202B)와 연관될 수 있다. 다른 유형의 광원(112)이 사용될 수 있으며, 본 발명은 레이저 다이오드로 제한되지 않는다는 것을 유의해야 한다. 또한, 광원(112)은 광 펄스, 주파수 변조, 연속파(CW), 준-CW, 또는 사용된 특정 광원에 대응하는 임의의 다른 형태와 같은 상이한 형식의 광을 방출할 수 있다. 투영 형식 및 다른 파라미터는 처리 유닛(108)으로부터의 명령어와 같은 상이한 인자에 기초하여 때때로 광원에 의해 변경될 수 있다. 투영된 광은 투영된 광을 시야(120)로 지향시키기 위한 조향 요소로 기능하는 아웃바운드 편향기(114A) 쪽으로 투영된다. 이 예에서, 스캐닝 유닛(104)은 시야(120) 내의 물체(208)로부터 다시 반사된 광자(반사된 광(206))를 센서(116) 쪽으로 지향시키는 선회 가능한 복귀 편향기(114B)를 더 포함한다. 반사된 광은 센서(116)에 의해 검출되고, 물체에 관한 정보(예를 들어, 물체(212)까지의 거리)는 처리 유닛(108)에 의해 결정된다.

[0045] 이 도면에서, LIDAR 시스템(100)은 호스트(210)에 연결된다. 본 발명에 따르면, "호스트"라는 용어는 LIDAR 시스템(100)과 인터페이스할 수 있는 임의의 컴퓨팅 환경을 지칭하며, 이는 차량 시스템(예를 들어, 차량(110)의 일부), 테스트 시스템, 보안 시스템, 감시 시스템, 교통 제어 시스템, 도시 모델링 시스템, 또는 그 주변을 모니터링하는 임의의 시스템일 수 있다. 이러한 컴퓨팅 환경은 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있고, 및/또는 클라우드를 통해 LIDAR 시스템(100)에 연결될 수 있다. 일부 실시예에서, 호스트(210)는 또한 호스트(210)의 상이한 특성(예를 들어, 가속, 핸들 편향 조향, 역방향 구동 등)을 측정하도록 구성된 센서 및 카메라와 같은 외부 디바이스에 대한 인터페이스를 포함할 수 있다. 본 발명에 따르면, LIDAR 시스템(100)은 호스트(210)와 연관된 고정된 물체(예를 들어, 건물, 삼각대) 또는 호스트(210)와 연관된 휴대용 시스템(예를 들어, 휴대용 컴퓨터, 영화 카메라)에 고정될 수 있다. 본 발명에 따르면, LIDAR 시스템(100)은 LIDAR 시스템(100)의 출력(예를 들어, 3D 모델, 반사율 이미지)을 호스트(210)에 제공하기 위해 호스트(210)에 연결될 수 있다. 구체적으로, 호스트(210)는 호스트(210)의 환경 또는 임의의 다른 환경을 검출 및 스캔하는 데 도움을 주기 위해 LIDAR 시스템(100)을 사용할 수 있다. 또한, 호스트(210)는 LIDAR 시스템(100)의 출력을 다른 감지 시스템(예를 들어, 카메라, 마이크로폰, 레이더 시스템)의 출력과 통합하거나, 동기화하거나, 또는 함께 사용할 수 있다. 일 예에서, LIDAR 시스템(100)은 보안 시스템에 의해 사용될 수 있다.

[0046] LIDAR 시스템(100)은 LIDAR 시스템(100) 내에서 정보를 전달하기 위한 서브 시스템 및 구성 요소를 상호 연결하는 버스(212)(또는 다른 통신 메커니즘)를 또한 포함할 수 있다. 선택 사항으로, 버스(212)(또는 다른 통신 메커니즘)는 LIDAR 시스템(100)을 호스트(210)와 상호 연결하는 데 사용될 수 있다. 도 2a의 예에서, 처리 유닛(108)은 LIDAR 시스템(100)의 내부 피드백으로부터 수신된 정보에 적어도 부분적으로 기초하여 조정된 방식으로 투영 유닛(102), 스캐닝 유닛(104), 및 감지 유닛(106)의 동작을 조절하는 2개의 프로세서(118)를 포함한다. 다시 말해, 처리 유닛(108)은 폐루프에서 LIDAR 시스템(100)을 동적으로 동작시키도록 구성될 수 있다. 폐루프 시

스템은 적어도 하나의 요소로부터 피드백을 가지고 수신된 피드백에 기초하여 하나 이상의 파라미터를 업데이트하는 것을 특징으로 한다. 더욱이, 폐루프 시스템은 피드백을 수신하고 적어도 부분적으로 이 피드백에 기초하여 자신의 동작을 업데이트할 수 있다. 동적 시스템 또는 요소는 동작 동안 업데이트될 수 있는 것이다.

[0047] 일부 실시예에 따르면, LIDAR 시스템(100) 주변의 환경을 스캔하는 것은 광 펄스로 시야(120)를 조명하는 것을 포함할 수 있다. 광 펄스는 펄스 지속 시간, 펄스 각도 분산, 파장, 순간 전력, 광원(112)으로부터의 상이한 거리에서의 광자 밀도, 평균 전력, 펄스 전력 세기, 펄스 폭, 펄스 반복률, 펄스 시퀀스, 펄스 듀티 사이클, 파장, 위상, 편광 등과 같은 파라미터를 가질 수 있다. LIDAR 시스템(100) 주변의 환경을 스캔하는 것은 또한 반사된 광의 다양한 양태를 검출하고 특성화하는 것을 포함할 수도 있다. 반사광의 특성은, 예를 들어 비행 시간(즉, 방출부터 검출까지의 시간), 순간 전력(예를 들어, 전력 시그니처), 복귀 펄스 전반에 걸친 평균 전력, 및 복귀 펄스 기간에 걸친 광자 분포/신호를 포함할 수 있다. 광 펄스의 특성을 대응하는 반사의 특성과 비교함으로써, 거리 및 가능하다면 물체(212)의 반사 세기와 같은 물리적 특성이 추정될 수 있다. 미리 규정된 패턴(예를 들어, 래스터(raster), 리사주(Lissajous), 또는 다른 패턴)으로 다수의 인접 부분(122)에 걸쳐 이러한 프로세스를 반복함으로써 시야(120)의 전체 스캔이 달성될 수 있다. 후술되는 바와 같이, 일부 상황에서, LIDAR 시스템(100)은 매 스캐닝 사이클마다 시야(120) 내의 일부분(122)으로만 광을 지향할 수 있다. 이들 부분은 서로 인접할 수 있지만 반드시 그런 것은 아니다.

[0048] 다른 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은 호스트(210)(예를 들어, 차량 제어기)와 통신하기 위한 네트워크 인터페이스(214)를 포함할 수 있다. LIDAR 시스템(100)과 호스트(210) 사이의 통신은 파선 화살표로 표시된다. 일 실시예에서, 네트워크 인터페이스(214)는 통합 서비스 디지털 네트워크(Integrated Services Digital Network: ISDN) 카드, 케이블 모뎀, 위성 모뎀, 또는 대응하는 유형의 전화선에 데이터 통신 연결을 제공하는 모뎀을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 네트워크 인터페이스(214)는 호환 가능한 LAN에 데이터 통신 연결을 제공하기 위해 근거리 통신망(LAN) 카드를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 네트워크 인터페이스(214)는 무선 주파수 수신기 및 송신기 및/또는 광학 (예를 들어, 적외선) 수신기 및 송신기에 연결된 이더넷 포트를 포함할 수 있다. 네트워크 인터페이스(214)의 특정 설계 및 구현예는 LIDAR 시스템(100) 및 호스트(210)가 동작하도록 의도된 통신 네트워크(들)에 의존한다. 예를 들어, 네트워크 인터페이스(214)는, 예를 들어, 3D 모델, LIDAR 시스템(100)의 동작 파라미터 등과 같은 외부 시스템에 LIDAR 시스템(100)의 출력을 제공하는 데 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 통신 유닛은 예를 들어, 외부 시스템으로부터 명령어를 수신하거나, 조사하는 환경에 관한 정보를 수신하거나, 다른 센서로부터 정보를 수신하는 등에 사용될 수 있다.

[0049] 도 2b는 복수의 투영 유닛(102)을 포함하는 LIDAR 시스템(100)의 단일 정적 구성(monostatic configuration)의 일례를 도시한다. "단일 정적 구성"이라는 용어는 LIDAR 시스템으로부터 나가는 투영된 광과 LIDAR 시스템으로 들어가는 반사된 광이 실질적으로 유사한 광학 경로를 통과하는 LIDAR 시스템 구성을 광범위하게 지칭한다. 일 예에서, 아웃바운드 광 빔 및 인바운드 광 빔은 아웃바운드 및 인바운드 광 빔이 통과하는 적어도 하나의 광학 조립체를 공유할 수 있다. 다른 예에서, 아웃바운드 광은 (도시되지 않은) 광학 윈도우를 통과할 수 있고, 인바운드 광 복사선은 동일한 광학 윈도우를 통과할 수 있다. 단일 정적 구성은 스캐닝 유닛(104)이 투영된 광을 시야(120)를 향해 지향시키고, 반사된 광을 센서(116)를 향해 지향시키는 단일의 광 편향기(114)를 포함하는 구성을 포함할 수 있다. 도시된 바와 같이, 투영된 광(204)과 반사된 광(206)은 모두 비대칭 편향기(216)에 도달한다. "비대칭 편향기"라는 용어는 일 면으로부터 도달하는 광 빔을 편향시키는 방향과는 다른 방향으로 타 면으로부터 도달하는 광 빔을 편향시킬 수 있는, 2개의 면을 갖는 임의의 광학 디바이스를 지칭한다. 일 예에서, 비대칭 편향기는 투영된 광(204)을 편향시키지 않고 반사된 광(206)을 센서(116) 쪽으로 편향시킨다. 비대칭 편향기의 일 예는 편광 빔 스플리터를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 비대칭 편향기(216)는 단 하나의 방향으로만 광을 통과시키는 광학 격리체(optical isolator)를 포함할 수 있다. 비대칭 편향기(216)의 개략도는 도 2d에 도시되어 있다. 본 발명에 따르면, LIDAR 시스템(100)의 단일 정적 구성은, 반사된 광이 광원(112)에 부딪히지 않도록 방지하고, 모든 반사된 광을 센서(116)를 향해 지향시키는 비대칭 편향기를 포함하여, 검출 감도를 증가시킬 수 있다.

[0050] 도 2b의 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은 공통 광 편향기(114)를 향하는 단일 광원(112)을 각각 갖는 3개의 투영 유닛(102)을 포함한다. 일 실시예에서, (2개 이상의 광원을 포함하는) 복수의 광원(112)은 실질적으로 동일한 파장을 갖는 광을 투영할 수 있고, 각각의 광원(112)은 일반적으로 상이한 시야 영역(이 도면에 120A, 120B, 및 120C로서 표시됨)과 연관된다. 이는 광원(112)으로 달성될 수 있는 것보다 더 넓은 시야를 스캐닝할 수 있게 한다. 다른 실시예에서, 복수의 광원(102)은 상이한 파장을 갖는 광을 투영할 수 있고, 모든 광원(112)은 동일한 시야(120) 부분(또는 중첩하는 부분)으로 지향될 수 있다.

[0051] 도 2c는 투영 유닛(102)이 1차 광원(112A) 및 2차 광원(112B)을 포함하는 LIDAR 시스템(100)의 일례를 도시한다. 1차 광원(112A)은 SNR 및 검출 범위를 최적화하기 위해 인간의 눈에 민감한 것보다 긴 파장을 갖는 광을 투영할 수 있다. 예를 들어, 1차 광원(112A)은 약 750㎚ 내지 1100㎚의 파장을 갖는 광을 투영할 수 있다. 이와 달리, 2차 광원(112B)은 사람의 눈에 보이는 파장의 광을 투영할 수 있다. 예를 들어, 2차 광원(112B)은 약 400㎚ 내지 700㎚의 파장을 갖는 광을 투영할 수 있다. 일 실시예에서, 2차 광원(112B)은 1차 광원(112A)에 의해 투영된 광과 실질적으로 동일한 광학 경로를 따라 광을 투영할 수 있다. 두 광원은 시간 동기화될 수 있으며, 광 방출을 함께 또는 인터리브된 패턴으로 투영할 수 있다. 인터리브 패턴은 광원이 동시에 활성화되지 않아 상호 간섭을 완화할 수 있음을 의미한다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 파장 범위 및 활성화 스케줄의 다른 조합이 또한 구현될 수 있다는 것을 쉽게 알 수 있을 것이다.

[0052] 일부 실시예에 따르면, 2차 광원(112B)이 LIDAR 광학 출력 포트에 너무 가까운 경우에 사람 눈을 깜박이게 할 수 있다. 이는 근적외선 스펙트럼을 이용하는 전형적인 레이저 소스에서는 실현 불가능한 안구 안전 메커니즘을 보장할 수 있다. 다른 실시예에서, 2차 광원(112B)은 차량(110)에 대해 지면으로부터 특정 높이에 특수한 반사기/패턴을 갖는 전조등을 교정하는 것과 다소 유사한 방식으로 서비스 지점에서 교정하는 것과 신뢰성을 위해 사용될 수 있다. 서비스 지점에서 조작자는 LIDAR 시스템(100)으로부터 지정된 거리에 있는 테스트 패턴 보드와 같은 특징으로 된 타깃을 통해 스캔된 패턴을 간단히 시각적으로 조사하는 것에 의해 LIDAR를 교정한 것을 검사할 수 있다. 또한, 2차 광원(112B)은 LIDAR가 최종 사용자를 위해 작동하고 있다는 동작 신뢰성을 제공하기 위한 수단을 제공할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 인간이 그 동작을 테스트하기 위해 광 편향기(114) 앞에 손을 위치시키도록 구성될 수 있다.

[0053] 2차 광원(112B)은 1차 광원(112A)이 고장 나는 경우에 백업 시스템으로서 두 배일 수 있는 비-가시적인 요소를 더 가질 수 있다. 이 특징은 상승된 기능 안전 등급을 갖는 안전 장치 디바이스(fail-safe device)를 위해 유용할 수 있다. 2차 광원(112B)이 가시적일 수도 있다는 것과 또한 비용과 복잡성 이유를 고려하면, 2차 광원(112B)은 1차 광원(112A)에 비해 더 적은 전력과 연관될 수 있다. 따라서, 1차 광원(112A)이 고장 난 경우, 시스템 기능은 2차 광원(112B)의 기능 및 성능의 세트로 되돌아갈 것이다. 2차 광원(112B)의 성능은 1차 광원(112A)의 성능보다 열등할 수는 있지만, LIDAR 시스템(100) 시스템은 차량(110)이 그 목적지에 안전하게 도착할 수 있도록 하는 방식으로 설계될 수 있다.

[0054] 도 2d는 LIDAR 시스템(100)의 일부일 수 있는 비대칭 편향기(216)를 도시한다. 도시된 예에서, 비대칭 편향기(216)는 (미러와 같은) 반사 표면(218) 및 일방향 편향기(220)를 포함한다. 반드시 그런 것은 아니지만, 비대칭 편향기(216)는 선택 사항으로 정적 편향기일 수 있다. 비대칭 편향기(216)는, 예를 들어, 도 2b 및 도 2c에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 편향기(114)를 통한 광의 송신 및 수신을 위한 공통 광학 경로를 허용하기 위해 LIDAR 시스템(100)의 단일 정적 구성에 사용될 수 있다. 그러나, 빔 스플리터와 같은 전형적인 비대칭 편향기는, 에너지 손실, 특히 수신 경로에서의 에너지 손실을 특징으로 하며, 수신 경로는 송신 경로보다 더 전력 손실에 민감할 수 있다.

[0055] 도 2d에 도시된 바와 같이, LIDAR 시스템(100)은 투과된 및 수신된 광 신호를 분리하기 위한 일방향 편향기(220)를 포함하는 송신 경로에 위치된 비대칭 편향기(216)를 포함할 수 있다. 선택 사항으로, 일방향 편향기(220)는 투과 광에 대해 실질적으로 투명하고, 수신된 광에 대해 실질적으로 반사적일 수 있다. 투과된 광은 투영 유닛(102)에 의해 발생되고 일방향 편향기(220)를 통해 스캐닝 유닛(104)으로 이동할 수 있고, 스캐닝 유닛은 광을 광학 출구를 향해 편향시킬 수 있다. 수신된 광은 광학 입구를 통해 적어도 하나의 편향 요소(114)에 도달하고, 적어도 하나의 편향 요소는 반사 신호를 광원으로부터 멀어지고 감지 유닛(106)을 향하는 별개의 경로로 편향시킨다. 선택 사항으로, 비대칭 편향기(216)는 일방향 편향기(220)와 동일한 편광 축으로 선형 편광된 편광 광원(112)과 결합될 수 있다. 특히, 아웃바운드 광 빔의 횡단면은 반사 신호의 횡단면보다 훨씬 작다. 따라서, LIDAR 시스템(100)은 방출된 편광된 광 빔을 비대칭 편향기(216)의 치수로 집광하거나 조작하기 위한 하나 이상의 광학 구성 요소(예를 들어, 렌즈, 시준기)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 일방향 편향기(220)는 편광된 광 빔에 사실상 투명한 편광 빔 스플리터일 수 있다.

[0056] 일부 실시예에 따르면, LIDAR 시스템(100)은 방출된 광의 편광을 수정하기 위한 광학 기기(222)(예를 들어, 1/4 파장판 지연기)를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학 기기(222)는 방출된 광 빔의 선형 편광을 원형 편광으로 수정할 수 있다. 시야로부터 시스템(100)으로 다시 반사된 광은 편향기(114)를 통해, 투과된 광에 대해 역전된 원형 편광을 지닌 광학 기기(222)로 다시 도달한다. 그런 다음, 광학 기기(222)는 수신된 역전된 편광 광을, 편광된 빔 스플리터(216)의 것과 동일한 축에 없는 선형 편광으로 변환한다. 전술한 바와 같이, 수신된 광 패치는

타깃까지의 거리를 통해 횡단하는 빔의 광학 분산으로 인해, 투과된 광 패치보다 크다.

[0057] 수신된 광의 일부는 일부 전력 손실과 함께 센서(106) 쪽으로 광을 반사시키는 일방향 편향기(220) 상에 충돌할 것이다. 그러나, 수신된 광 패치의 다른 부분은 일방향 편향기(220)(예를 들어, 편광 빔 스플리터 슬릿)를 둘러싸는 반사 표면(218) 상에 떨어질 것이다. 반사 표면(218)은 실질적으로 제로 전력 손실을 갖는 감지 유닛(106) 쪽으로 광을 반사시킬 것이다. 일방향 편향기(220)는 최종적으로 검출기에 도달할 다양한 편광 축 및 방향으로 구성된 광을 반사할 것이다. 선택 사항으로, 감지 유닛(106)은 레이저 편광에 상관 없는 센서(116)를 포함할 수 있고, 이는 특정 파장 범위에서 충돌하는 광자의 양에 주로 민감하다.

[0058] 제안된 비대칭 편향기(216)는 내부에 통로 구멍을 갖는 단순한 미러에 비해 훨씬 우수한 성능을 제공한다는 것을 유의해야 한다. 구멍을 갖는 미러에서는 구멍에 도달하는 반사된 모든 광이 검출기로 손실된다. 그러나, 편향기(216)에서, 일방향 편향기(220)는 이 광의 상당한 부분(예를 들어, 약 50%)을 각각의 센서(116)를 향하여 편향시킨다. LIDAR 시스템에서, 원격 거리에서부터 LIDAR에 도달하는 광자의 개수는 매우 제한되어 있으므로 광자 캡처 속도의 향상이 중요하다.

[0059] 일부 실시예에 따르면, 빔 분할 및 조향을 위한 디바이스가 설명된다. 편광된 빔은 제1 편광을 갖는 광원으로부터 방출될 수 있다. 방출된 빔은 편광된 빔 스플리터 조립체를 통해 통과하도록 지향될 수 있다. 편광된 빔 스플리터 조립체는 제1 면에 일방향 슬릿을 포함하고 반대 면에 미러를 포함한다. 일방향 슬릿은 편광된 방출된 빔이 1/4 파장판/파 지연기를 향해 이동하도록 하고, 이 1/4 파장판/파 지연기는 방출된 신호를 편광된 신호에서부터 선형 신호로 변환시켜서(또는 그 반대로 변화시켜서), 후속하여 반사된 빔이 일방향 슬릿을 통과할 수 없도록 한다.

[0060] 도 2e는 스캐닝 유닛(104)이 없는 LIDAR 시스템(100)의 이중 정적 구성의 일례를 도시한다. 편향기(114) 없이 전체 시야(또는 실질적으로 전체 시야)를 조명하기 위해, 투영 유닛(102)은 선택 사항으로 광원(예를 들어, 112A-112F) 어레이를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 광원 어레이는 프로세서(118)에 의해 제어되는 광원의 선형 어레이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(118)는 광원의 선형 어레이가 시준된 레이저 빔을 제1 선택적 광학 윈도우(124A)를 향해 순차적으로 투영하게 할 수 있다. 제1 선택적 광학 윈도우(124A)는 투영된 광을 확산시키고 순차적으로 넓은 수평 및 좁은 수직 빔을 형성하기 위한 확산기 렌즈를 포함할 수 있다. 선택 사항으로, 시스템(100)의 적어도 하나의 광원(112)의 일부 또는 전부는 동시에 광을 투영할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(118)는 광원 어레이가 복수의 인접하지 않은 광원(112)으로부터의 광 빔을 동시에 투영하도록 할 수 있다. 도시된 예에서, 광원(112A), 광원(112D) 및 광원(112F)은 레이저 빔을 제1 선택적 광학 윈도우(124A)를 향해 동시에 투영하여 3개의 좁은 수직 빔으로 시야를 조명한다. 제4 광원(112D)으로부터 광 빔은 시야 내 물체에 도달할 수 있다. 물체로부터 반사된 광은 제2 광학 윈도우(124B)에 의해 캡처될 수 있고 센서(116)로 재지향될 수 있다. 도 2e에 도시된 구성은 투영된 광과 반사된 광의 광학 경로가 상당히 다르기 때문에 이중 정적 구성으로 간주된다. 투영 유닛(102)은 2차원 어레이와 같은 비선형 구성으로, 육각형 타일링으로 또는 임의의 다른 방식으로 배열된 복수의 광원(112)을 더 포함할 수 있다는 점에 유의한다.

[0061] 도 2f는 스캐닝 유닛(104)이 없는 LIDAR 시스템(100)의 단일 정적 구성의 일례를 도시한다. 도 2e에 나타낸 예시적인 실시예와 유사하게, 편향기(114) 없이 전체 시야를 조명하기 위해, 투영 유닛(102)은 광원(예를 들어, 112A-112F) 어레이를 포함할 수 있다. 그러나, 도 2e와 달리, LIDAR 시스템(100)의 이러한 구성은 투영된 광 및 반사된 광 모두를 위한 단일 광학 윈도우(124)를 포함할 수 있다. 비대칭 편향기(216)를 사용하여, 반사된 광은 센서(116)로 재지향될 수 있다. 도 2e에 도시된 구성은 투영된 광과 반사된 광의 광학 경로들이 실질적으로 서로 유사하기 때문에 단일 정적 구성으로 간주된다. 투영된 광과 반사된 광의 광학 경로와 관련하여 "실질적으로 유사한"이라는 용어는 두 광학 경로 간의 중첩이 80% 초과, 85% 초과, 90% 초과 또는 95% 초과일 수 있음을 의미한다.

[0062] 도 2g는 LIDAR 시스템(100)의 이중 정적 구성의 일례를 도시한다. 이 도면에서 LIDAR 시스템(100)의 구성은 도 2a에 도시된 구성과 유사하다. 예를 들어, 두 구성은 투영된 광을 시야를 향해 아웃바운드 방향으로 지향시키기 위한 스캐닝 유닛(104)을 포함한다. 그러나, 도 2a의 실시예와 달리, 이 구성에서, 스캐닝 유닛(104)은 반사된 광을 인바운드 방향으로 재지향하지 않는다. 대신에 반사된 광은 제2 광학 윈도우(124B)를 통과하여 센서(116)로 들어간다. 도 2g에 도시된 구성은 투영된 광과 반사된 광의 광학 경로들이 실질적으로 서로 다르기 때문에 이중 정적 구성으로 간주된다. 투영된 광과 반사된 광의 광학 경로와 관련하여 "실질적으로 다른"이라는 용어는 두 광학 경로 간의 중첩이 10% 미만, 5% 미만, 1% 미만 또는 0.25% 미만일 수 있음을 의미한다.

[0063] **스캐닝 유닛**

[0064] 도 3a 내지 도 3d는 스캐닝 유닛(104)의 다양한 구성 및 LIDAR 시스템(100)에서 이의 역할을 도시한다. 구체적으로, 도 3a는 MEMS 미러(예를 들어, 정사각형)를 갖는 스캐닝 유닛(104)을 도시하는 다이어그램이고, 도 3b는 MEMS 미러(예를 들어, 둥근 형태)를 갖는 다른 스캐닝 유닛(104)을 도시하는 다이어그램이며, 도 3c는 단일 정적 스캐닝 LIDAR 시스템에 사용되는 반사기의 어레이를 갖는 스캐닝 유닛(104)을 도시하는 다이어그램이고, 도 3d는 LIDAR 시스템(100) 주변의 환경을 기계적으로 스캔하는 예시적인 LIDAR 시스템(100)을 도시하는 다이어그램이다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 스캐닝 유닛(104)의 도시된 구성은 단지 예시적인 것일 뿐, 본 발명의 범위 내에서 다양한 변형 및 수정을 가질 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0065] 도 3a는 단일 축 정사각형 MEMS 미러(300)를 갖는 예시적인 스캐닝 유닛(104)을 도시한다. 이 예에서, MEMS 미러(300)는 적어도 하나의 편향기(114)로서 기능한다. 도시된 바와 같이, 스캐닝 유닛(104)은 하나 이상의 액추에이터(302)(구체적으로, 302A 및 302B)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 액추에이터(302)는 반도체(예를 들어, 실리콘)로 제조될 수 있고, 작동 제어기, 반 전도성 층, 및 베이스 층에 의해 인가된 전기 신호에 응답하여 그 치수를 변화시키는 압전 층(예를 들어, PZT, 납 지르코네이트 티타네이트, 질화 알루미늄)을 포함한다. 일 실시예에서, 액추에이터(302)의 물리적 특성은 전류가 액추에이터를 통과할 때 액추에이터(302)가 겪는 기계적 응력을 결정할 수 있다. 압전 재료가 활성화되면, 압전 재료는 액추에이터(302)에 힘을 가하고 액추에이터를 굴곡시킨다. 일 실시예에서, 하나 이상의 액추에이터(302)의 저항률은 미러(300)가 특정 각도 위치로 편향될 때 휴지 상태(R휴지)에서 저항률에 비해 활성 상태(R활성)에서 측정될 수 있다. R활성을 포함하는 피드백은 예상된 각도에 비해 실제 미러 편향각을 결정하기 위한 정보를 제공할 수 있으며, 만약 필요하다면 미러(300) 편향이 보정될 수 있다. R휴지와 R활성 사이의 차이는 루프를 닫는 역할을 할 수 있는 각도 편향 값으로 미러를 구동하는 것에 의해 상관될 수 있다. 이 실시예는 실제 미러 위치를 동적으로 트래킹하기 위해 사용될 수 있고, 선형 모드 및 공진 모드 MEMS 미러 방식 모두에 대해 응답, 진폭, 편향 효율, 및 주파수를 최적화할 수 있다. 이 실시예는 도 32 내지 도 34를 참조하여 이하에서 보다 상세하게 설명된다.

[0066] 스캐닝 동안, (이 도면에서 파선으로 표시된) 전류는 접촉부(304A)로부터 (액추에이터(302A), 스프링(306A), 미러(300), 스프링(306B), 및 액추에이터(302B)를 통해) 접촉부(304B)로 흐를 수 있다. 격리 갭(310)과 같은 반도체 프레임(308)의 격리 갭은 액추에이터(302A, 302B)가 스프링(306) 및 프레임(308)을 통해 전기적으로 연결된 2개의 분리된 섬이 되도록 할 수 있다. 전류 흐름 또는 임의의 연관된 전기적 파라미터(전압, 전류 주파수, 커패시턴스, 상대 유전율 등)는 연관된 위치 피드백에 의해 모니터링될 수 있다. 기계적 고장의 경우 - 구성 요소 중 하나가 손상된 경우 - 구조를 통과하는 전류 흐름이 변경되어 기능적으로 교정된 값으로부터 변한다. 극단적인 상황(예를 들어, 스프링이 파손된 경우)에서는, 결함 요소로 인한 전기적 체인의 회로 차단으로 인해 전류가 완전히 중단된다.

[0067] 도 3b는 이축(dual axis) 원형 MEMS 미러(300)를 갖는 다른 예시적인 스캐닝 유닛(104)을 도시한다. 이 예에서, MEMS 미러(300)는 적어도 하나의 편향기(114)로서 기능한다. 일 실시예에서, MEMS 미러(300)는 약 1㎜ 내지 약 5㎜의 직경을 가질 수 있다. 도시된 바와 같이, 스캐닝 유닛(104)은 각각 상이한 길이일 수 있는 4개의 액추에이터(302)(302A, 302B, 302C, 및 302D)를 포함할 수 있다. 도시된 예에서, (이 도면에서 파선으로 나타낸) 전류는 접촉부(304A)로부터 접촉부(304D)로 흐르지만, 다른 경우에는 전류는 접촉부(304A)로부터 접촉부(304B)로, 접촉부(304A)로부터 접촉부(304C)로, 접촉부(304B)로부터 접촉부(304C)로, 접촉부(304B)로부터 접촉부(304D)로, 또는 접촉부(304C)로부터 접촉부(304D)로 흐를 수 있다. 일부 실시예에 따르면, 이축 MEMS 미러는 광을 수평 방향 및 수직 방향으로 편향시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 이축 MEMS 미러의 편향 각은 수직 방향으로 약 0° 내지 30°, 수평 방향으로 약 0° 내지 50°일 수 있다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 미러(300)의 도시된 구성이 많은 변형 및 수정을 가질 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 일 예에서, 적어도 편향기(114)는 이축 정사각형 미러 또는 단일축 원형 미러를 가질 수 있다. 원형 및 정사각형 미러의 예는 도 3a 및 도 3b에 단지 예로서 도시되어 있다. 시스템 사양에 따라 임의의 형상이 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 액추에이터(302)는 적어도 편향기(114)의 일체 부분으로서 통합될 수 있어서 MEMS 미러(300)를 이동시키기 위한 전력이 미러에 직접 인가되도록 할 수 있다. 또한, MEMS 미러(300)는 하나 이상의 강성 지지 요소에 의해 프레임(308)에 연결될 수 있다. 다른 실시예에서, 적어도 편향기(114)는 정전기 또는 전자기 MEMS 미러를 포함할 수 있다.

