(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월23일
(11) 등록번호 10-2218679
(24) 등록일자 2021년02월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/481 (2006.01) *G01S 17/89* (2020.01)
G05D 1/02 (2020.01) *H01S 5/183* (2021.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/4815 (2013.01)
G01S 17/89 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7005082
(22) 출원일자(국제) 2018년07월06일
심사청구일자 2020년02월20일
(85) 번역문제출일자 2020년02월20일
(65) 공개번호 10-2020-0021558
(43) 공개일자 2020년02월28일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/041021
(87) 국제공개번호 WO 2019/022941
국제공개일자 2019년01월31일
(30) 우선권주장
62/538,149 2017년07월28일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20070181810 A1*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 32 항 심사관 : 안문환

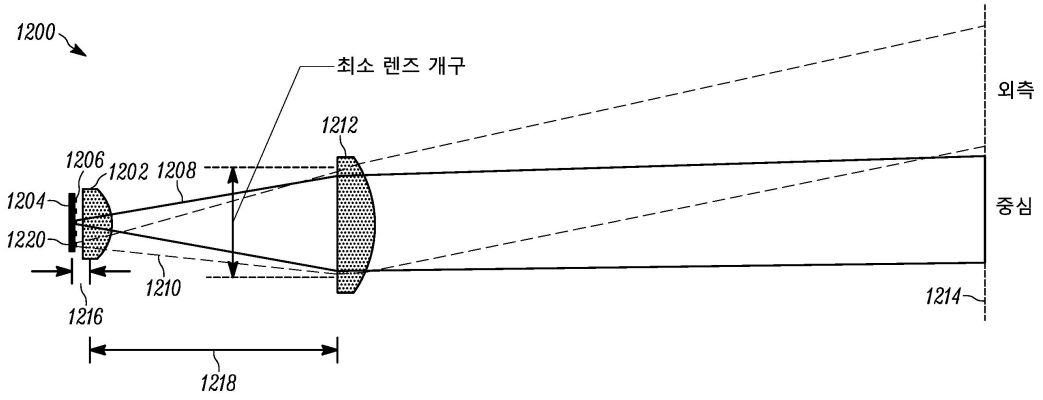
(73) 특허권자
옵시스 테크 엘티디
이스라엘, 5885849 홀론, 하록밈 스트리트 26, 아즈리엘리 센터 홀론, 빌딩 에이, 8층
(72) 발명자
도노반, 마크 제이.
미국, 캘리포니아 94040, 마운틴 뷰, 포드햄 웨이 1517
(74) 대리인
김두식, 문용호, 오종한

(54) 발명의 명칭 **작은 각도 발산을 갖는 VCSEL 어레이 LIDAR 송신기**

(57) 요 약

광 검출 및 거리 측정(LIDAR: light detection and ranging) 송신기는 복수의 광 빔을 생성하는 복수의 광 방출기를 포함한다. 제1 렌즈는 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 복수의 광 빔의 광 경로에 위치된다. 제1 렌즈는 복수의 광 빔을 빔 허리를 갖는 수렴된 광 빔으로 수렴시킨다. 제2 렌즈는 수렴된 광 빔의 광 경로에 위치된다. 제2 렌즈는 수렴된 광 빔을 타겟 범위로 투사한다. 제2 렌즈의 위치 및 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 타겟 범위에서 LIDAR 송신기의 원하는 관측-시야(field-of-view)를 제공하도록 구성된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G05D 1/024 (2013.01)
H01S 5/183 (2021.01)

(56) 선행기술조사문헌
US20150377696 A1*
US9658322 B2*
US20150378023 A1*
US20170059838 A1*
JP5096008 B2*
KR1020140138724 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

광 검출 및 거리 측정(LIDAR: light detection and ranging) 송신기로서,

a) 복수의 광 빔을 생성하는 복수의 광 방출기;

b) 상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 상기 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되고, 상기 복수의 광 빔을 상기 복수의 광 방출기와 타겟 범위 사이에서 교차하는 빔 허리를 갖도록 수렴시키는 제1 렌즈; 및

c) 상기 수렴된 광 빔의 상기 광 경로에 위치되고, 상기 수렴된 광 빔을 상기 타겟 범위로 투사하는 제2 렌즈를 포함하고,

상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 LIDAR 송신기의 각도 발산을 결정하여 상기 타겟 범위에서 원하는 관측-시야(field-of-view)를 제공하는, LIDAR 송신기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 렌즈는 상기 타겟 범위에서 상기 LIDAR 송신기의 각도 해상도를 감소시키도록 배치되는, LIDAR 송신기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2 렌즈의 개구의 크기는 상기 수렴된 광 빔의 상기 빔 허리의 폭과 동일한, LIDAR 송신기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복수의 광 방출기는 광 방출기들의 어레이를 형성하는, LIDAR 송신기.

청구항 5

제4항에 있어서,

어느 방향으로의 상기 수렴된 광 빔의 상기 빔 허리의 폭은 상기 방향으로의 상기 어레이의 폭 이하인, LIDAR 송신기.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 광 방출기들의 상기 어레이의 중심 광 방출기에 의해 생성된 광 빔 및 상기 광 방출기들의 상기 어레이의 최외측 광 방출기에 의해 생성된 광 빔은 상기 제2 렌즈의 개구를 충진하는, LIDAR 송신기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 광 방출기 중 적어도 2개는 상이한 파장들을 갖는 광을 방출하는, LIDAR 송신기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복수의 광 방출기는 복수의 VCSEL 디바이스를 포함하는, LIDAR 송신기.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 복수의 VCSEL 디바이스는 2-차원 VCSEL 어레이를 포함하는, LIDAR 송신기.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 VCSEL 디바이스들은 톱(top)-방출 VCSEL 디바이스들로서 구성되는, LIDAR 송신기.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 VCSEL 디바이스들은 바닥-방출 VCSEL 디바이스들로서 구성되는, LIDAR 송신기.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 복수의 광 방출기는 공통 기판 상에 형성된 상기 복수의 VCSEL 디바이스 각각을 갖는 모놀리식 VCSEL 어레이를 포함하는, LIDAR 송신기.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 관측-시야는 상기 광 방출기를 기준으로 18도보다 큰 것인, LIDAR 송신기.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 제2 렌즈는 상기 타겟 범위에서 상기 LIDAR 송신기의 각도 해상도가 2.8 도 미만이 되도록 배치되는, LIDAR 송신기.

청구항 15

광 검출 및 거리 측정(LIDAR) 송신기로서,

a) 제1 복수의 광 빔을 생성하는 제1 복수의 광 방출기를 포함하는 제1 송신기 어레이;

b) 상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 상기 제1 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되고, 상기 제1 복수의 광 빔을 수렴시켜 상기 제1 송신기 어레이와 타겟 범위 사이에서 교차하는 빔 허리를 갖는 제1 수렴된 광 빔을 형성하는 제1 렌즈;

c) 상기 제1 수렴된 광 빔의 상기 광 경로에서의 위치를 갖고, 상기 제1 수렴된 광 빔을 상기 타겟 범위로 투사하는 제2 렌즈로서, 상기 제1 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 상기 LIDAR 송신기의 각도 발산을 결정하여 상기 타겟 범위에서 원하는 관측-시야를 제공하도록 구성되는, 제2 렌즈;

d) 제2 복수의 광 빔을 생성하는 제2 복수의 광 방출기를 포함하는 제2 송신기 어레이;

e) 상기 제2 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제3 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 상기 제2 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되고, 상기 제2 복수의 광 빔을 수렴시켜 상기 제2 송신기 어레이와 상기 타겟 범위 사이에서 교차하는 빔 허리를 갖는 제2 수렴된 광 빔을 형성하는, 제3 렌즈; 및

f) 상기 제2 수렴된 광 빔의 상기 광 경로에서의 위치를 가지며, 상기 제2 수렴된 광 빔을 타겟 범위로 투사하는 제4 렌즈로서, 상기 제2 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 상기 LIDAR 송신기의 각도 발산을 결정하여 상기 타겟 범위에서 원하는 관측-시야를 제공하도록 구성되는, 제4 렌즈를 포함하고,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이는 상기 타겟 범위에서 상기 LIDAR 송신기의 원하는 관측-시야를 제공하도록 배치되는, LIDAR 송신기.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이는 상기 타겟 범위에서 균일한 광 빔 패턴을 제공하도록 배치되는, LIDAR 송신기.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이는 상기 타겟 범위에서 상기 투사된 제1 수렴된 광 빔과 상기 투사된 제2 수렴된 광 빔 사이의 갭을 포함하는 패턴을 제공하도록 배치되는, LIDAR 송신기.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이는 상기 타겟 범위에서 상기 투사된 제1 수렴된 광 빔과 상기 투사된 제2 수렴된 광 빔 사이의 중첩을 포함하는 패턴을 제공하도록 배치되는, LIDAR 송신기.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 제1 복수의 광 빔의 상기 광 경로에서의 상기 제1 렌즈의 중심의 위치는 상기 제1 송신기 어레이의 중심으로부터 제1 거리에 있고, 상기 제2 복수의 광 빔의 상기 광 경로에서의 상기 제3 렌즈의 중심의 위치는 상기 제2 송신기 어레이의 중심으로부터 제2 거리에 있고, 상기 제1 거리 및 상기 제2 거리는 상이한, LIDAR 송신기.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이는 공통 기판 상에 위치되는, LIDAR 송신기.

청구항 21

제15항에 있어서,

제3 복수의 광 빔을 생성하는 제3 복수의 광 방출기를 포함하는 제3 송신기 어레이를 더 포함하고, 상기 제1 송신기 어레이와 상기 제2 송신기 어레이 사이의 거리는 상기 제2 송신기 어레이와 상기 제3 송신기 어레이 사이의 거리와 상이한, LIDAR 송신기.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이, 상기 제2 송신기 어레이 및 상기 제3 송신기 어레이는 불균일한 간격으로 공통 기판 상에 위치되는, LIDAR 송신기.

청구항 23

제15항에 있어서,

상기 제1 복수의 광 방출기 중 적어도 2개는 상이한 파장들을 갖는 광을 방출하는, LIDAR 송신기.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 제2 복수의 광 방출기 중 적어도 2개는 상이한 파장들을 갖는 광을 방출하는, LIDAR 송신기.

청구항 25

제15항에 있어서,

상기 제1 복수의 방출기 중 적어도 하나와 상기 제2 복수의 방출기 중 적어도 하나는 상이한 파장들을 갖는 광을 방출하는, LIDAR 송신기.

청구항 26

제15항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이 중 적어도 하나는 2-차원 어레이를 포함하는, LIDAR 송신기.

청구항 27

제15항에 있어서,

상기 제1 복수의 광 방출기 또는 상기 제2 복수의 광 방출기 중 적어도 하나는 복수의 VCSEL 디바이스를 포함하는, LIDAR 송신기.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 복수의 VCSEL 디바이스는 2차원 VCSEL 어레이를 포함하는, LIDAR 송신기.

청구항 29

제27항에 있어서,

상기 VCSEL 디바이스들은 톱-방출 VCSEL 디바이스들인, LIDAR 송신기.

청구항 30

제27항에 있어서,

상기 VCSEL 디바이스들은 바닥-방출 VCSEL 디바이스들인, LIDAR 송신기.

청구항 31

제15항에 있어서,

상기 제1 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 상기 방출 폭은 상기 타겟 범위에서 18도보다 큰 관측-시야를 제공하도록 구성되는, LIDAR 송신기.

청구항 32

제15항에 있어서,

상기 제1 송신기 어레이 및 상기 제2 송신기 어레이는 상기 타겟 범위에서의 상기 LIDAR 송신기의 각도 해상도가 0.25 도 미만이 되도록 배치되는, LIDAR 송신기.

발명의 설명

기 술 분 야

배 경 기 술

[0001] 본원에서 사용된 섹션 제목은 단지 편성의 목적을 위한 것이며, 임의의 방식으로 본 출원에 설명되는 주제를 한

정하는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0002] **관련 출원 섹션**

[0003] 본 출원은 2017년 7월 28일자로 출원되고 발명의 명칭이 "작은 각도 발산을 갖는 VCSEL 어레이 LIDAR 송신기"인 계류 중인 미국 특허 출원 번호 제62/538,149의 정규(non-provisional) 출원이다. 미국 특허 출원 번호 제62/538,149호는 본원에 참조로 통합된다.

[0004] **도입**

[0005] 자율적, 자체-주행 및 반-자율적 자동차는 주변 객체의 검출 및 위치 찾기를 위해 레이더, 이미지-인식 카메라 및 소나(sonar)와 같은 상이한 센서 및 기술의 조합을 사용한다. 이들 센서는 충돌 경고, 자동-비상 제동, 차선-이탈 경고, 차선-유지 지원, 적응형 크루즈 제어 및 파일럿 주행을 포함하여 운전자 안전을 크게 향상시킬 수 있다. 이들 센서 기술 중, 라이다(LIDAR: light detection and ranging) 시스템은 중요한 역할을 담당하며, 주변 환경의 실시간, 고해상도 3D 매핑을 가능하게 한다.

발명의 내용

도면의 간단한 설명

[0006] 바람직하고 예시적인 실시예에 따라 추가적인 이점과 함께 본 교시는 첨부 도면과 연계하여 후술하는 상세한 설명에서 더욱 구체적으로 설명된다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 후술하는 도면이 단지 예시적인 목적을 위한 것임을 이해할 것이다. 도면은 반드시 스케일대로는 아니며, 대신 일반적으로 교시의 원리를 예시하기 위해 강조된다. 도면은 임의의 방식으로 출원인의 교시의 범위를 한정하는 것으로 의도되지 않는다.

도 1은 본 교시에 따른 LIDAR 시스템의 동작을 나타낸다.

도 2는 본 교시에 따른 2개의 레이저를 사용하는 LIDAR 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

도 3은 본 교시에 따른 LIDAR 송신기에 대한 다중-방출기 레이저 소스의 일 실시예를 나타낸다.

도 4는 본 교시의 LIDAR 송신기에 대한 조명기(illuminator)의 일 실시예의 단면의 다이어그램을 나타낸다.

도 5a는 본 교시의 단일-파장 2D 다중-방출기 LIDAR 송신기의 일 실시예에 대한 측정 포인트 클라우드를 나타낸다.

도 5b는 본 교시에 따른 2-파장 2D 다중-방출기 LIDAR 송신기의 일 실시예에 대한 측정 포인트 클라우드를 나타낸다.

도 6은 본 교시의 LIDAR 송신기의 일부 실시예에서 사용되는 종래 기술의 바닥-방출 VCSEL 레이저의 구조의 개략도의 사시도를 나타낸다.

도 7은 본 교시에 따른 25개의 개별 레이저 방출기를 갖는 2D 모놀리식 VCSEL 어레이의 일 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 8은 본 교시에 따른 서브-개구(sub-aperture)를 포함하는 25개의 개별 레이저 방출기를 갖는 2D 모놀리식 VCSEL 어레이의 일 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 9는 본 교시에 따른 단일 렌즈 LIDAR 송신기 시스템에서 단일 방출기에 의해 투사된 광을 나타내는 개략도를 나타낸다.

도 10은 본 교시에 따른 단일 렌즈 LIDAR 송신기 시스템에서 다중 방출기에 의해 투사된 광의 개략도를 나타낸다.

도 11a는 높은 각도 발산 방출기를 갖는 단일 렌즈 LIDAR 시스템에서 다중 방출기에 의해 투사된 광의 확대도를 나타내는 개략도를 나타낸다.

도 11b는 원거리 필드를 나타내는 도 11a의 시스템에 의해 투사된 광의 집광도(condensed-view)를 나타내는 개략도를 나타낸다.

도 12는 본 교시에 따른 작은 각도 발산 LIDAR 송신기에서 광을 투사하는 2-렌즈 조명기의 일 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 13은 본 교시에 따른 다중-송신기-어레이 작은 각도 발산 LIDAR 송신기의 일 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 14a는 본 교시에 따른 단일 기판 상의 다중 송신기 어레이를 이용하는 작은 각도 발산 LIDAR 송신기 조명기의 확대도의 개략도를 나타낸다.

도 14b는 도 14a의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기의 집광도의 개략도를 나타낸다.

도 15는 송신기 어레이들 사이의 분리의 상대적 독립성을 나타내는 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기의 실시예의 스케일링된 집광도의 개략도를 나타낸다.

도 16은 본 교시에 따른 다중 송신기 어레이를 사용하는 다중-파장 LIDAR 시스템에 대한 조명기의 일 실시예를 나타낸다.