[0068] 전술한 바와 같이, 단일 정적 스캐닝 LIDAR 시스템은 투영된 광(204)을 방출하고 반사된 광(206)을 수신하기 위해 동일한 광학 경로의 적어도 일부분을 이용한다. 아웃바운드 경로의 광 빔은 시준되고 좁은 빔으로 집광되는 반면, 복귀 경로의 반사는 분산으로 인해 광의 더 큰 패치로 확산된다. 일 실시예에서, 스캐닝 유닛(104)은 복귀 경로에서 큰 반사 영역을 가질 수 있고, 반사(즉, 반사된 광(206))를 센서(116)로 방향 전환시키는 비대칭

편향기(216)를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 스캐닝 유닛(104)은 시야와 프레임 속도 성능에 무시 가능한 영향을 미치고 큰 반사 영역을 갖는 MEMS 미러를 포함할 수 있다. 비대칭 편향기(216)에 대한 추가적인 세부 사항은 도 2d를 참조하여 이하에서 제공된다.

[0069] 일부 실시예에서 (예를 들어, 도 3c에 예시된 바와 같이), 스캐닝 유닛(104)은 작은 광 편향기(예를 들어, 미러)를 갖는 편향기 어레이(예를 들어, 반사기 어레이)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 동기화로 동작하는 더 작은 개별 광 편향기의 그룹으로서 광 편향기(114)를 구현하는 것은 광 편향기(114)를 더 큰 편향각을 갖는 높은 스캔 속도로 수행할 수 있게 한다. 편향기 어레이는 본질적으로 유효 영역 면에서 큰 광 편향기(예를 들어, 큰 미러)로 작용할 수 있다. 편향기 어레이는 광원(112)에 의해 동시에 조명되는 실질적으로 동일한 시야(120) 부분으로부터 반사된 광자를 센서(116)가 수집할 수 있게 하는 공유된 조향 조립체 구성을 사용하여 동작될 수 있다. "동시에"라는 용어는, 일치하는 시간 기간 동안 또는 중첩하는 시간 기간 동안, 예를 들어, 하나의 시간 기간이 다른 시간 기간의 지속 시간 동안 시작하고 끝나는 경우 또는 나중 시간 기간이 다른 시간 기간의 완료에 시작되는 경우 동안 2개의 선택된 기능이 발생하는 것을 의미한다.

[0070] 도 3c는 작은 미러를 갖는 반사기 어레이(312)를 갖는 스캐닝 유닛(104)의 일례를 도시한다. 이 실시예에서, 반사기 어레이(312)는 적어도 하나의 편향기(114)로서 기능한다. 반사기 어레이(312)는 시야(120)를 향해 광 펄스를 (개별적으로 또는 함께) 선회시키고 조향하도록 구성된 복수의 반사기 유닛(314)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 반사기 어레이(312)는 광원(112)으로부터 투영된 광의 아웃바운드 경로의 일부일 수 있다. 구체적으로, 반사기 어레이(312)는 투영된 광(204)을 시야(120)의 일부를 향해 지향시킬 수 있다. 반사기 어레이(312)는 또한 시야(120)의 조명된 부분 내에 위치된 물체의 표면으로부터 반사된 광에 대한 복귀 경로의 일부일 수 있다. 구체적으로, 반사기 어레이(312)는 반사된 광(206)을 센서(116) 쪽으로 또는 비대칭 편향기(216) 쪽으로 지향할 수 있다. 일 예에서, 반사기 어레이(312)의 면적은 약 75㎟ 내지 약 150㎟일 수 있고, 각 반사기 유닛(314)은 약 10㎛의 폭을 가질 수 있고, 지지 구조는 100㎛보다 낮을 수 있다.

[0071] 일부 실시예에 따르면, 반사기 어레이(312)는 조향 가능한 편향기의 하나 이상의 서브 그룹을 포함할 수 있다. 전기적으로 조향 가능한 편향기의 각 서브 그룹은 반사기 유닛(314)과 같은 하나 이상의 편향기 유닛을 포함할 수 있다. 예를 들어, 각각의 조향 가능한 편향기 유닛(314)은 MEMS 미러, 반사 표면 조립체, 및 전기 기계의 액추에이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 각각의 반사기 유닛(314)은 (도시되지 않은) 개별 프로세서에 의해 개별적으로 제어되어 하나 또는 2개의 개별 축 각각을 따라 특정 각도로 기울어질 수 있다. 대안적으로, 반사기 어레이(312)는 반사기 유닛(314)의 이동을 동기적으로 관리하여 이들 중 적어도 일부를 동시에 선회시키고 거의 동일한 방향을 향하게 할 수 있도록 구성된 공통 제어기(예를 들어, 프로세서(118))와 연관될 수 있다.

[0072] 또한, 적어도 하나의 프로세서(118)는 아웃바운드 경로에 대한 적어도 하나의 반사기 유닛(314)(이하, "TX 미러"로 지칭됨) 및 복귀 경로에 대한 반사기 유닛(314)의 그룹(이하, "RX 미러"로 지칭됨)을 선택할 수 있다. 본 발명에 따르면, TX 미러의 개수를 증가시키는 것은 반사된 광자 빔 확산을 증가시킬 수 있다. 추가적으로, RX 미러의 개수를 줄이는 것은 수신 필드를 좁히고 주변 광의 상태(예를 들어, 구름, 비, 안개, 극한의 열, 및 기타 환경 조건)를 보상하여 신호 대 잡음 비율을 향상시킬 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 방출된 광 빔은 전형적으로 반사된 광의 패치보다 좁기 때문에, 편향 어레이의 작은 부분에 의해 완전히 편향될 수 있다. 또한, 투과에 사용되는 편향 어레이(예를 들어, TX 미러)의 부분으로부터 반사된 광이 센서(116)에 도달하는 것을 차단하는 것이 가능하므로, 시스템 동작에 미치는 LIDAR 시스템(100)의 내부 반사 효과를 감소시킬 수 있다. 또한, 적어도 하나의 프로세서(118)는 예를 들어 열 및 이득 효과에 기인한 기계적 장애 및 표류를 극복하기 위해 하나 이상의 반사기 유닛(314)을 선회할 수 있다. 일 예에서, 하나 이상의 반사기 유닛(314)은 의도된 것(주파수, 비율, 속도 등)과 다르게 움직일 수 있고, 그 움직임은 편향기를 전기적으로 적절하게 제어함으로써 보상될 수 있다.

[0073] 도 3d는 LIDAR 시스템(100)의 환경을 기계적으로 스캔하는 예시적인 LIDAR 시스템(100)을 도시한다. 이 예에서, LIDAR 시스템(100)은 LIDAR 시스템(100)의 축을 중심으로 하우징(200)을 회전시키는 모터 또는 다른 메커니즘을 포함할 수 있다. 대안적으로, 모터(또는 다른 메커니즘)는 하나 이상의 광원(112) 및 하나 이상의 센서(116)가 설치된 LIDAR 시스템(100)의 강성 구조를 기계적으로 회전시킴으로써 환경을 스캐닝할 수 있다. 전술한 바와 같이, 투영 유닛(102)은 광 방출을 투영하도록 구성된 적어도 하나의 광원(112)을 포함할 수 있다. 투영된 광 방출은 시야(120)를 향하는 아웃바운드 경로를 따라 이동할 수 있다. 구체적으로, 투영된 광(204)이 선택적인 광학 윈도우(124)를 향해 이동할 때 투영된 광 방출은 편향기(114A)에 의해 출구 애퍼처(314)를 통해 반사될 수 있다. 반사된 광 방출은 물체(208)로부터 감지 유닛(106)을 향해 복귀 경로를 따라 이동할 수 있다. 예를 들어,

반사된 광(206)이 감지 유닛(106)을 향해 이동할 때 반사된 광(206)은 편향기(114B)에 의해 반사될 수 있다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 하나 이상의 광원 또는 하나 이상의 센서를 동기식으로 회전시키기 위한 회전 메커니즘을 갖는 LIDAR 시스템은 내부 광 편향기를 조향하는 대신에 (또는 조향하는 것에 더하여) 이러한 동기화된 회전을 사용할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0074] 시야(120)의 스캐닝이 기계적인 방식인 실시예에서, 투영된 광 방출은 LIDAR 시스템(100)의 다른 부분으로부터 투영 유닛(102)을 분리하는 벽(316)의 일부인 출구 애퍼처(314)로 지향될 수 있다. 일부 예에서, 벽(316)은 편향기(114B)를 형성하기 위해 반사 재료로 코팅된 투명한 재료(예를 들어, 유리)로 형성될 수 있다. 이 예에서, 출구 애퍼처(314)는 반사 재료에 의해 코팅되지 않은 벽(316)의 일부에 대응할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 출구 애퍼처(314)는 벽(316)에서 잘라낸 것 또는 구멍을 포함할 수 있다. 반사된 광(206)은 편향기(114B)에 의해 반사되고 감지 유닛(106)의 입구 애퍼처(318)를 향하여 지향될 수 있다. 일부 예에서, 입구 애퍼처(318)는 특정 파장 범위의 파장이 감지 유닛(106)으로 들어가고 다른 파장을 감쇠시키도록 구성된 필터링 윈도우를 포함할 수 있다. 시야(120)로부터의 물체(208)의 반사는 편향기(114B)에 의해 반사되고 센서(116)에 도달될 수 있다. 반사된 광(206)의 일부 특성을 투영된 광(204)과 비교함으로써, 물체(208)의 적어도 하나의 양태가 결정될 수 있다. 예를 들어, 투영된 광(204)이 광원(112)에 의해 방출된 시간과 센서(116)가 반사된 광(206)을 수신한 시간을 비교함으로써, 물체(208)와 LIDAR 시스템(100) 사이의 거리가 결정될 수 있다. 일부 예에서, 형상, 색상, 재료 등과 같은 물체(208)의 다른 양태도 결정될 수 있다.

[0075] 일부 예에서, LIDAR 시스템(100)(또는 적어도 하나의 광원(112) 및 적어도 하나의 센서(116)를 포함하는 일부분)은 LIDAR 시스템(100) 주변의 3차원 맵을 결정하기 위해 적어도 하나의 축을 중심으로 회전될 수 있다. 예를 들어, LIDAR 시스템(100)은 시야(120)를 스캔하기 위해 화살표(320)로 도시된 바와 같이 실질적으로 수직인 축을 중심으로 회전될 수 있다. 도 3d는 LIDAR 시스템(100)이 화살표(320)로 도시된 바와 같이 축을 중심으로 시계 방향으로 회전되는 것을 도시하지만, 추가적으로 또는 대안적으로, LIDAR 시스템(100)은 반시계 방향으로 회전될 수 있다. 일부 예에서, LIDAR 시스템(100)은 수직축을 중심으로 360도 회전될 수 있다. 다른 예에서, LIDAR 시스템(100)은 LIDAR 시스템(100)의 360도보다 작은 섹터를 따라 전후로 회전될 수 있다. 예를 들어, LIDAR 시스템(100)은 1회전을 하지 않고 축을 중심으로 전후로 흔들리는 플랫폼 상에 장착될 수 있다.

[0076] **감지 유닛**

[0077] 도 4a 내지 도 4e는 감지 유닛(106)의 다양한 구성 및 LIDAR 시스템(100)에서 이의 역할을 나타낸다. 구체적으로, 도 4a는 검출기 어레이를 갖는 예시적인 감지 유닛(106)을 도시하는 다이어그램이고, 도 4b는 2차원 센서를 사용하는 단일 정적 스캐닝을 도시하는 다이어그램이며, 도 4c는 2차원 센서(116)의 일례를 도시하는 다이어그램이고, 도 4d는 센서(116)와 연관된 렌즈 어레이를 도시하는 다이어그램이며, 도 4e는 렌즈 구조를 도시하는 3개의 다이어그램을 포함한다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 감지 유닛(106)의 도시된 구성은 단지 예시적인 것일 뿐, 본 발명의 원리에 따라 수많은 대안적인 변형 및 수정을 가질 수 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

[0078] 도 4a는 검출기 어레이(400)를 갖는 감지 유닛(106)의 일례를 도시한다. 이 예에서, 적어도 하나의 센서(116)는 검출기 어레이(400)를 포함한다. LIDAR 시스템(100)은 LIDAR 시스템(100)으로부터 상이한 거리(미터 또는 다른 단위일 수 있음)에 위치된 시야(120)에서 물체(예를 들어, 자전거(208A) 및 구름(208B))를 검출하도록 구성된다. 물체(208)는 고체 물체(예를 들어, 도로, 나무, 차, 사람), 유체 물체(예를 들어, 안개, 물, 대기 입자), 또는 다른 유형의 물체(예를 들어, 먼지 또는 분말 같은 조명된 물체)일 수 있다. 광원(112)으로부터 방출된 광자가 물체(208)를 때리면, 광자는 반사되거나 굴절되거나 흡수된다. 전형적으로, 이 도면에 도시된 바와 같이, 물체(208A)로부터 반사된 광자의 일부만이 선택적인 광학 윈도우(124)에 들어간다. 거리가 각각 ~15cm 변할 때, (광자가 광속으로 물체(208)로 또는 물체로부터 이동하기 때문에) 1ns의 이동 시간 차이가 생기고, 상이한 물체를 때리는 서로 다른 광자의 이동 시간 사이의 시간차는 비행 시간 센서에 의해 충분히 빠른 응답으로 검출 가능하다.

[0079] 센서(116)는 시야(120)로부터 다시 반사된 광자 펄스의 광자를 검출하기 위한 복수의 검출 요소(402)를 포함한다. 검출 요소는 (도시된 바와 같이) 직사각형 배열 또는 임의의 다른 배열을 가질 수 있는 검출기 어레이(400)에 모두 포함될 수 있다. 검출 요소(402)는 서로 동시에 또는 부분적으로 동시에 동작할 수 있다. 구체적으로, 각각의 검출 요소(402)는 매 샘플링 지속 시간마다 (예를 들어, 1 나노초마다) 검출 정보를 발행할 수 있다. 일 예에서, 검출기 어레이(400)는 공통 실리콘 기판 상에 단일 광자 애벌런치 다이오드(SPAD, 이는 검출 요소(402)로서 기능함)의 어레이로부터 구축된 솔리드-스테이트 단일 광자 민감 디바이스인 SiPM(Silicon

photomultiplier, 실리콘 광전 증배관)일 수 있다. 다른 비-실리콘 재료와 유사한 광전 증배관이 사용될 수도 있다. SiPM 디바이스는 디지털/스위칭 모드에서 작동하지만 SiPM은 모든 마이크로 셀을 병렬로 읽을 수 있기 때문에 아날로그 디바이스이며, 상이한 SPAD에 의해 검출된 단일 광자에서부터 수백, 수천 개의 광자에 이르는 동적 범위 내에서 신호를 생성하는 것이 가능하다. 전술한 바와 같이, 하나를 초과하는 유형의 센서(예를 들어, SiPM 및 APD)가 구현될 수 있다. 가능하게는, 감지 유닛(106)은 별도의 또는 공통의 실리콘 기판 상의 SiPM 옆에 위치된 적어도 하나의 APD 검출기 및/또는 SiPM 어레이에 통합된 적어도 하나의 APD를 포함할 수 있다.

[0080] 일 실시예에서, 검출 요소(402)는 복수의 구역(404)으로 그룹화될 수 있다. 이들 구역은 센서(116) 내의 (예를 들어, 검출기 어레이(400) 내의) 기하학적 장소 또는 환경이며, 상이한 형태(예를 들어, 도시한 바와 같은 직사각형, 정사각형, 링 등 또는 임의의 다른 형태)로 형성될 수 있다. 구역(404)의 기하 영역 내에 포함되는 모든 개별 검출기가 반드시 이 구역에 속해야 하는 것은 아니지만, 구역들 사이의 이음부에서 약간의 중첩이 요구되지 않는 한, 대부분의 경우에 센서(310)의 다른 영역을 커버하는 다른 구역(404)에 속하지 않을 수 있다. 도 4a에 도시된 바와 같이, 이 구역은 비-중첩 구역(404)일 수 있지만, 대안적으로 중첩될 수 있다. 모든 구역은 이 구역과 연관된 구역 출력 회로부(406)와 연관될 수 있다. 구역 출력 회로부(406)는 대응하는 검출 요소(402)의 그룹의 구역 출력 신호를 제공할 수 있다. 예를 들어, 구역 출력 회로부(406)는 합산 회로일 수 있지만, 개별 검출기가 (스칼라, 벡터 또는 임의의 다른 형식에 상관 없이) 단일 출력으로 결합된 출력의 다른 형태도 사용될 수 있다. 선택 사항으로, 각각의 구역(404)은 단일 SiPM이지만, 반드시 그런 것은 아니며, 구역은 단일 SiPM의 서브 부분, 일부 SiPM의 그룹, 또는 상이한 유형의 검출기의 조합일 수도 있다.

[0081] 도시된 예에서, 처리 유닛(108)은 호스트(210) (내부 또는 외부) (예를 들어, 차량(110) 내부) 분리된 하우징(200B)에 위치되고, 감지 유닛(106)은 반사된 광을 분석하기 위한 전용 프로세서(408)를 포함할 수 있다. 대안적으로, 처리 유닛(108)은 반사된 광(206)을 분석하는 데 사용될 수 있다. LIDAR 시스템(100)은 도시된 예시 이외의 다른 방식으로 다수의 하우징으로 구현될 수 있음을 유의해야 한다. 예를 들어, 광 편향기(114)는 투영 유닛(102) 및/또는 감지 모듈(106)과는 다른 하우징에 위치될 수 있다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은 전기적 와이어 연결, 무선 연결(예를 들어, RF 연결), 광섬유 케이블, 및 이들의 임의의 조합과 같은 서로 다른 방식으로 서로 연결된 다수의 하우징을 포함할 수 있다.

[0082] 일 실시예에서, 반사된 광(206)을 분석하는 것은 상이한 구역의 개별 검출기의 출력에 기초하여 반사된 광(206)에 대한 비행 시간을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 선택 사항으로, 프로세서(408)는 출력 신호의 복수의 구역에 기초하여 반사된 광(206)에 대한 비행 시간을 결정하도록 구성될 수 있다. 비행 시간 이외에, 처리 유닛(108)은 반사된 광(206)을 분석하여 복귀 펄스 전체에 걸쳐 평균 전력을 결정할 수 있고, 광자 분포/신호는 복귀 펄스 기간("펄스 형상")에 걸쳐 결정될 수 있다. 도시된 예에서, 임의의 검출 요소(402)의 출력은 프로세서(408)로 직접 송신되지는 않을 수 있고, 대신 프로세서(408)로 전달되기 전에 구역(404)의 다른 검출기의 신호와 결합(예를 들어, 합산)될 수 있다. 그러나 이는 단지 예시일 뿐, 센서(116)의 회로부는 (구역 출력 회로부(406)를 통하지 않고) 다른 루트를 통해 검출 요소(402)로부터 프로세서(408)로 정보를 송신할 수 있다.

[0083] 도 4b는 2차원 센서(116)를 사용하여 LIDAR 시스템(100)의 환경을 스캔하도록 구성된 LIDAR 시스템(100)을 도시하는 다이어그램이다. 도 4b의 예에서, 센서(116)는 4×6 검출기(410)("픽셀"이라고도 함)의 행렬이다. 일 실시예에서, 픽셀 크기는 약 1×1㎜일 수 있다. 센서(116)는 2개의 평행하지 않은 축(예를 들어, 도시된 예에서 예시된 바와 같은 직교 축)에서 하나를 초과하는 검출기(410) 세트(예를 들어, 행, 열)를 갖는다는 의미에서 2차원이다. 센서(116)에서 검출기(410)의 개수는 예를 들어, 원하는 해상도, 신호 대 잡음비(SNR), 원하는 검출 거리 등에 따라 상이한 구현예마다 변할 수 있다. 예를 들어, 센서(116)는 5 내지 5,000 픽셀 중 어느 것이라도 가질 수 있다. (이 도면에 도시되지 않은) 또 다른 예에서, 센서(116)는 1차원 행렬(예를 들어, 1×8 픽셀)일 수 있다.

[0084] 각 검출기(410)는 애벌런치 광 다이오드(APD), 단일 광자 애벌런치 다이오드(SPAD), 및 애벌런치 광 다이오드(APD)와 단일 광자 애벌런치 다이오드(SPAD)의 조합과 같은 복수의 검출 요소(402), 또는 레이저 펄스 송신 이벤트로부터 수신 이벤트까지의 비행 시간과 수신된 광자의 세기를 모두 측정하는 검출 요소를 포함할 수 있다는 것을 유의해야 한다. 예를 들어, 각각의 검출기(410)는 20 내지 5,000 SPAD 중 어느 것이라도 포함할 수 있다. 각각의 검출기(410)에서 검출 요소(402)의 출력은 단일화된 픽셀 출력을 제공하기 위해 합산되거나, 평균화되거나, 달리 결합될 수 있다.

[0085] 도시된 예에서, 감지 유닛(106)은 LIDAR 시스템(100)의 시야(120)보다 시야가 좁은 2차원 센서(116)(또는 복수의 2차원 센서(116))를 포함할 수 있다. 이 논의에서, 시야(120)(임의의 방향으로 이동, 회전, 또는 롤링하지

않고 LIDAR 시스템(100)에 의해 스캔될 수 있는 전체 시야)는 "제1 FOV(412)"로 표시되고, 센서(116)의 보다 작은 FOV는 "제2 FOV(412)"(상호 교환 가능하게는 "순간 FOV")로 표시된다. 제1 FOV(412)에 대한 제2 FOV(414)의 커버 영역은 LIDAR 시스템(100)의 특정 용도에 따라 다를 수 있고, 예를 들어, 0.5% 내지 50%일 수 있다. 일례에서, 제2 FOV(412)는 수직 차원으로 연장된 약 0.05° 내지 1° 일 수 있다. LIDAR 시스템(100)이 하나를 초과하는 2차원 센서(116)를 포함하더라도, 센서 어레이의 조합된 시야는 여전히 제1 FOV(412)보다 더 작을 수 있고, 예를 들어, 적어도 5배만큼, 적어도 10배만큼, 적어도 20배만큼, 또는 적어도 50배만큼 작을 수 있다.

[0086] 제1 FOV(412)를 커버하기 위해, 스캐닝 유닛(106)은 상이한 시간에 환경의 상이한 부분으로부터 도달하는 광자를 센서(116)로 지향시킬 수 있다. 도시된 단일 정적 구성에서, 투영된 광(204)을 시야(120)로 향하게 하는 것과 함께 적어도 하나의 광 편향기(114)가 순간 위치에 위치된 경우, 스캐닝 유닛(106)은 또한 반사된 광(206)을 센서(116)로 지향하게 할 수 있다. 전형적으로, 제1 FOV(412)를 스캔하는 동안 매 순간에, LIDAR 시스템(100)에 의해 방출된 광 빔은 (각도 개구에서) 제2 FOV(414)보다 넓은 환경의 일부를 커버하고, 스캐닝 유닛(104) 및 센서(116)에 의해 수집되는 광을 보내는 환경 부분을 포함한다.

[0087] 도 4c는 2차원 센서(116)의 일례를 도시하는 다이어그램이다. 이 실시예에서, 센서(116)는 8×5 검출기(410)의 행렬이고, 각각의 검출기(410)는 복수의 검출 요소(402)를 포함한다. 일례에서, 검출기(410A)는 4×3 검출 요소(402)의 행렬을 포함하는 센서(116)의 제2 열("R2"로 표시됨) 및 제3 행("C3"으로 표시됨)에 위치된다. 다른 예에서, 센서(116)의 제4 열("R4"로 표시됨) 및 제6 행("C6"로 표시됨)에 위치된 검출기(410B)는 3×3 검출 요소(402)의 행렬을 포함한다. 따라서, 각각의 검출기(410)에서 검출 요소(402)의 개수는 일정하거나 변할 수 있으며, 공통 어레이에서 상이한 검출기(410)는 상이한 개수의 검출 요소(402)를 가질 수 있다. 각각의 검출기(410)에서 모든 검출 요소(402)의 출력은 단일 픽셀-출력 값을 제공하기 위해 합산되거나, 평균화되거나, 결합될 수 있다. 도 4c의 예에서 검출기(410)는 직사각형 행렬(직선 열 및 직선 행)로 배열되지만, 다른 배열, 예를 들어, 원형 배열 또는 벌집 배열이 사용될 수도 있음에 유의해야 한다.

[0088] 일부 실시예에 따르면, 각각의 검출기(410)로부터의 측정은 광 펄스 방출 이벤트로부터 수신 이벤트까지의 비행 시간과 수신된 광자의 세기를 결정할 수 있게 한다. 수신 이벤트는 광 펄스가 물체(208)로부터 반사된 결과일 수 있다. 비행 시간은 반사 물체부터 선택적인 광학 윈도우(124)까지의 거리를 나타내는 시간스탬프 값일 수 있다. 비행 시간 값은, 시간 상관 단일 광자 계수법(Time Correlated Single Photon Counter: TCSPC)과 같은 광자 검출 및 계수 방법, (아날로그-디지털 변환기 또는 일반 비교기를 통한) 신호 통합 및 한정과 같은 광자 검출을 위한 아날로그 방법, 또는 기타 방법에 의해 실현될 수 있다.

[0089] 일부 실시예에서 도 4b를 참조하면, 스캐닝 사이클 동안, 적어도 하나의 광 편향기(114)의 각 순간 위치는 시야(120)의 특정 부분(122)과 연관될 수 있다. 센서(116)의 설계는 시야(120)의 단일 부분으로부터 반사된 광과 다수의 검출기(410) 사이의 연관을 가능하게 한다. 따라서, LIDAR 시스템의 스캐닝 해상도는 (스캐닝 사이클마다) 순간 위치의 개수에 센서(116)의 검출기(410)의 개수를 곱한 수에 의해 나타낼 수 있다. 각각의 검출기(410)(즉, 각각의 픽셀)로부터의 정보는 3차원 공간에서 캡처된 시야가 구축되는 기본 데이터 요소를 나타낸다. 이것은, 예를 들어, 공간 위치 및 연관된 반사 세기 값과 함께 포인트 클라우드 표현의 기본 요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 다수의 검출기(410)에 의해 검출되는 시야(120)의 단일 부분으로부터의 반사는 시야(120)의 단일 부분에 위치된 상이한 물체로부터 복귀될 수 있다. 예를 들어, 시야(120)의 단일 부분은 원거리에서 50×50cm보다 클 수 있으며, 이는 서로 부분적으로 커버된 2개, 3개, 또는 이를 초과하는 개수의 물체를 쉽게 포함할 수 있다.

[0090] 도 4d는 본 명세서에 개시된 주제의 예에 따른 센서(116)의 일부 단면도이다. 센서(116)의 도시된 부분은 4개의 검출 요소(402)(예를 들어, 4개의 SPAD, 4개의 APD)를 포함하는 검출기 어레이(400)의 일부를 포함한다. 검출기 어레이(400)는 상보형 금속 산화물 반도체(complementary metal-oxide-semiconductor: CMOS)로 구현되는 포토 검출기 센서일 수 있다. 각각의 검출 요소(402)는 기판 주변 내에 위치되는 민감한 영역을 갖는다. 반드시 그런 것은 아니지만, 센서(116)는 (예를 들어, 스캐닝 유닛(104)이 상이한 시간에 상이한 시야 부분을 스캔하기 때문에) 좁은 시야를 갖는 단일 정적 LIDAR 시스템에 사용될 수 있다. 입사하는 광 빔에 대해 좁은 시야는 - 만약 구현된 경우 - 초점이 맞지 않는 이미징의 문제를 제거한다. 도 4d에 예시된 바와 같이, 센서(116)는 복수의 렌즈(422)(예를 들어, 마이크로렌즈)를 포함할 수 있고, 각 렌즈(422)는 상이한 검출 요소(402)를 향해 (예를 들어, 검출 요소(402)의 활성 영역을 향하여) 입사광을 지향할 수 있고, 이는 초점이 맞지 않는 이미징이 문제 시되지 않을 경우에 사용 가능할 수 있다. 센서(116)에 도달하는 대부분의 광이 검출 요소(402)의 활성 영역을 향해 편향될 수 있기 때문에, 렌즈(422)는 검출기 어레이(400)의 감도 및 광학 충진 계수(optical fill factor)를

증가시키는 데 사용될 수 있다.

[0091] 도 4d에 예시된 바와 같은 검출기 어레이(400)는, 금속층 및 격리 요소(예를 들어, 얕은 트렌치 주입부(shallow trench implant: STI), 가드 링, 광학 트렌치 등)와 접촉하는 요소인 민감한 영역을 초래하는 다양한 방법(예를 들어, 주입)에 의해 실리콘 기판에 내장된 몇 개의 층을 포함할 수 있다. 민감한 영역은 적절한 전압 바이어스가 디바이스에 인가되면 입사하는 광자를 전류 흐름으로 광전 변환할 수 있는 CMOS 검출기의 체적 요소일 수 있다. APD/SPAD의 경우, 민감한 영역은 전기장과 조합된 것일 수 있고, 전기장은 광자 흡수에 의해 생성된 전자를 증배 영역 쪽으로 끌어당겨 증배 영역에서 광자로 유도된 전자를 증폭하여 증식된 전자의 항복 애벌런치를 생성할 수 있다.

[0092] (예를 들어, 도 4d에 도시된 바와 같이) 전방 측 조명된 검출기는 반도체(실리콘)의 상부에 존재하는 금속층과 동일한 측에 입력 광학 포트를 갖는다. 금속층은 바이어스 전압, 퀀칭/밸러스트 요소, 및 공통 어레이의 다른 포토검출기와 같은 다양한 요소와 각 개별 포토검출기 요소(예를 들어, 애노드와 캐소드)의 전기적 연결을 실현하는 데 필요하다. 전자를 통과시켜 검출기 민감 영역에 충돌하게 하는 광학 포트는 금속층을 통한 통로로 구성된다. 이 통로를 통해 일부 방향으로부터 광이 통과하는 것은 하나 이상의 금속층(예를 들어, 도 4d의 가장 왼쪽의 검출기 요소(402)에 대해 도시된 금속층(ML6))에 의해 차단될 수 있다는 것을 유의해야 한다. 이러한 차단은 검출기의 전체 광학적 광 흡수 효율을 감소시킨다.

[0093] 도 4e는 본 명세서에 개시된 주제의 예에 따라 연관된 렌즈(422)를 각각 갖는 3개의 검출 요소(402)를 도시한다. 도 4e의 3개의 검출 요소(402(1), 402(2), 및 402(3)로 표시) 각각은 센서(116)의 하나 이상의 검출 요소(402)와 연관하여 구현될 수 있는 렌즈 구성을 도시한다. 이들 렌즈 구성의 조합도 구현될 수 있다는 것을 주목해야 한다.

[0094] 검출 요소(402(1))와 관련하여 도시된 렌즈 구성에서, 연관된 렌즈(422)의 초점은 반도체 표면 위에 위치될 수 있다. 선택 사항으로, 검출 요소의 상이한 금속층의 개구는 연관된 렌즈(422)에 의해 생성된 광을 집광시키는 원추부와 정렬된 상이한 크기를 가질 수 있다. 이러한 구조는 전체 디바이스로서 어레이(400)의 해상도 및 신호 대 잡음비를 향상시킬 수 있다. 큰 금속층은 전력을 전달하는 것과 접지 차폐에 중요할 수 있다. 이 접근 방식은, 예를 들어, 입사하는 광 빔이 평행 광선으로 구성되어 있고 이미징 초점이 검출된 신호에 아무런 영향도 미치지 않는 좁은 시야를 갖는 단일 정적 LIDAR 설계에서 유용할 수 있다.

[0095] 검출 요소(402(2))와 관련하여 도시된 렌즈 구성에서, 검출 요소(402)에 의한 광자 검출의 효율은 스위트 스팟(sweet spot)을 식별함으로써 개선될 수 있다. 구체적으로, CMOS로 구현된 포토검출기는 애벌런치 효과를 생성하는 광자의 확률이 가장 높은 민감한 체적 영역에 스위트 스팟을 가질 수 있다. 따라서, 렌즈(422)의 초점은 검출 요소(402(2))에 의해 실증된, 스위트 스팟 장소의 민감한 체적 영역 내에 위치될 수 있다. 렌즈 형상과 초점으로부터의 거리는 레이저 빔이 렌즈로부터 반도체 재료 내에 묻힌 민감한 스위트 스팟 장소로 가는 길을 따라서 통과하는 모든 요소의 굴절률을 고려할 수 있다.

[0096] 도 4e의 우측에 있는 검출 요소와 관련하여 도시된 렌즈 구성에서, 반도체 재료에서 광자 흡수의 효율은 확산기 및 반사 요소를 사용하여 개선될 수 있다. 구체적으로, 근 IR 파장은 통과하는 광자의 흡수 가능성을 높이기 위해 상당히 긴 실리콘 재료 경로를 요구한다. 전형적인 렌즈 구성에서, 광자는 민감한 영역을 횡단할 수 있으며, 검출 가능한 전자 내로 흡수되지 않을 수 있다. 광자가 전자를 생성하는 가능성을 향상시키는 긴 흡수 경로는 민감한 영역의 크기를 전형적인 파운드리 공정으로 제조된 CMOS 디바이스에 대해 덜 실용적인 치수(예를 들어, 수십 ㎛)가 되도록 만든다. 도 4e의 가장 오른쪽의 검출기 요소는 입사하는 광자를 처리하는 기술을 보여준다. 연관된 렌즈(422)는 입사하는 광을 확산기 요소(424)로 집광시킨다. 일 실시예에서, 광 센서(116)는 검출기의 적어도 일부의 외부 표면으로부터 떨어진 갭에 위치된 확산기를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 확산기(424)는 민감한 영역 및 반사 광학 트렌치(426)를 향해 광 빔을 옆 방향으로 (예를 들어, 가능하게는 수직으로) 조향할 수 있다. 확산기는 초점, 초점 위, 또는 초점 아래에 위치된다. 이 실시예에서, 입사하는 광은 확산기 요소가 위치된 특정 장소에 집광될 수 있다. 선택 사항으로, 검출기 요소(422)는 광자 유도된 전자가 손실되고 유효 검출 효율을 감소시킬 수 있는 비활성 영역을 광학적으로 회피하도록 설계된다. 반사 광학 트렌치(426)(또는 다른 형태의 광학적 반사 구조)는 광자가 민감한 영역을 가로질러 앞뒤로 되튀게 함으로써 검출 가능성을 증가시킨다. 이상적으로는, 광자가 흡수되고 전자/홀 쌍을 생성할 때까지 광자는 민감한 영역과 반사 트렌치로 구성된 공동에 무기한 갇히는 것이다.

[0097] 본 발명에 따르면, 충돌하는 광자가 흡수되고 더 높은 검출 확률에 기여할 수 있도록 긴 경로가 생성된다. 다른 검출기로 누설되고 잘못된 검출 이벤트를 유발할 수 있는 애벌런치 동안 생성된 기생 광자의 크로스토크 효과

(cross talk effect)를 감소시키기 위해서 검출 요소(422)에는 광학 트렌치가 또한 구현될 수 있다. 일부 실시예에 따르면, 포토검출기 어레이는 수신된 신호의 더 높은 수율을 이용하기 위해, 즉 수신된 신호의 많은 부분을 수신하고 신호의 내부 열화로 손실되는 신호를 적게 하기 위해 최적화될 수 있다. 포토검출기 어레이는 (a) 선택 사항으로 기판 위에 금속층을 적절히 설계함으로써, 반도체 표면 위의 장소로 초점을 이동시키고; (b) 초점을 기판의 가장 반응하는/민감한 영역(또는 "스위트 스팟")으로 조향하고, (c) 신호를 "스위트 스팟"을 향하여 조향하기 위해 기판 위에 확산기를 추가하고 및/또는 트렌치에 반사 물질을 추가하여 편향된 신호를 다시 "스위트 스팟"으로 반사시키는 것에 의해 향상될 수 있다.

[0098] 일부 렌즈 구성에서, 렌즈(422)는 그 초점이 대응하는 검출 요소(402)의 중심 위에 있도록 위치될 수 있지만, 반드시 그래야 하는 것은 아니라는 것을 유의해야 한다. 다른 렌즈 구성에서는, 대응하는 검출 요소(402)의 중심에 대한 렌즈(422)의 초점 위치가 검출 어레이(400)의 중심으로부터의 각 검출 요소(402)의 거리에 기초하여 이동된다. 이는 중심으로부터 더 멀리 떨어진 검출기 요소는 점점 더 축을 벗어난 각도로 광을 수신하는 상대적으로 더 큰 검출 어레이(400)들에서 유용할 수 있다. (예를 들어, 검출 어레이(400)의 중심을 향하여) 초점의 장소를 이동시키면 입사각을 보정할 수 있다. 구체적으로, (예를 들어, 검출 어레이(400)의 중심을 향하여) 초점의 장소를 이동시키면 검출기의 표면에 대하여 동일한 각도로 위치된 모든 검출 요소에 대해 실질적으로 동일한 렌즈(422)를 사용하면서 입사각을 보정할 수 있다.

[0099] 검출 요소(402)의 어레이에 렌즈(422)의 어레이를 추가하는 것은 시야의 작은 부분만을 커버하는 상대적으로 작은 센서(116)를 사용할 때 유용할 수 있는데, 왜냐하면 이러한 경우에는 장면으로부터의 반사 신호가 실질적으로 동일한 각도로부터 검출기 어레이(400)에 도달하여 모든 광을 개별적인 검출기에 집광시키는 것이 용이하기 때문이. 일 실시예에서, 렌즈(422)는 공간적 구별성을 희생시키면서 전체 어레이(400)의 전체 검출 확률을 증가시키는 것을 돕기 위해 (검출기/서브 검출기 사이의 사각 지대에서 광자가 "낭비"되는 것을 방지하기 위해) LIDAR 시스템(100)에서 사용될 수 있다는 것이 또한 유의해야 한다. 이 실시예는 공간적 구별성(즉, 검출 요소(A)의 방향으로 전파되는 광이 렌즈에 의해 검출 요소(B)를 향해 지향되는 것, 즉, 어레이의 다른 검출 요소로 "번지는" 것을 허용하지 않음)을 우선 시 하는 CMOS RGB 카메라와 같은 종래의 구현예와는 대조적인 것이다. 선택 사항으로, 센서(116)는 대응하는 검출 요소(402)와 각각 상관된 렌즈(422)의 어레이를 포함하는 한편, 적어도 하나의 렌즈(422)는 제1 검출 요소(402)로 전파되는 광을 제2 검출 요소(402)를 향하여 편향시킨다(이에 의해 전체 어레이의 전체 검출 확률을 증가시킬 수 있다).

[0100] 구체적으로, 본 발명의 일부 실시예에 따르면, 광 센서(116)는 광 검출기의 어레이(예를 들어, 검출기 어레이(400))를 포함할 수 있고, 각각의 광 검출기(예를 들어, 검출기(410))는 광이 각각의 검출기의 외부 표면을 통해 통과할 때 전기적 전류가 흐르도록 구성된다. 또한, 광 센서(116)는 광 검출기의 어레이를 향하여 광을 지향시키도록 구성된 적어도 하나의 마이크로 렌즈, 즉 초점을 갖는 적어도 하나의 마이크로 렌즈를 포함할 수 있다. 광 센서(116)는, 적어도 하나의 마이크로 렌즈와 광 검출기 어레이 사이에 개재되고, 이 내에 광이 적어도 하나의 마이크로 렌즈로부터 어레이로 통과하도록 하는 갭을 갖는 전도성 재료의 적어도 하나의 층을 더 포함할 수 있으며, 이 적어도 하나의 층은 적어도 하나의 마이크로 렌즈와 어레이 사이의 공간을 유지하여 초점(예를 들어, 초점은 평면일 수 있음)이 이 갭 내에, 광 검출기의 어레이의 검출 표면으로부터 이격된 장소에 위치되게 하는 크기를 갖는다.

[0101] 관련된 실시예에서, 각각의 검출기는 복수의 단일 광자 애벌런치 다이오드(SPAD) 또는 복수의 애벌런치 광 다이오드(APD)를 포함할 수 있다. 전도성 재료는 다층 금속 수축부일 수 있고, 전도성 재료의 적어도 하나의 층은 어레이 내 검출기에 전기적으로 연결될 수 있다. 일례에서, 전도성 물질의 적어도 하나의 층은 복수의 층을 포함한다. 또한, 갭은 적어도 하나의 마이크로 렌즈로부터 초점을 향하여 수렴하고, 초점의 구역으로부터 어레이를 향해 발산하도록 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 광 센서(116)는 각 포토검출기에 인접한 적어도 하나의 반사기를 더 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 마이크로 렌즈는 렌즈 어레이에 배열될 수 있고, 복수의 검출기는 검출기 어레이에 배열될 수 있다. 다른 실시예에서, 복수의 마이크로 렌즈는 광을 어레이의 복수의 검출기에 투영하도록 구성된 단일 렌즈를 포함할 수 있다.

[0102] 비-제한적인 예로서 도 2e, 도 2f 및 도 2g를 참조하면, 시스템(100)의 하나 이상의 센서(116)는 스캐닝 편향기(114)로부터 또는 스캐닝 없이 직접 FOV로부터 광을 수신할 수 있다는 점에 유의해야 한다. 전체 FOV로부터의 광이 적어도 하나의 센서(116)에 동시에 도달하더라도, 일부 구현예에서 하나 이상의 센서(116)는 임의의 주어진 시간에 검출 출력을 위해 FOV의 일부만을 샘플링할 수 있다. 예를 들어, 투영 유닛(102)의 조명이 (편향기(114)를 사용하든지 및/또는 다른 시간에 다른 광원(112)을 활성화하는 것에 의하든지 상관 없이) 다른 시간에 FOV의 다른 부분을 조명하는 경우, 광은 감지 유닛(106)의 모든 픽셀 또는 센서(116)에 도달할 수 있고, LIDAR

조명을 감지할 것으로 예상되는 픽셀/센서만이 검출 출력을 위한 데이터를 능동적으로 수집할 수 있다. 이러한 방식으로 나머지 픽셀/센서는 주변 소음을 불필요하게 수집하지 않는다. 스캐닝과 관련하여 - 아웃바운드 또는 인바운드 방향으로 - 실질적으로 다른 스캔 스케일을 구현할 수 있음을 알아야 한다. 예를 들어, 일부 구현예에서 스캔 영역은 FOV의 1‰ 또는 0.1‰를 커버할 수 있는 반면, 다른 구현예에서 스캔 영역은 FOV의 10% 또는 25%를 커버할 수 있다. 물론 FOV 값의 다른 모든 상대 부분도 구현될 수 있다.

[0103] **처리 유닛**

[0104] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일부 실시예에 따른 처리 유닛(108)의 상이한 기능을 도시한다. 구체적으로, 도 5a는 시야의 단일 부분에 대한 단일 프레임 시간에서의 방출 패턴을 도시하는 다이어그램이고, 도 5b는 전체 시야에 대한 단일 프레임 시간에서의 방출 방식을 도시하는 다이어그램이며, 도 5c는 단일 스캐닝 사이클 동안 시야를 향해 투영된 실제 광 방출을 도시하는 다이어그램이다.

[0105] 도 5a는 적어도 하나의 광 편향기(114)의 순간 위치와 연관된 시야(120)의 단일 부분(122)에 대한 단일 프레임 시간에서의 방출 패턴의 4개의 예를 도시한다. 본 발명의 실시예에 따르면, 처리 유닛(108)은 시야(120)의 스캔에 걸쳐 광 선속이 변할 수 있는 방식으로 적어도 하나의 광원(112) 및 광 편향기(114)를 제어(또는, 적어도 하나의 광원(112) 및 적어도 하나의 광 편향기(114)의 동작을 조정)할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 처리 유닛(108)은 적어도 하나의 광원(112)만을 제어할 수 있고, 광 편향기(114)는 고정된 미리 정해진 패턴으로 이동되거나 선회될 수 있다.

[0106] 도 5a에서 다이어그램(A 내지 D)은 시간 경과에 따라 시야(120)의 단일 부분(122)을 향해 방출되는 광의 전력을 도시한다. 다이어그램(A)에서, 프로세서(118)는 시야(120)의 스캐닝 동안 초기 광 방출이 시야(120)의 부분(122)을 향해 투영되는 방식으로 광원(112)의 동작을 제어할 수 있다. 투영 유닛(102)이 펄스광 광원을 포함하는 경우, 초기 광 방출은 하나 이상의 초기 펄스("파일럿 펄스"라고도 함)를 포함할 수 있다. 처리 유닛(108)은 센서(116)로부터 초기 광 방출과 연관된 반사에 대한 파일럿 정보를 수신할 수 있다. 일 실시예에서, 파일럿 정보는 하나 이상의 검출기(예를 들어, 하나 이상의 SPAD, 하나 이상의 APD, 하나 이상의 SiPM 등)의 출력에 기초한 단일 신호로서 표현되거나, 또는 다수 검출기의 출력에 기초한 복수의 신호로서 표현될 수 있다. 일례에서, 파일럿 정보는 아날로그 및/또는 디지털 정보를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 파일럿 정보는 단일 값 및/또는 복수의 값(예를 들어, 세그먼트의 상이한 시간 및/또는 부분)을 포함할 수 있다.

[0107] 초기 광 방출과 연관된 반사에 대한 정보에 기초하여, 처리 유닛(108)은 시야(120)의 부분(122)을 향하여 투영되는 후속 광 방출의 유형을 결정하도록 구성될 수 있다. 시야(120)의 특정 부분에 대해 결정된 후속 광 방출은 동일한 스캐닝 사이클(즉, 동일한 프레임) 또는 후속 스캐닝 사이클(즉, 후속 프레임) 동안 만들어질 수 있다.

[0108] 다이어그램(B)에서, 프로세서(118)는 시야(120)의 스캐닝 동안 상이한 세기의 광 펄스가 시야(120)의 단일 부분(122)을 향해 투영되는 방식으로 광원(112)의 동작을 제어할 수 있다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은, 다음 유형, 즉 포인트 클라우드 모델, 다각형 메쉬, (이미지 또는 2D 어레이의 각각의 픽셀에 대한 깊이 이미지 정보를 유지하는) 깊이 이미지, 또는 장면의 3D 모델의 임의의 다른 유형 중 임의의 하나 이상의 유형과 같은 하나 이상의 상이한 유형의 깊이 맵을 생성하도록 동작 가능할 수 있다. 깊이 맵의 시퀀스는 상이한 시간에 상이한 깊이 맵을 생성하는 시간 시퀀스일 수 있다. 스캐닝 사이클(상호 교환 가능하게는 "프레임")과 연관된 시퀀스의 각각의 깊이 맵은 대응하는 후속 프레임 시간의 지속 시간 내에 생성될 수 있다. 일례에서, 전형적인 프레임 시간은 1초 미만으로 지속될 수 있다. 일부 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은 고정된 프레임 속도(예를 들어, 초당 10 프레임, 초당 25 프레임, 초당 50 프레임)를 가질 수 있거나 동적인 프레임 속도를 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 상이한 프레임의 프레임 시간은 시퀀스에 걸쳐 동일하지 않을 수 있다. 예를 들어, LIDAR 시스템(100)은 100밀리초(평균)에 제1 깊이 맵, 92밀리초에 제2 프레임, 142밀리초에 제3 프레임 등을 생성하는 것을 포함하는 10 프레임/초 속도를 구현할 수 있다.

[0109] 다이어그램(C)에서, 프로세서(118)는 시야(120)의 스캐닝 동안 상이한 지속 시간과 연관된 광 펄스가 시야(120)의 단일 부분(122)을 향해 투영되는 방식으로 광원(112)의 동작을 제어할 수 있다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템(100)은 각 프레임에서 상이한 개수의 펄스를 생성하도록 동작 가능할 수 있다. 펄스의 개수는 0 내지 32 펄스에서 변할 수 있으며(예를 들어, 1, 5, 12, 28 또는 그 이상의 펄스), 이전의 방출로부터 도출된 정보에 기초할 수 있다. 광 펄스 간의 시간은 원하는 검출 범위에 의존할 수 있으며, 500ns 내지 5000ns일 수 있다. 일례에서, 처리 유닛(108)은 각각의 광 펄스와 연관된 반사에 대한 정보를 센서(116)로부터 수신할 수 있다. 정보(또는 정보의 부족)에 기초하여, 처리 유닛(108)은 추가적인 광 펄스가 필요한지 여부를 결정할 수 있다. 다이어그램(A 내지 D)에서 처리 시간 및 방출 시간의 지속 시간은 축척에 맞지 않은 것임을 유의해야 한다. 구체적

으로, 처리 시간은 방출 시간보다 실질적으로 더 길 수 있다. 다이어그램(D)에서, 투영 유닛(102)은 연속파 광원을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 초기 광 방출은 광이 방출되는 시간 기간을 포함할 수 있고, 후속 방출은 초기 방출의 연속일 수 있고 또는 불연속일 수 있다. 일 실시예에서, 연속적인 방출의 세기는 시간에 따라 변할 수 있다.

[0110] 본 발명의 일부 실시예에 따르면, 방출 패턴은 시야(120)의 각 부분마다 결정될 수 있다. 다시 말해, 프로세서(118)는 광의 방출을 제어하여 시야(120)의 상이한 부분의 조명을 구별할 수 있게 한다. 일 예에서, 프로세서(118)는 동일한 스캐닝 사이클(예를 들어, 초기 방출)로부터 반사된 광을 검출한 것에 기초하여 시야(120)의 단일 부분(122)에 대한 방출 패턴을 결정할 수 있는데, 이는 LIDAR 시스템(100)을 매우 동적으로 만든다. 다른 예에서, 프로세서(118)는 이전 스캐닝 사이클로부터 반사된 광을 검출한 것에 기초하여 시야(120)의 단일 부분(122)에 대한 방출 패턴을 결정할 수 있다. 후속 방출 패턴의 차이는, 예를 들어,

[0111] a. 후속 방출의 전체 에너지;

[0112] b. 후속 방출의 에너지 프로필;

[0113] c. 프레임당 광 펄스 반복의 수;

[0114] d. 지속 시간, 속도, 피크, 평균 전력, 및 펄스 형상과 같은 광 변조 특성; 및

[0115] e. 편광, 파장 등과 같은 후속 방출의 파 특성

[0116] 중 임의의 것과 같이 후속 방출에 대한 광원 파라미터의 다른 값을 결정하는 것으로부터 발생할 수 있다.

[0117] 본 발명에 따르면, 후속 방출의 구별은 다른 용도로 사용될 수 있다. 일례에서, 안전성을 고려하여 시야(120)의 일부분에서 방출되는 전력 레벨을 제한하면서, 시야(120)의 다른 부분에 대해 더 높은 전력 레벨을 방출하는 (따라서 신호 대 잡음 비율 및 검출 범위를 향상시키는) 것이 가능하다. 이는 안구 안전과 관련되지만, 피부 안전, 광학 시스템의 안전성, 민감한 재료의 안전성 등에도 또한 관련될 수 있다. 다른 예에서, 동일한 프레임 또는 이전 프레임으로부터의 검출 결과에 기초하여 시야(120)의 다른 부분에 조명 에너지를 제한하면서, 시야(120)의 부분(예를 들어, 관심 구역, 멀리 떨어져 있는 타깃, 낮은 반사 타깃 등)을 향하여 더 많은 에너지를 지향시켜 더 많은 에너지를 사용하는 것이 가능하다. 처리 유닛(108)은 단일 스캐닝 프레임 시간 내에서 단일 순간 시야로부터의 검출된 신호를 여러 번 처리할 수 있다는 것을 유의해야 하며, 예를 들어, 후속 방출은 모든 펄스가 방출된 이후에 또는 다수의 펄스가 방출된 후에 결정될 수 있다.

[0118] 도 5b는 시야(120)에 대한 단일 프레임 시간에서 방출 방식의 3개의 예를 도시한다. 본 발명의 실시예에 따르면, 적어도 하나의 처리 유닛(108)은 획득된 정보를 사용하여 LIDAR 시스템(100)의 동작 모드를 동적으로 조정하고 및/또는 LIDAR 시스템(100)의 특정 구성 요소의 파라미터의 값을 결정할 수 있다. 획득된 정보는 시야(120)에서 캡처되거나 호스트(210)로부터 (직접 또는 간접) 수신된 처리 데이터로부터 결정될 수 있다. 처리 유닛(108)은 획득된 정보를 사용하여 시야(120)의 상이한 부분을 스캔하기 위한 스캐닝 방식을 결정할 수 있다. 획득된 정보는 현재의 광 조건, 현재의 기상 조건, 호스트 차량의 현재 주행 환경, 호스트 차량의 현재 장소, 호스트 차량의 현재 궤적, 호스트 차량을 둘러싼 도로의 현재 지형, 또는 광 반사를 통해 검출 가능한 임의의 다른 상태 또는 물체를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 결정된 스캐닝 방식은 (a) 스캐닝 사이클의 일부로서 능동적으로 스캔될 시야(120) 내의 부분의 지정, (b) 시야(120)의 상이한 부분에서 광 방출 프로필을 한정하는 투영 유닛(102)에 대한 투영 계획; (c) 예를 들어, 편향 방향, 주파수, 및 반사기 어레이 내의 휴면 요소(idle element)의 지정을 한정하는 스캐닝 유닛(104)에 대한 편향 계획; 및 (d) 검출기 감도 또는 반응 패턴을 한정하는 감지 유닛(106)에 대한 검출 계획 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0119] 또한, 처리 유닛(108)은 시야(120) 내의 관심 구역 중 적어도 하나의 구역 및 시야(120) 내의 비관심 영역 중 적어도 하나의 구역을 적어도 부분적으로 식별함으로써 스캐닝 방식을 결정할 수 있다. 일부 실시예에서, 처리 유닛(108)은 시야(120) 내 관심이 많은 적어도 하나의 구역 및 시야(120) 내 관심이 적은 적어도 하나의 구역을 적어도 부분적으로 식별함으로써 스캐닝 방식을 결정할 수 있다. 시야(120) 내의 적어도 하나의 관심 구역의 식별은, 예를 들어 다른 센서(예를 들어 카메라, GPS)의 데이터에 기초하여 시야(120)에서 캡처된 데이터를 처리하는 것으로부터 결정되거나, (직접 또는 간접) 호스트(210)로부터 수신되거나 또는 이들의 임의의 조합으로부터 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 적어도 하나의 관심 구역의 식별은 시야(120) 내 모니터링하기에 중요한 부분, 영역, 구획, 픽셀, 또는 물체의 식별을 포함할 수 있다. 관심 구역으로 식별될 수 있는 영역의 예로는, 횡단 보도, 이동 물체, 사람, 인근 차량, 또는 차량 운행에 도움이 될 수 있는 임의의 다른 환경 조건 또는 물체를 포함할 수 있다. 비관심(또는 관심이 적은) 구역으로 식별될 수 있는 영역의 예로는 정적인(움직이지

않는) 먼 건물, 스카이라인, 수평선 위의 영역, 및 시야 내 물체일 수 있다. 시야(120) 내에서 적어도 하나의 관심 구역을 식별하면, 처리 유닛(108)은 스캐닝 방식을 결정하거나 기존 스캐닝 방식을 변경할 수 있다. (전술한 바와 같이) 광원 파라미터를 결정하거나 또는 변경하는 것 이외에도, 처리 유닛(108)은 적어도 하나의 관심 구역을 식별한 것에 기초하여 검출기 자원을 할당할 수 있다. 일례에서, 잡음을 줄이기 위해, 처리 유닛(108)은 관심 구역이 예상되는 검출기(410)를 활성화하고, 비관심 구역이 예상되는 검출기(410)를 비활성화할 수 있다. 다른 예에서, 처리 유닛(108)은 검출기 감도를 변경할 수 있고, 예를 들어, 반사 전력이 낮은 긴 범위 검출에 대해서는 센서 감도를 증가시킬 수 있다.

[0120] 도 5b의 다이어그램(A 내지 C)은 시야(120)를 스캐닝하는 상이한 스캐닝 방식의 예를 도시한다. 시야(120) 내의 각 정사각형은 적어도 하나의 광 편향기(114)의 순간 위치와 연관된 상이한 부분(122)을 나타낸다. 범례(500)는 사각형의 충전 패턴에 의해 표현되는 광 선속의 레벨을 자세히 설명한다. 다이어그램(A)은 모든 부분이 동일한 중요도/우선 순위를 가지며 디폴트 광 선속이 이 부분에 할당된 제1 스캐닝 방식을 도시한다. 제1 스캐닝 방식은 시동 단계에서 활용되거나 예상치 못한/새로운 물체에 대한 전체 시야를 모니터링하기 위해 다른 스캐닝 방식과 주기적으로 인터리브될 수 있다. 일례에서, 제1 스캐닝 방식에서 광원 파라미터는 일정한 진폭으로 광 펄스를 생성하도록 구성될 수 있다. 다이어그램(B)은 시야(120)의 일부에는 높은 광 선속이 할당하고 시야(120)의 나머지 부분에는 디폴트 광 선속과 낮은 광 선속이 할당하는 제2 스캐닝 방식을 도시한다. 시야(120)에서 가장 관심이 적은 부분에는 낮은 광 선속이 할당될 수 있다. 다이어그램(C)은 시야(120)에서 소형 차량 및 버스(실루엣 참조)를 식별하는 제3 스캐닝 방식을 도시한다. 이러한 스캐닝 방식에서, 차량과 버스의 에지는 높은 전력으로 추적될 수 있고, 차량과 버스의 중심 질량에는 적은 광 선속이 (또는 광 선속 없이) 할당될 수 있다. 이러한 방식으로 광 선속을 할당하면 식별된 물체의 에지에 광 예산을 더 집중시킬 수 있게 하며, 중요도가 낮은 중심에는 덜 집중시킬 수 있게 한다.

[0121] 도 5c는 단일 스캐닝 사이클 동안 시야(120)를 향하는 광의 방출을 도시한다. 도시된 예에서, 시야(120)는 8×9 행렬에 의해 표현되고, 여기서 72개의 셀 각각은 적어도 하나의 광 편향기(114)의 상이한 순간 위치와 연관된 별도의 부분(122)에 대응한다. 이러한 예시적인 스캐닝 사이클에서, 각 부분은 이 부분을 향하여 투영된 광 펄스의 개수를 나타내는 하나 이상의 백색 점을 포함하고, 일 부분은 센서(116)에 의해 검출된 부분으로부터 반사된 광을 나타내는 검은 점을 포함한다. 도시된 바와 같이, 시야(120)는 3개의 섹터, 즉 시야(120)의 우측 상의 섹터(I), 시야(120)의 중앙의 섹터(II), 및 시야(120)의 좌측 상의 섹터(III)로 분할된다. 이러한 예시적인 스캐닝 사이클에서, 섹터 I에는 초기에 부분당 단일 광 펄스가 할당되고, 이전에 관심 구역으로 식별된 섹터 II에는 초기에 부분당 3개의 광 펄스가 할당되며, 섹터 III에는 초기에 부분당 2개의 광 펄스가 할당된다. 또한 도시된 바와 같이, 시야(120)의 스캐닝은 4개의 물체(208), 즉 근거리장(예를 들어, 5미터 내지 50미터) 내의 2개의 자유 형태의 물체, 중거리장의 둥근 사각형 물체(예를 들어, 50미터 내지 150미터), 원거리장의 삼각형 물체(예를 들어, 150미터 내지 500미터)를 드러낸다. 도 5c의 논의는 광 선속을 할당하는 일례로서 펄스의 개수를 사용하지만, 시야의 다른 부분에 광 선속을 할당하는 것은 펄스 지속 시간, 펄스 각도 분산, 파장, 순간 전력, 광원(112)으로부터의 상이한 거리에서의 광자 밀도, 평균 전력, 펄스 전력 세기, 펄스 폭, 펄스 반복률, 펄스 시퀀스, 펄스 듀티 사이클, 파장, 위상, 편광 등과 같은 다른 방식으로도 구현될 수 있음을 유의해야 한다. 도 5c에서 단일 스캐닝 사이클로서 광 방출을 도시한 것은 LIDAR 시스템(100)의 상이한 성능을 보여준다. 제1 실시예에서, 프로세서(118)는 2개의 광 펄스를 사용하여 제1 물체(예를 들어, 둥근 사각형 물체)를 제1 거리에서 검출하고, 3개의 광 펄스를 사용하여 제2 물체(예를 들어, 삼각형 물체)를 제1 거리보다 먼 제2 거리에서 검출하도록 구성된다. 제2 실시예에서, 프로세서(118)는 관심 구역이 식별되는 시야의 부분에 더 많은 광을 할당하도록 구성된다. 구체적으로, 본 예에서, 섹터 II는 관심 구역으로 식별되어서, 이에 따라 섹터 II에는 3개의 광 펄스가 할당되는 반면, 시야(120)의 나머지에는 2개 이하의 광 펄스가 할당된다. 제3 실시예에서, 프로세서(118)는, 단지 단일 광 펄스만이 도 5c의 부분(B1, B2, 및 C1)을 향하여 투영되는 방식으로 광원(112)을 제어하도록 구성되지만, 이들 부분은 초기에 부분당 2개의 광 펄스가 할당된 섹터 III의 일부이다. 이는 처리 유닛(108)이 제1 광 펄스에 기초하여 근거리장 내의 물체를 검출했기 때문에 발생한다. 펄스의 최대량보다 적은 양을 할당하는 것은 다른 고려 사항의 결과일 수도 있다. 예를 들어, 적어도 일부 구역에서, 제1 거리(예를 들어, 근거리장)에서 물체를 검출하면 시야(120)의 이 부분으로 방출되는 전체 광량을 감소시킬 수 있다.

[0122] LIDAR 시스템(100)의 상이한 구성 요소와 이들의 연관된 기능에 대한 추가적인 세부 사항 및 예는 2016년 12월 28일자로 출원된 출원인의 미국 특허 출원 번호 15/391,916; 2016년 12월 29일자로 출원된 출원인의 미국 특허 출원 번호 15/393,749; 2016년 12월 29일자로 출원된 출원인의 미국 특허 출원 번호 15/393,285; 및 2016년 12월 29일자로 출원된 출원인의 미국 특허 출원 번호 15/393,593에 포함되어 있으며, 이들 선출원 문헌은 그 전체

내용이 본 명세서에 병합된다.