도 17은 도 16과 관련하여 설명되는 조명기로 생성될 수 있는 측정 포인트 클라우드를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본 교시는 이하 첨부 도면에 나타낸 바와 같은 예시적인 실시예를 참조하여 보다 상세하게 설명될 것이다. 본 교시는 다양한 실시예 및 예와 함께 설명되지만, 본 교시는 이러한 실시예로 한정되는 것으로 의도되지 않는다. 반대로, 본 교시는 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 다양한 대안, 수정 및 등가물을 포함한다. 본원의 교시에 접근하는 본 기술 분야의 통상의 기술자는 본원에 설명되는 본 개시의 범위 내에 있는 추가의 구현, 수정 및 실시예뿐만 아니라 다른 사용 분야를 인식할 것이다.

[0008] 본 명세서에서 "일 실시예" 또는 "실시예"에 대한 언급은 실시예와 관련하여 설명되는 특정의 특징, 구조 또는 특성이 본 교시의 적어도 하나의 실시예에 포함됨을 의미한다. 명세서의 여러 곳에서 "일 실시예에서"라는 문구의 출현이 반드시 모두 동일한 실시예를 언급하는 것은 아니다.

[0009] 본 교시의 방법의 개별 단계는 본 교시가 동작 가능한 한 임의의 순서 및/또는 동시에 수행될 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 본 교시의 장치 및 방법은 본 교시가 동작 가능한 한 설명되는 실시예 중 임의의 수 또는 전부를 포함할 수 있음을 이해해야 한다.

[0010] 본 교시는 광을 반사 및/또는 산란시키는 다양한 객체 또는 타겟까지의 거리를 측정하는 라이다(LIDAR: Light Detection and Ranging Systems)에 관한 것이다. LIDAR 시스템은 작은 풋프린트, 높은 측정 해상도 및 높은 검출 감도를 갖는 것이 바람직하다. VCSEL-어레이 기반 송신기는 이러한 이점 제공의 약속을 제공할 수 있다. LIDAR 시스템의 성능을 높이고 크기, 중량, 전력, 비용 및 복잡성을 줄이기 위해 이러한 VCSEL-어레이-기반 LIDAR 송신기의 광학 설계에서 개선이 필요하다. 일례로서, 컴팩트 패키지에서 작은 각도 발산을 생성하는 LIDAR 송신기 설계가 필요하다.

[0011] 도 1은 차량에서 구현되는 본 교시에 따른 LIDAR 시스템(100)의 동작을 나타낸다. LIDAR 시스템(100)은 광원에 의해 생성된 광 빔(102)을 타겟 장면을 향해 투사하는, 조명기로도 칭해지는 레이저 투사기 및 타겟 장면에서 사람(106)으로 나타내어지는 객체로부터 반사되는 광(104)을 수신하는 수신기를 포함한다. LIDAR 시스템은 반사된 광으로부터 객체(106)에 대한 거리 정보를 연산하는 제어기, 및 원하는 범위 및 관측 시야(FOV: field-of-view)를 통한 정적인 패턴일 수 있는 광의 특정 패턴을 스캐닝하거나 제공할 수 있는 요소를 또한 통상적으로 포함한다. 수신기와 제어기는 수신된 신호 광을 LIDAR 시스템 범위 및 FOV 내에 속하는 주변 환경의 포인트별(pointwise) 3D 맵을 나타내는 측정값으로 변환하는 데 사용된다. 다양한 실시예에서, 제어기는 특정 어플리케이션에 따라 단순한 전기 회로일 수 있거나 더 복잡한 프로세서일 수 있다.

[0012] 조명기 및 수신기를 형성하는 레이저 소스 및 광 빔 투사 수단은 차량(108)의 전방측에 위치될 수 있다. 사람(106) 및/또는 자동차 또는 등주(light pole)와 같은 다른 객체는 소스로부터 수신기로 다시 반사되는 광을 제공할 것이고 해당 객체까지의 범위 또는 거리가 결정된다. 본 기술 분야에 알려진 바와 같이, LIDAR 수신기는 광원으로부터 방출된 광 펄스의 비행-시간 측정에 기초하여 범위 정보를 계산한다. 또한, 특정 범위와 관련되고 소스 및 프로젝터 시스템의 특정 설계에 기초한 타겟 평면에서의 장면을 조명하는 광 빔 프로파일에 관한 알려진 정보는 반사 표면에 대한 위치 정보를 결정하는 데 사용되어, 장면의 완전한 x, y, z 또는 3차원 픽처를 생성한다. 즉, 주변 환경의 포인트별 3D 맵은 LIDAR 시스템의 관측-시야 내에서 소스로부터 수신기로의 조명을 반사하는 모든 표면으로부터의 위치 정보를 나타내는 측정 데이터의 모음을 나타낸다. 이러한 방식으로, LIDAR 시스템의 관측-시야에서 객체의 3D 표현이 획득된다. 포인트별 3D 데이터 맵은 또한 측정 포인트 클라우드라고도 칭해질 수 있다.

[0013] 본 교시의 하나의 특징은 조명기가 개별의 개별적인 구분되는 파장을 갖는 광 빔을 방출하는 레이저를 포함할 수 있다는 것이다. 통상적으로 LIDAR 시스템은 LIDAR 시스템의 각도 해상도(angular resolution)를 향상시킬 수 있게 하기 위해 다른 레이저 파장을 이용하지 않는다. 특히, 본 교시의 일부 실시예의 LIDAR 시스템의 하나의 특징은 LIDAR 시스템이 낮은 비용의 컴팩트한 광학 설계에서 더욱 미세한 각도 해상도 및 성능을 가능하게 하기 위해 다중 레이저 파장을 사용한다는 것이다. 또한, 본 교시의 다중-파장 LIDAR 시스템은 개선된 보안 및 병렬화로의 간단한 경로를 제공할 수 있다. 예를 들어, 2017년 3월 3일자로 출원되고 발명의 명칭이 "다중-파장 LIDAR 시스템"인 미국 특허 출원 번호 제15/456,789호 및 2016년 9월 19일자로 출원되고 발명의 명칭이 "WDM LIDAR 시스템"인 미국 특허 출원 번호 제62/396,295호를 참조한다. 미국 특허 출원 번호 제15/456,789호 및 제62/396,295호는 모두 본 양수인에게 양도되었으며 본원에 참조로 통합된다.

[0014] 도 2는 본 교시에 따라 2개의 레이저를 사용하는 다중-파장 LIDAR 시스템(200)의 일 실시예를 나타낸다. 제1 레이저(202)는 제1 파장에서 동작하고, 제2 레이저(204)는 제2 파장에서 동작한다. 레이저는 FOV 및 LIDAR 시스템의 범위에 걸쳐 다양한 타겟 평면에서 빔 프로파일을 형성하는 데 사용되는 광 투사 요소의 일부를 형성하는 통합 또는 분리된 시준 광학계를 포함할 수 있다. 조명기(206)는 또한 타겟 평면(210)에서 특정 빔 프로파일을 형성하기 위해 광 빔을 추가로 성형하고 투사하는 광 디바이스(208)를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 상이한 유형의 광 디바이스가 예를 들어, 렌즈, 회절 광학계, 프리즘, 박막 파장 감지 디바이스 및 부분 반사 거울 중 하나 이상을 포함하는 광 투사 요소를 형성하는 데 사용될 수 있다. 단일 렌즈 또는 다중-렌즈 광 요소가 사용될 수 있다.

[0015] 수신기(212)는 FOV 및 LIDAR 시스템의 범위에서 다양한 타겟 평면(210)에서 객체의 표면으로부터 반사된 광을 수신한다. 다른 파장이 사용되는 경우, 수신기(212)는 소스(202, 204)에 의해 방출된 2개의 파장으로부터 광을 구별할 수 있다. 이 경우, 각각의 파장으로부터의 반사된 조명은 개별적으로 프로세싱된다. 제어기(214)가 수신된 광을 프로세싱하는 데 사용된다. 제어기(214)는 출력(216)에서 LIDAR 데이터를 제공한다. 제어기(214)의 복잡성은 LIDAR 시스템의 특정 구성에 따른다. 제어기(214)는 레이저 소스(202, 204)를 제어하는 데 사용될 수 있다. 다양한 실시예에서, 제어기(214)는 다양한 전기 회로, 집적 회로, 마이크로프로세서 또는 컴퓨터를 포함할 수 있다. 도 2에 나타낸 LIDAR 시스템에 동일하거나 다른 파장의 N개의 레이저를 추가하는 것은 비교적 간단하다. 일부 실시예에서, 광을 시준하고 원하는 FOV를 제공하는 추가의 광 요소가 있다.

[0016] 본원에 설명되는 투사 요소는 특정 방향으로 레이저 빔 또는 다중 레이저 빔을 시준 또는 다르게 성형 및/또는 투사하는 요소이다. 투사 요소는 광 빔의 경로에 위치된 하나 이상의 광 디바이스를 포함할 수 있다. 이들 디바이스 및 그 위치는 레이저 소스로부터 방출된 빔 또는 빔들의 초기 형상 및 경로와 함께 공간의 특정 포인트에서 빔 형상 및/또는 빔 위치의 조합인 원하는 빔 프로파일을 생성한다. LIDAR 시스템의 수신기에서 객체에서 반사된 광을 수신할 시에, 시스템은 조명기에 의해 투사된 광의 패턴과 각도 해상도 및 관측-시야를 포함한 성능 파라미터를 기초로 하는 측정 포인트 클라우드 또는 포인트별 데이터 맵을 생성한다.

[0017] 본 교시의 하나의 특징은 컴팩트 시스템에서 상이한 LIDAR FOV, 범위 및/또는 해상도를 생성하기 위해 상이한 파장을 사용하는 능력이다. 2개 이상의 파장에서의 광 빔은 투사 요소를 형성하는 동일한 광 디바이스 중 적어도 일부를 공유할 수 있지만, 각각의 파장에서 상이한 범위 및/또는 FOV 및/또는 해상도를 나타내는 측정 포인트 클라우드를 초래하는 상이한 빔 프로파일을 여전히 실현할 수 있다. 예를 들어, 신호 파장을 사용하는 종래 기술의 LIDAR 시스템에 있어서의 하나의 문제점은 100-미터 범위에 도달하는데 필요한 발사 전력이 너무 높아서 가까운 근접 반사(예를 들어, 수 미터)에 대해 수신기가 포화된다는 것이다. 따라서, 이러한 종래 기술의 LIDAR 시스템은 부근의 객체를 볼 수 없다. 이 문제는 제1 파장이 100-미터 범위에 사용되지만 제2 파장은 부근-근접 측정에 대해서만 낮은 전력을 갖는 2-파장 시스템으로 해결될 수 있다. 다중-파장 측정은 병렬 연산 기능을 갖는 제어기를 사용하여 동시에 수행될 수 있다. 이 구성을 2개 초과의 파장으로 확장하는 것은 비교적 간단하다.

[0018] 본 교시의 다른 특징은 LIDAR 범위 측정 이외의 기능을 수행하기 위해 추가 파장을 갖는 레이저가 추가될 수 있다는 것이다. 예를 들어, LIDAR 시스템 내에서 광 디바이스의 배향의 측정을 제공하기 위해 추가 레이저가 추가될 수 있다. 추가 파장에서 이들 소스로부터의 광은 광 빔을 투사하고/하거나 광 빔을 복제 또는 스캐닝하는 요소의 각도 측정을 제공하는 유일한 목적을 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, MEMS 디바이스는 빔을 투사하는 데 사용되며, 거울 위치의 직접적인 피드백을 갖는 것이 중요할 수 있다. 적절한 수신기 측정 시스템과 결합된 다른 레이저는 거울 위치의 직접적인 각도 측정을 제공할 수 있다. 상술한 실시예의 자연스러운 확장은 각각의 경우에 동일한 파장의 복수의 레이저, 즉, 각각의 파장의 단일 레이저 대신에 각각의 파장의 레이저의

1D 또는 2D 어레이를 사용하는 것이다.

[0019] 일부 시스템에서, 단일 대형 렌즈가 각각의 VCSEL 디바이스의 투사 각도를 설정할 뿐만 아니라 시준하는 데 모두 사용된다. 단일 렌즈 대신에, 공유된 렌즈 구성의 일부로서 2개 이상의 렌즈가 사용될 수 있음에 유의해야 한다. 시준 및 투사 각도 모두에 대해 공유된 광학계를 사용하는 일 양태는 렌즈의 중심 축에 대한 VCSEL 디바이스의 횡방향 위치와 투사된 레이저 빔의 포인팅 각도 사이에 직접 매핑이 있다는 것이다. 동일하거나 유사한 파장의 2개의 VCSEL 레이저 사이의 횡방향 거리는 공유된 렌즈 시스템에 의해 생성된 투사 각도의 차이에 대응할 것이다.

[0020] 또한, VCSEL 디바이스는 이상적인 포인트 소스가 아니고, 대신에 유한한 횡방향 크기를 갖기 때문에, 전체 광 시스템의 FOV를 또한 축소시키지 않으면서 광학계에 의해 감소될 수 없는 추가적인 발산이 있을 것이다. 또한, 동일하거나 유사한 파장을 갖는 레이저를 사용하는 공유-광학 접근법은 다른 파라미터 중에서 VCSEL의 유한한 크기, 시준된 빔의 발산, VCSEL 디바이스의 수 및 FOV에 따라 3D 측정 범위에서 빔 중첩 또는 갭으로 이어질 수 있다.

[0021] 본 교시의 LIDAR 시스템의 하나의 특징은 이들 디바이스에 의해 제공되는 더 높은 광 전력 및 큰 직경 클러스터를 이용하기 위해 방출 개구의 클러스터를 갖는 VCSEL 칩을 사용하는 것이다. 본원에 설명되는 바와 같이, VCSEL 디바이스는 이상적인 포인트 소스가 아니라, 오히려 유한한 횡방향 차원을 갖는다. 또한, LIDAR 조명에 사용되는 고전력 톱(top)-방출 VCSEL 레이저는 필요한 고-전력 출력에 도달하기 위해 다중 광 방출 서브-개구를 통상적으로 사용한다. 이러한 다중 서브-개구는 클러스터 또는 그룹을 형성하며, 필요한 전자-광 효율을 여전히 유지하면서 물리적으로 가능한 한 가깝게 위치되는 것이 이상적이다.

[0022] 일부 실시예에서, VCSEL 어레이는 2차원 어레이이다. 일부 실시예에서, VCSEL 어레이는 모놀리식이며 레이저는 모두 공통 기판을 공유한다. 다양한 공통 기판 유형이 사용될 수 있다. 예를 들어, 공통 기판은 반도체 재료일 수 있다. 공통 기판은 또한 세라믹 재료를 포함할 수 있다.

[0023] 일부 실시예에서, VCSEL은 톱-방출 VCSEL이다. 다른 실시예에서, VCSEL은 바닥(bottom)-방출 VCSEL이다. 개별 VCSEL이 단일의 큰 방출 개구를 가질 수 있거나, 개별 VCSEL은 더 큰 유효 방출 직경 내에서 2개 이상의 서브-개구로부터 형성될 수 있다. 더 큰 유효 방출 영역을 형성하는 서브-개구의 그룹은 때때로 클러스터로 지칭된다.

[0024] 도 3은 수직 방향으로 균일하게 인터리빙된 2개의 상이한 VCSEL 파장을 갖는 다중-요소 방출기 레이저 소스(300)를 나타낸다. 도 3에 나타낸 실시예는 단일 공통 기판(304)을 나타내지만, 복수의 기판이 또한 사용될 수 있음이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 6개의 VCSEL 바(bar)(306, 308)가 있다. 바(306)의 클러스터 VCSEL 디바이스(302)는 하나의 공통 파장에서 방출한다. 이들은 도면에서 "VCSEL λ1"로 표기된 바(306)이다. 다크(dark) 바(308)의 클러스터 VCSEL 디바이스(302)는 상이한 파장에서 방출한다. 바(308)는 도면에서 "VCSEL λ2"로 표기된다. 총 30개의 클러스터 VCSEL 디바이스(302)가 나타내어져 있다.

[0025] 도 3의 다중-요소 방출기 레이저 소스(300)와 관련하여 사용되는 조명기는 원하는 FOV를 통한 빔의 시준 및 투사 모두에 대해 공유된 렌즈 시스템을 사용할 수 있다. 도 4는 도 3에 나타낸 다중-파장 레이저 소스를 사용하는 본 교시의 다중-파장 LIDAR 시스템에 대한 조명기(400)의 일 실시예의 단면의 다이어그램을 나타낸다. 조명기(400)는 다중-방출기 레이저 소스(402), 및 파장 멀티플렉서(406) 및 제1 렌즈(408)를 포함하는 투사 요소(404)를 포함한다. 투사 요소(404)는 레이저 소스(402)로부터 방출된 레이저 빔(410, 412)을 투사하는 데 사용된다. 다중-방출기 레이저 소스(402)에 대한 방출기는 VCSEL 기판(414) 상에 위치된다.