[0123] **예시적인 구현예: 차량**

[0124] 도 6a 내지 6c는 차량(예를 들어, 차량(110))에서 LIDAR 시스템(100)의 구현예를 도시한다. 전술된 또는 이하에 설명된 LIDAR 시스템(100)의 임의의 양태는 거리 감지 차량을 제공하기 위해 차량(110)에 포함될 수 있다. 구체적으로, 이 예에서, LIDAR 시스템(100)은 다수의 스캐닝 유닛(104) 및 잠재적으로 다수의 투영 유닛(102)을 단일 차량에 통합한다. 일 실시예에서, 차량은 이러한 LIDAR 시스템을 이용하여 중첩되는 구역(zone)과 이 구역을 넘어 전력, 거리 및 정확도를 향상시킬 뿐만 아니라 FOV의 민감한 부분(예를 들어, 차량의 전진 방향)에서 중복을 제공할 수 있다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 차량(110)은 시야(120A)의 스캐닝을 제어하기 위한 제1 프로세서(118A), 시야(120B)의 스캐닝을 제어하기 위한 제2 프로세서(118), 및 두 시야의 스캐닝의 동기화를 제어하기 위한 제3 프로세서(118C)를 포함할 수 있다. 일례에서, 프로세서(118C)는 차량 제어기일 수 있고, 제1 프로세서(118A)와 제2 프로세서(118) 사이의 공유 인터페이스를 가질 수 있다. 공유 인터페이스는 시간적 및/또는 공간적 공간에서 중첩을 형성하기 위해 중간 처리 레벨에서 데이터의 교환 및 결합된 시야의 스캐닝의 동기화를 할 수 있게 한다. 일 실시예에서, 공유 인터페이스를 사용하여 교환되는 데이터는 (a) 중첩된 시야 및/또는 그 부근의 픽셀과 연관된 수신된 신호의 비행 시간; (b) 레이저 조향 위치 상태; (c) 시야 내의 물체의 검출 상태일 수 있다.

[0125] 도 6b는 시야(120A)와 시야(120B) 사이의 중첩 구역(600)을 도시한다. 도시된 예에서, 중첩 구역은 시야(120A)로부터의 24개의 부분(122) 및 시야(120B)로부터의 24개의 부분(122)과 연관된다. 중첩 구역이 프로세서(118A, 118)에 의해 정해지고 알려지면, 각각의 프로세서는 다수의 소스 광에 걸친 안구 안전 한계를 따르거나 광 예산을 유지하는 등과 같은 다른 이유를 위해 중첩 구역(600)에서 방출되는 광량을 제한하도록 설계될 수 있다. 또한, 프로세서(118A, 118)는 스캐닝 유닛(104A)과 스캐닝 유닛(104B) 사이의 느슨한 동기화에 의해 및/또는 레이저 송신 타이밍 및/또는 검출 회로를 인에이블하는 타이밍을 제어하는 것에 의해 2개의 광원에 의해 방출된 광 사이의 간섭을 회피할 수 있다.

[0126] 도 6c는 시야(120A)와 시야(120B) 사이의 중첩 구역(600)이 차량(110)의 검출 거리를 증가시키는 데 사용될 수 있는 방식을 도시한다. 본 발명에 따르면, 광원의 공칭 광 방출을 중첩 구역으로 투영하는 2개 이상의 광원(112)을 활용하여 유효 검출 범위를 증가시킬 수 있다. "검출 범위"라는 용어는 LIDAR 시스템(100)이 물체를 명확하게 검출할 수 있는, 차량(110)으로부터의 대략적인 거리를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, LIDAR 시스템(100)의 최대 검출 범위는 약 300미터, 약 400미터, 또는 약 500미터이다. 예를 들어, 200미터의 검출 범위에 대해, LIDAR 시스템(100)은 물체의 반사율이 50% 미만(예를 들어, 20% 미만, 10% 미만, 또는 5% 미만)일 때도 95% 초과, 99% 초과, 99.5% 초과하는 비율로 차량(110)으로부터 200미터(또는 그 미만)에 위치된 물체를 검출할 수 있다. 또한, LIDAR 시스템(100)은 1% 미만의 오경보율을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 시간적 및 공간적 공간에 나란히 놓인 2개의 광원으로부터 투영된 광은 SNR을 향상시키기 위해 이용될 수 있고, 따라서 중첩 구역에 위치된 물체에 대한 범위 및/또는 서비스 품질을 증가시킬 수 있다. 프로세서(118C)는 시야(120A, 120B)에서 반사된 광으로부터 고레벨 정보를 추출할 수 있다. "정보를 추출하는"이라는 용어는, 통상의 지식을 가진 자에게 알려진 임의의 수단에 의해 캡처된 이미지 데이터 내에서 물체, 개인, 장소, 이벤트 등과 연관된 정보를 식별하는 임의의 프로세스를 포함할 수 있다. 또한, 프로세서(118A, 118)는 물체(도로 구분자, 배경, 보행자, 차량 등) 및 움직임 벡터와 같은 고레벨 정보를 공유하여 각 프로세서가 관심 구역이 될 주변 구역을 경보하도록 할 수 있다. 예를 들어, 시야(120A) 내의 이동 물체는 곧 시야(120B)로 들어갈 것으로 결정될 수 있다.

[0127] **예시적인 구현예: 감시 시스템**

[0128] 도 6d는 감시 시스템에서 LIDAR 시스템(100)의 구현예를 도시한다. 전술한 바와 같이, LIDAR 시스템(100)은 더 넓은 시야를 획득하기 위해 LIDAR 시스템(100)의 하우징을 회전시키기 위한 모터 또는 다른 메커니즘을 포함할 수 있는 정지된 물체(650)에 고정될 수 있다. 대안적으로, 감시 시스템은 복수의 LIDAR 유닛을 포함할 수 있다. 도 6d에 도시된 예에서, 감시 시스템은 단일의 회전 가능한 LIDAR 시스템(100)을 사용하여, 시야(120)를 나타내는 3D 데이터를 획득하고, 3D 데이터를 처리하여 사람(652), 차량(654), 환경의 변화, 또는 임의의 다른 형태의 보안 중요 데이터를 검출할 수 있다.

[0129] 본 발명의 일부 실시예에 따르면, 3D 데이터는 소매업 프로세스를 모니터링하기 위해 분석될 수 있다. 일 실시예에서, 3D 데이터는 물리적 보안(예를 들어, 소매 시설 내에서의 무단 침입의 검출, 소매 시설 내에서 또는 그 주변에서의 공공 기물 파손 행위의 검출, 보안 영역에 대한 무단 액세스의 검출, 및 주차장의 자동차 주변의 의심스러운 행동의 검출)을 포함하는 소매업 프로세스에서 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 3D 데이터는 공공

안전(예를 들어, 사람이 매장 부지에 미끄러지거나 넘어지는 것의 검출, 매장 바닥에 위험한 액체의 유출이나 장애물의 검출, 매장 주차장에서의 폭행 또는 납치의 검출, 비상구의 장애물의 검출, 및 매장 영역이나 매장 외부에서 군중 밀집의 검출)에 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 3D 데이터는 비즈니스 지능 데이터 수집하는 데(예를 들어, 통과하는 사람의 수, 사람이 머무르는 위치, 사람이 머무르는 기간, 구매 습관에 비교되는 쇼핑 습관을 결정하기 위해 매장 영역을 통과하는 사람을 추적하는 데) 사용될 수 있다.

[0130] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 3D 데이터는 교통 단속을 위해 분석되고 사용될 수 있다. 구체적으로, 3D 데이터는 법적 속도 제한을 초과하거나 일부 다른 도로 관련 법적 요구 사항을 어겨 달리는 차량을 식별하는 데 사용될 수 있다. 일례에서, LIDAR 시스템(100)은 적색 신호등이 표시되는 동안 정지 라인 또는 지정된 정지 장소를 가로지르는 차량을 검출하는 데 사용될 수 있다. 다른 예에서, LIDAR 시스템(100)은 대중 교통을 위해 예비된 차선을 주행하는 차량을 식별하는 데 사용될 수 있다. 또 다른 예에서, LIDAR 시스템(100)은 특정 회전이 적색에서 금지되는 교차로에서 회전하는 차량을 식별하는 데 사용될 수 있다.

[0131] **내장된 가열 저항기를 갖는 MEMS 미러 조립체**

[0132] 움직이는 구성 요소, 특히 MEMS 미러 또는 다른 넓은 표면을 포함하는 마이크로 전자 기계 시스템(MEMS)을 저온에서 동작할 수 있도록 하기 위해, 하나 이상의 내장된 가열 저항기를 포함하는 새로운 MEMS 시스템이 아래에 설명된다. MEMS 시스템의 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 액추에이터)를 가열하도록 구성된 하나 이상의 내장된 가열 요소를 가지면 MEMS 시스템이 동작하는 최적의 환경을 유지하는 데 도움이 될 수 있다.

[0133] 본 발명은 스캐닝 LIDAR 시스템의 일부일 수 있는 MEMS 시스템의 MEMS 미러 조립체의 예를 제공하지만, 본 발명의 양태는 가장 넓은 의미에서 LIDAR 시스템에 대한 MEMS 조립체로 제한되지 않는다는 점에 유의해야 한다. 오히려, 전술한 원리는 다른 유형의 전기 광학 시스템(예를 들어, 카메라, 거리 측정기, 전자 현미경)에도 적용될 수 있다고 생각된다.

[0134] 도 3a 내지 도 3d는 예시적인 MEMS 스캐닝 디바이스(104)를 도시한다. 또한, 본 명세서는 MEMS 미러를 포함하는 MEMS 시스템을 설명하지만, 피스톤 또는 밸브와 같은 MEMS 기능 표면을 포함하는 다른 유형의 MEMS 시스템도 고려된다. 예를 들어, MEMS 미러를 포함하는 대신, MEMS 시스템은 광을 지향하는 표면을 선회시키도록 구성된 압전으로 활성화되는 구성 요소(예를 들어, 피스톤, 밸브)를 포함할 수 있다. 예로서, MEMS 시스템은 압전으로 활성화된 선회 표면을 포함할 수 있다.

[0135] 일부 실시예에서, 예시적인 MEMS 시스템은 적어도 하나의 축을 중심으로 이동하도록 구성된 MEMS 미러, 및 MEMS 미러의 이동을 유발하도록 구성된 적어도 하나의 액추에이터를 포함하는 MEMS 조립체를 포함할 수 있다. MEMS 미러 조립체는 전류가 가열 요소를 통과할 때 액추에이터의 적어도 일부를 가열하도록 구성된 적어도 하나의 가열 요소를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체는 단일 웨이퍼 다이로 제조될 수 있다. 다른 실시예에서, MEMS 미러 조립체는 함께 고정된 2개 이상의 웨이퍼 다이(예를 들어, 밀봉된 격실을 형성하도록 함께 접착되는 유리 웨이퍼 및 실리콘 웨이퍼)로 제조될 수 있다.

[0136] 도 7a, 도 7b 및 도 8은 본 발명의 일부 실시예에 따른 예시적인 MEMS 미러 조립체(700A, 700B 및 800)를 도시한다. MEMS 미러 조립체(700A, 700B, 800)는 일부 경우에 개별적으로 설명되지만, 하나의 MEMS 미러 조립체의 하나 이상의 구성 요소가 다른 MEMS 미러 조립체에 사용될 수 있다. MEMS 미러 조립체(700A)는 프레임(711), MEMS 미러(701), 하나 이상의 액추에이터(예를 들어, 액추에이터 721, 722, 723, 724), 하나 이상의 상호 연결 요소(741, 742, 743, 744) 및 하나 이상의 가열 요소(예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753, 754))를 포함할 수 있다. 프레임(711)은 MEMS 미러(701)가 프레임(711)에 대해 하나 이상의 회전축을 중심으로 선회하는 것을 허용하면서 MEMS 미러를 구조적으로 지지할 수 있다. MEMS 미러(701)는 반사 표면을 포함할 수 있다. MEMS 미러(701)는 MEMS 미러(701)가 프레임(711)에 대해 병진 이동 가능하고/하거나 프레임(711)에 대해 하나 이상의 축을 중심으로 회전 가능하다는 점에서 이동 가능한 MEMS 미러일 수 있다. 상호 연결 요소(741, 742, 743 및 744)는 MEMS 미러(701)에 연결될 수 있고, 적어도 하나의 회전축을 중심으로 MEMS 미러(701)의 회전을 용이하게 하도록 구성될 수 있다. 액추에이터(721, 722, 723 및 724)는 상호 연결 요소(741, 742, 743 및 744) 중 하나 이상의 요소에 기계적 힘을 가하여, 프레임에 대해 MEMS 미러의 병진 이동 또는 회전 이동을 유발할 수 있다. 가열 저항기(751, 752, 753 및 754)는 하나 이상의 액추에이터(721, 722, 723 및 724)를 가열하도록 구성될 수 있다. 반드시 그런 것은 아니지만, MEMS 미러 조립체(700A)는 (예를 들어, 도 3a 및 도 3b에 대해) 스캐닝 유닛(104) 및/또는 광 편향기(114)와 관련하여 논의된 임의의 구조 또는 기능을 구현할 수 있다.

[0137] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체(700A)는 제어기(761), 전력원(771) 및 하나 이상의 센서(도시되지 않음)를

더 포함할 수 있다. 제어기(761)는 하나 이상의 가열 저항기의 활성화를 제어하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 가열 저항기(751)에 전류의 인가를 제어하여 근처의 액추에이터(예를 들어, 액추에이터(721))의 가열을 제어할 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(761)는 하나 이상의 액추에이터의 활성화를 제어하도록 더 구성될 수 있다. 전력원(771)은 가열을 위한 전력을 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 전력원(771)은 제어기(761)에 전력을 더 제공할 수 있다. 하나 이상의 센서는 MEMS 미러 조립체(700A)가 동작하는 상태를 모니터링하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러 조립체(700A)는 MEMS 미러 조립체(700A)의 하나 이상의 구성 요소의 온도를 모니터링하도록 구성된 하나 이상의 온도 센서를 포함할 수 있다. 센서는 모니터링하는 상태(들)에 관한 신호 및/또는 정보를 제어기(761)로 송신하도록 더 구성될 수 있다.

[0138] 프레임(711)은 MEMS 미러가 프레임에 대해 회전 이동 및/또는 병진 이동할 수 있도록 MEMS 미러가 부착될 수 있는 임의의 지지 구조를 포함할 수 있다. 예를 들어, 프레임(711)은 MEMS 미러가 프레임에 대해 하나 이상의 회전축을 중심으로 선회하도록 허용하면서 MEMS 미러를 구조적으로 지지할 수 있는 MEMS 미러를 제조하는 데 사용되는 웨이퍼 다이의 부분을 포함할 수 있다.

[0139] 일부 실시예에서, 프레임(711)은 하나 이상의 액추에이터(예를 들어, 액추에이터(721, 722, 723 및 724)) 및/또는 상호 연결 요소(예를 들어, 상호 연결 요소(741, 742, 743, 744))를 제외하고 MEMS 미러(701)의 활성 영역(이의 임의의 부분이 프레임(711)의 평면으로부터 이동할 수 있거나 또는 프레임(711)에 대해 이동할 수 있음)으로부터 이격될 수 있다. 프레임(711)은 연속 프레임을 포함하거나 또는 둘 이상의 개별 부분으로 구성된 프레임을 포함할 수 있다. 예를 들어, 프레임은 하나 이상의 실리콘 층을 포함하는 웨이퍼 층으로 제조될 수 있으며, 하나 이상의 실리콘 층은 가능하게는 MEMS 미러의 일부인 적어도 하나의 실리콘 층을 포함할 수 있다. 실리콘 이외의 재료 층도 사용될 수 있다.

[0140] MEMS 미러(701)는 광이 원래 경로로부터 벗어나는 것을 허용하도록 구성될 수 있다. MEMS 미러(701)는 MEMS 미러(701)가 프레임(711)에 대해 병진 이동 가능하고/하거나 프레임(711)에 대해 하나 이상의 축을 중심으로 회전 가능할 수 있다는 점에서 이동 가능한 MEMS 미러일 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러(701)는 도 7a에 도시된 바와 같이 예시적인 축(781, 782, 및/또는 783)(이 도면의 평면으로 들어가는 축)을 중심으로 병진 이동 또는 회전 가능할 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러(701)는 프레임(711)의 평면 내에서 회전될 수 있다.

[0141] 일부 실시예에서, MEMS 미러(701)는 웨이퍼(또는 프레임(711))의 평면에 대해 회전하는 회전 가능한 부분을 갖는 MEMS 구조를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, MEMS 미러(701)는 웨이퍼(또는 프레임(711))의 평면에 대해 병진 이동하는 병진 이동 부분을 갖는 MEMS 구조를 포함할 수 있다. 일부 예시적인 실시예에서, 회전 부분(및/또는 병진 이동 부분)은 광원으로부터의 광을 반사 또는 편향시킬 수 있는 MEMS 미러를 형성하기 위해 반사 코팅 또는 표면을 포함할 수 있다. MEMS 미러(701)는 도 7a(및 도 7b)에서 원형 형상을 갖는 것으로 예시되었지만, MEMS 미러(701)는 정사각형 형상, 다각형 형상(예를 들어, 팔각형), 타원형 형상, 또는 MEMS 조립체와 함께 사용하기에 적합한 임의의 다른 기하 형상을 가질 수 있다는 것이 고려된다. 본 명세서는 MEMS 미러 및 프레임의 예를 설명하지만, 가장 넓은 의미에서 본 발명의 양태는 MEMS 미러 및/또는 프레임의 개시된 예로 제한되지 않는다는 것에 유의해야 한다.

[0142] MEMS 미러 조립체(700A)는 적어도 하나의 축(예를 들어, 축(781, 782, 및/또는 783))을 중심으로 MEMS 미러(701)의 선회를 야기하도록 구성된 하나 이상의 액추에이터를 포함할 수 있다. 액추에이터(예를 들어, 액추에이터(721, 722, 723, 724))는 프레임에 대한 MEMS 미러의 병진 이동 및/또는 회전 이동을 유발할 수 있는 MEMS 미러 조립체의 하나 이상의 이동 구조 부재를 포함할 수 있다. 개시된 액추에이터는 MEMS 미러 조립체의 통합 부분일 수 있고 또는 MEMS 미러 조립체와 분리되고 구별될 수 있다. 개시된 액추에이터는 개시된 MEMS 미러에 직접 또는 간접 부착될 수 있다. 일부 실시예에서, 미러 조립체(700A)의 하나 이상의 액추에이터는 전체 내용이 본 명세서에 병합된 2018년 11월 28일자로 출원된 발명의 명칭이 "LIDAR SYSTEMS AND METHODS"인 국제 출원 번호 PCT/IB2018/001467에 개시된 액추에이터 중 하나 이상일 수 있다.

[0143] 일부 실시예에서, 액추에이터는 액추에이터 몸체(예를 들어, 실리콘으로 제작됨) 및 압전 요소를 포함할 수 있다. 예로서, 액추에이터(721)는 몸체(참조 부호는 도시되지 않음) 및 압전 요소(731)를 포함할 수 있다. 유사하게, 액추에이터(722, 723, 724) 각각은 몸체 및 대응하는 압전 요소(732, 733, 또는 734)를 포함할 수 있다. 압전 요소는 전기장을 받으면 몸체를 굴곡시켜 활성 영역을 이동시키도록 구성될 수 있다.

[0144] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체(700A)는 2개 이상의 유형의 액추에이터를 포함할 수 있다. 다양한 유형의 액추에이터는 활성 영역을 다른 방향으로 이동시킬 수 있다. 액추에이터(721 및 722)는 상이한 유형의 액추에이터일 수 있다. 압전 요소(731)는 제1 전기장을 받을 때 액추에이터(721)의 몸체를 굴곡시켜 MEMS 미러(701)를

제1 방향으로 이동시키도록 구성될 수 있고, 압전 요소(732)는 제2 전기장을 받을 때 액추에이터(722)의 몸체를 굴곡시켜 MEMS 미러(701)를 제2 방향으로 이동시키도록 구성될 수 있다.

[0145] MEMS 미러 조립체(700A)는 하나 이상의 액추에이터를 MEMS 미러(701)에 연결시키는 하나 이상의 상호 연결 요소(예를 들어, 상호 연결 요소(741, 742, 743, 744))를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 상호 연결 요소(741)는 액추에이터(721)의 하나 이상의 작동 아암, 이 작동 아암과 연관된 스프링(도시되지 않음), 및 MEMS 미러(701) 사이에 전기적 및/또는 기계적 연결을 제공할 수 있다. 일부 예시적인 실시예에서, 상호 연결 요소는 하나 이상의 작동 아암, 스프링 및/또는 MEMS 미러(701)에 직접 부착될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 상호 연결 요소는, 서로 연결될 수 있고 하나 이상의 작동 아암, 스프링 및/또는 MEMS 미러(701)에 부착될 수 있는 하나를 초과하는 커넥터 부재를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 상호 연결 요소(741)는 전체 내용이 본 명세서에 병합된, 2018년 11월 28일자로 출원된 발명의 명칭이 "LIDAR SYSTEMS AND METHODS"인 국제 출원 번호 PCT/IB2018/001467에 설명된 하나 이상의 커넥터를 포함할 수 있다. 상호 연결 요소는 MEMS 미러 조립체(700A)에 사용되는 실리콘, 금속 또는 임의의 다른 재료로 만들어질 수 있다. 상호 연결 요소는 액추에이터, MEMS 미러(701) 또는 이들 둘 모두에 존재하는 하나 이상의 웨이퍼 층의 연속으로서 만들어질 수 있다.

[0146] MEMS 미러 조립체(700A)는 MEMS 미러 조립체의 하나 이상의 구성 요소(또는 그 일부)를 가열하도록 구성된 하나 이상의 가열 요소(예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753, 및 754))를 더 포함한다. 예를 들어, 가열 요소는 전류가 가열 저항기(751)를 통과할 때 액추에이터(721)의 압전 요소(731)를 가열하도록 구성된 가열 저항기(751)일 수 있다. 유사하게, 가열 저항기(752, 753, 및 754)는 전류가 대응하는 가열 저항기를 통과할 때 압전 요소(732, 733, 및 734)를 각각 가열하도록 구성될 수 있다.

[0147] 일부 실시예에서, 예를 들어, 도 7a에 도시된 바와 같이, MEMS 미러 조립체는 복수의 가열 저항기를 포함할 수 있고, 각 가열 저항기는 MEMS 미러 조립체의 하나의 구성 요소를 가열하도록 구성될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, MEMS 미러 조립체는 하나의 구성 요소를 가열하기 위해 둘 이상의 가열 저항기를 포함할 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러 조립체(700A)는 압전 요소(731)를 가열하기 위한 가열 저항기(751) 및 다른 가열 저항기(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 제어기(761)는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 압전 요소(731)를 가열하기 위해 가열 저항기를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도가 임계 값 미만인 경우 가열 저항기를 활성화하도록 결정할 수 있다. 제어기(761)는 회로부를 통해 각각의 가열 저항기를 통해 전류를 통과시키도록 전력원(771)을 더 제어할 수 있다. 가열 저항기는 구성 요소에 (또는 구성 요소에 가깝게) 균일하게 구현될 수 있다. 대안적으로, 가열 저항기는 구성 요소에 (또는 구성 요소에 가깝게) 균일하게 구현되지 않을 수 있다. 예를 들어, 제1 가열 저항기는 상호 연결 요소(741)(즉, 액추에이터(721)와 프레임(711)의 연결부) 근처에 구현될 수 있고, 제2 가열 저항기(751)는 액추에이터(721)의 아암에 (또는 아암에 가깝게) 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 및 제2 가열 저항기는 동일한 유형이거나 상이한 유형일 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(761)는 제1 및 제2 가열 저항기에 동일한 전류 또는 상이한 전류를 공급하도록 전력원(771)을 제어할 수 있다.

[0148] 일부 실시예에서, 제어기(761)는 상이한 가열 저항기에 상이한 전류를 공급하도록 전력원(771)을 제어할 수 있다. 예를 들어, 전력원(771)은 가열 저항기(751)에 제1 전류를 공급하고, 가열 저항기(751)에 제1 전류와 다른 제2 전류(예를 들어, 더 크거나 더 작은 전류)를 공급할 수 있다.

[0149] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체는 2개 이상의 구성 요소를 가열하도록 구성된 하나의 가열 요소를 포함할 수 있다. 예로서, 도 7b에 도시된 바와 같이, MEMS 미러 조립체(700B)는 전류가 가열 저항기(756)를 통과할 때 액추에이터(721, 722, 723 및 724)(또는 압전 요소(731, 732, 733 및 734))를 가열하도록 구성된 가열 저항기(756)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기(751, 752, 753 및/또는 754)는 구성 요소의 온도를 나타내는 응답 정보에서 MEMS 미러 조립체(700A)의 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 액추에이터(721) 및/또는 압전 요소(731))를 가열하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도가 임계 값 미만임을 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 제어기(761)는 압전 요소(731)를 가열하기 위해 가열 저항기(751)에 전류를 공급하도록 전력원(771)을 더 제어할 수 있다.

[0150] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체(700A)의 가열 저항기는 동일한 유형일 수 있다. 대안적으로, MEMS 미러 조립체(700A)는 둘 이상의 상이한 유형의 가열 저항기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 가열 저항기(751)는 가열 저항기(752)(또는 다른 가열 저항기)와 상이한 총 저항, 가열 전력 등 또는 이들의 조합을 가질 수 있다.

[0151] 일부 실시예에서, 가열 저항기(예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753, 754 및 756) 중 하나)는 1/4킬로옴 내지 5킬로옴 범위의 총 저항을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기의 총 저항은 1/4옴 내지 1옴, 1옴 내지

10옴, 10옴 내지 50옴, 50옴 내지 100옴, 100옴 내지 500옴, 500옴 내지 1000옴, 1킬로옴 내지 2킬로옴, 2킬로옴 내지 5킬로옴의 하위 범위로 제한될 수 있다.

[0152] 일부 실시예에서, 가열 저항기(예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753, 754 및 756)는 5밀리와트 내지 5000밀리와트 범위의 가열 전력을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기의 가열 전력은 5밀리와트 내지 10밀리와트, 10밀리와트 내지 50밀리와트, 50밀리와트 내지 100밀리와트 및 100밀리와트 내지 500밀리와트의 하위 범위로 제한될 수 있다.

[0153] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체(700A)는 MEMS 미러 조립체(700A)가 동작하는 상태를 모니터링하도록 구성된 다양한 센서(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러 조립체(700A)는 MEMS 미러 조립체(700A)의 하나 이상의 구성 요소의 온도를 모니터링하도록 구성된 하나 이상의 온도 센서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 온도 센서(예를 들어, 저항성 온도 센서)는 액추에이터(721)(및/또는 압전 요소(731))의 온도를 측정하도록 구성될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 온도 센서는 MEMS 미러 조립체(700A)의 주변 온도를 모니터링하도록 구성될 수 있다.

[0154] 센서는 모니터링하는 상태(들)와 관련된 신호 및/또는 정보를 제어기(761)로 송신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 센서는 압전 요소(731)의 온도를 나타내는 정보를 제어기(761)로 송신할 수 있고, 제어기는 수신된 정보에 기초하여 압전 요소(731)를 가열하기 위해 하나 이상의 가열 저항기를 활성화할지 여부를 결정할 수 있다. 센서에 의한 온도 측정(또는 모니터링)은 연속적이거나 간헐적일 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 센서는 온도를 측정하기 위해 제어기(761)로부터 제어 신호를 수신하고, 센서가 획득한 온도 정보를 제어기(761)로 송신할 수 있다. 센서는 예를 들어, MEMS 미러 조립체의 하나 이상의 구성 요소의 동작에 미치는 다양한 온도의 영향을 측정함으로써 온도를 직접 또는 간접 측정할 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 액추에이터(721)에 의해 MEMS 미러(701)를 작동시키기 위한 전압을 나타내는 정보를 수신하고, 센서로 송신되는 제어 신호를 생성할 수 있다. 또한 제어기(761)는 온도를 나타내는 데이터를 생성하기 위해 다른 센서로부터의 데이터를 사용할 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러를 이동시키는 데 필요한 전압에 관한 정보는 온도를 평가하기 위해 액추에이터에 의해 야기되는 이동 정도를 나타내는 이동 피드백 데이터와 함께 사용될 수 있다. 제어 신호를 수신한 후에, 센서는 액추에이터(721)(또는 압전 요소(731))의 온도를 측정하고 온도 정보를 제어기(761)로 송신할 수 있다.

[0155] 일부 실시예에서, 센서는 MEMS 미러 조립체(700A)의 일부로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 센서는 MEMS 미러 조립체(700A)의 구성 요소에 (또는 구성 요소에 가깝게) 구현될 수 있다. 예로서, 센서는 프레임(711), MEMS 미러(701), 액추에이터(721, 722, 723, 및 724)(또는 그 압전 요소) 중 하나, 제어기(761) 등 또는 이들의 조합 상에 구현될 수 있다. 다른 실시예에서, 센서는 MEMS 미러 조립체(700A) 외부에서 구현될 수 있다(예를 들어, MEMS 미러 조립체(700A) 외부의 온도 센서는 MEMS 미러 조립체(700A) 주변의 주변 온도를 측정하도록 구성된다).

[0156] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체(700A)는 제어기(761) 및 전력원(771)을 더 포함할 수 있다. 제어기(761)는 하나 이상의 프로세서, 마이크로프로세서 등 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 제어기(761)는 하나 이상의 가열 저항기(751, 752, 753 및 754)의 활성화를 제어하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 하나 이상의 가열 저항기에 전류를 공급하도록 전력원(771)을 제어할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(761)는 하나 이상의 액추에이터(721, 722, 723 및 724)의 작동을 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 액추에이터에 인가되는 전기장을 제어할 수 있고, 이에 의해 액추에이터의 작동을 활성화(또는 비활성화)를 제어할 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(761)는 액추에이터, 가열 저항기 및 전력원(771) 중 적어도 하나와 동일한 칩 상에 구현될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(761)는 MEMS 미러 조립체에 외부 구성 요소(예를 들어, LIDAR 시스템의 프로세서(118)의 일부)로서 구현될 수 있다.

[0157] 전력원(771)은 하나 이상의 가열 저항기에 가열 전력을 공급하도록 구성될 수 있다. 전력원(771)은 배터리, AC 전력원, DC 전력원, 충전 가능한 커패시터 등 또는 이들의 조합일 수 있다. 일부 실시예에서, 전력원(771)은 MEMS 미러 조립체(700A)(예를 들어, 내부 전력원)의 일부인 전력원을 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원(771)은 MEMS 미러 조립체(700A) 외부의 전력원을 포함할 수 있다.

[0158] 일부 실시예에서, 전력원(771)은 MEMS 미러 조립체(700A)의 다양한 구성 요소(예를 들어, 액추에이터, 가열 저항기, 제어기, 다양한 센서)에 전기적으로 결합될 수 있다. 전력원(771)은 제어기(761)의 외부에 있을 수 있다. 대안적으로, 전력원(771) 및 제어기(761)는 신호 유닛으로서 통합될 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(761) 및 전력원(771)은 MEMS 미러 조립체에 전기적으로 결합될 수 있지만 외부에 있을 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)(및/또는 전력원(771))는 MEMS 미러 조립체(700A) 외부에 (예를 들어, MEMS 미러 조립체를 포함하는

LIDAR 시스템의 다른 부분으로서) 구현될 수 있다.

[0159] 일부 실시예에서, 제어기(761)는 MEMS 미러 조립체(또는 그 구성 요소)로부터 온도 판독값에 기초하여 선택적으로 전력원(771)이 가열 저항기를 통과하는 전류를 인가하도록 할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 MEMS 미러 조립체(700A)로부터 온도 판독값(예를 들어, 압전 요소(731)로부터 온도 판독값)에 기초하여 선택적으로 전력원(771)을 제어하여 가열 저항기(751)(그러나 가열 저항기(752, 753 또는 754)는 아님)에 전류를 공급하도록 구성될 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 온도 판독값이 임계 온도보다 낮을 때 선택적으로 전력원(771)이 가열 저항기(751)를 통과하는 전류를 인가하도록 할 수 있다.

[0160] 일부 실시예에서, MEMS 미러 조립체(700A)의 2개 이상의 구성 요소(예를 들어, 프레임(711), MEMS 미러(701), 액추에이터(721), 가열 저항기(751) 중 하나 이상)는 단일 웨이퍼 상에 제조될 수 있고, 공통 층(예를 들어, 공통 실리콘 층, 공통 납 지르코네이트 티타네이트(PZT) 층)을 공유할 수 있다. 예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753 및 754) 중 하나 이상이 MEMS 미러 조립체(700A)의 웨이퍼의 금속 층 상에 구현될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 가열 저항기(751, 752, 753 및 754) 중 하나 이상이 MEMS 미러 조립체(700A)의 웨이퍼의 실리콘 기반 층의 도핑된 영역 상에 구현될 수 있다. 실리콘 기반 층은 실리콘, 폴리실리콘, 도핑된(또는 부분적으로 도핑된) 실리콘, 도핑된(또는 부분적으로 도핑된) 폴 실리콘, 또는 규소 화합물과 같은 임의의 다른 실리콘 기반 재료로 만들어질 수 있다. 다른 예로서, 압전 요소에 전기장을 인가하는 데 사용되는 적어도 하나의 전극은 MEMS 미러 조립체(700A)의 웨이퍼의 금속 층 상에 구현되고, 가열 저항기(751, 752, 753 및 754) 중 하나 이상은 압전 작동에 사용되는 전극과 동일한 금속 층에 구현될 수 있다.

[0161] MEMS 미러 조립체(700A)는 제어기(761), 전력원(771), 센서(예를 들어, 온도 센서), 광학 구성 요소, 구조 요소, 케이싱 등과 같은 추가 구성 요소를 더 포함할 수 있다. 이러한 추가 구성 요소는 MEMS 미러와 동일한 웨이퍼 상에, 다른 웨이퍼 상에 구현될 수 있고, 또는 MEMS 미러(701)의 웨이퍼와 통합될 수 있다.

[0162] 일부 실시예에서, 하나 이상의 가열 저항기는 MEMS 미러 조립체의 구성 요소 상에 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 가열 저항기가 액추에이터 상에 구현될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 하나 이상의 가열 저항기가 프레임 상에 구현될 수 있다. 예로서, 하나 이상의 가열 저항기가 액추에이터에 인접한 프레임의 에지에 구현될 수 있다.

[0163] 일부 실시예에서, 하나 이상의 가열 저항기는 예를 들어 액추에이터에 인접한 MEMS 미러 조립체의 비 이동 부분에 구현될 수 있다. 예를 들어, MEMS 미러 조립체는 하나 이상의 고정 실리콘 스트립을 포함할 수 있고, 하나 이상의 가열 저항기는 적어도 하나의 고정 실리콘 스트립에 구현될 수 있다.

[0164] 도 8은 4개의 고정 실리콘 스트립을 포함하는 예시적인 MEMS 미러 조립체(800)를 도시한다. 도 7a에 도시된 MEMS 미러 조립체(700A)와 마찬가지로, 도 8의 예시적인 MEMS 미러 조립체(800)는 MEMS 미러(802), 프레임(804) 및 액추에이터(812A, 814A, 816A 및 818A)를 포함할 수 있다. 도 8의 MEMS 미러 조립체(800)의 액추에이터(812A)는 작동 아암(824) 및 실리콘 스트립(825)을 포함할 수 있다. 실리콘 스트립(825)은 MEMS 미러 조립체(800)에 대해 고정되고 이동하지 않을 수 있다. 실리콘 스트립(825)은 작동 아암(824)에 인접하게 위치될 수 있고, 갭(828)에 의해 작동 아암(824)으로부터 분리될 수 있다. 작동 아암(824)은 상호 연결 요소(830)를 통해 MEMS 미러(802)에 연결될 수 있다. 그러나 실리콘 스트립(825)은 MEMS 미러(802)에 기계적으로 또는 전기적으로 연결되지 않을 수 있다. MEMS 미러 조립체(800)의 실리콘 스트립(825)은 작동 아암(824)과 MEMS 미러(802)로부터 이격되어 이들 사이에 배치될 수 있다. 또한, 실리콘 스트립(825)은 MEMS 미러(802)에 연결되지 않을 때 MEMS 미러 조립체(800)의 제2 작동 아암(826)과 유사할 수 있다.

[0165] 유사하게, 액추에이터(814A, 816A, 및 818A)는 각각 하나의 작동 아암(834, 844, 854)을 각각 포함할 수 있다. 도 8에 더 도시된 바와 같이, 액추에이터(814A, 816A, 818A)는 각각 갭(838, 848, 858)에 의해 각각의 작동 아암(834, 844, 854)으로부터 각각 분리된 실리콘 스트립(835, 845, 855)을 포함할 수 있다. 추가적으로, 작동 아암(834, 844, 854)은 각각 상호 접속 요소(840, 850, 860)를 통해 MEMS 미러(802)에 연결될 수 있다. 실리콘 스트립(835, 845 및 855)은 작동 아암(836, 846 및 856)이 MEMS 미러(802)에 연결되지 않을 때 각각 작동 아암(836, 846 및 856)과 유사할 수 있다. 일부 실시예에서, 하나 이상의 실리콘 스트립(825, 835, 845, 855)은 액추에이터와 미러가 구현된 실리콘 층에 속할 수 있다.

[0166] 하나 이상의 가열 저항기(예를 들어, 가열 저항기(862, 864, 866 및 868))가 고정될 수 있는 실리콘 스트립(825, 835, 845 및 855) 각각에 구현될 수 있다. 가열 저항기는 전류가 통과할 때 대응하는 액추에이터(및/또는 압전 요소)를 가열하도록 구성될 수 있다.

[0167] 도 9는 개시된 실시예에 따른 예시적인 가열 프로세스(900)의 흐름도이다. 가열 프로세스(900)의 하나 이상의 단계는 제어기(761)(및/또는 본 명세서에 설명된 제어기의 다른 실시예, 예를 들어, LIDAR 시스템의 프로세서(118))에 의해 수행될 수 있다. 가열 프로세스는 도 7a에 도시된 MEMS 미러 조립체(700A)의 구성 요소를 사용하여 본 명세서에서 설명되지만 이는 본 명세서에 설명된 다른 예시적인 MEMS 미러 조립체에 적용될 수도 있다.

[0168] 단계(901)에서, 온도 정보가 수신될 수 있다. 일부 실시예에서, 단계(901)는 제어기(예를 들어, 제어기(761), 프로세서(118))에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 온도 정보를 수신할 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(761)는 온도 센서로부터 MEMS 미러 조립체(700A)의 구성 요소를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 예를 들어, 액추에이터(721)에 가까운 센서는 액추에이터(721)(또는 압전 요소(731))의 온도를 측정하고, 온도를 나타내는 정보를 제어기(761)로 송신할 수 있다. 다른 예로서, 제어기(761)는 MEMS 미러 조립체(700A) 외부의 센서로부터 MEMS 미러 조립체(700A) 주변의 주변 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다.

[0169] 일부 실시예에서, 센서는 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 하나 이상의 액추에이터 또는 이의 압전 요소)의 온도를 연속적으로 측정하고, 정보를 제어기(761)에 연속적으로 송신할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 센서는 온도를 간헐적으로 측정하고, 이용 가능한 경우 온도 정보를 제어기(761)로 송신할 수 있다. 예를 들어, 센서는 0.1초 내지 10분 범위에 있을 수 있는 미리 결정된 기간 동안 한 번 온도를 측정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 기간은 0.1초 내지 1초, 1초 내지 10초, 10초 내지 60초 및 1분 내지 10분의 하위 범위로 제한될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 센서는 필요에 따라 온도를 측정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 센서는 제어기(761)로부터 제어 신호를 수신할 수 있다. 이에 응답하여, 센서는 온도를 (연속적으로 또는 간헐적으로) 측정하고, 온도 정보를 제어기(761)로 송신할 수 있다. 일부 실시예에서, 센서는 측정을 중지하기 위해 제2 제어 신호를 수신할 때까지 온도를 계속 측정할 수 있다.

[0170] 단계(903)에서, 하나 이상의 가열 요소를 활성화(또는 비활성화)할지 여부가 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 단계(903)는 제어기(예를 들어, 제어기(761), 프로세서(118))에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 수신된 온도 정보에 기초하여 MEMS 미러 조립체(700A)의 하나 이상의 구성 요소를 가열하기 위해 가열 저항기(751, 752, 753, 754) 중 하나 이상을 활성화(또는 비활성화)할지 여부를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도가 구성 요소(들)가 최적으로 동작하는 온도 범위의 하한일 수 있는 활성화 임계값 미만인지 여부를 결정할 수 있다. 만약 그렇다면, 제어기(761)는 압전 요소(731)를 가열하기 위해 가열 저항기(751)를 활성화하기로 결정할 수 있다. 한편, 제어기(761)가 압전 요소(731)의 온도가 활성화 임계값과 같거나 초과한다고 결정하면, 제어기(761)는 가열 저항기(751)의 활성화가 필요하지 않다(즉, 아무 조치도 취하지 않는다)고 결정할 수 있다. 다른 예로서, 제어기(761)는 제1 센서로부터 제1 구성 요소의 온도를 나타내는 정보를 수신하고, 제2 센서로부터 제2 구성 요소의 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 제1 센서로부터 MEMS 미러(701)의 온도를 나타내는 정보를 수신하고, 제2 센서로부터 액추에이터(721)의 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 제어기(761)는, MEMS 미러(701)의 온도가 제1 활성화 임계 값보다 높고, 압전 요소(732)의 온도가 제2 활성화 임계 값(제1 임계 값과 같거나 다를 수 있음) 미만이라고 결정할 수도 있다. 제어기(761)는 MEMS 미러(701)에 가까운 가열 저항기(도 7a에 도시되지 않음)가 아니라 가열 저항기(752)를 활성화하기로 더 결정할 수 있다. 추가 예로서, 제어기(761)는 구성 요소의 온도 중 하나가 특정 구성 요소에 대응하는 활성화 임계 값(구성 요소에 대해 동일하거나 상이할 수 있음) 미만이라고 결정할 수 있고, 일부 또는 모든 가열 저항기(751, 752, 753 및 754)를 활성화하기로 결정할 수 있다.

[0171] 일부 실시예에서, 활성화 온도 임계 값은 전기 광학 시스템(또는 MEMS 미러 조립체)이 동작하는 이슬점과 관련될 수 있다. 이슬점은 물방울이 응축되기 시작하고 이슬이 형성될 수 있는 대기 온도를 말하며, 이는 압력과 습도에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 전기 광학 시스템(또는 MEMS 미러 조립체)이 동작하는 이슬점을 수신할 수 있다(또는 압력, 습도와 같은 다양한 인자에 기초하여 결정할 수 있다). 제어기(761)는 이슬점을 활성화 임계 값으로 설정할 수 있다. 대안적으로, 제어기(761)는 이슬점보다 더 낮거나 더 높은 특정 섭씨 온도를 활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 이슬점보다 3℃ 더 낮은(또는 더 높은) 온도를 활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다.

[0172] 일부 실시예에서, 활성화 온도 임계 값은 MEMS 미러 조립체의 동작 상태와 관련될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 동작 범위 내에서 MEMS 미러 조립체(및/또는 전기 광학 시스템)의 온도를 유지할 만큼 충분히 높은 활성화 온도를 설정하도록 구성될 수 있다. 예로서, 활성화 온도는, 미러의 이동 정도가 제한되고, 동작 전압이 너무 높고, 하나 이상의 압전 요소가 손상되고, 또는 비정상적인 방식으로 거동하는 등이 일어나는 온도 또는 이들의 조합이 일어나는 온도로 제어기(761)에 의해 설정될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(761)는 구성 요소(들)가 저온으로 인해 최적이 아닌 상태에 있음을 나타내는 에러 신호를 MEMS 미러 조립체의 하

나 이상의 구성 요소로부터 수신할 수 있다. 제어기(761)는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이 하나 이상의 가열 저항기를 활성화할 수 있다.

[0173] 제어기(761)는 비활성화 조건이 충족되면 가열 저항기(751, 752, 753, 및 754) 중 하나 이상을 비활성화하도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 수신된 온도 정보에 기초하여 가열 저항기(751)를 비활성화할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 (본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이) 가열 저항기(751)가 압전 요소(731)를 가열하기 위해 활성화된 후에 압전 요소(731)의 온도를 나타내는 정보를 센서로부터 수신할 수 있다. 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도가 비활성화 임계 값과 같거나 이를 초과한다고 결정할 수 있다. 제어기(761)는 가열 저항기(751)를 비활성화하기로 결정할 수 있다. 구성 요소의 비활성화 임계 값은 활성화 임계 값과 같거나 더 높을 수 있다. 일부 실시예에서, 비활성화 임계 값은 MEMS 미러 조립체의 주변 온도와 관련될 수 있다(예를 들어, 주변 온도보다 섭씨 5도, 10도 또는 15도 더 높을 수 있다). 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(761)는 미리 결정된 가열 기간(예를 들어, 1분, 5분 또는 10분) 후에 가열 저항기를 비활성화할 수 있다. 일부 실시예에서, 비활성화 임계 값은 전기 광학 시스템(또는 MEMS 미러 조립체)이 동작하는 이슬점과 관련될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 전기 광학 시스템(또는 MEMS 미러 조립체)이 동작하는 이슬점을 수신할 수 있다(또는 압력, 습도와 같은 다양한 인자에 기초하여 결정할 수 있다). 제어기(761)는 이슬점보다 더 높은 특정 섭씨 온도를 비활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 이슬점보다 5℃ 내지 20℃ 중 임의의 수치만큼 더 높은 값을 비활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다.

[0174] 일부 실시예에서, 제어기(761)는 비활성화 조건이 충족될 때까지 가열 저항기의 활성화를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 압전 요소(731)를 가열하기 위해 가열 저항기(751)를 활성화할 수 있고, 가열 저항기(751)는 활성화 시 압전 요소(731)를 가열하도록 구성될 수 있다. 제어기(761)는 가열 후 압전 요소(731)의 온도를 나타내는 정보를 센서로부터 수신할 수 있다. 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도가 MEMS 미러 조립체 주변의 주변 온도보다 온도 차이(예를 들어, 섭씨 5도 또는 10도)만큼 더 높다고 결정할 수 있다. 제어기(761)는 가열 저항기(751)를 비활성화할 수 있다. 온도 차이는 섭씨 1도 내지 30도의 범위에 있을 수 있다. 일부 실시예에서, 온도 차이는 섭씨 1도 내지 5도, 섭씨 5도 내지 10도, 섭씨 10도 내지 20도 및 섭씨 20도 내지 30도의 하위 범위로 제한될 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기를 비활성화하기 위한 조건은 가열 후 비활성화 온도 임계 값에의 도달, 가열 저항기에 의해 가열하기 위한 시간 기간에의 도달 등 또는 이들의 조합과 관련될 수 있다.

[0175] 일부 실시예에서, 제어기(761)는 구성 요소의 온도 및 기준 온도에 기초하여 구성 요소를 가열하기 위해 가열 저항기를 활성화(및/또는 비활성화)하기로 결정할 수 있다. 기준 온도는 다른 구성 요소의 온도일 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도를 나타내는 정보를 제1 센서로부터 수신하고, 기준 온도 역할을 하는 MEMS 미러(701)의 온도를 나타내는 정보를 제2 센서로부터 수신할 수 있다. 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도와 기준 온도 사이의 비교에 기초하여 압전 요소(731)를 가열하는 가열 저항기(751)를 활성화(및/또는 비활성화)하기로 결정할 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 압전 요소(731)의 온도가 기준 온도보다 섭씨 5도 더 낮으면 가열 저항기(751)를 활성화하기로 결정할 수 있다.

[0176] 단계(905)에서, 하나 이상의 가열 요소가 활성화(또는 비활성화)될 수 있다. 일부 실시예에서, 단계(905)는 제어기(예를 들어, 제어기(761), 프로세서(118))에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 활성화(또는 비활성화)하기로 결정된 가열 요소(예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753 및 754) 중 하나 이상)를 활성화(또는 비활성화)하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 가열 저항기에 전류를 인가하도록 구성될 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 전류가 통과할 때 하나 이상의 구성 요소를 가열할 수 있는 가열 저항기에 전류를 공급하도록 (예를 들어, 제어 신호를 전력원(771)에 송신함으로써) 전력원(771)을 제어할 수 있다.

[0177] 일부 실시예에서, 제어기(761)는 가열 저항기가 가열할 구성 요소(들)의 온도에 기초하여 가열 저항기에 전류가 인가되도록 할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는, 압전 요소(731)가 제1 온도에 있을 때 가열 저항기(751)에 제1 전류를 공급하고, 압전 요소(731)가 제1 온도보다 낮은 제2 온도에 있을 때, 제1 전류보다 큰 제2 전류를 가열 저항기(751)에 공급하도록 전력원(771)을 제어할 수 있다.

[0178] 일부 실시예에서, 제어기(761)는 가열 저항기가 가열하는 구성 요소의 온도 간의 차이에 기초하여 상이한 가열 저항기에 상이한 전류가 인가되게 할 수 있다. 예를 들어, 제어기(761)는 가열 저항기(751 및 752)를 활성화하기로 결정할 수 있다. 제어기(761)는, 가열 저항기(751)에 제1 전류를 공급하고, 제1 전류와 상이할 수 있는 (예를 들어, 더 크거나 더 작은) 제2 전류를 가열 저항기(752)에 공급하도록 전력원(771)을 제어할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(761)는 가열 저항기의 유형에 기초하여 상이한 가열 저항기에 상이한 전류가 인가되도록 할 수 있다.

[0179] 전력원(771)은 (제어기(761)의 지시에 따라 또는 그 자체로) 다양한 방식으로 하나 이상의 가열 저항기에 전류를 공급할 수 있다. 예를 들어, 전력원(771)은 가열 저항기에 펄스 전류를 공급할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원(771)은 가열 저항기에 전류를 연속적으로 공급할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원(771)은 가열 저항기에 전류를 간헐적으로 공급할 수 있다. 예를 들어, 전력원(771)은 제1 시간 기간 동안 가열 저항기에 전류를 공급하고, 제2 시간 기간 동안 공급을 중단한 다음, 제3 시간 기간 동안 공급을 재개하는 등을 계속할 수 있다. 공급 시간 기간과 공급 중단 시간 기간은 동일하거나 상이할 수 있다.

[0180] 전력원(771)은 제어기(761)의 지시에 따라 또는 그 자체로 가열 저항기가 동일한 양의 열을 발산하게 (또는 동일한 가열 전력을 가지게) 할 수 있는 2개 이상의 가열 저항기에 전류를 공급할 수 있다. 가열 저항기의 방열량(가열 전력)은 가열 저항기를 통과하는 전류와 가열 저항기의 전압의 곱에 비례할 수 있다. 예를 들어, 전력원(771)은 가열 저항기(751 및 752)가 동일한 양의 열을 발산하게 하는 전류를 가열 저항기(751 및 752)에 공급할 수 있다. 예로서, 가열 저항기들을 통과하는 전류들은 동일한 전류를 가질 수 있고, 가열 저항기들의 전압들은 동일할 수 있다. 대안적으로, 전력원(771)은 가열 저항기가 상이한 양의 열을 발산하게 할 수 있는 전류를 2개 이상의 가열 저항기에 전류를 공급할 수 있다. 예를 들어, 전력원(771)은 가열 저항기(751)에 제1 전류를 공급할 수 있다. 전력원(771)은 또한 가열 저항기(752)에 제1 전류와 다를 수 있는 제2 전류를 공급할 수 있다. 예로서, 제2 전류는 제1 전류보다 더 큰 (또는 더 작은) 전류를 가질 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원(771)은 가열 저항기(751)의 전압이 가열 저항기(752)의 전압과 상이하도록 할 수 있다.

[0181] **<u>솔리드 스테이트 포토검출기용 가열 메커니즘을 갖는 전기 광학 시스템</u>**

[0182] 전기 광학 시스템이 동작하는 최적의 환경을 유지하기 위해, 시스템의 하나 이상의 구성 요소의 온도를 동작 범위에 유지하기 위해 시스템에 내장된 하나 이상의 가열 요소를 포함하는 것이 바람직할 수 있다. 집적 회로를 포함할 수 있는 새로운 솔리드-스테이트 포토검출기가 아래에 설명된다. 솔리드-스테이트 포토검출기는 LIDAR 시스템(예를 들어, LIDAR 시스템(100))의 일부일 수 있는 전기 광학 시스템의 일부일 수 있다. 또한 전술한 원리는 다른 유형의 전기 광학 시스템(예를 들어, 카메라, 거리 측정기, 전자 현미경)에도 적용될 수 있는 것으로 고려된다. 전기 광학 시스템은 전기 광학 시스템의 시야(FOV)로부터 솔리드-스테이트 포토검출기로 광을 지향시키는 광학 기기를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 전기 광학 시스템은 솔리드-스테이트 포토검출기의 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 하나 이상의 가열 저항기)에 전류를 공급하기 위한 전류원을 더 포함할 수 있다.

[0183] 집적 회로는 감광성 포토다이오드(들)에 충돌하는 광을 나타내는 출력 신호를 생성하도록 구성된 하나 이상의 감광성 포토다이오드를 포함할 수 있다. 집적 회로는 솔리드-스테이트 포토검출기의 하나 이상의 구성 요소를 가열하도록 구성된 하나 이상의 가열 요소(예를 들어, 가열 저항기)를 더 포함할 수 있다. 집적 회로는 가열 요소(들)에 전류를 송신하기 위한 회로부를 더 포함할 수 있다.

[0184] 도 10a, 도 10b 및 도 10c는 본 개시된 주제의 예에 따른 예시적인 솔리드-스테이트 포토검출기를 도시한다. 솔리드-스테이트 포토검출기(1000A, 1000B 및 1000C)(및 도 11a 및 도 11b에 예시된 솔리드-스테이트 포토검출기(1100A 및 1100B))가 일부 경우에 개별적으로 설명되지만, 하나의 솔리드-스테이트 포토검출기의 하나 이상의 구성 요소가 본 명세서에 설명된 다른 솔리드-스테이트 포토검출기에서 사용될 수 있다.

[0185] 도 10a에 도시된 바와 같이, 솔리드-스테이트 포토검출기(1000A)는 특히 감광성 포토다이오드(1011), 가열 요소(예를 들어, 가열 저항기(1021)), 및 전력원(전류원이라고도 함)으로부터 가열 요소로 전류를 송신하기 위한 회로부를 포함할 수 있는 집적 회로(1001A)를 포함할 수 있다. 감광성 포토다이오드(1011)는 광을 감지하고, 감광성 포토다이오드에 충돌하는 광을 나타내는 출력 신호를 생성하도록 구성될 수 있다. 가열 저항기(1021)는 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 이의 하나 이상의 구성 요소)를 가열하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 가열 저항기(1021)는 전류가 가열 저항기(1021)를 통과할 때 감광성 포토다이오드(1011)를 가열하도록 구성될 수 있다.

[0186] 집적 회로는 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 이의 하나 이상의 구성 요소)의 온도를 모니터링하도록 구성된 센서를 더 포함할 수 있다. 도 10b는 솔리드-스테이트 포토검출기 및/또는 감광성 포토다이오드(1012)의 온도를 모니터링하도록 구성된 센서(1032)를 포함할 수 있는 집적 회로(1001B)를 포함하는 예시적인 솔리드-스테이트 포토검출기(1000B)를 도시한다. 집적 회로(1001B)는 솔리드-스테이트 포토검출기 및/또는 감광성 포토다이오드(1012)의 모니터링된 온도에 기초하여 감광성 포토다이오드(1012)를 가열하기 위한 가열 저항기(1022)를 더 포함할 수 있다.

[0187] 집적 회로는 하나 이상의 가열 요소의 활성화를 제어하도록 구성된 제어기, 및 회로부를 통해 가열 요소에 전류

를 공급하도록 구성된 전력원을 더 포함할 수 있다. 도 10c는 제어기(1043), 전력원(도시되지 않음), 센서(1033), 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018) 및 가열 저항기(1023)를 포함할 수 있는 집적 회로(1001C)를 포함하는 예시적인 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)를 도시한다. 센서(1033)는 솔리드-스테이트 포토검출기(및/또는 이의 하나 이상의 구성 요소)의 온도를 모니터링하도록 구성될 수 있다. 제어기(1043)는 솔리드-스테이트 포토검출기 및/또는 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 하나 이상의 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017 및 1018))의 모니터링된 온도에 기초하여 가열 저항기(1023)의 활성화를 제어하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 센서(1033)로부터 감광성 포토다이오드(1013)의 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 제어기(1043)는 온도가 임계 값 미만이라고 더 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 가열 저항기(1023)에 전류를 공급하여 감광성 포토다이오드(1013)(및/또는 하나 이상의 다른 구성 요소)를 가열하도록 전력원을 제어하도록 더 구성될 수 있다.

[0188] 감광성 포토다이오드는 전기 광학 시스템의 FOV 내 물체로부터의 반사를 검출하도록 구성될 수 있다. 감광성 포토다이오드는 감광성 포토다이오드에 충돌하는 광에 기초하여 출력 신호(예를 들어, 세기, 타이밍 등 또는 이들의 조합)를 더 생성할 수 있다. 전기 광학 시스템은 하나 이상의 감광성 포토다이오드를 포함할 수 있고, 각각의 감광성 포토다이오드는 하나 이상의 검출기를 포함할 수 있다. 검출기(예를 들어, 감광성 포토다이오드(1011)의 검출기, 감광성 포토다이오드(1012)의 하나 이상의 검출기, 및 하나 이상의 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017 및 1018))는 애벌런치 포토검출기(APD), 단일 광자 애벌런치 검출기(SPAD), 실리콘 광전 증배관 검출기(SiPM), PIN 포토다이오드와 같은 감광성 다이오드 센서일 수 있다.

[0189] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 검출기를 포함하는 감광성 포토다이오드를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 10a에 도시된 바와 같이, 전기 광학 시스템(1000A)은 전기 광학 시스템의 FOV에서 광을 검출하도록 구성된 검출기를 포함하는 감광성 포토다이오드(1011)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 전기 광학 시스템은 복수의 검출기를 포함하는 감광성 포토다이오드를 포함할 수 있다. 예를 들어, 감광성 포토다이오드는 검출기의 행 또는 열을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 도 10b에 도시된 바와 같이, 솔리드-스테이트 포토검출기(즉, 솔리드-스테이트 포토검출기(1000B))는 4×8 검출기("픽셀" 또는 "검출 셀"이라고도 함)의 행렬을 포함하는 감광성 포토다이오드(1012)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 각각의 픽셀은 FOV의 일부로부터의 광을 검출하도록 구성될 수 있다. 픽셀 크기는 다를 수 있다. 예를 들어, 픽셀 크기는 약 100×100 μm^2 또는 1×1 mm^2일 수 있다. 감광성 포토다이오드(1012)는 하나 이상의 출력을 더 포함할 수 있으며, 이들 출력 각각은 감광성 포토다이오드(1012)의 다른 부분(픽셀)에 대응할 수 있다. 감광성 포토다이오드(1012)는 평행하지 않은 2개의 축에서 하나를 초과하는 검출기 세트(예를 들어, 행, 열)를 갖는다는 점에서 2차원일 수 있다. 감광성 포토다이오드(1012)에서 검출기의 수는 (예를 들어, 원하는 해상도, 신호 대 잡음비(SNR), 원하는 검출 거리에 따라) 상이한 구현예마다 달라질 수 있다. 예를 들어, 감광성 포토다이오드(1012)는 5개 내지 5,000개 중 임의의 개수의 픽셀을 가질 수 있다. 더 적거나 더 많은 픽셀 수(예를 들어, 메가픽셀)도 구현될 수 있다.

[0190] 감광성 포토다이오드의 검출기는 동일한 유형이거나 다른 유형을 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 동일한 유형의 검출기는 다른 특성(예를 들어, 감도, 크기)을 가질 수 있다. 다양한 유형의 검출기의 조합이 거리 범위(예를 들어, 근거리)에 대한 검출 개선, 검출기의 동적 범위 개선, 검출기의 시간 응답 개선, 및/또는 다양한 환경 상태(예를 들어, 대기 온도, 비 등)에서의 검출 개선 등과 같은 다양한 이유로 사용될 수 있다.

[0191] 일부 실시예에서, 전기 광학 시스템은 하나 이상의 검출기를 각각 포함할 수 있는 복수의 감광성 포토다이오드를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 10c에 도시된 바와 같이, 전기 광학 시스템(1000C)은 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018)를 포함할 수 있다. 각각의 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018)는 복수의 검출기를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 감광성 포토다이오드(및/또는 검출기)와 연관된 판독 회로부를 더 포함할 수 있다.

[0192] 솔리드-스테이트 포토검출기는 하나 이상의 가열 요소(예를 들어, 각각 도 10a, 도 10b 및 도 10c에 도시된 가열 저항기(1021, 1022, 및 1023))를 포함할 수 있다. 가열 저항기는 솔리드-스테이트 포토검출기의 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 감광성 포토다이오드, 투명층, 제어기 등 또는 이들의 조합)를 가열하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 10a에 도시된 바와 같이, 가열 저항기(1021)는 감광성 포토다이오드(1011)를 가열하도록 구성될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 솔리드-스테이트 포토검출기는 하나의 구성 요소를 가열하기 위해 2개 이상의 가열 저항기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 솔리드-스테이트 포토검출기(1000A)는 감광성 포토다이오드(1011)를 가열하기 위한 가열 저항기(1021) 및 다른 가열 저항기(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 솔리드-스테이트 포토검출기는 2개 이상의 감광성 포토다이오드를 가열하도록 구성된 가

열 저항기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 10c에 도시된 바와 같이, 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)는 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018)를 가열하도록 구성될 수 있는 가열 저항기(1023)를 포함할 수 있다. 가열 저항기는 구성 요소 상에 또는 구성 요소에 가깝게 구현될 수 있다. 예를 들어, 가열 저항기는 감광성 포토다이오드에 가깝게 구현되고 감광성 포토다이오드가 구현된 기판 상에 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 하나 이상의 가열 저항기가 집적 회로의 폴리실리콘 또는 금속 층 상에 구현될 수 있다.

[0193] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 하나 이상의 구성 요소를 가열하기 위해 하나 이상의 가열 저항기를 제어하도록 구성된 제어기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 10c에 도시된 바와 같이, 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)는 가열 저항기(1023)의 활성화를 제어하도록 구성된 제어기(1043)를 포함할 수 있는 집적 회로(1001C)를 포함할 수 있다. 제어기(761)는 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018) 중 적어도 하나를 가열하도록 가열 저항기(1023)를 제어할 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드의 온도가 임계 값 미만인 경우 가열 저항기(1023)를 활성화하도록 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 가열 저항기를 통해 전류를 통과시키도록 전력원(도시되지 않음)을 더 제어할 수 있다.

[0194] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 하나의 구성 요소를 가열하도록 구성된 2개 이상의 가열 저항기를 포함할 수 있다. 가열 저항기는 구성 요소 상에 (또는 구성 요소에 가깝게) 균일하게 구현될 수 있다. 대안적으로, 가열 저항기는 구성 요소 상에 (또는 구성 요소에 가깝게) 균일하게 구현되지 않을 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기는 동일한 유형이거나 상이한 유형일 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기는 가열 저항기에 동일한 전류 또는 상이한 전류를 공급하도록 전력원을 제어할 수 있다.