[0026] 도 4의 투사 요소(404)는 2개의 광 디바이스(406, 408)를 포함한다. 제1 광 디바이스는 2개의 파장 중에서 그리고 하나의 광 경로로부터의 하나에서의 레이저 빔(410)과 공통 광 경로 상으로의 다른 광 경로 상에 있는 2개의 파장 중의 다른 하나에서의 레이저 빔(412)을 결합하도록 작용하는 파장 감지 광학계인 파장 멀티플렉서(406)이다. 일부 실시예에서, 파장 멀티플렉서는 제2 파장이 교란되지 않고 통과되게 하면서 하나의 파장의 광 경로를 실질적으로 시프트시키도록 구성된 회절 광학계를 포함한다. 회절 광 요소는 본 기술 분야에 공지되어 있으며, 레이저의 정밀한 빔 조향 및 빔 성형을 제공하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 파장-감지 회절 광 요소가 사용된다. 다른 실시예에서, 프리즘과 같은 굴절 광학계의 어레이가 사용된다. 제2 디바이스는 레이저 빔(410, 412)을 추가로 투사 및 성형하여 LIDAR 시스템의 타겟 평면에서 빔 형상 및 빔 위치의 원하는 패턴을 형성하는 데 사용되는 렌즈(408)이다.

[0027] 도 4는 상이한 파장의 2개의 VCSEL 바로부터의 광이 광 시스템을 통해 어떻게 진행되는지를 나타낸다. 명확성

을 위해, 2개의 VCSEL 방출기로부터의 레이저 빔(410, 412)만이 광선 추적된 것으로 나타내어져 있다. 도 4는 단일 렌즈(408)만을 나타내지만, 예를 들어, 도 4에 나타낸 다중-파장 시스템과 아래의 도 12와 관련하여 설명되는 바와 같이 2개의 렌즈 또는 다중-렌즈 시스템을 구현하는 방식은 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다.

[0028] 동작시에, 조명기에 의해 타겟 평면에 형성된 빔 프로파일로부터의 광은 그 타겟 평면의 객체의 표면으로부터 반사된다. LIDAR 시스템의 타겟 평면은 완전한 범위 및 관측-시야에서 동작하는 가상 기준 포인트이다. 시스템이 LIDAR 시스템에 의해 프로빙(probing)되는 관측-시야 및 범위에서 객체의 3차원 표현을 생성할 수 있도록 LIDAR 모듈로부터 다양한 거리에 많은 상이한 타겟 평면이 존재한다. 타겟 평면에서 광 빔 프로파일에 의해 조명된 객체의 표면으로부터 반사된 광의 일부는 수신기로 향한다. 수신기는 광을 검출한 다음 수신된 광 신호를 전기 신호로 변환한다. 광원 및 수신기에 전기적으로 접속된 제어기는 수신된 신호를 측정 포인트 클라우드로 변환한다. 측정 포인트 클라우드에서 포인트의 각도 해상도는 추가로 후술하는 바와 같이, 타겟 평면에서 빔 프로파일의 상대 위치에 따른다. 도 4에 나타낸 조명기(400)의 실시예의 많은 다른 변형이 본 교시의 범위 내에 있다는 것이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 예를 들어, VCSEL 레이저는 평면 또는 곡면의 공통 표면에 위치될 수 있다. 곡면 또는 편평한 중심 표면으로부터 떨어진 VCSEL의 소정의 편차가 허용될 수 있음이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 또한 명백할 것이다.

[0029] 도 5a는 본 교시에 따른 단일-파장 2D 레이저 소스 조명의 일 실시예에 대한 측정 포인트 클라우드(500)를 나타낸다. 측정 포인트(504)의 수직 간격(502) 사이의 거리는 수직 각도 해상도를 결정한다. 포인트 클라우드 상의 포인트의 수평 간격(506)은 포인트 클라우드의 수평 각도 해상도를 결정한다.

[0030] 도 5b는 본 교시의 2-파장 2D 레이저 소스 조명의 일 실시예에 대한 측정 포인트 클라우드(550)를 나타낸다. λ1을 갖는 VCSEL에 대응하는 측정 포인트는 원(552)으로 나타내어지고, λ2를 갖는 VCSEL의 측정 포인트는 삼각형(554)으로 나타내어진다. 합성 포인트 클라우드는 λ1에서 수신된 반사로부터 도출된 포인트 클라우드 및 λ2에서 수신된 반사로부터 도출된 포인트 클라우드를 포함한다.

[0031] 예를 들어, 도 5b에 나타낸 측정 포인트 클라우드(550)는 도 4의 조명기 구성과 함께 도 3에 나타낸 상이한 파장의 VCSEL 방출기의 패턴을 갖는 다중-방출기 레이저 소스를 사용하여 구현될 수 있다. 타겟 평면에서 조명기에 의해 생성된 광 빔으로부터의 광의 일부는 객체의 표면에 의해 반사되고 특정 파장에서 광을 검출할 수 있는 하나 이상의 광 수신기에 입사된다. 결과 측정 포인트 클라우드(550)는 상이한 파장에 있는 상이한 빔 프로파일로부터의 광을 나타내는 포인트를 포함한다.

[0032] 도 3 내지 도 5를 참조하면, 상이한 파장의 VCSEL 바(306, 308)는 수직 방향으로 레이저 소스의 상이한 행(row)을 차지하고, 상이한 행의 개별 VCSEL 디바이스(302)는 수평 방향으로 그 중심 오프셋을 갖는다. 상이한 파장 바에서 방출기로부터의 광 빔은 투사 요소(404)에 의해 투사되어, 광 빔 위치는 수직 방향으로 타겟 평면에서 약간 오프셋된다. 이는 측정 포인트 클라우드에서 오프셋(556)을 유발한다. 투사 요소의 설계와 함께, 인접한 바에서 VCSEL의 중심 위치에서의 오프셋은 각 파장을 나타내는 측정 포인트가 오프셋 수직 라인을 따라 수평으로 인터리빙되게 한다. 주어진 차원에서 측정의 각도 해상도는 해당 차원의 포인트의 오프셋과 직접 관련되며, 이는 타겟 평면에서 해당 차원의 광 빔의 위치와 직접 관련된다.

[0033] 도 5a 및 도 5b 모두를 참조하면, 2-파장 해결책 사용과 연관된 성능 트레이드오프가 분명하다. 도 5에 나타낸 실시예에서, 하나의 파장에서의 광 빔은 실질적으로 중단되지 않고 진행되지만, 제2 파장에서의 광 빔은 제1 파장에서의 광 빔과 일 방향으로 실질적으로 중첩되도록 위치에서 의도적으로 시프트된다. 도 5b의 도면에 표시된 각각의 파장에서 광 빔의 위치에서의 오프셋(556)은 파장 멀티플렉서의 설계에 기초하여 조정될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 도 4의 파장 멀티플렉서(406)는 각각의 파장에서 광 빔의 위치에서 특정 오프셋(556)을 제공하도록 구체적으로 설계된다. 다양한 실시예에서, 투사 요소의 다양한 디바이스는 2개의 파장에서 레이저의 빔을 위치 결정하는 데 사용된다. 이러한 동일한 디바이스 또는 다른 디바이스는 빔 형상뿐만 아니라 타겟 평면에서의 그 위치를 변경할 수 있다.

[0034] 도 5a의 단일 파장 실시예와 비교할 때, 도 5b와 관련하여 설명된 실시예는 각도 해상도를 수직 방향으로 절반으로 하는 것을 희생으로 하여, 이 경우에는 수평 방향인 바람직한 방향으로 각도 해상도를 2배로 한다. 이는 시스템의 전체 물리적 크기를 비교적 일정하게 유지하면서 달성된다. 일부 어플리케이션에서, 예를 들어, 보행자 대신에 시스템이 단지 100 ㎜의 단면을 갖는 기둥 또는 나무를 구별할 필요가 있는 경우, 한 방향으로의 더 미세한 해상도가 바람직하거나 필요할 수 있다. 30 m에서, 0.15 도(degree) 미만의 각도 해상도가 필요할 것이다. 자동차 LIDAR 시스템의 경우, 기둥 및 나무와 같이 인식될 필요가 있는 통상의 객체가 키가 크지만 좁을

수 있으므로, 수직으로 보다 넓은 각도 해상도를 희생으로 하여, 수평 방향으로 매우 작은 각도 해상 해상도를 갖는 것이 매우 요망될 수 있다. 일부 실시예에서, 측정 포인트 클라우드의 각도 해상도는 타겟 평면으로부터 광 투사 요소까지의 미리 정해진 거리에서 0.4 도 미만이다.

[0035] 본 교시의 하나의 특징은 상이한 파장에서 동작하는 단일 요소 방출기 및 다중-요소 방출기 광원이 동일한 표면 상에 위치될 필요가 없다는 것이다. 본 교시의 다른 특징은 표면이 3차원 공간에서 상이한 공간 평면을 따라 배향될 수 있다는 것이다. 예를 들어, 평면은 2개의 직교 평면 상에 있을 수 있다. 일부 실시예에서, 상이한 파장을 갖는 적어도 2개의 그룹의 레이저로 구성된 복수의 면 발광 레이저를 사용한다. 또한, 3차원 공간을 사용하며, 각각의 레이저 그룹은 반드시 직교할 필요는 없는 평면 또는 곡면의 2개 이상의 표면에 배향된다. 이들 실시예에서, 패키징 및 광 정렬 복잡도는 레이저가 공통 표면 상에 공존하는 실시예에 비해 증가하지만, 어떠한 타협도 없이 직교 방향 모두에서 전체 관측-시야에 걸쳐 해상도 각도를 증가시킬 수 있다. 이것은 하나 초과의 파장과 연관된 모든 기능에 대한 완전한 접근뿐만 아니라 더 높은 정밀도 모두를 제공한다. 즉, 동시 동작, 리던던시(redundancy), 보안 및 다중-파장 동작의 다른 특징을 구현할 수 있다.

[0036] 본 교시의 하나의 특징은 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기가 약 100 미터의 범위 요건으로 동작하는 LIDAR에 특히 적합한 컴팩트 LIDAR 모듈을 제공한다는 것이다. 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기의 다른 특징은 고체-상태 광 방출기를 이용할 수 있다는 것이다. 따라서, 본 교시의 LIDAR 송신기는 이동하는 부분을 이용하지 않고 구축될 수 있다. 또한, 동일하거나 상이한 파장에서 방출될 수 있는 다중 레이저가 각각의 레이저와 3D 측정 포인트 클라우드 사이의 일-대-일 매핑을 확립하는 데 사용될 수 있다.

[0037] 도 6은 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기에 사용될 수 있는 알려진 바닥-방출 VCSEL 레이저(600)의 구조의 사시도의 개략도를 나타낸다. VCSEL 레이저(600)의 방출 영역은 통상적으로 mW 전력 동작에 대해 수 마이크론의 직경으로부터 100 mW 및 보다 큰 CW 전력 동작에 대해 100 마이크론의 직경까지의 범위에 있음에 유의한다. 본 교시의 다양한 실시예는 톱-방출 VCSEL, 바닥-방출 VCSEL 및 다양한 유형의 고전력 VCSEL을 포함하여 다양한 알려진 VCSEL 레이저 디바이스를 사용한다. VCSEL은 GaAs 또는 다른 반도체 재료일 수 있는 기판(602) 상에 제조된다. n-형 분산 브래그(Bragg) 반사기(DBR)(604)가 기판 상에 위치된다. 활성 영역(606)이 n-형 DBR(604) 상에 구축되고, 산화물 재료로 이루어질 수 있는 개구(608)가 후속된다. 그 후, p-형 분산 브래그 격자 DBR(610)이 활성 영역(606) 상에서 성장된다. 통상적으로, p-형 DBR은 고반사이고, n-형 DBR은 부분 반사여서, 층 구조의 바닥의 기판-측으로부터의 광 출력(612)을 초래한다. 활성 영역(606), 산화물 개구(608) 및 p-형 DBR(610)은 메사(mesa) 구조(614)로 형성된다. 톱 컨택트(616) 및 바닥 컨택트(618)가 출력 광(612)을 생성하기 위해 활성 영역(606)에 전류를 제공하는 데 사용된다. 산화물 개구(608)는 활성 영역(606)에 전류 제한을 제공한다. 톱 컨택트(616)는 p-형이고, 바닥 컨택트(618)는 n-형이다. 방출 개구(620)가 출력 광(612)이 바닥-방출 VCSEL(600)의 바닥의 기판 측으로부터 나올 수 있도록 하기 위해 바닥 컨택트(618)에 형성된다. 이러한 유형의 VCSEL은 단일 요소일 수 있거나, 또는 복수의 VCSEL이 기판(602) 상의 1-차원 또는 2-차원 어레이로서 제조될 수 있다.

[0038] 도 7은 본 교시의 25개의 개별 레이저 방출기(702)를 갖는 2D 모놀리식 VCSEL 어레이(700)의 일 실시예의 개략도를 나타낸다. 각각의 레이저 방출기(702)는 직경 a의 방출 개구(704)를 갖는다. 각각의 단일 레이저 방출기(702)로부터의 방출은 실질적으로 전체 방출 개구(704)를 충진한다. 따라서, 각각의 레이저 방출기(702)는 방출 개구(704)의 직경과 동일한 직경 a를 갖는 레이저 빔을 생성한다. 레이저 방출기(702)는 수평 방향으로 간격 dx(706)로 균일하게 이격된다. 레이저 방출기(702)는 수직 방향으로 간격 dy(708)로 균일하게 이격된다. 최외측 레이저의 중심으로부터 측정된 어레이의 전체 크기는 수평 방향으로 거리 Dx(710)이고 수직 방향으로 거리 Dy(712)이다. 실제 칩 크기는 거리 Dx(710) 및 거리 Dy(712)보다 약간 더 클 것이다.

[0039] 도 8은 본 교시의 25개의 개별 레이저 방출기(802)를 갖는 2D 모놀리식 VCSEL 어레이(800)의 실시예의 개략도를 나타낸다. 각각의 레이저 방출기(802)는 직경 a의 방출 개구(804)를 갖는다. 각각의 레이저 방출기(802)는 하나로 작용하도록 전기적으로 접속되고 그 결합된 방출이 치수 a의 방출 개구(804) 내에 포함되는 다중 서브-개구(803)로 형성된다. 따라서, 각각의 레이저 방출기(802)는 방출 개구(804)의 직경과 동일한 직경 a를 갖는 레이저 빔을 생성한다. 레이저 방출기(802)는 수평 방향으로 간격(806, dx)을 갖고 균일하게 이격된다. 레이저 방출기(802)는 수직 방향으로 간격(808, dy)을 갖고 균일하게 이격된다. 최외측 레이저의 중심으로부터 측정된 어레이의 전체 크기는 수평 방향으로 거리(810, Dx), 수직 방향으로 거리(812, Dy)이다. 실제 칩 크기는 거리(810, Dx) 및 거리(812, Dy)보다 약간 더 클 것이다. 도 8은 원형인 방출 형상을 갖는 레이저 방출기를 나타낸다. 다양한 실시예에서, 방출기는 다양한 형상을 갖는 빔을 생성할 수 있다. 예를 들어, 타원형, 정사각형, 직사각형 및 다양한 특이한 형상이 구현될 수 있다. 이러한 방출 폭은 특정 방향에서의 형상의 폭이며, 추가로

후술하는 바와 같이, 특정 방향으로의 LIDAR 송신기의 각도 발산을 결정할 것이다.

[0040] 본 교시의 일부 실시예는 도 7에 나타낸 구성과 같이, 레이저 당 단일의 큰 개구를 갖는 VCSEL의 바닥-방출 고-전력 어레이를 이용한다. 본 교시의 다른 실시예는 도 8에 나타낸 바와 같이 서브-개구를 포함하는 큰 개구를 갖는 VCSEL의 톱-방출 고-전력 어레이를 이용한다. 그러나, 본 기술 분야의 통상의 기술자는 본 교시가 이러한 톱- 및 바닥-방출 VCSEL 및 연관된 방출 개구의 구성으로 한정되지 않음을 이해할 것이다.