[0195] 일부 실시예에서, 제어기는 상이한 가열 저항기에 상이한 전류를 공급하도록 전력원을 제어할 수 있다. 예를 들어, 전력원은 제1 가열 저항기에 제1 전류를 공급하고, 제1 전류와 다른 제2 전류(예를 들어, 더 크거나 더 작은 전류)를 제2 가열 저항기에 공급할 수 있다.

[0196] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 2개 이상의 구성 요소를 가열하도록 구성된 하나의 가열 요소를 포함할 수 있다. 예로서, 도 10c에 도시된 바와 같이, 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)는 전류가 가열 저항기(1023)를 통과할 때 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018)를 가열하도록 구성된 가열 저항기(1023)를 포함할 수 있다.

[0197] 일부 실시예에서, 가열 요소는 솔리드-스테이트 포토검출기(및/또는 이의 하나 이상의 구성 요소)의 온도를 나타내는 응답 정보로 솔리드-스테이트 포토검출기(및/또는 이의 하나 이상의 구성 요소)를 가열하도록 구성될 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도가 임계 값 미만임을 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)를 가열하기 위해 가열 저항기(1023)에 전류를 공급하도록 전력원을 더 제어할 수 있다.

[0198] 일부 실시예에서, 가열 저항기는 동일한 유형일 수 있다. 대안적으로, 전기 광학 시스템은 2개 이상의 상이한 유형의 가열 저항기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 가열 저항기는 다른 가열 저항기(또는 다른 가열 저항기들)와는 다른 총 저항, 가열 전력 등 또는 이들의 조합을 가질 수 있다.

[0199] 일부 실시예에서, 가열 저항기(예를 들어, 가열 저항기(1021, 1022, 및/또는 1023))는 1/4킬로옴 내지 5킬로옴 범위의 총 저항을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기의 총 저항은 1/4옴 내지 1옴, 1옴 내지 10옴, 10옴 내지 50옴, 50옴 내지 100옴, 100옴 내지 500옴, 500옴 내지 1000옴, 1킬로옴 내지 2킬로옴, 및 2킬로옴 내지 5킬로옴의 하위 범위로 제한될 수 있다.

[0200] 일부 실시예에서, 가열 저항기(예를 들어, 가열 저항기(751, 752, 753, 754, 및 756))는 5밀리와트 내지 5000밀리와트 범위의 가열 전력을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기의 가열 전력은 5밀리와트 내지 10밀리와트, 10밀리와트 내지 50밀리와트, 50밀리와트 내지 100밀리와트, 100밀리와트 내지 500밀리와트, 500밀리와트 내지 1000밀리와트, 1000밀리와트 내지 1500밀리와트, 1500밀리와트 내지 2500밀리와트 및 2500밀리와트 내지 5000밀리와트의 하위 범위로 제한될 수 있다.

[0201] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 솔리드-스테이트 포토검출기가 동작하는 상태를 모니터링하도록 구성된 다양한 센서(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 솔리드-스테이트 포토검출기의 집적 회로는 솔리드-스테이트 포토검출기(및/또는 이의 하나 이상의 구성 요소)의 온도를 모니터링하도록 구성된 하나 이상의 온도 센서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 온도 센서(예를 들어, 저항성 온도 센서)는 솔리드-스테이트 포토검출기 또는 이의 감광성 포토다이오드의 온도를 측정하도록 구성될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 온도 센서는 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 솔리드-스테이트 포토검출기를 포함하는 전기 광학 시스템)의 주

변 온도를 모니터링하도록 구성될 수 있다. 센서는 피드백 저항기, 다이오드, 트랜지스터 등 또는 이들의 조합 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 센서는 예를 들어 솔리드-스테이트 포토검출기의 하나 이상의 구성 요소의 동작에 미치는 다양한 온도의 영향을 측정함으로써 직접 또는 간접 온도를 측정할 수 있다.

[0202] 센서는 모니터링하는 상태(들)에 관한 신호 및/또는 정보를 솔리드-스테이트 포토검출기의 제어기로 송신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 센서는 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018) 중 하나 이상의 온도를 나타내는 정보를 제어기(1043)로 송신할 수 있고, 제어기는 수신된 정보에 기초하여 하나 이상의 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 및 1018)를 가열하기 위해 하나 이상의 가열 저항기를 활성화할지 여부를 결정할 수 있다. 센서에 의한 온도 측정(또는 모니터링)은 연속적이거나 간헐적일 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 센서는 제어기(1043)로부터 제어 신호를 수신하여, 온도를 측정하고, 획득한 온도 정보를 제어기(1043)로 송신할 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 하나 이상의 감광성 포토다이오드의 동작 상태를 나타내는 정보를 수신하고, 센서로 송신되는 제어 신호를 생성할 수 있다. 제어 신호를 수신한 후 센서는 감광성 포토다이오드의 온도를 측정하고, 온도 정보를 제어기(1043)로 송신할 수 있다.

[0203] 일부 실시예에서, 센서는 솔리드-스테이트 포토검출기의 일부로 구현될 수 있다. 예를 들어, 센서는 집적 회로의 솔리드-스테이트 포토검출기의 구성 요소 상에 (또는 구성 요소에 가깝게) 구현될 수 있다. 예로서, 센서는 감광성 포토다이오드가 구현된 기판 상에 또는 제어기(1043) 상에 구현될 수 있다. 다른 예로서, 센서는 투명층(예를 들어, 도 1a에 예시된 윈도우(124), 도 11a에 예시된 윈도우(1131), 도 11b에 예시된 마이크로렌즈(1152), 도 4d에 예시된 마이크로렌즈(422))에 가깝게 구현될 수 있다. 다른 실시예에서, 센서는 솔리드-스테이트 포토검출기 또는 전기 광학 시스템 외부에서 구현될 수 있다(예를 들어, 전기 광학 시스템 외부의 온도 센서는 전기 광학 시스템 주변의 주변 온도를 측정하도록 구성될 수 있다).

[0204] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 제어기(예를 들어, 제어기(1043)) 및 전력원을 더 포함할 수 있다. 제어기(1043)는 하나 이상의 프로세서, 마이크로프로세서 등 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 제어기(1043)는 하나 이상의 가열 저항기의 활성화를 제어하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 하나 이상의 가열 저항기에 전류를 공급하도록 전력원(도시되지 않음)을 제어할 수 있다.

[0205] 전력원은 하나 이상의 가열 저항기에 가열 전력을 공급하도록 구성될 수 있다. 전력원은 배터리, AC 전력원, DC 전력원, 충전 가능한 커패시터 등 또는 이들의 조합일 수 있다. 일부 실시예에서, 전력원은 솔리드-스테이트 포토검출기 또는 전기 광학 시스템의 일부인 전력원(예를 들어, 내부 전력원)을 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원은 솔리드-스테이트 포토검출기 또는 전기 광학 시스템 외부의 전력원을 포함할 수 있다.

[0206] 일부 실시예에서, 전력원은 솔리드-스테이트 포토검출기의 다양한 구성 요소(예를 들어, 감광성 포토다이오드, 가열 저항기, 제어기, 다양한 센서)에 전기적으로 결합될 수 있다. 전력원은 제어기(1043)의 외부에 있을 수 있다. 대안적으로, 전력원 및 제어기(1043)는 신호 유닛으로서 통합될 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(1043) 및 전력원은 전기 광학 시스템에 전기적으로 결합될 수 있지만 전기 광학 시스템의 외부에 있을 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)(및/또는 전력원)는 전기 광학 시스템 외부에서(예를 들어, 전기 광학 시스템을 포함하는 LIDAR 시스템의 다른 부분으로서) 구현될 수 있다.

[0207] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 이의 구성 요소)로부터 온도 판독값에 기초하여 선택적으로 전력원이 가열 저항기를 통과하는 전류를 인가하도록 할 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)로부터 온도 판독값(예를 들어, 감광성 포토다이오드(1013)로부터 온도 판독값)에 기초하여 가열 저항기(1023)(그러나, 만약 있다면, 다른 가열 저항기(들))에 전류를 선택적으로 공급하도록 전력원을 제어하도록 구성될 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 온도 판독값이 임계 온도보다 낮을 때 선택적으로 전력원이 가열 저항기(1023)를 통과하는 전류를 인가하도록 할 수 있다.

[0208] 일부 실시예에서, 전기 광학 시스템은 FOV에서 적어도 하나의 물체까지의 거리를 결정하기 위해 감광성 포토다이오드(들)의 검출을 처리하도록 프로그래밍된 프로세서를 더 포함할 수 있는 LIDAR 시스템이다. 다른 유형의 전기 광학 시스템(예를 들어, 카메라, 전기 광학 현미경)도 고려될 수 있다.

[0209] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기는 솔리드-스테이트 포토검출기에 연결된 투명층을 더 포함할 수 있고, 솔리드-스테이트 포토검출기는 투명층 상에 얼음(또는 서리)이 축적되는 것을 감소시키거나 방지하도록 구성된 가열 저항기를 포함할 수 있다. 투명층은 예를 들어 윈도우, 웨지(wedge), 마이크로렌즈 어레이, 프리즘, 프리즘 어레이, 광학 필터 등 또는 이들의 조합일 수 있다. 투명층은 투명하거나 부분적으로 투명하거나 반투명일 수 있다.

[0210] 도 11a는 감광성 포토다이오드(1111) 및 가열 저항기(1121 및 1122)를 포함하는 예시적인 솔리드-스테이트 포토검출기(1100A)를 도시한다. 감광성 포토다이오드(1111)는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같은 감광성 포토다이오드와 유사할 수 있다. 가열 저항기(1121 및 1122)는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 가열 저항기와 유사할 수 있다. 솔리드-스테이트 포토검출기(1100A)는 감광성 포토다이오드(1111)에 연결된 윈도우(1131)를 더 포함할 수 있다. 얼음 또는 서리(예를 들어, 얼음(1141))는 특정 상태(예를 들어, 전기 광학 시스템을 포함하는 LIDAR 시스템의 외부 및/또는 내부는 습기 또는 증기의 존재 하에서 빙점보다 낮을 수 있음)에서 윈도우(1131)에 축적될 수 있다. 얼음 또는 서리는 광학 블록(또는 필터)을 형성하고/하거나 윈도우(1131)의 광학적 특성을 변경할 수 있다(예를 들어, 렌즈의 광학 배율을 변경할 수 있다). 얼음이 축적되는 것을 줄이거나 방지하기 위해, 가열 저항기(1122)(및/또는 가열 저항기(1121))는 윈도우(1131)(및/또는 감광성 포토다이오드(1111))를 가열하도록 구성될 수 있다. 가열 프로세스는 (예를 들어, 프로세스(1200)에 따라) 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 가열 프로세스와 유사할 수 있다.

[0211] 도 11b는 감광성 포토다이오드(1111) 및 가열 저항기(1121 및 1124)를 포함하는 예시적인 솔리드-스테이트 포토검출기(1100B)를 도시한다. 감광성 포토다이오드(1111)는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같은 감광성 포토다이오드와 유사할 수 있다. 가열 저항기(1123 및 1124)는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 가열 저항기와 유사할 수 있다. 솔리드-스테이트 포토검출기(1100B)는 감광성 포토다이오드(1112)에 연결된 마이크로렌즈(1152)의 어레이를 더 포함할 수 있다. 얼음 또는 서리(예를 들어, 얼음(1142))는 특정 상태(예를 들어, 솔리드-스테이트 포토검출기를 포함하는 LIDAR 시스템의 외부 및/또는 내부는 습기 또는 증기의 존재 하에서 빙점 아래에 있을 수 있음) 하에서 마이크로렌즈(1152)(또는 이의 하나 이상의 마이크로렌즈)에 축적될 수 있다. 얼음 또는 서리는 광학 블록(또는 필터)을 형성하고/하거나 마이크로렌즈(1152)의 광학 특성을 변경할 수 있다(예를 들어, 렌즈의 광학 배율을 변경할 수 있다). 얼음이 축적되는 것을 줄이거나 방지하기 위해, 가열 저항기(1124)(및/또는 가열 저항기(1123))는 마이크로렌즈(1152)(및/또는 감광성 포토다이오드(1112))를 가열하도록 구성될 수 있다. 가열 프로세스는 (예를 들어, 프로세스(1200)에 따라) 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 가열 프로세스와 유사할 수 있다.

[0212] 일부 실시예에서, 솔리드-스테이트 포토검출기의 2개 이상의 구성 요소(예를 들어, 감광성 포토다이오드, 가열 저항기, 제어기, 전력원 중 하나 이상)는 단일 칩(또는 회로) 상에 제조될 수 있다. 예를 들어, 가열 저항기(1023) 및 하나 이상의 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017 및 1018)(및 가열 저항기(1023)에 전류를 송신하기 위한 회로부)가 집적 회로 상에 구현될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 가열 저항기 및 감광성 포토다이오드의 전극은 집적 회로의 동일한 금속 층 상에 구현될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 가열 저항기 및 감광성 포토다이오드는 집적 회로의 실리콘 기반 층의 도핑된 영역 상에 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기 및 감광성 포토다이오드는 (예를 들어, 동일한 금속 도포 프로세스에서) 동일한 금속 층 상에 구현되더라도 기계적으로 및/또는 전기적으로 서로 격리될 수 있다. 다른 실시예에서, 가열 저항기 및 감광성 포토다이오드는 기계적으로 및/또는 전기적으로 연결될 수 있다.

[0213] 솔리드-스테이트 포토검출기는 제어기, 전력원, 센서(예를 들어, 온도 센서), 광학 구성 요소, 구조 요소, 투명 층 등과 같은 추가 구성 요소를 더 포함할 수 있다. 추가 구성 요소 중 하나는 가열 저항기 및/또는 감광성 포토다이오드와 동일한 칩 상에 구현되거나, 다른 칩 상에 구현되거나 통합될 수 있다.

[0214] 일부 실시예에서, 하나 이상의 가열 저항기는 솔리드-스테이트 포토검출기의 구성 요소에 가까운 장소에 구현될 수 있다. 예로서, 하나 이상의 가열 저항기는 감광성 포토다이오드에 가깝게 구현될 수 있다.

[0215] 도 12는 개시된 실시예에 따른 예시적인 가열 프로세스(1200)의 흐름도이다. 가열 프로세스(1200)의 하나 이상의 단계는 솔리드-스테이트 포토검출기의 제어기에 의해 수행되거나 또는 솔리드-스테이트 포토검출기 외부의 제어기(예를 들어, 프로세서(118))에 의해 수행될 수 있다. 가열 프로세스는 도 10c에 도시된 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)의 구성 요소를 사용하여 본 명세서에서 설명되지만, 가열 프로세스는 본 명세서에 설명된 다른 예시적인 솔리드-스테이트 포토검출기에 적용될 수 있다.

[0216] 단계(1201)에서, 온도 정보가 수신될 수 있다. 단계(1201)는 솔리드-스테이트 포토검출기의 제어기 및/또는 프로세서(118)에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 온도 정보를 수신할 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 온도 센서로부터 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C)(또는 하나 이상의 감광성 포토다이오드, 투명층 등 또는 이들의 조합과 같은 하나 이상의 구성 요소)를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 예를 들어, 감광성 포토다이오드(1013)에 가까운 센서는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도를 측정하고, 온도를 나타내는 정보를 제어기(1043)로 송신할 수 있다. 다른 예로서, 제어기(1043)는 솔리드-스테이트 포토검출기

(1000C) 외부의 센서로부터 솔리드-스테이트 포토검출기(1000C) 주변의 주변 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다.

[0217] 일부 실시예에서, 센서는 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 하나 이상의 감광성 포토다이오드, 투명층 등 또는 이들의 조합과 같은 하나 이상의 구성 요소)의 온도를 연속적으로 측정하고, 정보를 제어기(1043)에 연속적으로 송신할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 센서는 온도를 간헐적으로 측정하고, 이용 가능한 경우 온도 정보를 제어기(1043)로 송신할 수 있다. 예를 들어, 센서는 0.1초 내지 10분 범위에 있을 수 있는 미리 결정된 기간 동안 한 번 온도를 측정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 기간은 0.1초 내지 1초, 1초 내지 10초, 10초 내지 60초 및 1분 내지 10분의 하위 범위로 제한될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 센서는 필요에 따라 온도를 측정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 센서는 제어기(1043)로부터 제어 신호를 수신할 수 있다. 이에 응답하여, 센서는 온도를 (연속적으로 또는 간헐적으로) 측정하고, 온도 정보를 제어기(1043)로 송신할 수 있다. 일부 실시예에서, 센서는 측정을 중지하기 위한 제2 제어 신호를 수신할 때까지 온도를 계속 측정할 수 있다.

[0218] 단계(1203)에서, 가열 저항기 중 하나 이상을 활성화(또는 비활성화)할지 여부가 결정될 수 있다. 단계(1203)는 솔리드-스테이트 포토검출기의 제어기 및/또는 프로세서(118)에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 수신된 온도 정보에 기초하여 솔리드-스테이트 포토검출기 또는 솔리드-스테이트 포토검출기의 하나 이상의 구성 요소(예를 들어, 집적 회로, 하나 이상의 감광성 포토다이오드, 센서, 제어기, 투명층 등 또는 이들의 조합)를 가열하기 위해 (예를 들어, 가열 저항기(1023)를 포함하는) 가열 저항기 중 하나 이상을 활성화(또는 비활성화)할지 여부를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013, 1014, 1015, 1016, 1017 및 1018) 중 하나 이상의 포토다이오드의 온도가 구성 요소(들)가 최적으로 동작하는 온도 범위의 하한일 수 있는 활성화 임계 값 미만인지 여부를 결정할 수 있다. 만약 그런 경우, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(들)를 가열하기 위해 가열 저항기(1023)를 활성화하기로 결정할 수 있다. 다른 한편, 제어기(1043)가 감광성 포토다이오드의 온도가 활성화 임계 값과 같거나 초과한다고 결정하면, 제어기(1043)는 가열 저항기(1023)의 활성화가 필요하지 않다고(즉, 아무 조치도 취하지 않는다고) 결정할 수 있다. 다른 예로서, 제어기(1043)는 제1 센서로부터 제1 구성 요소의 온도를 나타내는 정보를 수신하고, 제2 센서로부터 제2 구성 요소의 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 제1 센서로부터 감광성 포토다이오드(1013)의 온도를 나타내는 정보를 수신하고, 제2 센서로부터 감광성 포토다이오드(1014)의 온도를 나타내는 정보를 수신할 수 있다. 제어기(1043)는, 감광성 포토다이오드(1013)의 온도는 제1 활성화 임계 값보다 높은 반면, 감광성 포토다이오드(1014)의 온도가 (제1 임계 값과 같거나 다를 수 있는) 제2 활성화 임계 값 미만이라고 더 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1014)에 가까운 가열 저항기를 활성화하지만, 감광성 포토다이오드(1013)(도 10a에 도시되지 않음)에 가까운 가열 저항기를 활성화하지 않도록 더 결정할 수 있다. 추가 예로서, 제어기(1043)는 구성 요소의 온도 중 하나가 특정 구성 요소에 대응하는 활성화 임계 값(이는 구성 요소에 대해 동일하거나 다를 수 있음) 미만이라고 결정하고, 일부 또는 모든 가열 저항기를 활성화하도록 결정할 수 있다.

[0219] 일부 실시예에서, 활성화 온도 임계 값은 전기 광학 시스템(또는 솔리드-스테이트 포토검출기)이 동작하는 이슬점과 관련될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 전기 광학 시스템(또는 솔리드-스테이트 포토검출기)이 동작하는 이슬점을 수신할 수 있다(또는 압력, 습도와 같은 다양한 인자에 기초하여 결정할 수 있다). 제어기(1043)는 이슬점을 활성화 임계 값으로 설정할 수 있다. 대안적으로, 제어기(1043)는 이슬점보다 더 낮거나 더 높은 특정 섭씨 온도를 활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다. 예로서, 제어기(761)는 이슬점보다 3℃ 더 낮은 (또는 더 높은) 온도를 활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다.

[0220] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드가 구현되는 칩으로부터 온도 판독값에 기초하여 가열 저항기를 활성화하기로 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드가 구현된 칩으로부터 온도 판독값을 수신하고, 온도가 임계 값 미만이라고 결정하도록 구성될 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드를 가열하기 위해 가열 저항기를 선택적으로 활성화하기로 결정하도록 구성될 수 있다.

[0221] 제어기(1043)는 비활성화 조건이 충족되면 하나 이상의 가열 저항기를 비활성화하도록 더 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 수신된 온도 정보에 기초하여 가열 저항기를 비활성화할 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 (본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이) 감광성 포토다이오드(1013)를 가열하기 위해 가열 저항기(1023)가 활성화된 후에 감광성 포토다이오드(1013)의 온도를 나타내는 정보를 센서로부터 수신할 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도가 비활성화 임계 값과 같거나 이를 초과한다고 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 가열 저항기(1023)를 비활성화하기로 결정할 수 있다. 구성 요소의 비활성화 임계 값은

활성화 임계 값과 같거나 이보다 더 높을 수 있다. 일부 실시예에서, 비활성화 임계 값은 솔리드-스테이트 포토검출기의 주변 온도와 관련될 수 있다(예를 들어, 주변 온도보다 섭씨 5도, 10도 또는 15도 더 높을 수 있다). 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(1043)는 미리 결정된 가열 기간(예를 들어, 1분, 5분 또는 10분) 후에 가열 저항기를 비활성화할 수 있다.

[0222] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 비활성화 조건이 충족될 때까지 가열 저항기의 활성화를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)를 가열하기 위해 가열 저항기(1023)를 활성화할 수 있고, 가열 저항기(1023)는 활성화 시 감광성 포토다이오드(1013)를 가열하도록 구성될 수 있다. 제어기(1043)는 가열 후 감광성 포토다이오드(1013)의 온도를 나타내는 정보를 센서로부터 수신할 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도가 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 이의 감광성 포토다이오드) 주변의 주변 온도보다 온도 차이(예를 들어, 섭씨 5도 또는 10도)만큼 높다고 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 가열 저항기(1023)를 비활성화할 수 있다. 온도 차이는 섭씨 1도 내지 30도 범위에 있을 수 있다. 일부 실시예에서, 온도 차이는 섭씨 1도 내지 5도, 섭씨 5도 내지 10도, 섭씨 10도 내지 20도, 또는 섭씨 20도 내지 30도의 하위 범위로 제한될 수 있다. 일부 실시예에서, 가열 저항기를 비활성화하기 위한 조건은 가열 후 비활성화 온도 임계 값에의 도달, 가열 저항기에 의해 가열하기 위한 시간 기간에의 도달 등 또는 이들의 조합과 관련될 수 있다.

[0223] 일부 실시예에서, 비활성화 임계 값은 전기 광학 시스템(또는 솔리드-스테이트 포토검출기)이 동작하는 이슬점과 관련될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 전기 광학 시스템(또는 솔리드-스테이트 포토검출기)이 동작하는 이슬점을 수신할 수 있다(또는 압력, 습도와 같은 다양한 인자에 기초하여 결정할 수 있다). 제어기(1043)는 이슬점보다 더 높은 특정 섭씨 온도를 비활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 이슬점보다 5℃ 내지 20℃ 중 임의의 수치만큼 더 높은 값을 비활성화 임계 값으로서 설정할 수 있다.

[0224] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 구성 요소의 온도 및 기준 온도에 기초하여 구성 요소를 가열하기 위해 가열 저항기를 활성화(및/또는 비활성화)하도록 결정할 수 있다. 기준 온도는 다른 구성 요소의 온도일 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도를 나타내는 정보를 제1 센서로부터 수신하고, 기준 온도 역할을 하는 감광성 포토다이오드(1014)의 온도를 나타내는 정보를 제2 센서로부터 수신할 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도와 기준 온도 사이의 비교에 기초하여 감광성 포토다이오드(1013)를 가열하는 가열 저항기(1023)를 활성화(및/또는 비활성화)하기로 결정할 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드(1013)의 온도가 기준 온도보다 섭씨 5도 더 낮으면 가열 저항기(1023)를 활성화하도록 결정할 수 있다.

[0225] 단계(1205)에서, 하나 이상의 가열 요소가 활성화(또는 비활성화)될 수 있다. 단계(1205)는 솔리드-스테이트 포토검출기의 제어기 또는 솔리드-스테이트 포토검출기 외부의 제어기에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 활성화(또는 비활성화)하기로 결정한 가열 요소를 활성화(또는 비활성화)하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 회로부를 통해 가열 저항기에 전류를 인가하도록 구성될 수 있다. 예로서, 제어기(1043)는 전류가 통과할 때 하나 이상의 구성 요소를 가열할 수 있는 가열 저항기에 전류를 회로부를 통해 공급하도록(예를 들어, 제어 신호를 전력원에 송신함으로써) 전력원을 제어할 수 있다. 일부 실시예에서, 가열은 솔리드-스테이트 포토검출기의 감광성 포토다이오드 및/또는 투명층 상에 얼음이 축적되는 것을 줄이거나 방지할 수 있다.

[0226] 일부 실시예에서, 감광성 포토다이오드를 가열하는 것은 감광성 포토다이오드가 더 낮은 온도(예를 들어, 더 낮은 잡음을 가짐)에서 더 잘 동작할 수 있다는 점을 감안할 때 감광성 포토다이오드의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 감광성 포토다이오드를 가열하면 전력원의 감도가 저하될 수 있다. 제어기(1043)는 가열이 감광성 포토다이오드의 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 때 감광성 포토다이오드를 가열하는 가열 저항기를 비활성화할 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드가 가열되었거나 가열된 후에 감광성 포토다이오드의 성능과 관련된 정보를 수신할 수 있다. 제어부(1043)는 수신된 정보에 기초하여 가열 저항기를 비활성화할지 여부를 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 가열이 감광성 포토다이오드의 성능에 부정적인 영향을 미친다고 결정하는 경우 가열 저항기를 비활성화할 수도 있다. 다른 예로서, 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드가 가열되었거나 가열된 후에 감광성 포토다이오드의 온도와 관련된 정보를 수신할 수 있다. 제어기(1043)는 온도가 비활성화 임계 값과 같거나 이를 초과한다고 결정할 수 있다. 제어기(1043)는 감광성 포토다이오드가 최적의 온도에서 동작할 수 있도록 가열 저항기를 비활성화하여, FOV로부터 감광성 포토다이오드로의 경로의 광학적 투명성 또는 효율을 유지하기로 더 결정할 수 있다.

[0227] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 가열 저항기가 감광성 포토다이오드를 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 감광

성 포토다이오드) 주변의 주변 온도보다 적어도 특정 섭씨 온도만큼 더 높은 온도로 가열하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 가열 저항기가 감광성 포토다이오드를 솔리드-스테이트 포토검출기(또는 감광성 포토다이오드) 주변의 주변 온도보다 적어도 섭씨 5도 내지 20도 중 임의의 수치만큼 더 높은 값만큼 더 높은 온도로 가열하도록 구성될 수 있다.

[0228] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 가열 저항기가 가열할 구성 요소(들)의 온도에 기초하여 가열 저항기에 전류를 인가하도록 할 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는, 감광성 포토다이오드(1013)가 제1 온도에 있을 때 가열 저항기(1023)에 제1 전류를 공급하고, 감광성 포토다이오드(1013)가 제1 온도보다 낮은 제2 온도에 있을 때, 제1 전류보다 더 큰 제2 전류를 가열 저항기(1023)에 공급하도록 전력원을 제어할 수 있다.

[0229] 일부 실시예에서, 제어기(1043)는 가열 저항기가 가열하는 구성 요소들의 온도들 사이의 차이에 기초하여 상이한 가열 저항기에 상이한 전류를 인가하도록 할 수 있다. 예를 들어, 제어기(1043)는 제1 가열 저항기 및 제2 가열 저항기를 활성화하기로 결정할 수 있다. 제어기(1043)는, 제1 가열 저항기에 제1 전류를 공급하고, 제2 가열 저항기에 제1 전류와 상이할 수 있는 (예를 들어, 크거나 작을 수 있는) 제2 전류를 공급하도록 전력원을 제어할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 제어기(1043)는 가열 저항기의 유형에 기초하여 상이한 가열 저항기에 상이한 전류를 인가하도록 할 수 있다.

[0230] 전력원은 (제어기(1043)의 지시에 따라 또는 그 자체로) 다양한 방식으로 하나 이상의 가열 저항기에 전류를 공급할 수 있다. 예를 들어, 전력원은 가열 저항기에 펄스 전류를 공급할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원은 가열 저항기에 전류를 연속적으로 공급할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원은 가열 저항기에 전류를 간헐적으로 공급할 수 있다. 예를 들어, 전력원은 제1 시간 기간 동안 가열 저항기에 전류를 공급하고, 제2 시간 기간 동안 공급을 중단한 다음, 제3 시간 기간 동안 공급을 재개하는 등을 계속할 수 있다. 공급 시간 기간과 공급 중단 시간 기간은 동일하거나 다를 수 있다.

[0231] 전력원은 제어기(1043)의 지시에 따라 또는 그 자체로 가열 저항기가 동일한 양의 열을 방출하게 (또는 동일한 가열 전력을 갖게) 할 수 있는 2개 이상의 가열 저항기에 전류를 공급할 수 있다. 가열 저항기의 방열량(가열 전력)은 가열 저항기를 통과하는 전류와 가열 저항기의 전압의 곱에 비례할 수 있다. 예를 들어, 전력원은 가열 저항기가 동일한 양의 열을 발산하게 하는 전류를 제1 가열 저항기와 제2 가열 저항기에 공급할 수 있다. 예로서, 가열 저항기들을 통과하는 전류들은 동일한 전류를 가질 수 있고, 가열 저항기들의 전압들은 동일할 수 있다. 대안적으로, 전력원은 가열 저항기가 다른 양의 열을 발산하게 할 수 있는 2개 이상의 가열 저항기에 전류를 공급할 수 있다. 예를 들어, 전력원은 제1 가열 저항기에 제1 전류를 공급할 수 있다. 전력원은 또한 제1 전류와 상이할 수 있는 제2 전류를 제2 가열 저항기에 공급할 수 있다. 예로서, 제2 전류는 제1 전류보다 더 큰 (또는 더 작은) 전류를 가질 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 전력원은 제1 가열 저항기의 전압이 제2 가열 저항기의 전압과 다르게 할 수 있다.

[0232] 일부 실시예에서, 전기 광학 시스템은 (하나 이상의 가열 저항기로부터 가열된 후 및/또는 가열되기 전에) 감광성 포토다이오드에 의해 전기 광학 시스템의 FOV로부터의 광을 검출하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 감광성 포토다이오드(또는 투명층)를 가열하는 적어도 하나의 경우는 광을 검출하는 것에 선행할 수 있다. 일부 실시예에서, 검출은 (예를 들어, 솔리드-스테이트 포토검출기의 FOV를 스캐닝하기 위해) 연속적으로 실행될 수 있는 반면, 가열은 가열 조건이 충족될 때(예를 들어, 온도가 임계 온도 아래로 떨어질 때) 실행된다.