[0041] 종래 기술의 시스템은 모든 송신 요소에 대해 단일의 공유된 렌즈를 사용하여 각각의 레이저와 특정 측정 포인트 및/또는 투사된 각도 사이의 일-대-일 매핑을 생성한다. 예를 들어, 별개의 각도 간격을 갖는 5개의 개별 투사된 빔을 형성하기 위해 단일 투사 렌즈와 함께 5개의 레이저의 이용을 설명하는 미국 특허 제7,544,945호를 참조한다. 단일 투사 렌즈는 2개의 기능을 제공한다. 제1 기능은 원거리 필드에서 빔의 스폿 크기를 결정하기 위해 레이저 빔을 시준하는 것이다. 스폿 크기는 필요한 범위에서 LIDAR 시스템의 요건에 의해 설정된다. 예를 들어, LIDAR 시스템에 대한 통상적인 요건은 100 m에서의 레이저 스폿이 직경 0.5 m보다 더 작아야 한다는 것이다. 이것은 5 mrad의 전체 각도 발산과 등가이다. 광 렌즈의 제2 기능은 LIDAR 시스템의 범위에서의 원거리 필드에서 2개의 최외측 빔의 위치에 의해 설정되는 투사된 레이저 빔에 대한 전체 관측-시야를 결정하는 것이다. 그 후, 각각의 측정 빔 사이의 각도 해상도는 각각의 방향에서 레이저의 N-1 수로 나눈 전체 관측-시야를 취함으로써 결정된다.

[0042] 종래 기술의 단일 투사 렌즈 LIDAR 시스템의 하나의 불리점은 단일 투사 렌즈 LIDAR 시스템이 레이저 방출기의 방출 개구의 유한 크기를 설명하지 못한다는 것이다. 단일 투사 렌즈를 이용하는 시스템에서, 레이저는 레이저 빔을 시준하기 위해 단일 투사 렌즈의 초점에 배치된다.

[0043] 도 9는 단일 렌즈 LIDAR 송신기 시스템(900)에 의해 투사된 광의 개략도를 나타낸다. 렌즈(902)는 레이저 방출기의 평면(906)에 대해 초점 길이(904, f)에 배치된다. 거리(908, y1)는 방출 폭의 절반, 방출된 레이저 빔의 반경을 나타낸다. 각도(910, Θ1)는 방출된 레이저 빔의 발산이다. 고전 광학으로부터, 광 불변 규칙은 빔 반경과 빔 발산의 곱이 일정할 것임을 알려준다. 따라서, 렌즈 이후의 레이저 빔 반경(912)은 이제 y2이고, 발산(914)은 Θ2이고, 여기서 Θ1 * y1 = Θ2 * y2이다. 그리고 기하학으로부터, 초점 길이(904, f)는 식: y2 = f * Θ1에 의해 y2와 관련이 있음을 안다. 이들 2개의 식을 결합하면, 관계 Θ2 = y1/f를 얻을 수 있다. 이 관계는 시준된 빔의 각도 발산이 단일 렌즈 LIDAR 송신기에서 렌즈의 초점 길이와 직접 관련되어 있음을 나타낸다. 이 관계는 또한 각도 발산이 방출기 크기의 폭과 원형 개구에 대한 연관된 반경에 어떻게 의존하는지를 나타낸다 이 관계는 특정 크기의 방출 레이저 빔에 필요한 렌즈 초점 길이에 대한 최소 크기 제약을 설정한다. 예를 들어, 통상적인 고-전력 VCSEL은 100 마이크론의 유효 방출 직경을 갖는 둥근 형상을 갖는다. 따라서, y1은 50 마이크론과 같다. 100 m LIDAR 시스템에 대해 본원에 설명되는 기준을 충족하려면, 5-mrad 발산(전체 각도) 미만이어야 한다. 그러면 투사 렌즈 시스템의 최소 초점 길이는 20 mm이다.

[0044] 본원에 설명되는 예는 일반적으로 둥근 방출 형상 및 구형 렌즈를 갖는 원형 대칭 시스템을 가정한다. 그러나, 본 교시는 다른 형상 및 지오메트리를 갖는 방출 형상 및 렌즈 형상에 적용된다는 것이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 그 후 설명된 폭과 초점 길이 관계가 특정 방향으로 적용된다. 예를 들어, 원통형 및/또는 구형 렌즈를 포함하는 직사각형 방출기 및/또는 렌즈 시스템이 사용될 수 있다. 선택은 타겟 범위에서 원하는 빔 패턴에 따를 것이다. 예를 들어, 시스템은 수평 및 수직 방향에서 상이한 관측-시야 및 각도 해상도로 구성될 수 있다.

[0045] 상술한 분석에서, 작은 각도 및 얇은 렌즈를 가정하는 고전적인 광학 공식을 사용하였다. 컴팩트 송신기 설계에서 통상적인, 치수 또는 각도가 큰 경우, 고전적인 광학 공식은 예측된 각도 발산 및 획득된 관측-시야의 충분한 정확도를 반드시 제공하지는 않을 것이다. 이 경우, 완전한 3차원 전자기 모델이 바람직하다.

[0046] 도 10은 단일 렌즈 LIDAR 송신기 시스템에서 다중-방출기에 의해 투사된 광의 개략도(1000)를 나타낸다. 단일 투사 렌즈(1002)는 기판(1006) 상의 VCSEL 레이저 방출기(1004)의 어레이로부터 거리를 두고 위치된다. 도 10은 VCSEL 레이저 방출기(1004)를 폭 a의 방출 개구를 갖는 유한 소스로서 완전히 나타내는 어레이형 레이저 송신기 시스템에 의해 투사된 광을 나타낸다. 도 10에서, 최외측 레이저의 중심-대-중심 거리(1008, D)는 각도 관측-시야(1010, β)에 매핑되고, 이는 2개의 최외측 투사된 빔(1012, 1014) 사이의 중심-대-중심 각도 오프셋이다. 레이저가 위치되는 렌즈의 초점면에서의 각각의 수직 위치는 고유한 각도 투영 각으로 매핑된다. 이와 같이, 치수 a의 유한 방출 개구의 소스에 대해, 빔 발산은 근사적으로 a * (β/D)와 동일할 것이다.

[0047] 도 10을 참조하면, VCSEL 어레이에 대한 통상적인 간격 d는 250 마이크론일 것이고, 따라서 최외측 방출기의 중

심-대-중심 거리(1008, D)는 1.25 mm일 것이다. 100 마이크론의 방출 개구 직경 a와 5 mrad의 최대 발산 전체 각도를 가정하면, 렌즈 β의 전체 관측-시야(1010)가 62.5 mrad(3.58 도)보다 클 수 없는 것으로 계산할 수 있다. 렌즈에 의해 3.58 도보다 큰 관측-시야가 생성되면, 레이저 방출 영역의 유한 크기로 인한 레이저 빔의 발산은 5 mrad 전체 각도를 초과할 것이다.

[0048] 도 10의 VCSEL 레이저 방출기의 고유 발산은 근사적으로 2 도이다. 이러한 낮은 발산은 레이저 빔이 어레이 기판(1006)의 평면으로부터 나오고 렌즈를 통해 원거리 필드를 향하여 진행할 때, 교차하여 빔 허리(beam waist)를 형성하는 렌즈의 우측 상의 포인트(1016)를 제외하고는 레이저 빔을 크게 분리되게 유지한다.

[0049] 도 11a 및 도 11b는 보다 통상적인, 더 큰 빔 발산 구성을 나타낸다. 도 11a는 높은 각도 발산 방출기를 갖는 단일 렌즈 LIDAR 시스템에서 다중 방출기에 의해 투사된 광의 확대도의 개략도(1100)를 나타낸다. 도 11b는 원거리 필드를 나타내기 위해 도 11a의 시스템에 의해 투사된 집광도의 개략도(1150)를 나타낸다. 양쪽 도면에서, 방출기 어레이(1102, 1152)는 각각의 렌즈(1104, 1154)를 조명한다. 각각의 방출기(1106, 1156)는 도 10에 나타낸 예와 비교하여 비교적 넓은 발산을 갖는 레이저 빔(1108, 1158)을 생성한다. 렌즈(1104, 1154)는 각각의 방출된 빔(1108, 1158)을 수렴시켜 빔 허리(1110, 1162)를 생성한다. 도 11a 및 도 11b는 레이저 빔이 ~20 도의 보다 통상적인 VCSEL 발산을 찾는 방식을 나타낸다. 이 구성에서, 빔(1108, 1158)은 나타낸 바와 같이 렌즈(1104, 1154)에서 상당히 중첩된다. 그리고, 빔이 완전히 분리되는 위치(1160)는 도 11b에 나타낸 바와 같이, 도 10의 예와 비교하여 렌즈(1154)로부터 훨씬 더 멀다. 어레이의 크기와 함께 VCSEL의 고유 발산이 이러한 단일 렌즈 시스템의 최소 렌즈 개구를 결정하리라는 것을 알 수 있다. 발산이 클수록 어레이의 크기가 더 커지고, VCSEL 어레이에 의해 방출된 레이저 빔을 자르는 데 필요한 최소 개구가 더 커진다.

[0050] 따라서, LIDAR 송신기의 경우, VCSEL 어레이의 개구 및/또는 서브-개구에 의해 방출된 일련의 레이저 빔을 포함하는 원거리 필드의 타겟 범위에서의 송신 빔에서 발산의 2개의 주요 원인이 있다. 최종 빔 발산의 하나의 소스는 레이저 방출 영역의 크기 및 렌즈 시스템의 초점 길이의 함수이다. 최종 빔 발산의 제2 소스는 레이저 방출 크기 및 렌즈의 투사된 관측-시야의 함수이다. 본 교시의 하나의 특징은 상이한 렌즈 시스템이 동일한 초점 길이를 갖지만 상이한 투사된 관측-시야를 갖도록 설계될 수 있다는 인식이다.

[0051] 본 교시에 따른 광 검출 및 거리 측정 방법은 다중 파장 광 빔일 수 있는 복수의 광 빔을 생성하는 단계를 포함한다. 제1 렌즈는 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 거리를 두고 복수의 광 빔의 광 경로에 위치된다. 제1 렌즈는 복수의 광 빔을 빔 허리를 갖는 수렴된 광 빔으로 수렴시킨다. 제2 렌즈는 수렴된 광 빔을 타겟 범위로 투사하도록 수렴된 광 빔의 광 경로에 위치된다. 제2 렌즈의 위치는 타겟 범위에서 LIDAR 송신기의 각도 해상도를 감소시키도록 추가로 선택될 수 있다. 또한 일부 방법에서, 제2 렌즈의 개구의 크기는 수렴된 광 빔의 빔 허리의 크기와 동등하도록 선택된다. 제2 렌즈의 위치 및 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 타겟 범위에서 LIDAR 송신기의 원하는 관측-시야를 제공하도록 선택된다.

[0052] 도 12는 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기(1200)에서 광을 투사하는 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략도를 나타낸다. 제1 렌즈(1202)는 복수의 개별 레이저 방출기(1206)를 포함하는 VCSEL 레이저 어레이(1204)에 매우 가까이 근접하게 배치된다. 제1 렌즈(1202)는 제1 렌즈의 초점 길이와 동등한 거리보다 방출기에 더 가깝게 배치될 수 있다. 도면은 개별 레이저 방출기(1206)에 의해 방출되는 레이저 빔(1202, 1210)을 나타낸다. 중심 레이저 빔(1208) 및 외측 레이저 빔(1210)만이 나타내어져 있다. 그러나, 어레이의 모든 레이저 방출기(1206)는 원하는 대로 레이저 빔을 생성할 수 있다.

[0053] 제2 렌즈(1212)는 제1 렌즈(1202) 뒤에 위치되고 개별 송신기로부터의 레이저 빔이 명목상 분리되는 원거리 위치(1214)로 레이저 빔(1208, 1210)을 투사한다. 제1 렌즈(1202)는 제2 렌즈(1212)에서 레이저 빔(1208, 1210)의 원하는 수렴을 생성하는 어레이로부터 특정 거리(1216)에 배치된다. 제2 렌즈(1212)는 제1 렌즈(1202)로부터 특정 거리(1218)에 배치되어 원하는 원거리 필드 위치(1214), 타겟 범위에서 원하는 관측-시야를 생성한다.

[0054] 도 12에 나타낸 바와 같이, 제1 렌즈(1202)는 빔을 수렴시키도록 작용하여 레이저 빔(1210)을 최외측 VCSEL 방출기(1220)로부터 내측으로 향하게 하며, 이는 단일 렌즈 시스템과 비교하여 제2 렌즈(1212)에 대해 더 작은 최소 렌즈 개구를 생성한다. 이는 제2 렌즈(1212)의 최소 렌즈 개구가 시스템에서 가장 큰 렌즈의 크기를 결정하기 때문에 물리적 송신기의 크기가 더 작을 수 있음을 의미한다. 이 예에서, 수렴시키는 제1 렌즈(1202)에 의해 생성된 빔 허리는 제2 렌즈(1212)의 위치에 형성되고, 제2 렌즈의 개구는 빔 허리의 크기와 동등하다. 방출기에 의해 생성된 각각의 빔은 제2 렌즈의 개구를 충진시킨다.

[0055] 동일한 초점 길이를 갖는 단일 렌즈 시스템과 비교할 때, 이러한 2-렌즈 구성은 출력 빔의 요구되는 낮은 발산을 유지하면서 성능을 상당히 개선시켰다. 이러한 2-렌즈 구성은 또한 LIDAR 송신기의 크기를 유리하게 최소화시킨다. 또한, 렌즈 시스템의 전체 초점 길이를 변경하지 않고도 2-렌즈 시스템의 투사 각도가 변경될 수 있다. 이러한 2-렌즈 시스템에서 렌즈 표면의 곡률은 초점 길이를 유지하면서 다른 관측-시야를 가능하게 하는 추가적인 자유도를 제공하도록 조정될 수 있다. 이러한 추가적인 자유도는 또한 송신기의 전체적인 컴팩트 크기를 유지하면서 필요에 따라 개별 방출된 레이저 빔의 발산을 최소화하도록 관측-시야의 조정을 허용한다.

[0056] 본원에 설명되는 바와 같이, 개별 레이저 방출기의 송신된 레이저 빔의 발산은 렌즈 시스템의 결과적인 관측-시야를 결정하는 데 중요한 요인이다. 최대 발산에 기초하여 최대 관측-시야가 일단 결정되면, 시스템의 각도 해상도는 어레이의 개별 레이저 사이의 간격에 의해 결정되며, 이는 개별 방출 폭보다 작을 수 없다.

[0057] 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기는 특정 센서 어플리케이션의 요구를 해결하는 데 필요한 특정 관측-시야 및 각도 해상도를 구현하는 다양한 설계로 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 자동차 어플리케이션은 5 밀리라디안 반각인 최대 발산을 필요로 한다. 관측-시야, 발산 및 개구 크기는 모두 관련된다. 또한, 방출기 방출 폭, 방출기 피치 및 어레이 크기가 중요하다. 하나의 특정 실시예에서, 방출 폭이 125 마이크론이고 레이저 피치가 250 마이크론이고 최대 반각 발산이 5 mrad인 16 x 16-요소 2차원 어레이가, 제1 렌즈가 어레이로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 위치에 배치되는 2 렌즈 시스템을 사용하여 18.3 도의 관측-시야에 대해 구성된다. 본 교시를 사용하는, 예를 들어 더 작은 방출 폭을 사용하는 더 큰 관측-시야가 가능하다.

[0058] 각도 해상도는 관측-시야를 어레이 크기로 나누어 결정된다. 가능한 가장 작은 방출-폭 방출기를 사용하는 것은 어레이에 더 많은 요소가 있으므로 가능한 가장 작은 각도 해상도를 의미한다. 1차원으로 16-인치 요소 어레이, 50 마이크론의 방출 폭, 250 마이크론의 레이저 피치 및 5 mrad의 최대 반각 발산을 갖는 하나의 특정 실시예가 45.8 도의 관측-시야에 대해 구성된다. 이 구성의 각도 해상도는 2.8 도이다. 예를 들어, 더 작은 피치를 갖는 더 많은 어레이 요소를 사용하여 더 작은 해상도가 가능하다.

[0059] 다양한 실시예에서, 관측-시야 및 각도 해상도는 예를 들어, 일부 시스템에서 상이한 방향으로 다를 수 있으며, 수평 관측-시야 및 각도 해상도는 수직 관측-시야 및 각도 해상도와 다르다.

[0060] 본 교시의 하나의 특징은 2-렌즈 투사 시스템의 컴팩트 크기 및 다른 설계 특징이 다중 송신기 어레이가 단일 송신기 시스템으로 결합될 수 있게 한다는 것이다. 도 13은 본 교시에 따른 다중 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)를 이용하여 작은 각도 발산 LIDAR 송신기(1300)에서 광을 투사하는 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략도를 나타낸다. 도 13에서, 몇몇 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)가 결합된 더 넓은 관측-시야(1308)를 커버하는 데 사용된다. 개별 VCSEL 방출기는 각각 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)를 사용하고 3차원 공간(x, y, z)에서 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)의 배치는 원거리 필드에서의 전체 균일 패턴 또는 원하는 중첩 또는 갭을 갖는 패턴과 같은 원하는 패턴으로 빔이 결합될 수 있게 한다.

[0061] 예를 들어, 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)의 위치는 타겟 범위에서의 빔의 패턴이 제1 송신기 어레이(1302)로부터의 빔 및 제2 송신기 어레이(1304)로부터의 빔이 타겟 평면에서 갭을 형성하게 배열되도록 선택될 수 있다. 대안적으로, 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)의 위치는 타겟 범위에서의 빔의 패턴이 제1 송신기 어레이(1302)로부터의 빔 및 제2 송신기 어레이(1304)로부터의 빔이 타겟 평면에서 중첩되게 배열되도록 선택될 수 있다. 또한, 송신기 어레이(1302, 1304, 1306)의 위치는 타겟 범위에서의 빔의 패턴이 제1 송신기 어레이(1302)로부터의 빔 및 제2 송신기 어레이(1304)로부터의 빔이 타겟 평면에서 광의 균일한 패턴을 형성하게 배열되도록 선택될 수 있다. 송신기 어레이의 상대 위치, 및 송신기 어레이로부터 나오는 다중 빔을 수렴하여 투사하는 연관된 광학 렌즈가 다양한 패턴이 타겟 평면에서 투사될 수 있게 한다는 것이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다.

[0062] 일부 실시예에서, 다중 송신기 어레이가 타겟 범위에서 레이저 빔의 원하는 패턴을 생성하기 위해 6개의 모든 차원을 사용하여 개별 송신기의 위치(x, y, z) 및 포인팅 각도를 물리적으로 조정함으로써 더 넓거나 더 좁은 관측-시야를 커버하는 데 사용된다. 타겟 범위에서의 다양한 패턴의 레이저 빔은 LIDAR 시스템에서 이용될 때 연관된 원하는 측정 포인트 클라우드를 생성한다.

[0063] 일 실시예에서, 빔이 타겟 범위에서 실질적으로 중첩되도록 적어도 2개의 송신기 어레이가 위치된다. 이 실시예에서, 2-송신기 시스템의 관측-시야는 각각의 송신기 어레이 및 렌즈 시스템의 관측-시야와 동일하다. 2개 초과의 어레이를 가진 시스템이 타겟 범위에서 실질적으로 완전히 중첩하는 패턴으로 또한 구성될 수 있다. 이러한 배열은 개선된 각도 해상도로 이어진다. 다중 방출기 어레이를 사용하는 본 교시의 실시예는 최신 방출기

어레이 기술을 사용하여 0.25 도 미만의 각도 해상도를 달성할 수 있다.

[0064] 본 교시의 하나의 특징은 다중 송신기 어레이가 단일 기판 상에 배치될 수 있다는 것이다. 각각의 송신기 어레이는 상이한 형상 및 간격을 가질 수 있고, 각각의 송신기 어레이 사이의 간격이 또한 기판 상에서 변화될 수 있다. 도 14a는 본 교시의 단일 기판 상의 다중 송신기 어레이를 이용하는 작은 각도 발산 LIDAR 송신기에서 광을 투사하는 렌즈 시스템의 일 실시예의 확대도의 개략도를 나타낸다.

[0065] 도 14b는 도 14a의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기에서 광을 투사하는 렌즈 시스템의 실시예의 집광도의 개략도를 나타낸다. 다중 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)는 공통 기판(1410) 상에 위치된다. 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)는 연관된 제1 렌즈(1412, 1414, 1416, 1418) 및 제2 렌즈(1422, 1424, 1426, 1428)를 갖는다. 명확성을 위해, 도 14a 및 도 14b는 각각의 VCSEL 방출기에 의해 방출된 전체 발산 레이저 빔을 나타내지 않으며, 대신에 본 교시의 개념을 나타내기 위해 3개의 VCSEL 방출기의 중심으로부터의 단일 광선이 나타내어져 있다. 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)에 대해, 톱 외부 방출기로부터의 단일 광선(1432, 1434, 1436, 1438)이 나타내어져 있다. 또한, 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)에 대해, 바닥 외부 방출기로부터의 단일 광선기(1442, 1444, 1446, 1448)이 나타내어져 있다. 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)에 대해, 중심의 외부 방출기로부터의 단일 광선(1452, 1454, 1456, 1468)이 나타내어져 있다. 도 14a 및 도 14b의 실시예는 각도 해상도를 증가시키기 위해 다중 어레이 송신기(1402, 1404, 1406)를 사용한다. 기판 상에 단일 VCSEL 어레이를 사용하는 단일 송신기 어레이의 경우, 각도 해상도는 어레이의 관측-시야 및 개별 레이저 방출기의 수에 의해 설정된다. 더 조밀한 각도 해상도가 요구되는 경우, 원하는 범위에서 원거리 필드에서의 출력 빔을 중첩되게 하여 다중 송신기가 결합될 수 있다.

[0066] 도 14a는 4개의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)가 공통 기판(1410)에 부착되는 것을 나타낸다. 공통 기판이 필요하지는 않지만, 조립-용이성 관점에서 바람직할 수 있다. 반도체 재료 또는 세라믹 재료로 형성된 것을 포함하여 다양한 알려진 공통 기판이 사용될 수 있다. 공통 기판은 인쇄 회로 보드(PCB: printed circuit board)일 수 있다. 일부 실시예에서, 송신기 어레이 중 일부는 하나의 공통 기판, 예를 들어, 단일 반도체 또는 세라믹 캐리어 기판을 공유한다. 다른 실시예에서, 송신기 어레이는 상이한 공통 기판 상에 있고, 어레이를 갖는 이들 2개의 공통 기판은 제3 공통 기판, 예를 들어, PC 보드 상에 배치된다.

[0067] 4개의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408) 각각은 나타낸 바와 같이, 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)에 대응하는 제1 렌즈(1412, 1414, 1416, 1418) 및 제2 렌즈(1422, 1424, 1426, 1428)를 포함하는 자체 대응 렌즈 시스템을 갖는다. 4개의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)로부터 나오는 레이저 빔은 대응하는 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)의 위치에 대해, 제1 렌즈(1412, 1414, 1416, 1418) 및 제2 렌즈(1422, 1424, 1426, 1428)를 포함하는 4개의 렌즈 시스템 각각의 위치를 조정함으로써 중첩 및 결합된다. 각각의 송신기에서 제2 렌즈(1422, 1424, 1426, 1428)의 위치는 각각의 대응하는 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)의 중심으로부터 P1, P2, P3 및 P4의 상이한 방사 오프셋(1452, 1454, 1456, 1458)에서 나타내어져 있다. 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)에 대한 제1 렌즈(1412, 1414, 1416, 1418)는 연관된 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)의 중심으로부터 방사상으로 또한 오프셋될 수 있다. 이들 오프셋은 각각의 송신기 어레이(1402, 1404, 1406, 1408)가 타겟 범위에서 원하는 빔 패턴을 달성할 수 있게 할 것이다. 정확한 방사 오프셋 값은 범위에서 LIDAR 시스템에 필요한 특정 각도 필드 패턴을 생성하기 위해 필요에 따라 선택된다. 이들 방사 오프셋 값은 통상적으로 동일하지 않지만, 특정 실시예에서는 동일할 수 있다.

[0068] 본 교시의 하나의 특징은 개별 VCSEL 어레이 사이의 횡방향 오프셋이 타겟 범위에서 결합된 빔 패턴을 결정하는 데 중요하지 않다는 것이다. 도 14a는 S1, S2 및 S3의 값을 갖는 횡방향 오프셋(1460, 1462, 1464)을 나타낸다. 100 m의 통상적인 범위를 갖는 LIDAR 시스템에 대한 S1, S2 및 S3의 정확한 값은 오프셋이 거리에 따라 확대되지 않기 때문에 중요하지 않다. 많은 실시예에서, 단지 몇 미터 후에, 도면에서 횡방향 오프셋(1460, 1462, 1464)으로 표시되는 어레이 사이의 초기 오프셋은 각각의 어레이에 대한 렌즈 시스템에 의해 설정된 투사 각도의 차이로 인해 오프셋과 비교하여 더 이상 중요하지 않다. 도 14b의 집광도는 빔이 원거리 필드에서 어떻게 결합되는지의 표시를 나타낸다.

[0069] 어레이의 횡방향 오프셋에 대한 본 교시의 렌즈 시스템에 대한 투사된 필드 패턴의 상대적인 독립성이 도 15에 나타내어진 구성에 의해 나타내어진다. 도 15는 송신기 어레이 사이의 분리의 상대적 독립성을 나타내기 위해 본 교시의 작은 각도 발산 LIDAR 송신기의 실시예의 스케일링된 집광 및 확대도의 개략도를 나타낸다. 도 15는 결합되는 레이저 빔의 스케일 예를 나타낸다. 확대도 및 집광도가 나타내어져 있다. 일 구성에서, 초기의 횡방향 오프셋은 확대도(1502) 및 집광도(1504)에서 10 mm와 동일하다. 다른 구성(1506)에서, 초기 횡방향 오프

셋은 확대도(1506) 및 집광도(1508)에서 20 mm와 동일하다.

[0070] 하나의 특정 실시예에서, 각각의 VCSEL 어레이에 대한 레이저 빔은 2-도 오프셋되고, 최종 빔 패턴의 레이저 빔이 원거리 필드에서 1 도만큼 균일하게 오프셋되도록 송신기 사이에 1-도 오프셋이 존재한다. ~5 m에서 원거리 필드 패턴에 실질적인 차이가 없음을 알 수 있다.

[0071] 본 교시의 하나의 특징은 렌즈 시스템이 원거리 필드에서 빔의 발산 및 스텝 크기 또는 위치 모두를 제어할 수 있다는 것이다. 알려진 LIDAR 투사 시스템은 통상적으로 스텝 크기만 제어하며, 원거리 필드에서 빔의 발산과 스텝 크기 또는 위치 모두를 독립적으로 제어할 수 있는 능력을 갖지 않는다. 또한, 본 교시의 LIDAR 시스템은 추가 광 요소를 사용함으로써 원거리 필드 패턴의 추가 빔 제어를 도입할 수 있다. 특히, 제1 렌즈를 송신기 어레이에 가까이 근접하게 위치시킴으로써, 본 교시의 렌즈 시스템은 광 시스템의 초점에 독립적인 상이한 스텝 크기를 제공한다.

[0072] 본 교시의 LIDAR 시스템의 하나의 특징은 타겟 범위에서 원거리 필드에서 생성된 레이저 빔 패턴 및 LIDAR 시스템의 연관된 측정 포인트 클라우드에 대한 제어를 제공하기 위해 파장을 사용하는 능력이다. 도 16은 본 교시의 다중 송신기 어레이를 사용하는 다중-파장 LIDAR 시스템에 대한 조명기(1600)의 일 실시예를 나타낸다. 이 실시예에서, 상이한 파장, VCSEL λ1(1602) 및 VCSEL λ2(1604)를 갖는 적어도 2개의 그룹의 레이저를 포함하는 복수의 면 방출 레이저 어레이가 사용된다.

[0073] 본 교시의 LIDAR 시스템의 다른 특징은 3-차원 공간의 사용이다. VCSEL λ1(1602) 및 VCSEL λ2(1604)는 서로 직교하는 2개의 표면으로 배향된다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 VCSEL(1602, 1604)의 각도를 포함하는 다양한 3-차원(X, Y 및 Z) 자유도 및/또는 6-차원 자유도(X, Y, Z, 피치, 요(yaw) 및 롤(roll))가 본 교시의 LIDAR 시스템에서 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 빔은 제2 파장을 반사하면서 하나의 파장을 통과시키는 파장 멀티플렉서(1806)를 사용하여 결합된다.

[0074] 파장 멀티플렉서(1606)는 예를 들어, 제2 파장이 45 도에서 편향되면서 제1 파장이 편향되지 않고 통과될 수 있게 하는 박막 필터를 사용하여 구현될 수 있으며, 출력 빔이 결합된다. 간략화를 위해, 2개의 동일한 삼각형 단면의 프리즘에 의해 형성된 큐브 형상의 멀티플렉서(1606)를 나타내었으며, 여기서 파장을 반사하거나 통과시키는 박막 필터는 2개의 삼각 프리즘이 접촉하는 큐브의 중심 평면에 위치된다.

[0075] VCSEL λ1(1602) 및 VCSEL λ2(1604)의 2개의 기판의 위치는 2개의 빔의 원하는 중첩 또는 인터리빙을 생성하기 위해 파장 멀티플렉서(1606)에 대해 횡방향으로 시프트될 수 있다. 도 17은 도 16의 조명기 실시예로 생성될 수 있는 측정 포인트 클라우드(1700)를 나타낸다. 상이한 파장을 갖는 레이저 방출기의 사용은 본원에 나타내어진 구성에 한정되지 않는다는 것이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 상이한 파장이 각각의 어레이와 연관될 수 있거나, 상이한 파장이 다양한 패턴으로 단일 어레이로부터 방출될 수 있다. 또한, 어레이는 각각의 어레이에 대해 상이한 방출 각도를 포함하는 다양한 3D 공간 패턴으로 구성될 수 있다.

[0076] 본 교시의 하나의 특징은 광 투사 시스템이 방출기 어레이를 형성하는 VCSEL 레이저의 유한 방출 영역을 설명한다는 것이다. 알려진 LIDAR 투사 광학계는 레이저 소스를 포인트 소스로서 모델링한다. 본 교시의 LIDAR 시스템의 일부 실시예에서, 어레이 내의 각각의 인접한 VCSEL은 각각의 레이저의 방출 영역의 개별 직경보다 큰 분리 피치를 갖는다. VCSEL 레이저의 어레이는 모두 자유 공간에서 VCSEL 레이저 어레이의 투사된 결합 직경보다 작은 클리어 개구를 갖는 공통 광 렌즈 시스템을 공유한다. 이는 적어도 최외측 빔을 수렴시키는 제1 렌즈에 의해 달성된다. 일부 실시예에서, 수렴 렌즈인 제1 렌즈는 제1 렌즈의 초점 길이보다 짧은 거리에서 VCSEL 어레이에 인접하게 위치된다. 렌즈 시스템의 최대 각도 관측-시야는 레이저의 방출 폭, 레이저 빔의 발산을 정의하는 광 시스템 및 어레이에서 레이저의 분리 피치에 의해 정의된다.

[0077] 일부 실시예에서, 다중 송신기 어레이는 자유 공간에서 중첩되어 동일한 VCSEL 어레이 차원을 갖는 단일 송신기로 생성될 수 있는 것보다 더 조밀한 각도 해상도를 생성한다. 각각의 송신기 어레이는 연관된 제1 렌즈를 갖는다. 각각의 개별 송신기 어레이의 제1 렌즈는 상이한 각도 패턴을 생성하기 위해 방사상으로 오프셋된다. 각각의 렌즈 시스템의 방사 오프셋이 동일할 필요는 없다. 송신기 어레이는 공통 기판 상에 위치되고, 다양한 송신기 어레이 사이의 거리가 동일할 필요는 없다. 다중 송신기를 갖는 실시예에서, 송신기 어레이 및/또는 각각의 송신기 어레이를 포함하는 개별 VCSEL의 파장은 동일하거나 상이할 수 있다. 상이한 파장을 사용하는 본 교시의 LIDAR 시스템의 실시예에서, 파장 감지 요소가 그 파장에 기초하여 원거리 필드에서 빔을 추가로 수렴 또는 발산시키는 데 사용될 수 있다.

[0078] 본 교시에 따른 광 검출 및 거리 측정의 방법은 다중 파장 광 빔일 수 있는 제1 복수의 광 빔을 생성하는 제1

복수의 광 방출기를 포함하는 제1 송신기 어레이를 제공하는 단계를 포함한다. 제1 렌즈는 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 제1 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되어, 제1 렌즈가 제1 복수의 광 빔을 수렴시켜 빔 허리를 갖는 제1 수렴된 광 빔을 형성한다. 제2 렌즈는 제1 수렴된 광 빔의 광 경로에 위치되어, 제1 수렴된 광 빔을 타겟 범위로 투사한다. 제2 렌즈의 위치 및 제1 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 타겟 범위에서 투사된 제1 수렴된 광 빔의 원하는 관측-시야를 제공하도록 선택된다.