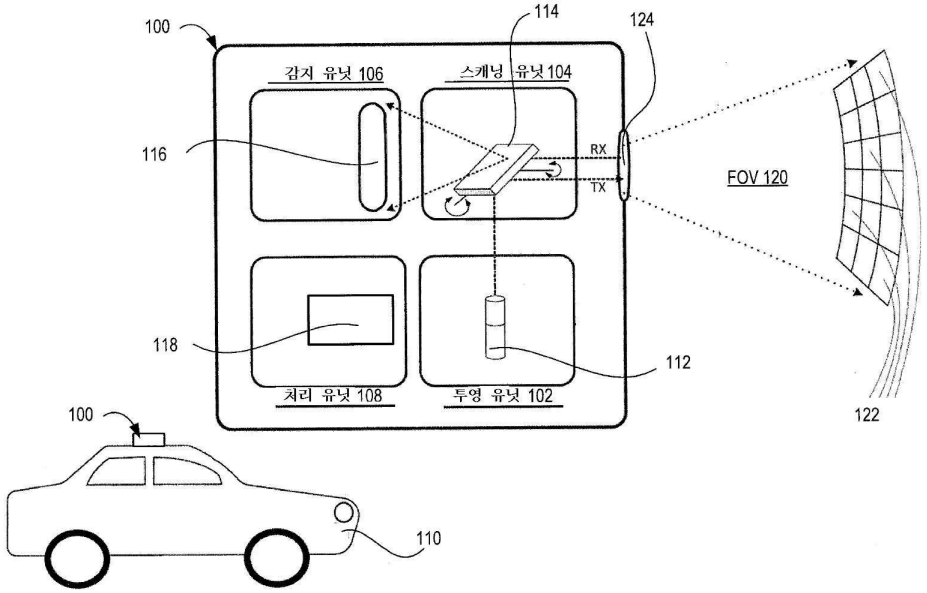
[0233] 전술한 설명은 설명의 목적으로 제공되었다. 이는 포괄적인 것이 아니고, 개시된 정확한 형태 또는 실시예로 제한되지 않는다. 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 개시된 실시예의 명세서 및 관행을 고려하여 수정 및 개조를 할 수 있을 것이다. 추가적으로, 개시된 실시예의 양태가 메모리에 저장되는 것으로 설명되었지만, 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 양태는 또한 예를 들어, 하드 디스크 또는 CD ROM, 또는 다른 형태의 RAM 또는 ROM, USB 매체, DVD, 블루레이, 또는 다른 광 구동 매체와 같은 2차 저장 디바이스와 같은 다른 유형의 컴퓨터 판독 가능 매체 상에 저장될 수 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

[0234] 설명된 설명과 개시된 방법에 기초한 컴퓨터 프로그램은 숙련된 개발자의 기술 범위 내에 있다. 다양한 프로그램 또는 프로그램 모듈은 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자에 알려진 임의의 기술을 이용하여 생성될 수 있거나 기존 소프트웨어와 연결하여 설계될 수 있다. 예를 들어, 프로그램 구획 또는 프로그램 모듈은, .네트 프레임워크(.NET Framework), .네트 콤팩트 프레임워크(.NET Compact Framework)(및 비주얼 베이직(Visual Basic), C 등과 같은 관련 언어), 자바, C++, 오브젝티브-C, HTML, HTML/AJAX 조합, XML, 또는 포함된 자바 애플릿을 갖는 HTML로 또는 이를 통해 설계될 수 있다.

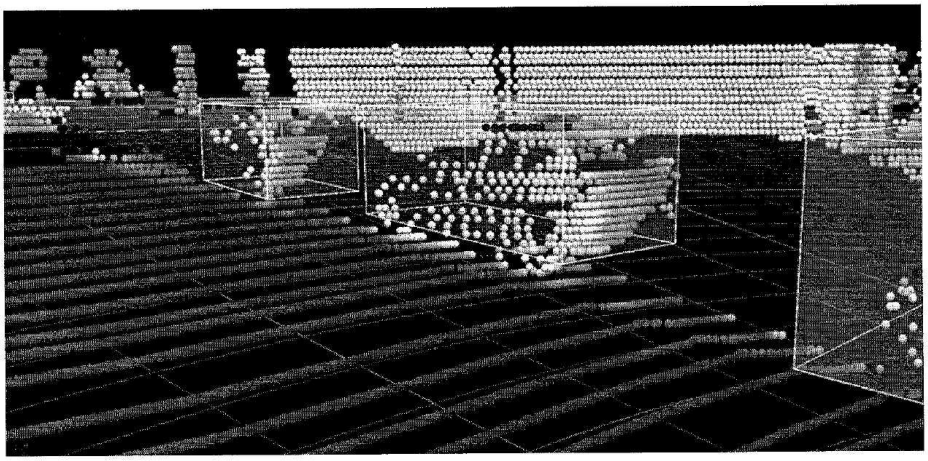
[0235] 또한, 예시적인 실시예가 본 명세서에 설명되었지만, 임의의 실시예 및 모든 실시예의 범위는 본 발명에 기초하여 이 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있는 바와 같은 등가 요소, 수정, 생략, (예를 들어, 다양한 실시예에 걸친 양태의) 조합, 개조, 및/또는 변경을 갖는다. 청구 범위에서 제한은 청구 범위에서 사용되는 언어에 기초하여 광범위하게 해석되어야 하며, 본 명세서에 설명된 예 또는 본 출원의 출원 이력 사항으로 제한되지 않는다. 실시예는 비배타적인 것으로 해석되어야 한다. 또한, 개시된 방법의 단계는 재정렬 단계 및/또는 삽입 또는 삭제 단계를 포함하여 임의의 방식으로 수정될 수 있다. 따라서, 상세한 설명 및 예시는 단지 예시를 위한 것으로 고려되는 것일 뿐, 진정한 범위 및 사상은 이하의 청구 범위 및 그 전체 균등범위에 의해 정해진다.

도면

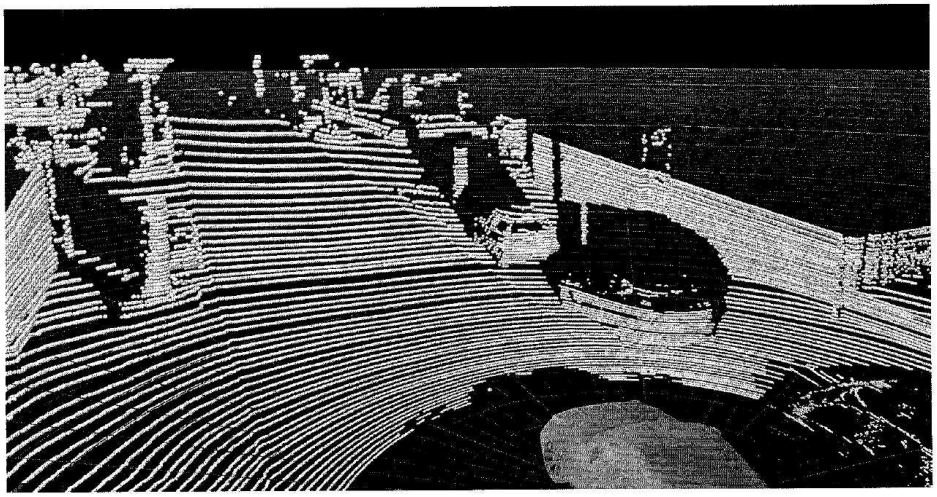
도면1a



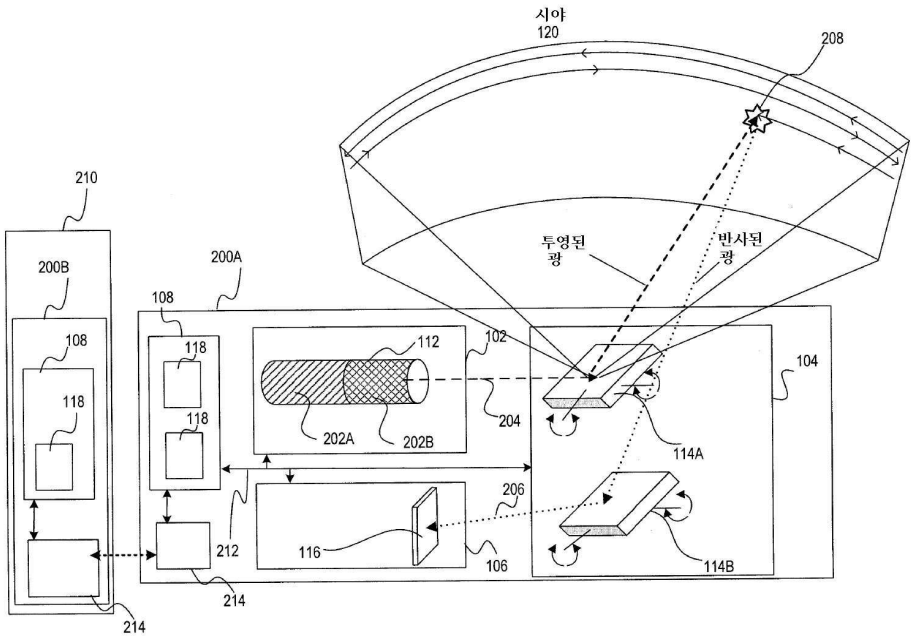
도면1b



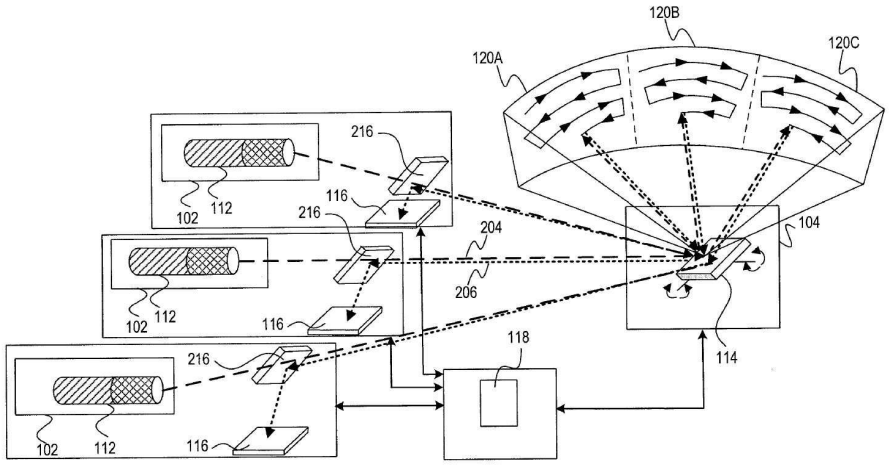
도면1c



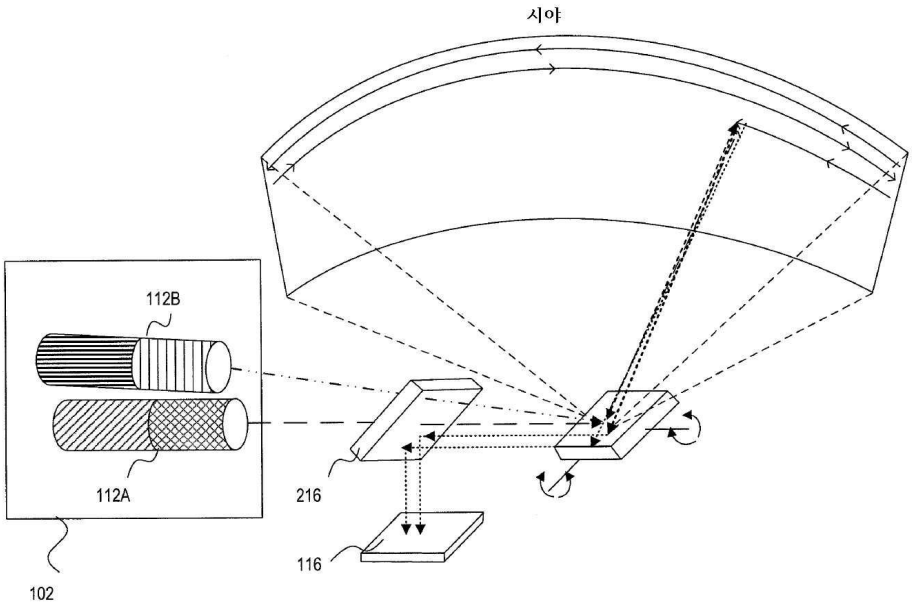
도면2a


시야
120
208
투영된
광
반사된
광
210
200B
200A
108
118
112
102
104
202A
202B
204
114A
206
116
106
114B
212
214

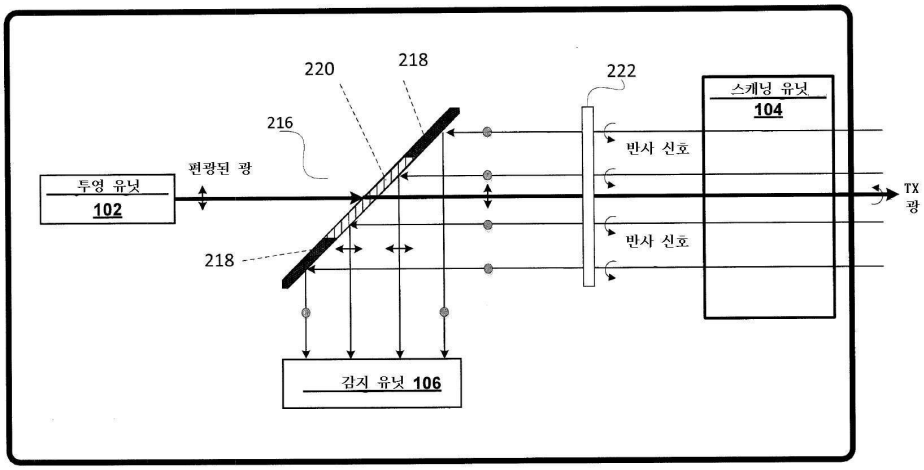
도면2b



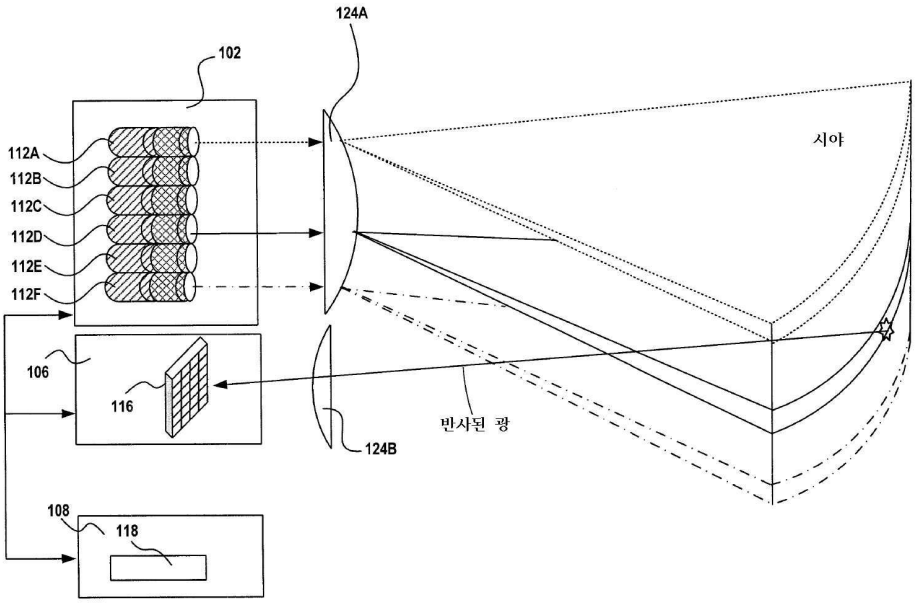
도면2c



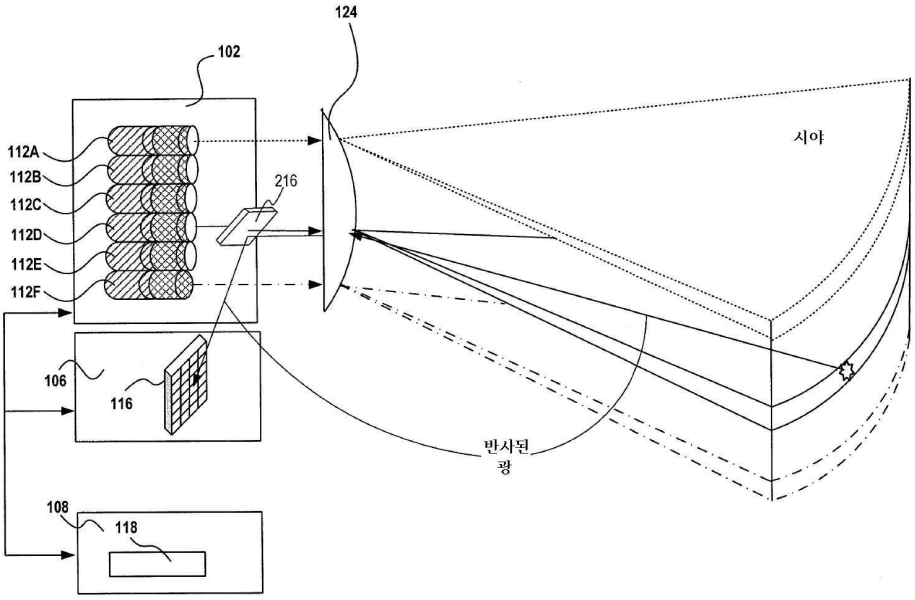
도면2d



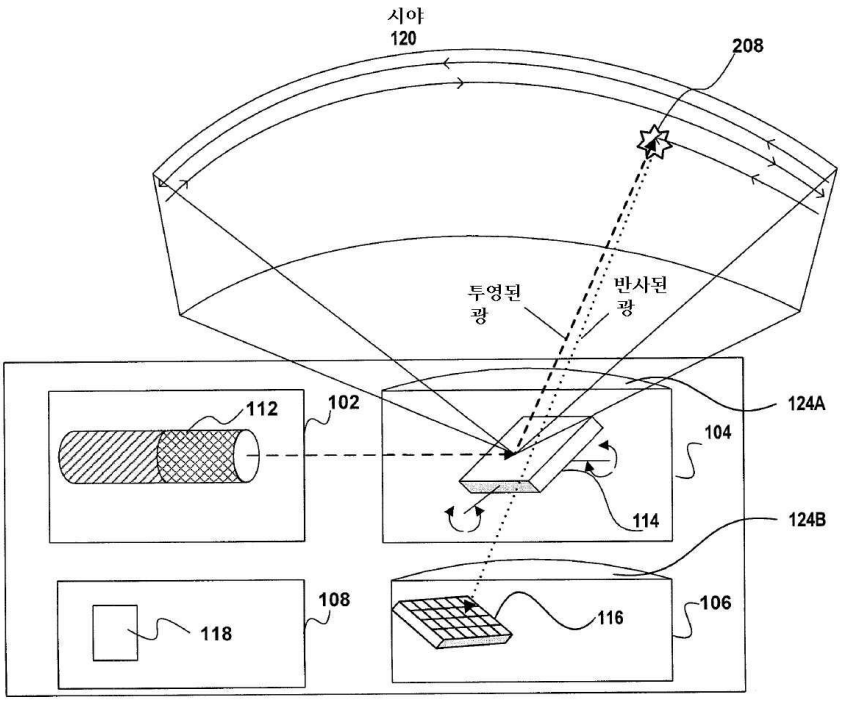
도면2e


124A
102
112A
112B
112C
112D
112E
112F
106
116
108
118
시야
반사된 광
124B

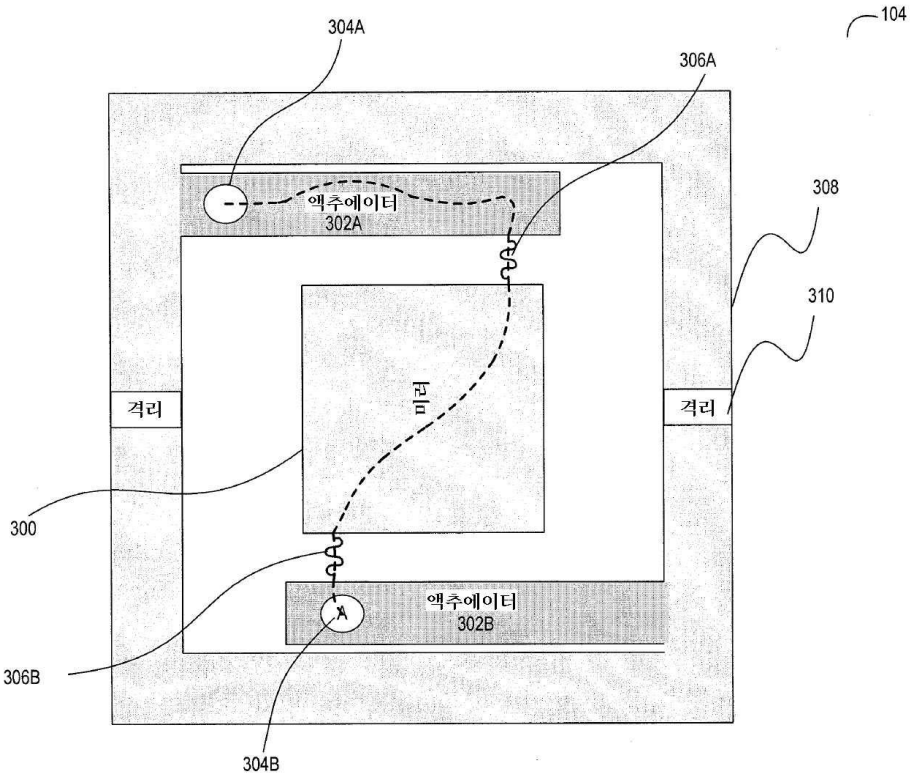
도면2f


124
102
112A
112B
112C
112D
112E
112F
216
106
116
108
118
시야
반사된
광

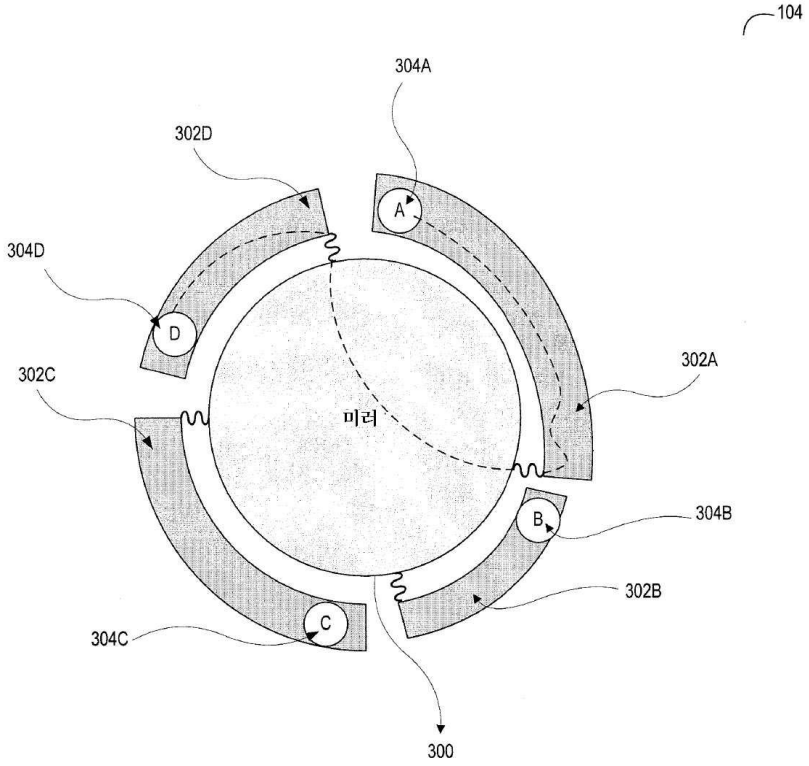
도면2g


시야
120
208
투영된
광
반사된
광
112
102
124A
104
114
124B
108
118
116
106

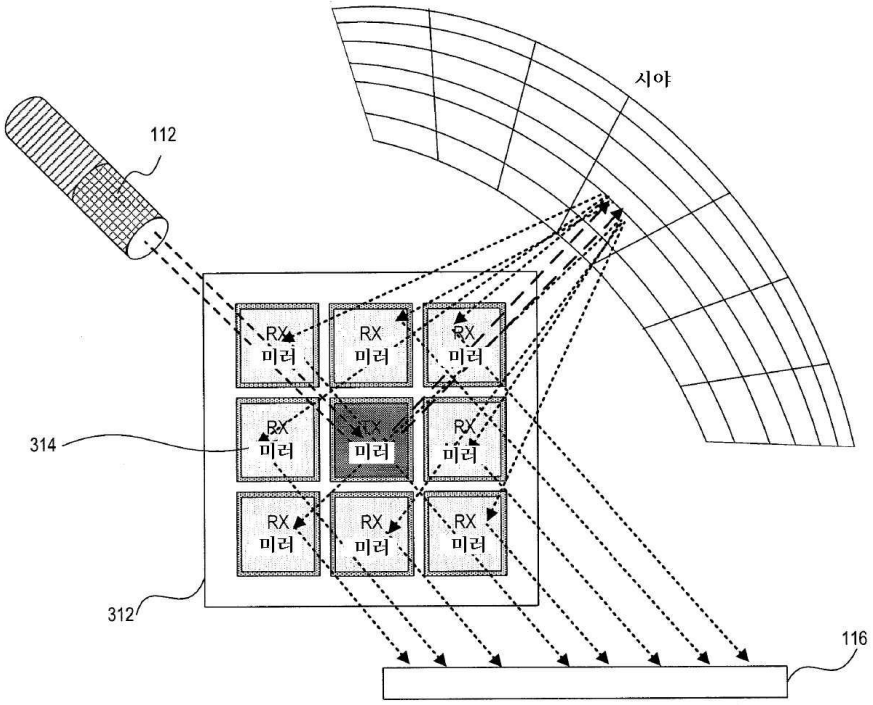
도면3a


104
304A
306A
액추에이터
302A
308
310
격리
리밋
격리
300
액추에이터
302B
306B
304B

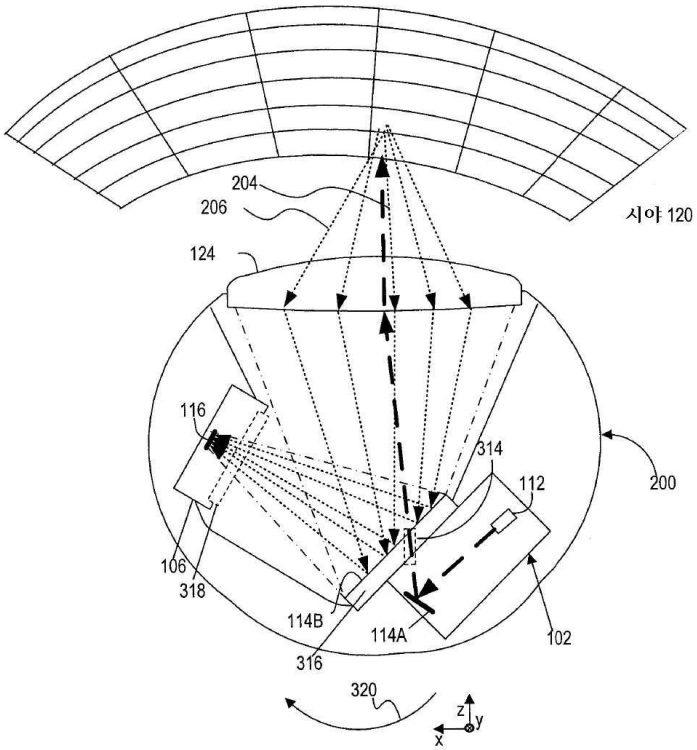
도면3b


104
304A
302D
A
304D
D
302C
302A
미러
B
304B
302B
C
304C
300

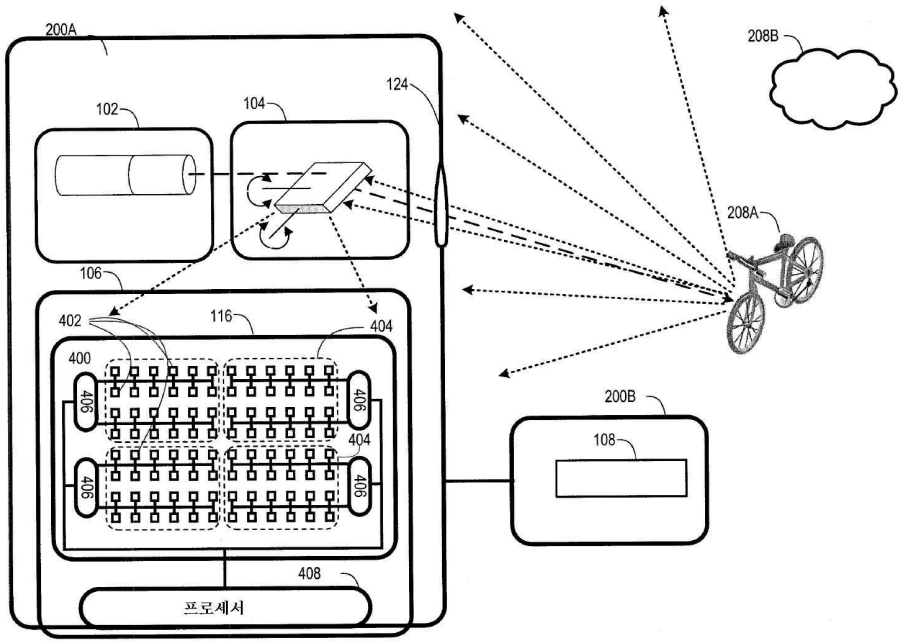
도면3c


시야
112
RX 미러
314
312
116

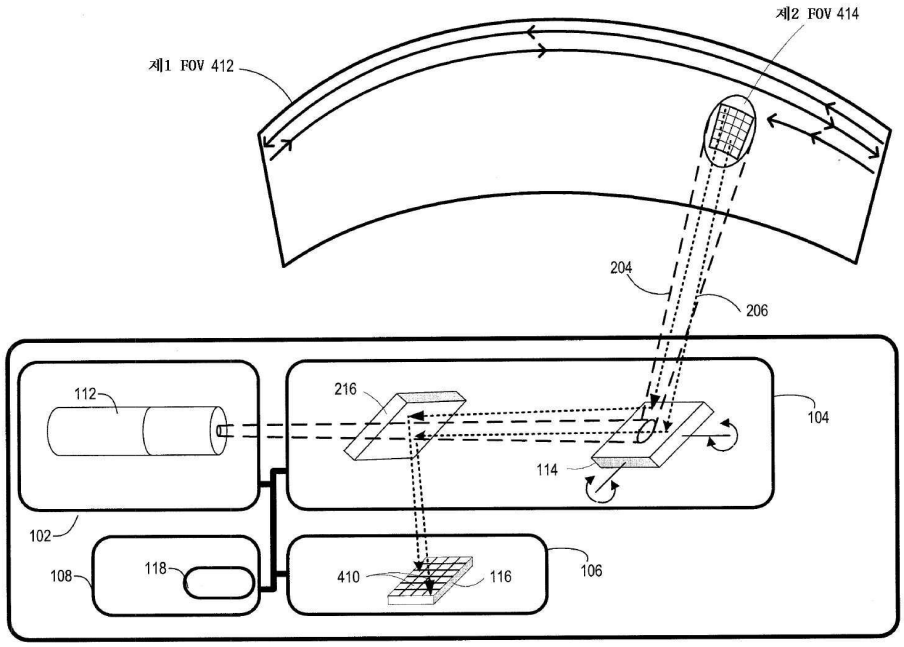
도면3d


204
206
시야 120
124
116
314
112
200
106
318
114B
114A
102
316
320
z
y
x

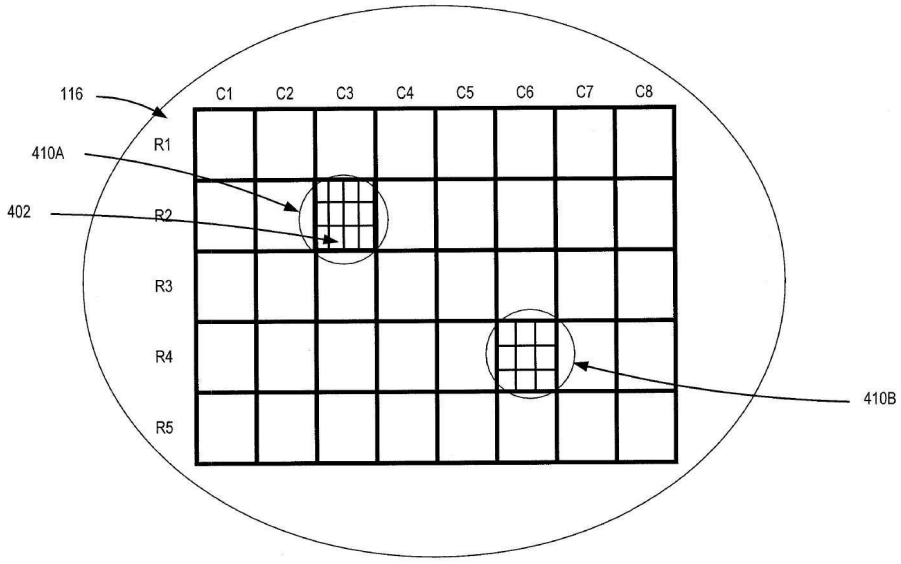
도면4a


200A
208B
102
104
124
208A
106
402
116
404
400
406
406
404
406
406
200B
108
408
프로세서