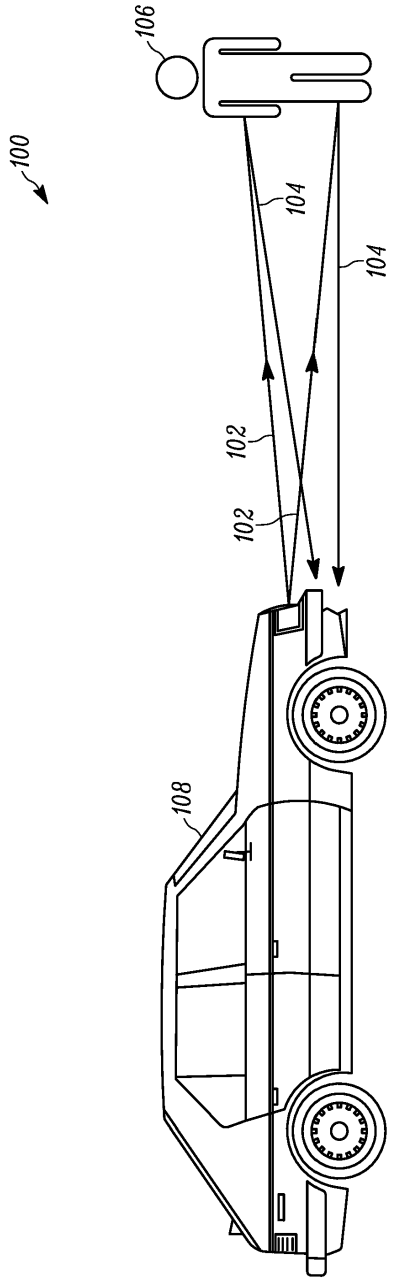
[0079] 본 방법은 또한 다중 파장 광 빔일 수 있는 제2 복수의 광 빔을 생성하는 제2 복수의 광 방출기를 포함하는 제2 송신기 어레이를 제공하는 단계를 포함한다. 제3 렌즈는 제2 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제3 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 제2 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되어, 제3 렌즈가 제2 복수의 광 빔을 수렴시켜 빔 허리를 갖는 제2 수렴된 광 빔을 형성한다. 제4 렌즈는 제2 수렴된 광 빔의 광 경로에 위치되어, 제4 렌즈가 제2 수렴된 광 빔을 타겟 범위로 투사한다. 제4 렌즈의 위치 및 제2 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 타겟 범위에서 투사된 제2 수렴된 광 빔의 원하는 관측-시야를 제공하도록 선택된다. 제1 송신기 어레이의 위치 및 제2 송신기 어레이의 위치는 타겟 범위에서 LIDAR 송신기의 원하는 관측-시야를 제공하도록 선택된다.

[0080] 등가물

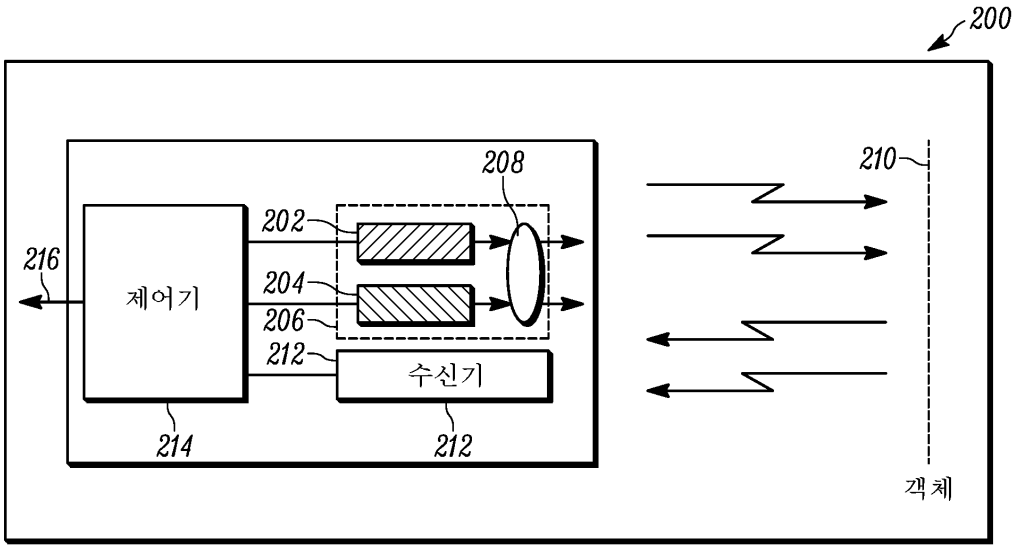
[0081] 출원인의 교시가 다양한 실시예와 관련하여 설명되었지만, 출원인의 교시가 이러한 실시예로 한정되는 것으로 의도되지 않는다. 반대로, 출원인의 교시는 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 본 교시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고도 본원에서 이루어질 수 있는 다양한 대안, 수정 및 등가물을 포함한다.

도면

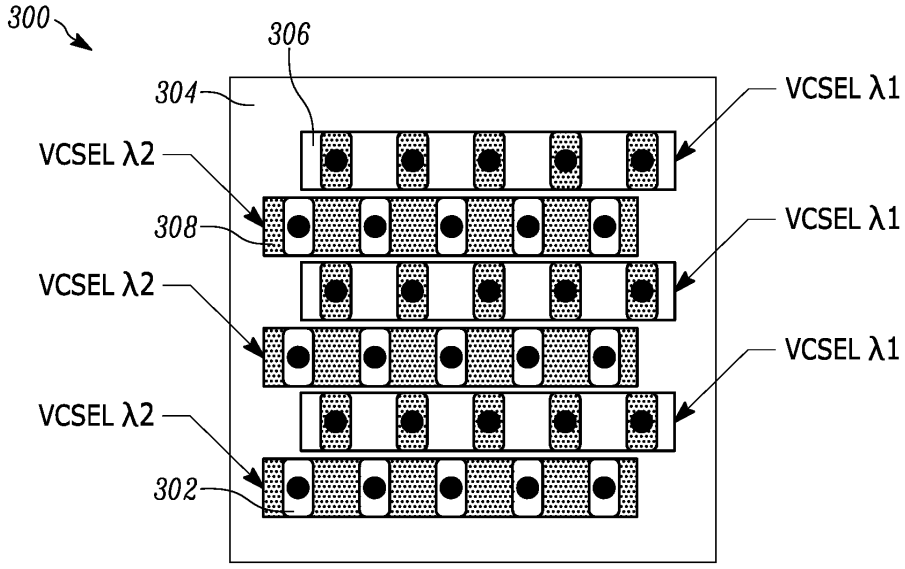
도면1



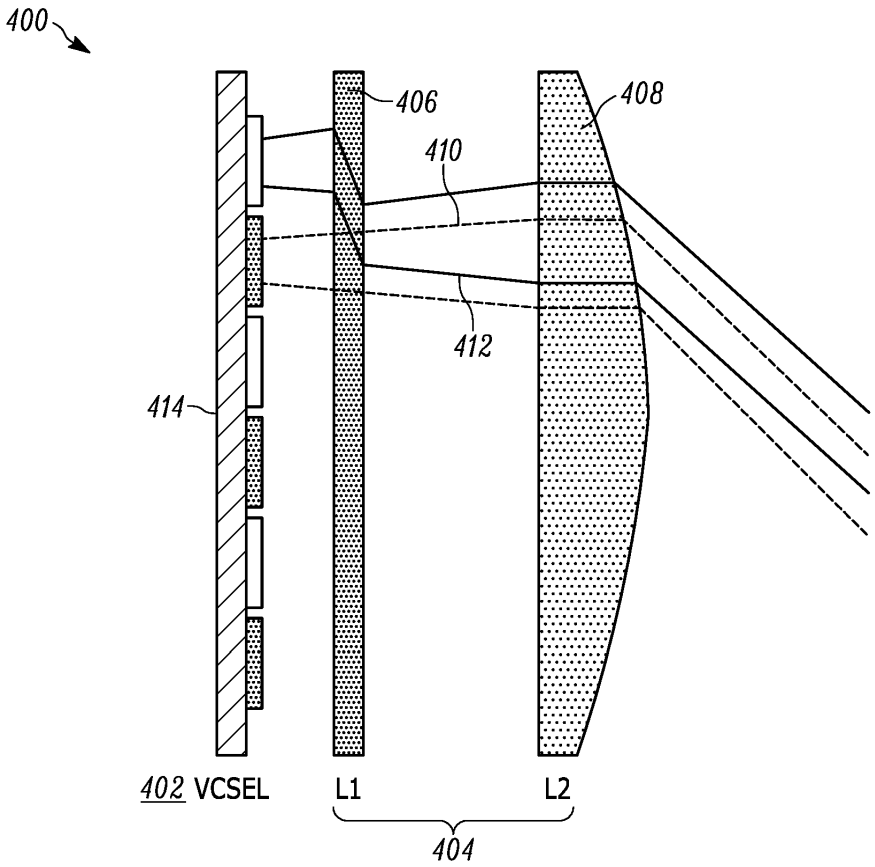
도면2


200
208
210
202
216
제어기
204
206
212
수신기
214
212
객체

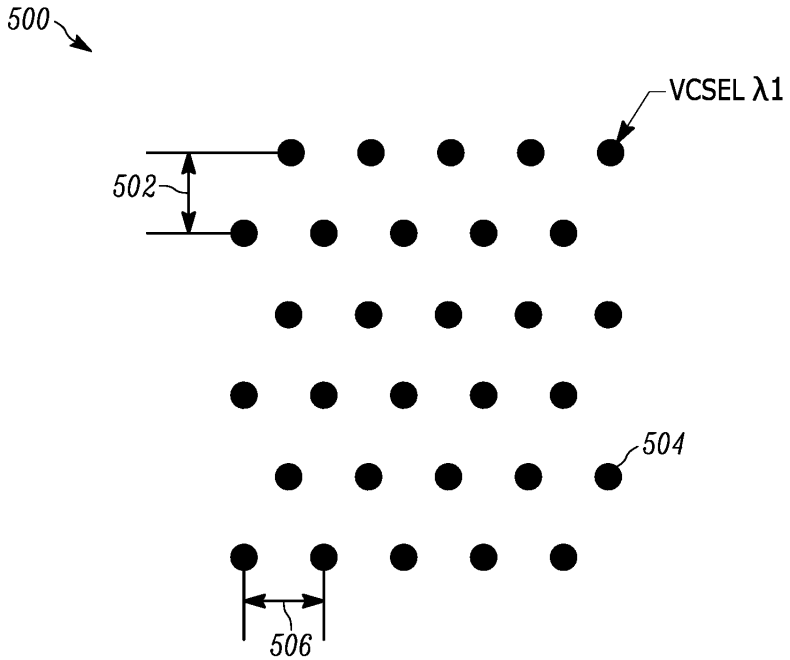
도면3


300
306
304
VCSEL λ1
VCSEL λ2
VCSEL λ1
308
VCSEL λ2
VCSEL λ1
VCSEL λ2
302

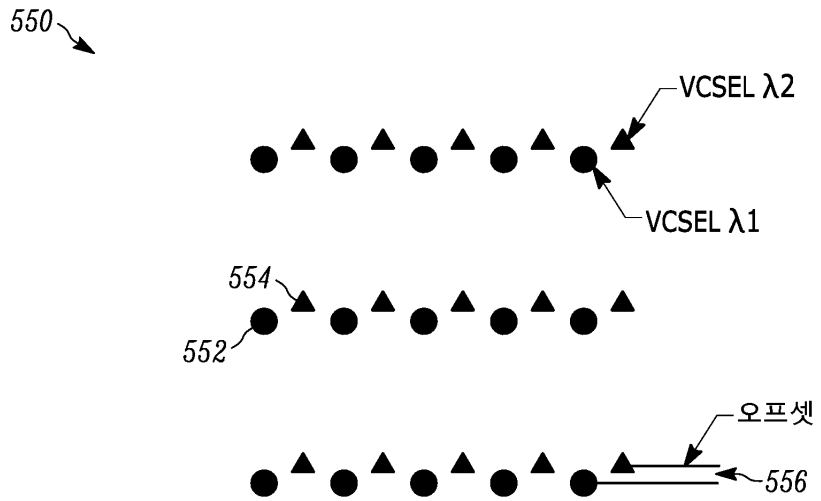
도면4


400
406
408
410
412
414
402 VCSEL
L1
L2
404

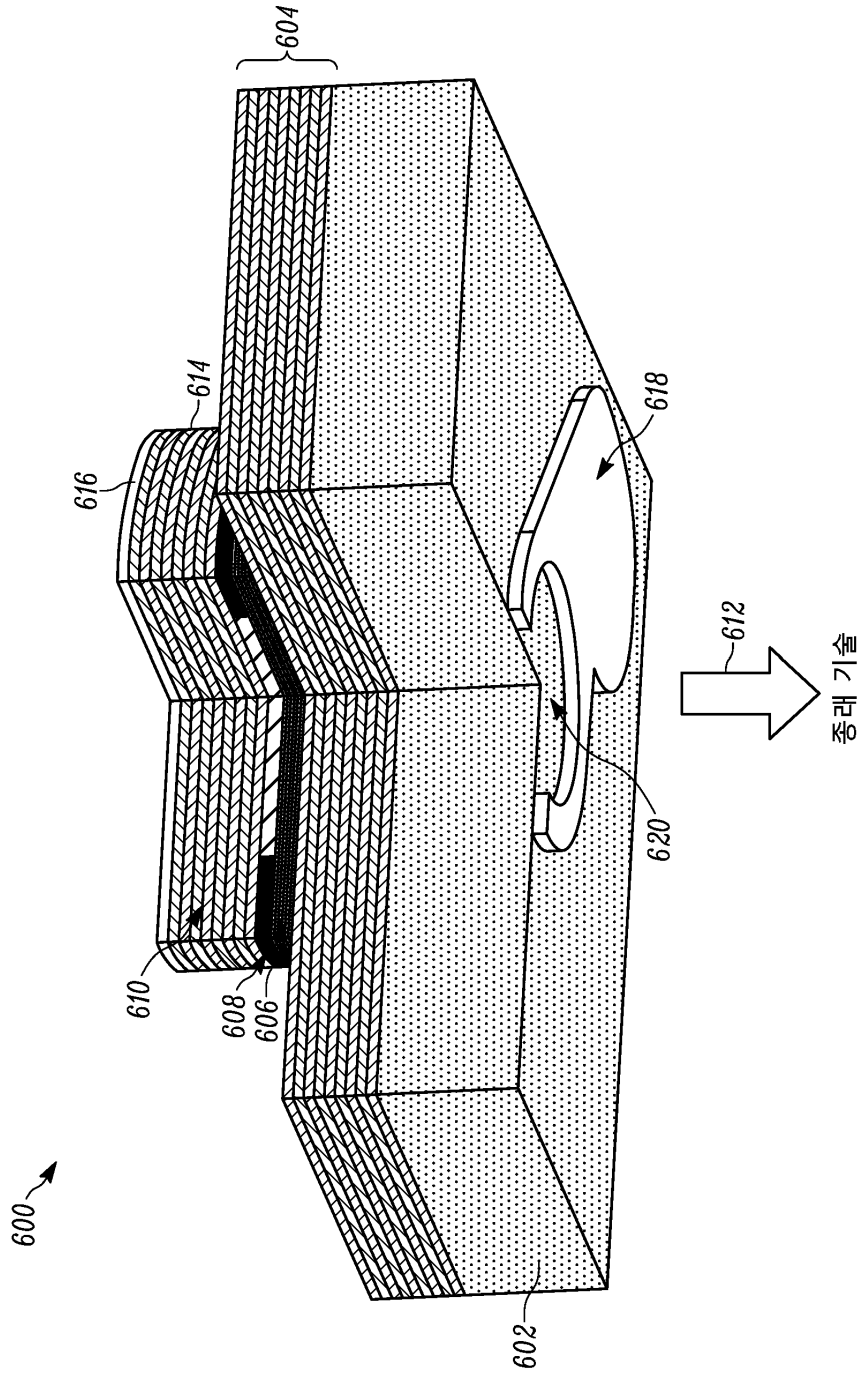
도면5a


500
VCSEL λ1
502
504
506

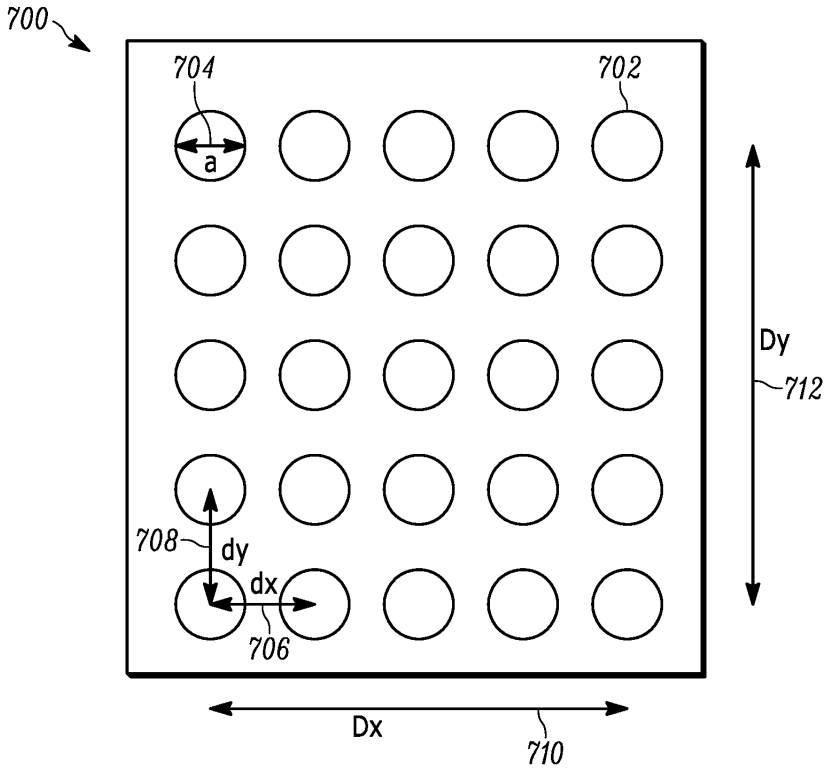
도면5b



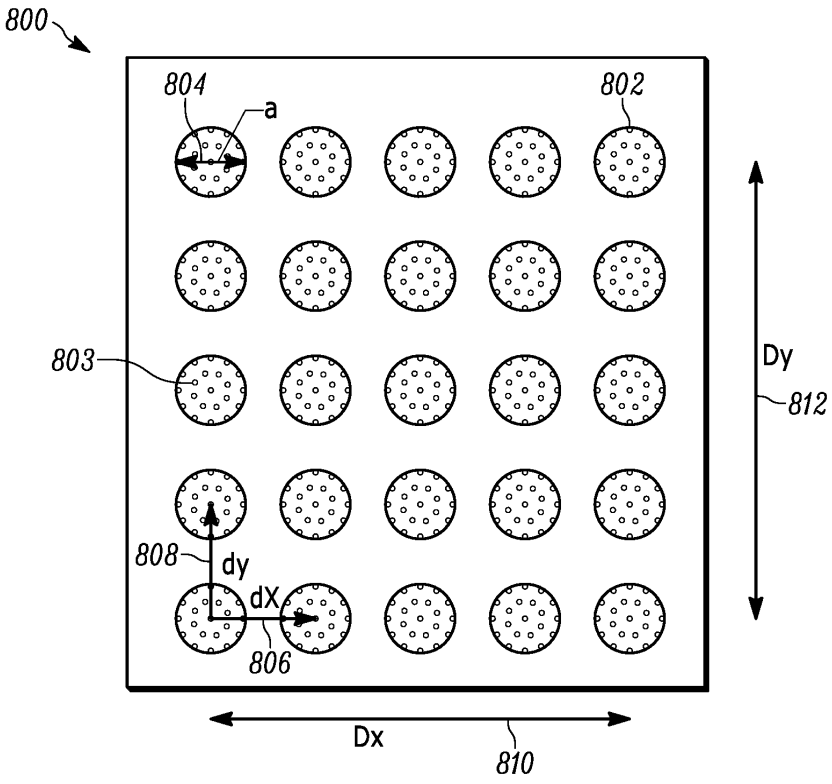
도면6



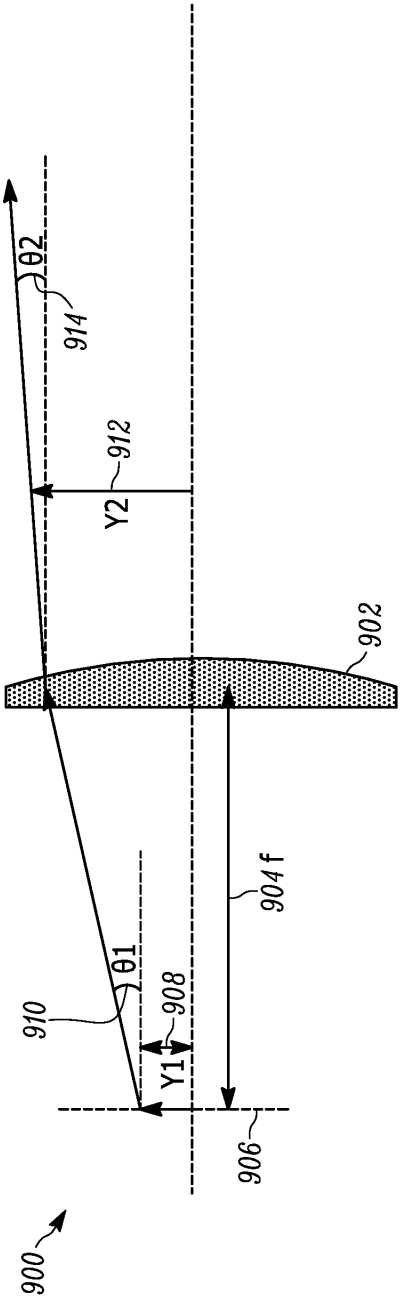
도면7


700
704
a
702
Dy
712
708
dy
dx
706
Dx
710

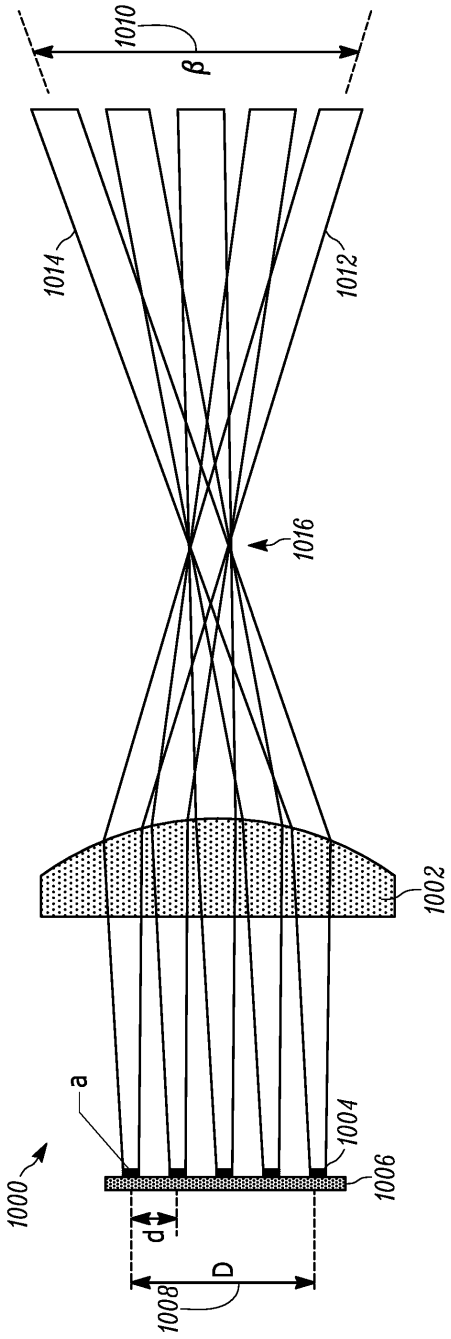
도면8


800
804
a
802
803
Dy
812
808
dy
dX
806
Dx
810

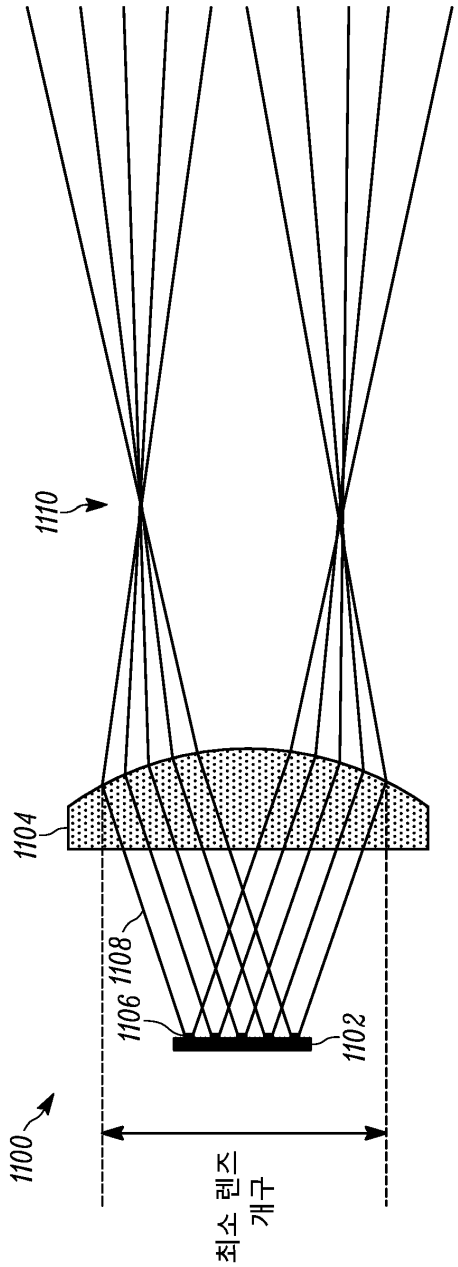
도면9



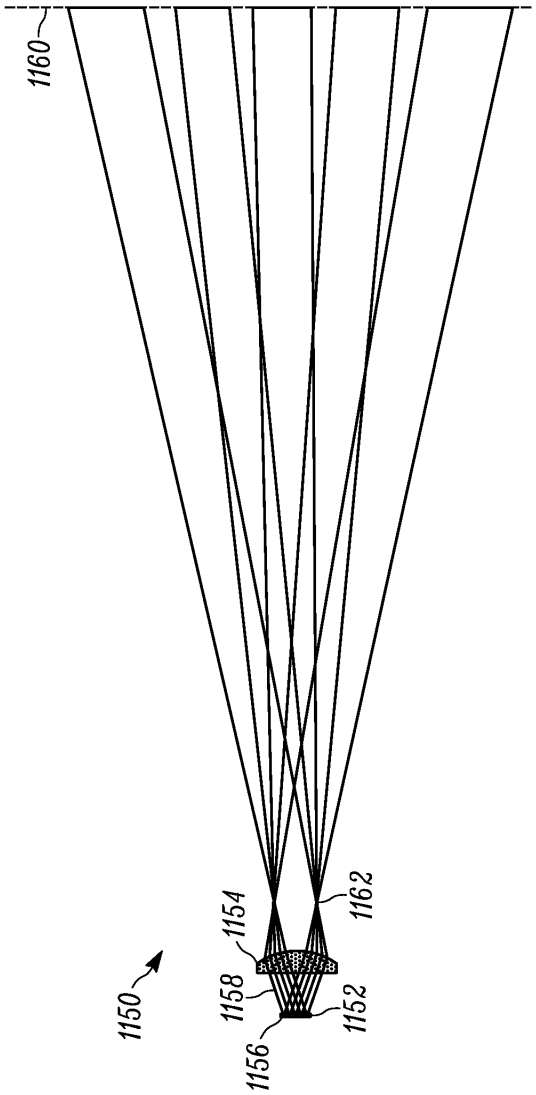
도면10



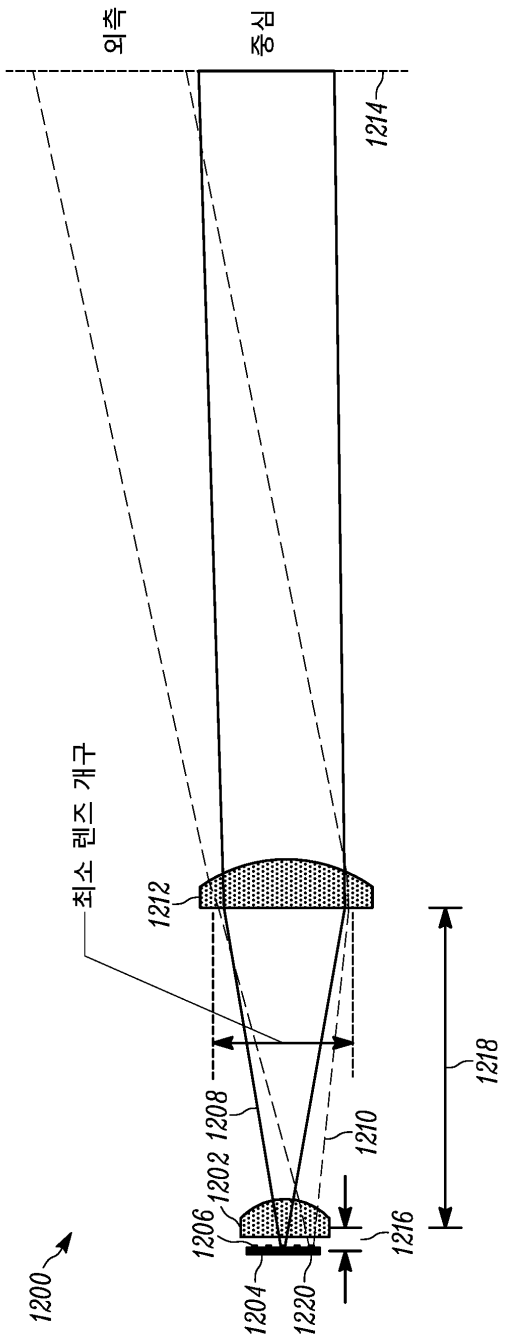
도면11a



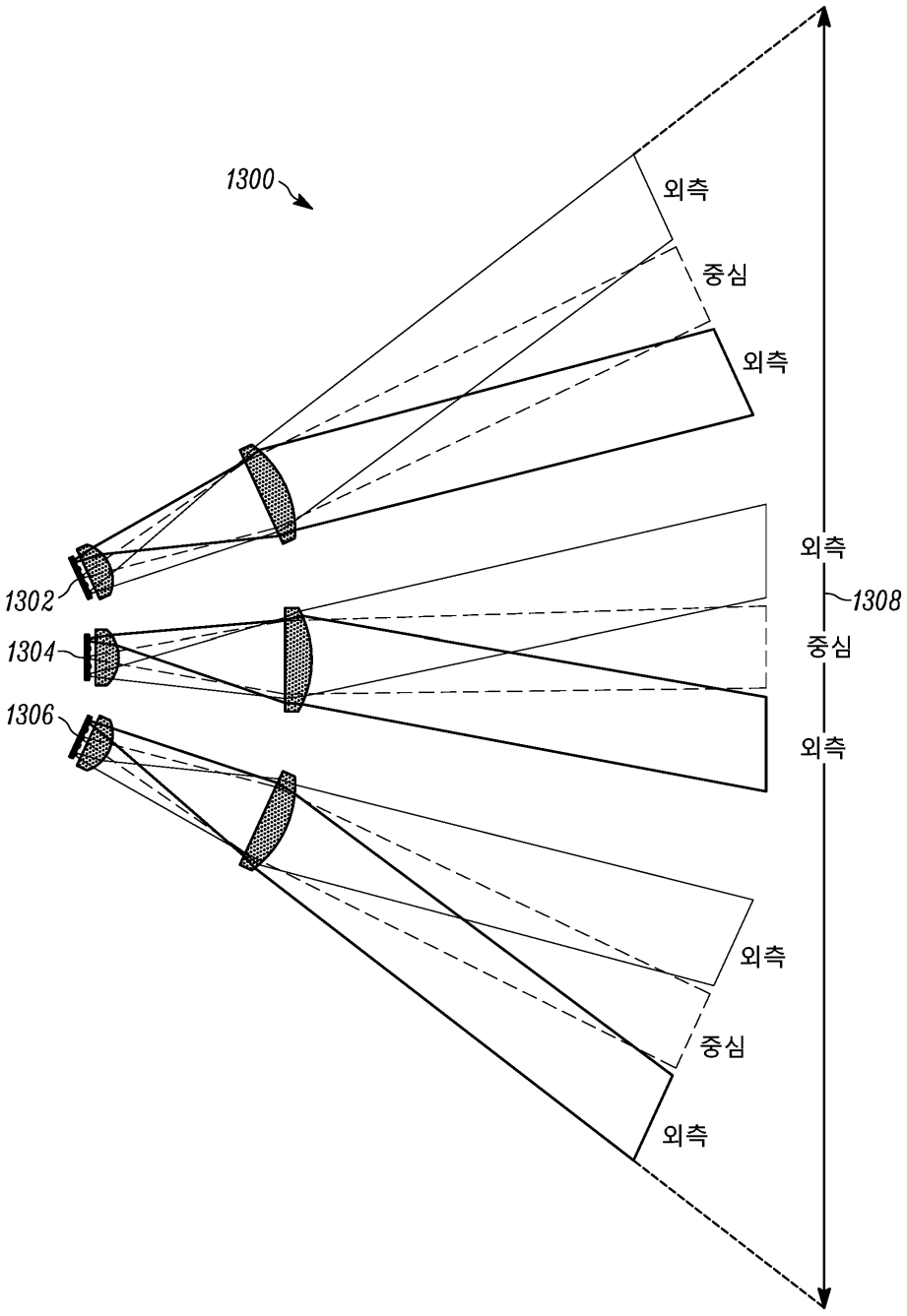
도면11b



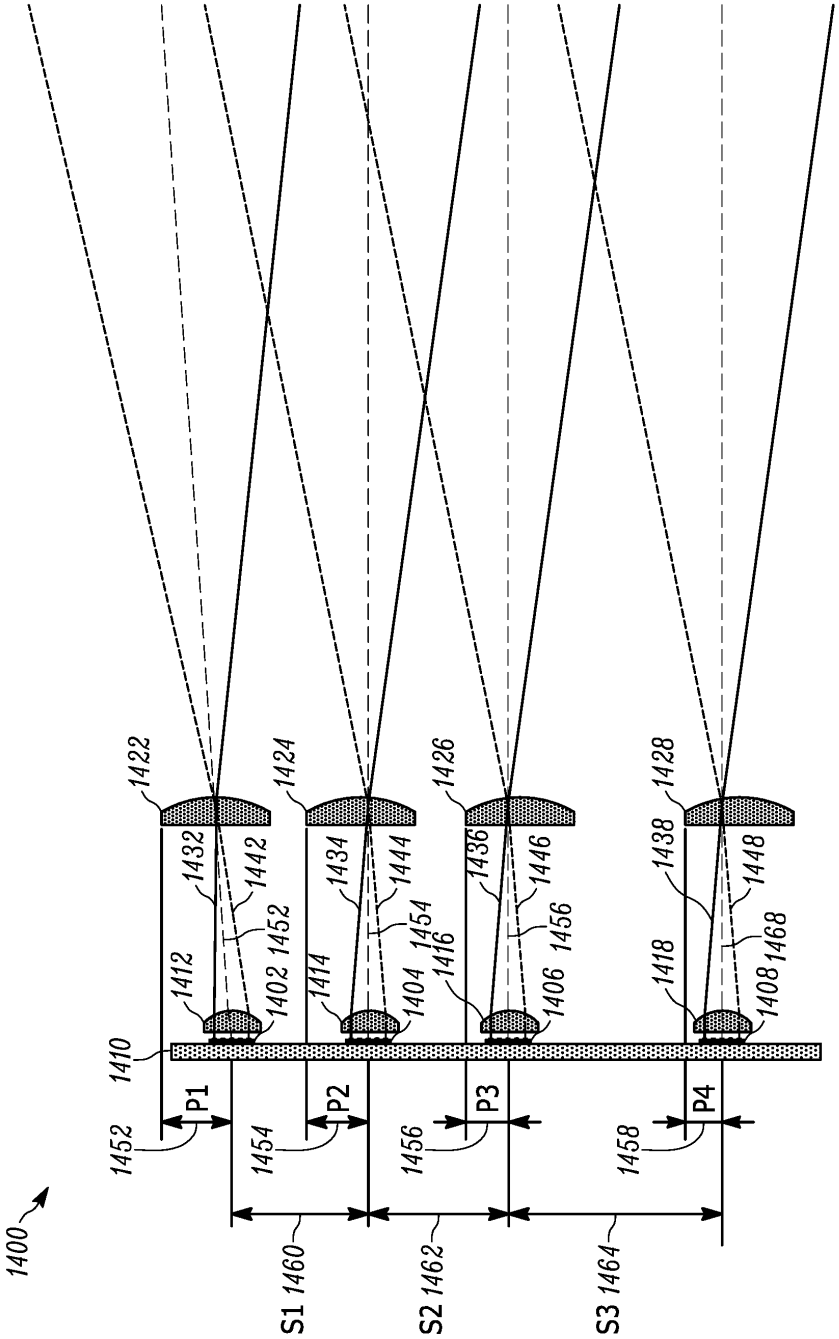
도면12


외측
중심
1214
최소 렌즈 개구
1212
1218
1208
1210
1202
1206
1216
1200
1204
1220

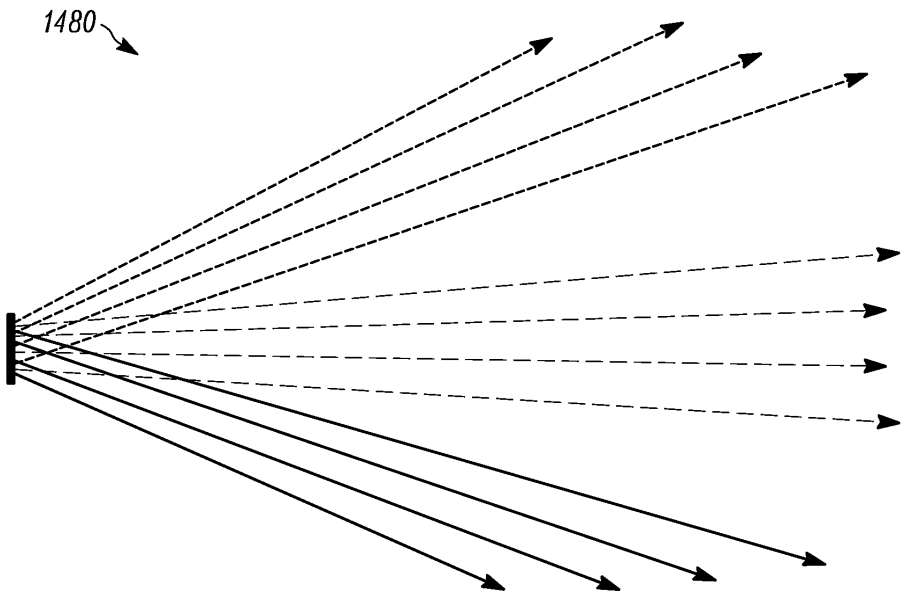
도면13



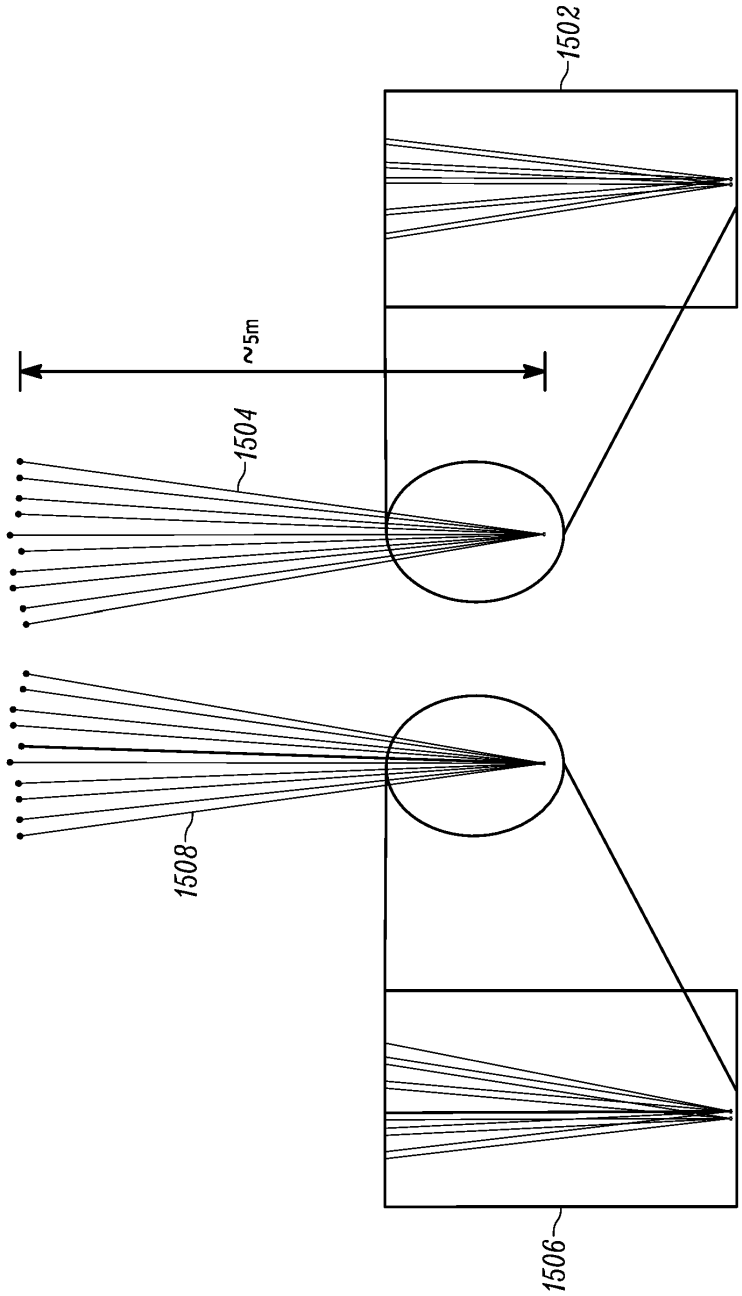
도면14a


1400
1410
1412
1414
1416
1418
1422
1424
1426
1428
1432
1434
1436