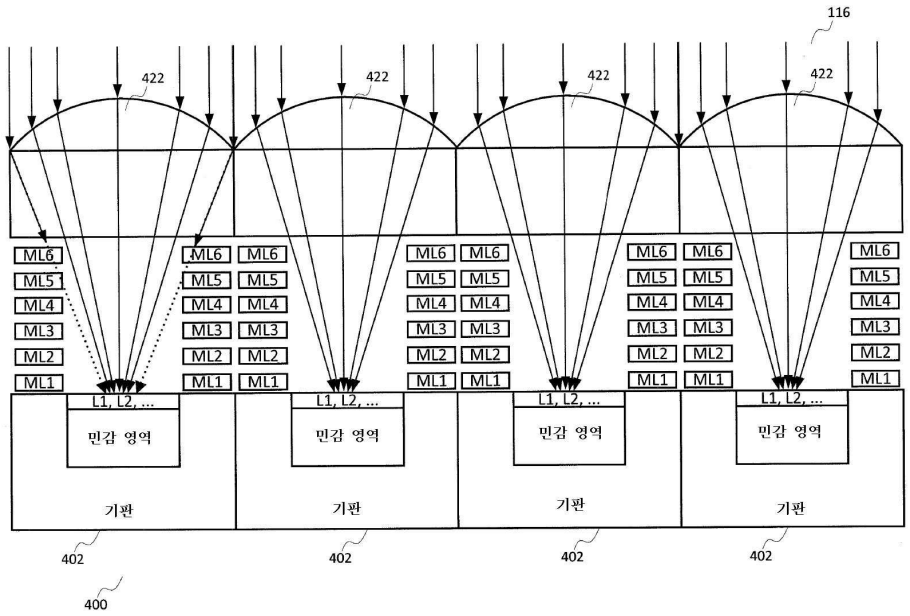
도면4b


제1 FOV 412
제2 FOV 414
204
206
112
216
104
114
102
108
118
410
116
106

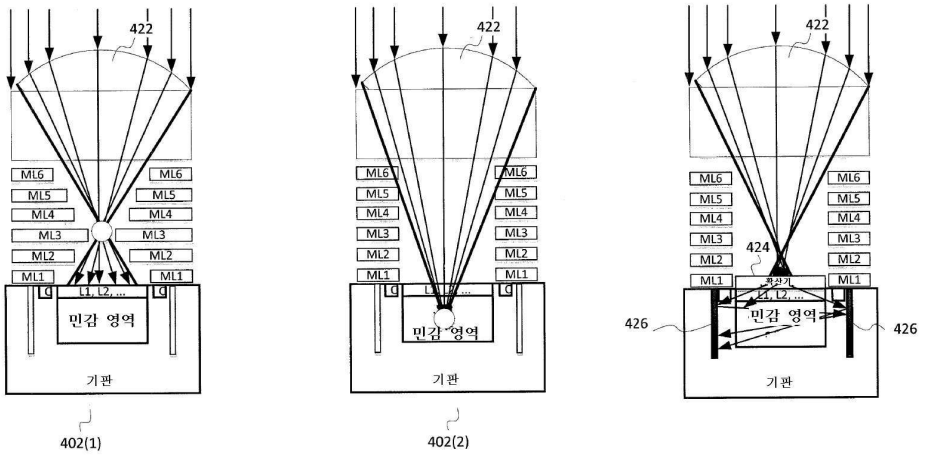
도면4c


116
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
R1
R2
R3
R4
R5
410A
402
410B

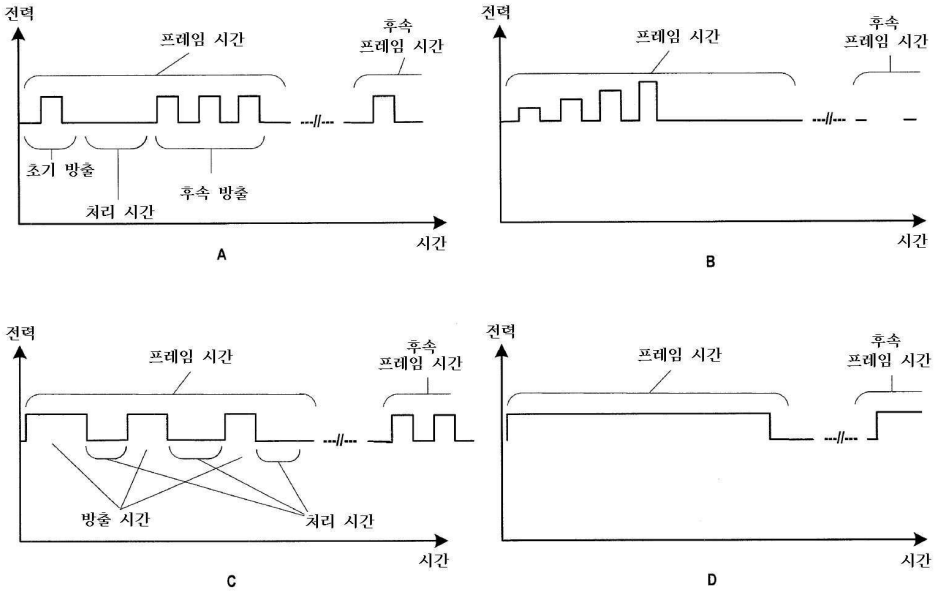
도면4d


116
422
422
422
422
ML6
ML5
ML4
ML3
ML2
ML1
L1, L2, ...
민감 영역
기판
402
400

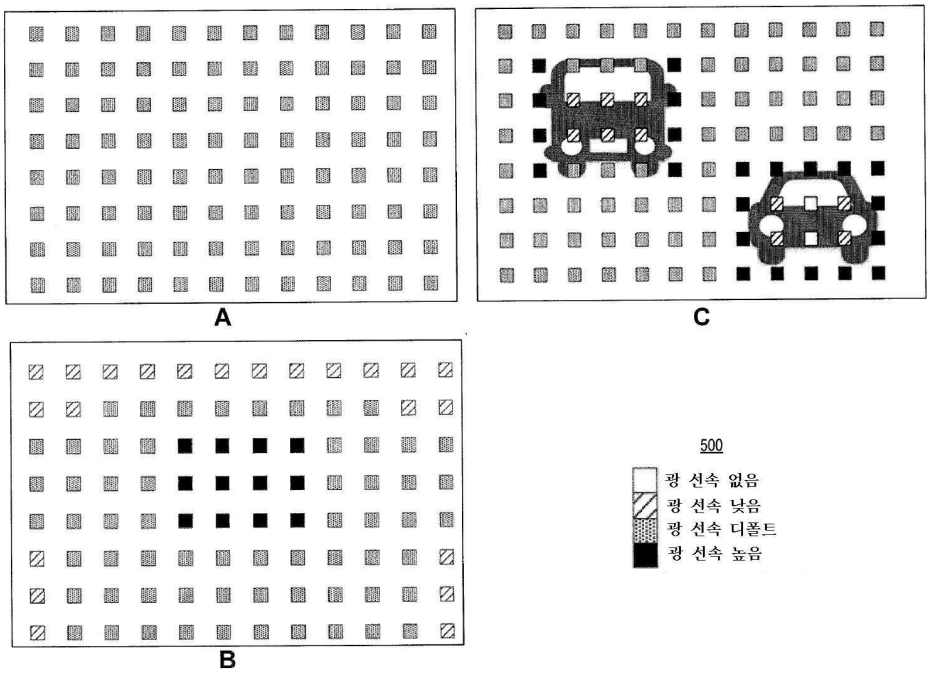
도면4e


422
ML6
ML5
ML4
ML3
ML2
ML1
L1, L2, ...
민감 영역
기판
402(1)
422
402(2)
422
424
426
426

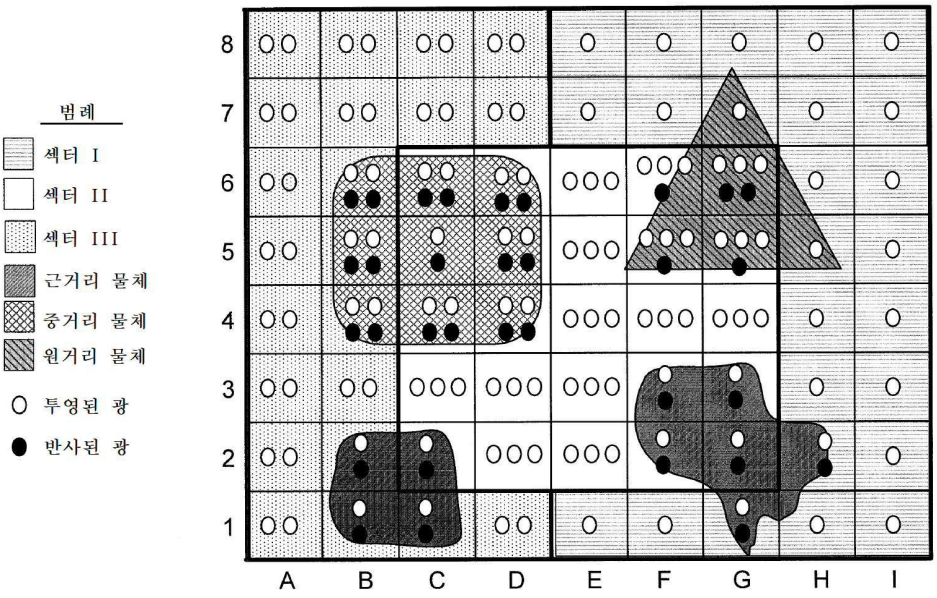
도면5a


전력
프레임 시간
후속
프레임 시간
초기 방출
후속 방출
처리 시간
시간
A
전력
프레임 시간
후속
프레임 시간
시간
B
전력
프레임 시간
후속
프레임 시간
방출 시간
처리 시간
시간
C
전력
프레임 시간
후속
프레임 시간
시간
D

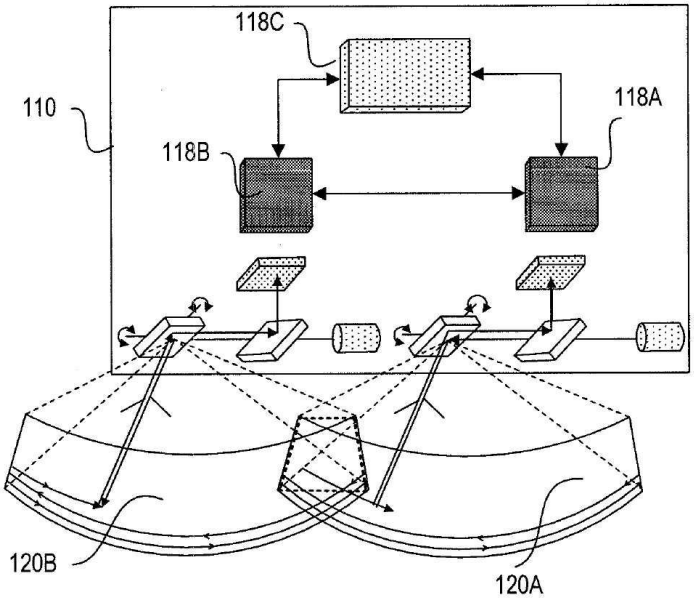
도면5b


A
C
B
500
광 선속 없음
광 선속 낮음
광 선속 디폴트
광 선속 높음

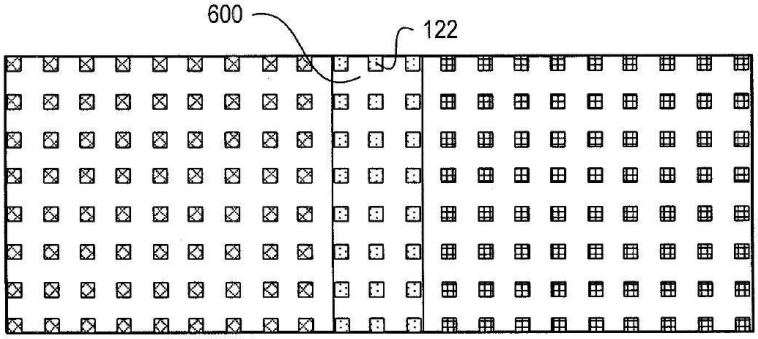
도면5c



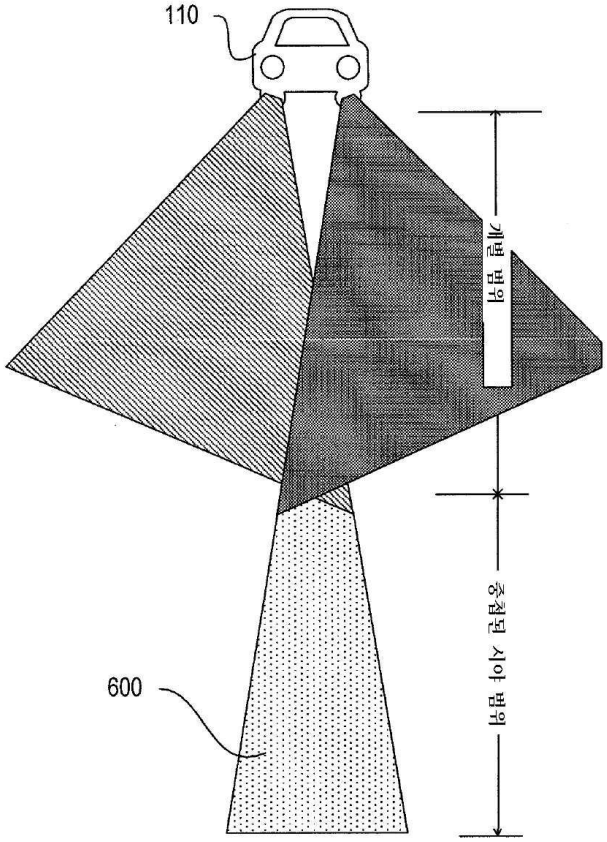
도면6a



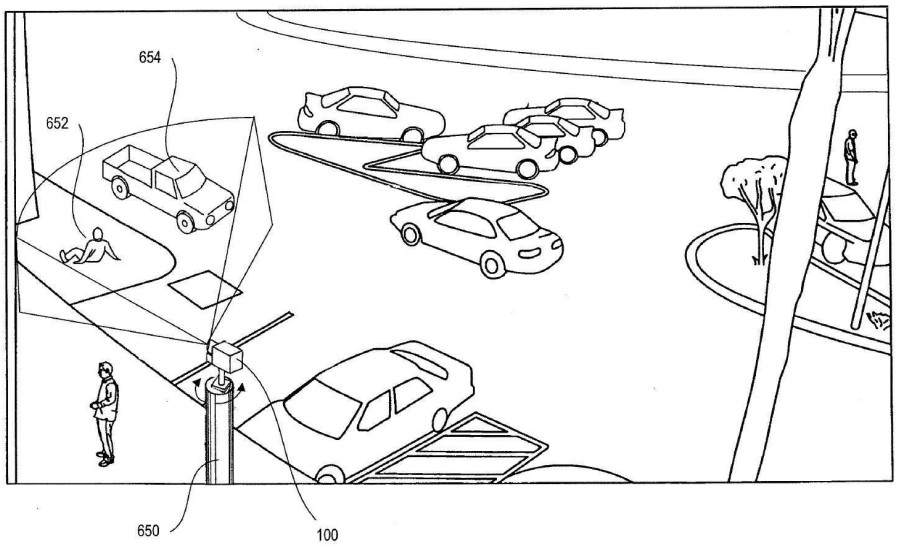
도면6b



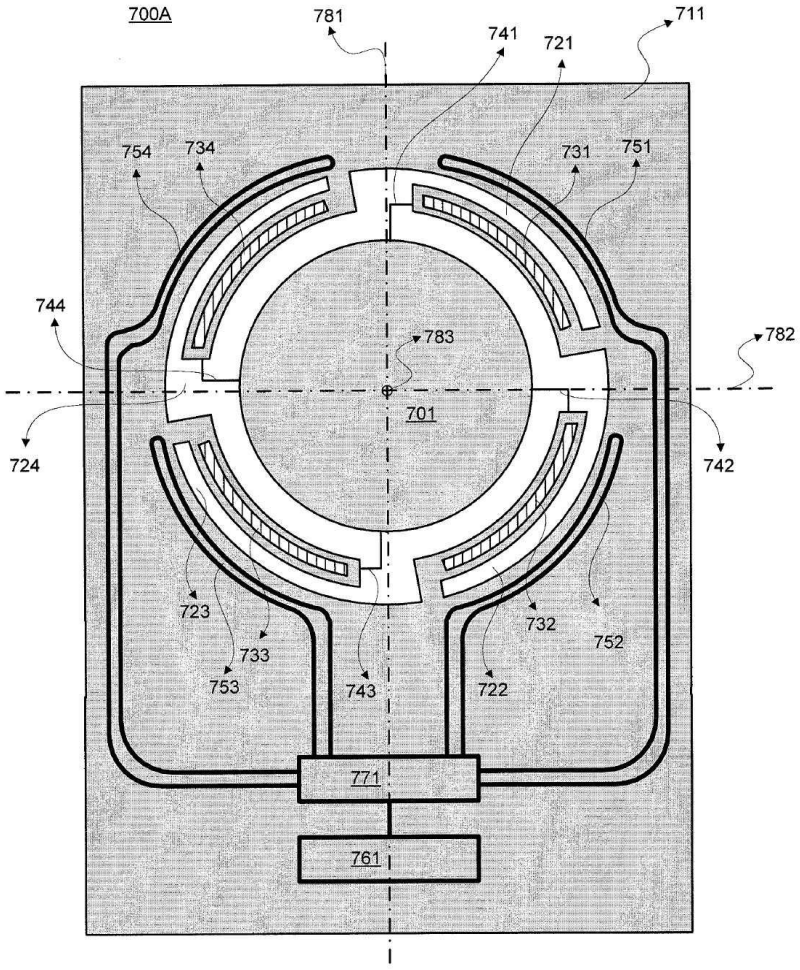
도면6c



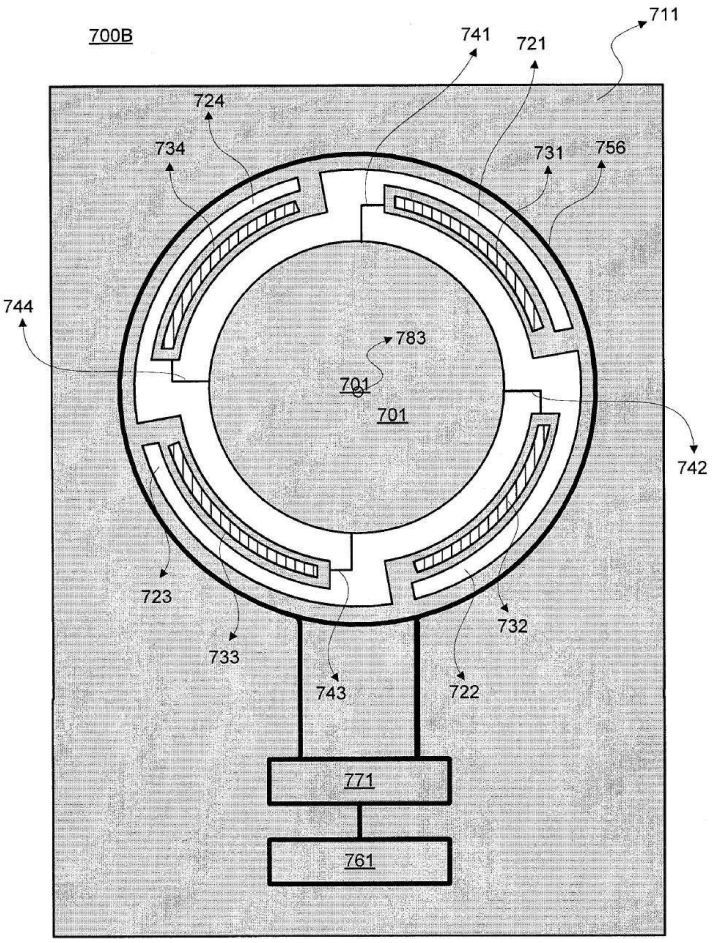
도면6d



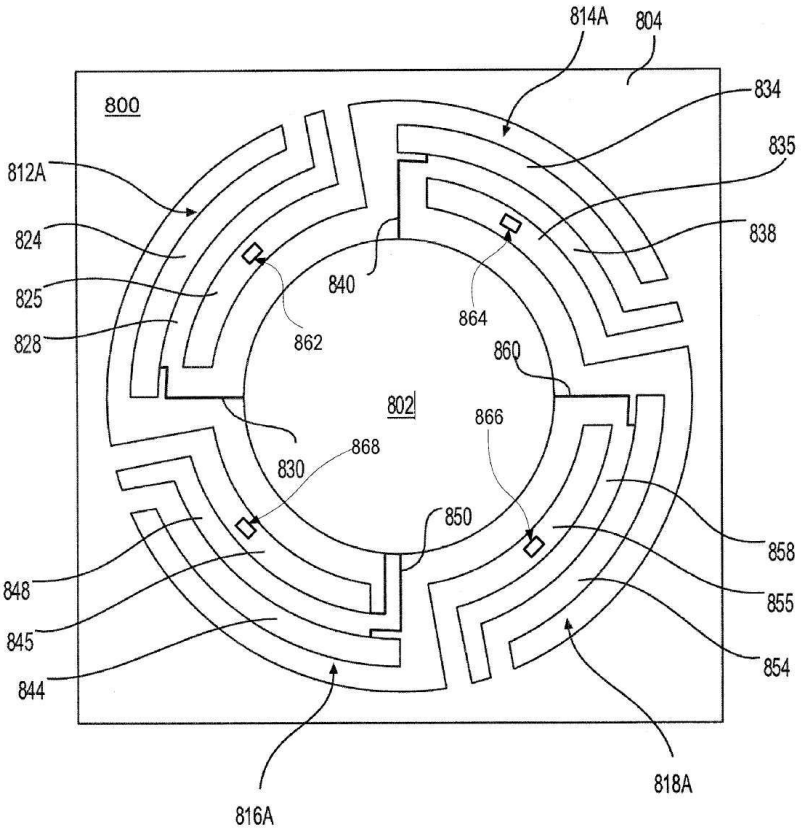
도면7a


700A
781
741
721
711
754
734
731
751
744
783
782
701
724
742
723
733
753
743
722
732
752
771
761

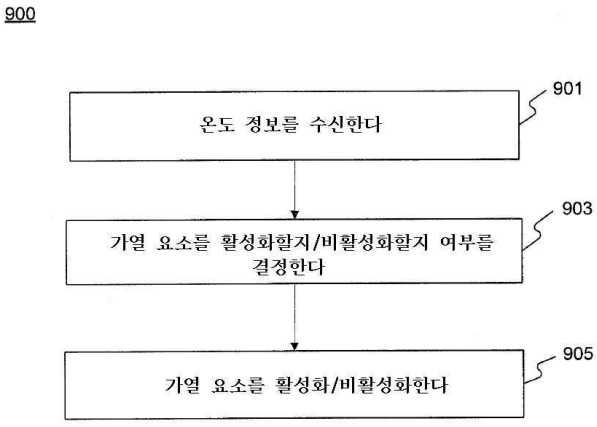
도면7b


700B
711
741
721
724
734
731
756
744
783
701
701
742
723
732
733
743
722
771
761

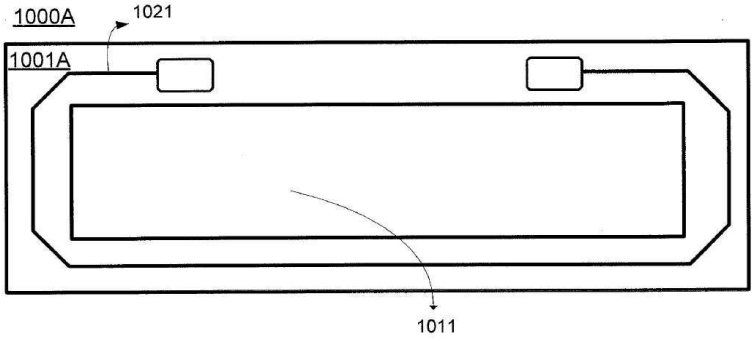
도면8



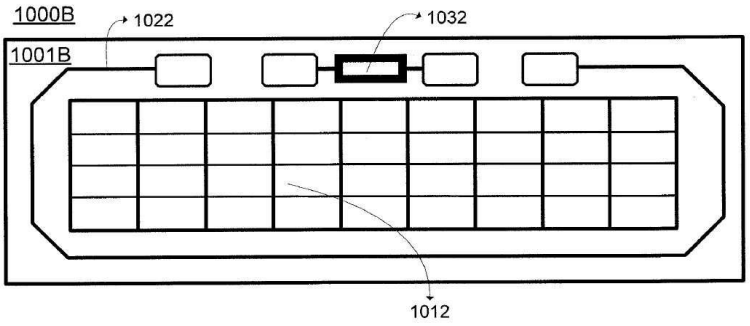
도면9



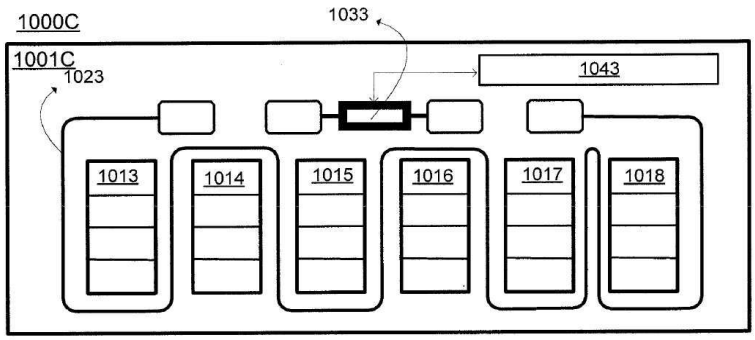
도면10a



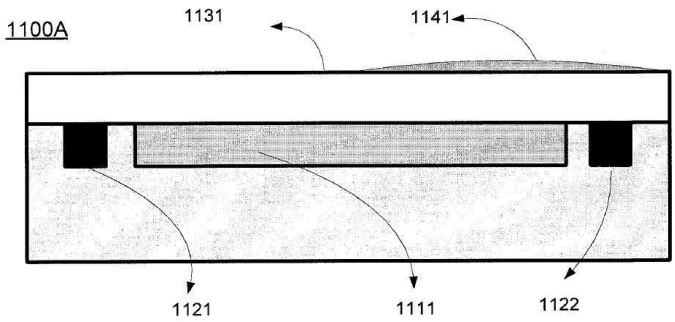
도면10b



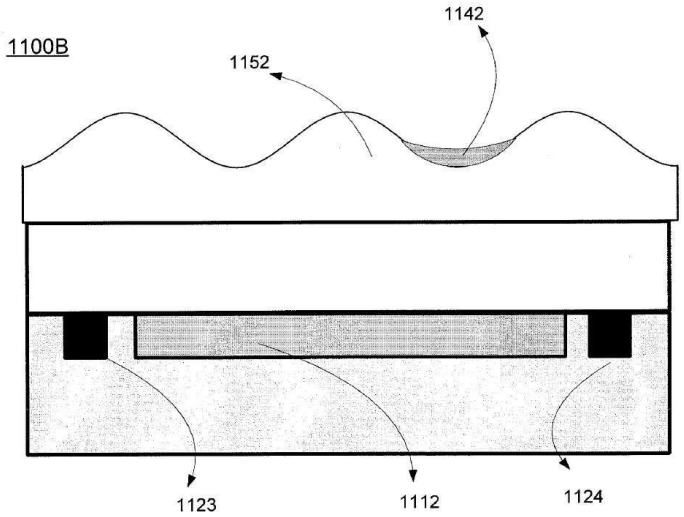
도면10c



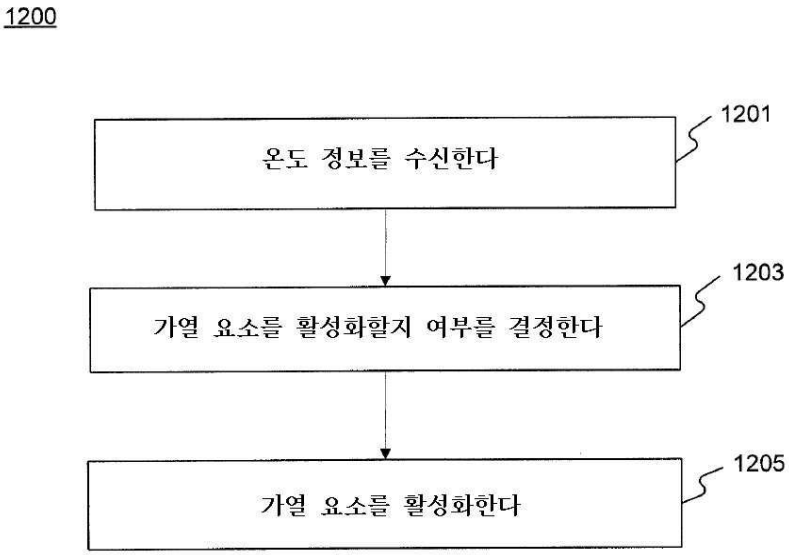
도면11a



도면11b


1100B
1142
1152
1123
1112
1124

도면12


1200
온도 정보를 수신한다
1201
가열 요소를 활성화할지 여부를 결정한다
1203
가열 요소를 활성화한다
1205