1438
1442
1444
1446
1448
1452
1454
1456
1458
1460
1462
1464
1468
1402
1404
1406
1408
P1
P2
P3
P4
S1
S2
S3

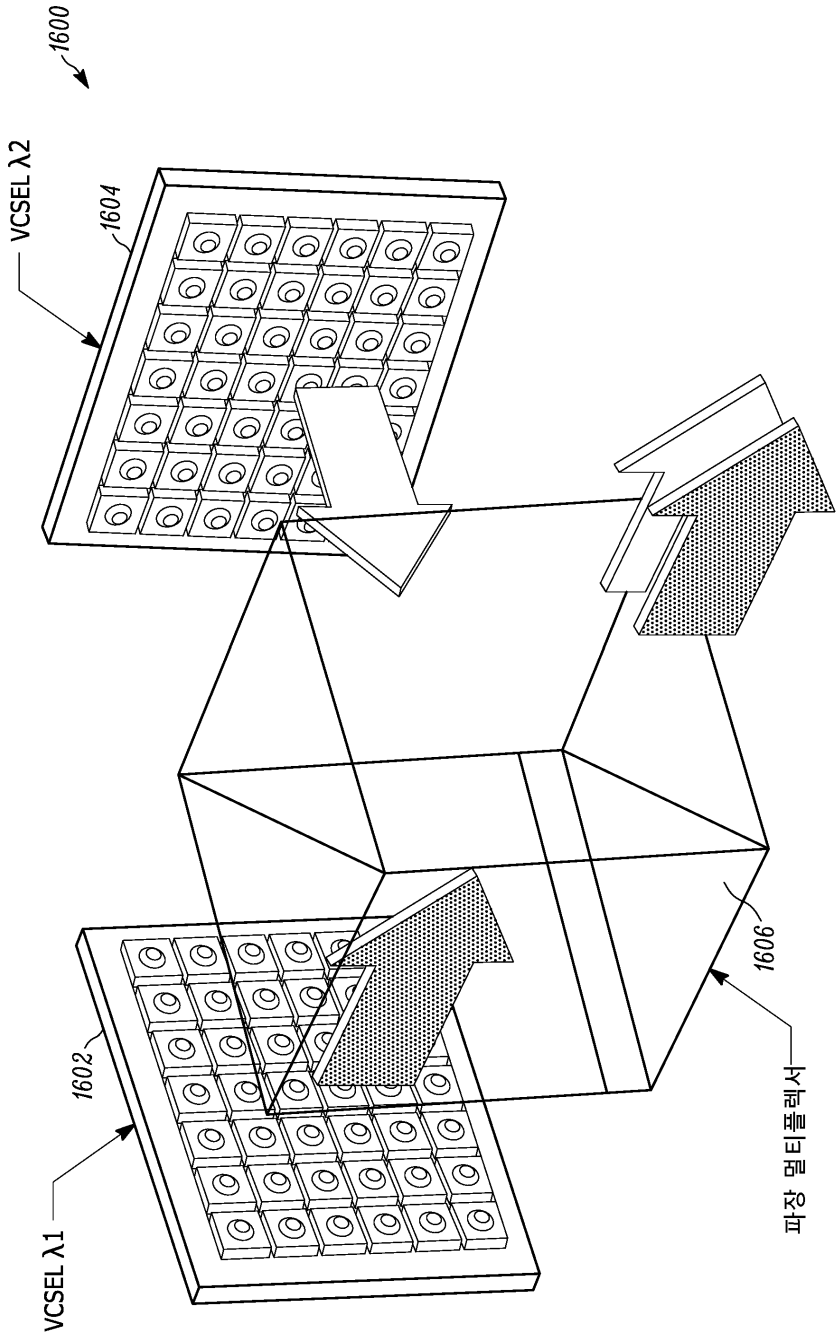
도면14b



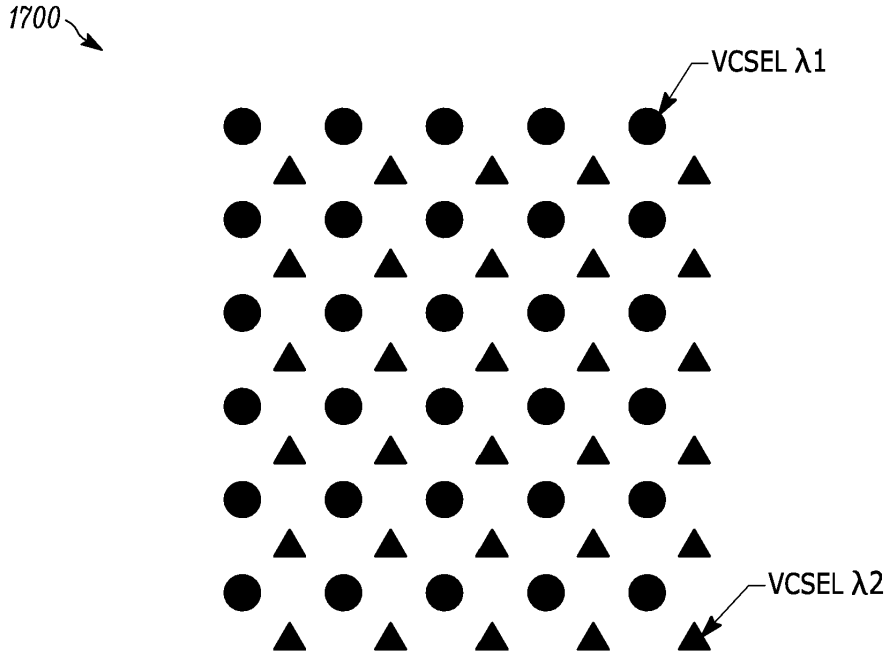
도면15



도면16



도면17



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

광 검출 및 거리 측정(LIDAR: light detection and ranging) 송신기로서,

a) 복수의 광 빔을 생성하는 복수의 광 방출기;

b) 상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 상기 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되고, 상기 복수의 광 빔을 상기 복수의 광 방출기와 타겟 범위 사이에서 교차하는 빔 허리를 갖도록 수렴시키는 제1 렌즈; 및

c) 상기 수렴된 광 빔의 상기 광 경로에 위치되고, 상기 수렴된 광 빔을 상기 타겟 범위로 투사하는 제2 렌즈를 포함하고,

상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 상기 LIDAR 송신기의 각도 발산을 결정하여 상기 타겟 범위에서 원하는 관측-시야(field-of-view)를 제공하는, LIDAR 송신기.

【변경후】

광 검출 및 거리 측정(LIDAR: light detection and ranging) 송신기로서,

a) 복수의 광 빔을 생성하는 복수의 광 방출기;

b) 상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나로부터 제1 렌즈의 초점 길이보다 작은 거리를 두고 상기 복수의 광 빔의 광 경로에 위치되고, 상기 복수의 광 빔을 상기 복수의 광 방출기와 타겟 범위 사이에서 교차하는 빔 허리를 갖도록 수렴시키는 제1 렌즈; 및

c) 상기 수렴된 광 빔의 상기 광 경로에 위치되고, 상기 수렴된 광 빔을 상기 타겟 범위로 투사하는 제2 렌즈를 포함하고,

상기 복수의 광 방출기 중 적어도 하나의 방출 폭은 LIDAR 송신기의 각도 발산을 결정하여 상기 타겟 범위에서 원하는 관측-시야(field-of-view)를 제공하는, LIDAR 송신기.