(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0038691
(43) 공개일자 2022년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/481 (2006.01) *G01S 17/89* (2020.01)
G01S 17/931 (2020.01) *G01S 7/48* (2006.01)
G02B 3/00 (2022.01) *H01S 5/183* (2021.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/4815 (2013.01)
G01S 17/89 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2022-7003018
(22) 출원일자(국제) 2020년07월29일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2022년01월26일
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/043979
(87) 국제공개번호 WO 2021/021872
국제공개일자 2021년02월04일
(30) 우선권주장
62/881,354 2019년07월31일 미국(US)

(71) 출원인
옵시스 테크 엘티디
이스라엘, 5885849 홀론, 하록밈 스트리트 26, 아즈리엘리 센터 홀론, 빌딩 에이, 8층
(72) 발명자
파비니, 래리
미국, 콜로라도 80304-1024, 볼더, 오리온 코트 3849
(74) 대리인
오종한, 문용호

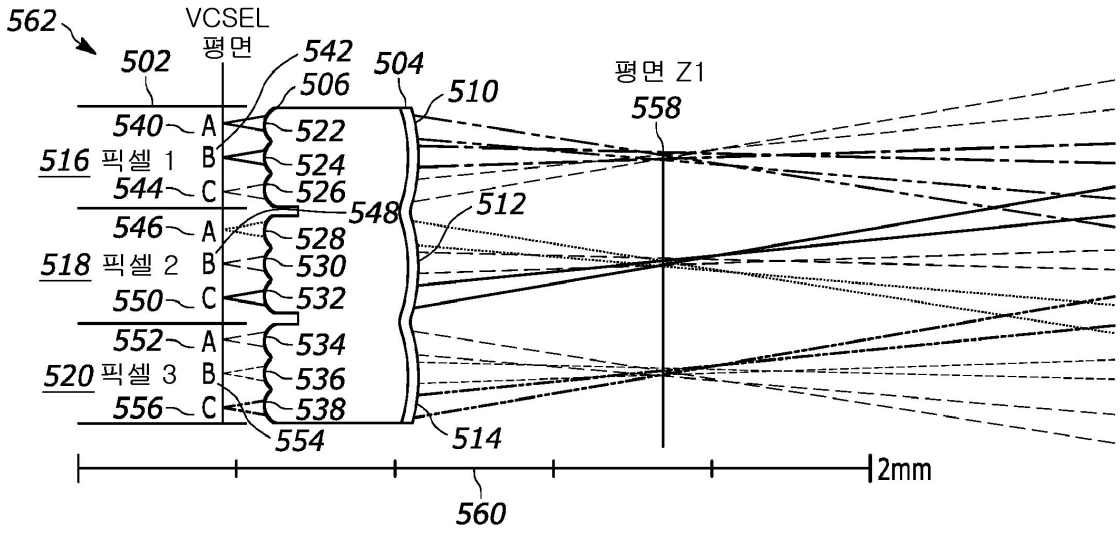
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 **고-해상도 솔리드-상태 LIDAR 송신기**

(57) 요 약

솔리드-상태 LIDAR 송신기는, 각기 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 생성하는 제1 및 제2 레이저 픽셀들을 포함하는 레이저 어레이를 포함한다. 제1 마이크로렌즈는 제1 레이저 픽셀에 의해 생성되는 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 포커싱하며, 제2 레이저 픽셀에 의해 생성되는 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 포커싱한다. 제2 마이크로렌즈는, 제1 픽셀에 의해 생성되는 제1 및 제2 서브-개구 빔들이 평면에서 중첩하도록 제1 픽셀에 의해 생성되는 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 보낸다. 렌즈는, LIDAR 시스템의 희망되는 공간 해상도를 달성하기 위하여 제1 레이저 픽셀에 의해 생성되는 제1 서브-개구 빔 및 제2 레이저 픽셀에 의해 생성되는 제1 서브-개구 빔을 원거리 필드에 상이한 각도들을 가지고 투사한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01S 17/931 (2020.01)
G01S 7/4808 (2013.01)
G01S 7/4817 (2013.01)
G02B 3/0006 (2013.01)
H01S 5/183 (2021.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

솔리드-상태 광 검출 및 범위 측정(Light Detection and Ranging; LIDAR) 송신기로서,

a) 레이저 어레이로서,

i) 제1 서브-개구 간격을 가지고 위치된 제1 및 제2 서브-개구를 포함하는 제1 레이저 픽셀로서, 상기 제1 및 제2 서브-개구의 각각은 에너지가 공급될 때 서브-개구 빔을 생성하는, 상기 제1 레이저 픽셀; 및

ii) 제2 서브-개구 간격을 가지고 위치된 제1 및 제2 서브-개구를 포함하는 제2 레이저 픽셀로서, 상기 제1 및 제2 서브-개구의 각각은 에너지가 공급될 때 서브-개구 빔을 생성하며, 상기 제1 및 제2 레이저 픽셀은 픽셀 간격을 가지고 서로에 대해 위치되는, 상기 제2 레이저 픽셀을 포함하는, 상기 레이저 어레이;

b) 상기 제1 서브-개구 간격을 가지고 위치되는 제1 서브-개구 렌즈릿(lenslet) 및 제2 서브-개구 렌즈릿을 포함하며, 상기 제2 서브-개구 간격을 가지고 위치되는 제3 서브-개구 렌즈릿 및 제4 서브-개구 렌즈릿을 포함하는 제1 마이크로렌즈로서, 상기 제1 마이크로렌즈는 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 서브-개구 빔의 광학적 경로 내에 상기 제1 서브-개구 렌즈릿이 존재하도록 위치되고 상기 제2 레이저 픽셀의 상기 제1 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 서브-개구 빔의 광학적 경로 내에 상기 제3 서브-개구 렌즈릿이 존재하도록 위치되며, 상기 제1 마이크로렌즈는 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 포커싱하도록 그리고 상기 제2 레이저 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 포커싱하도록 구성되는, 상기 제1 마이크로렌즈;

c) 상기 픽셀 간격을 가지고 서로에 대해 위치되는 제1 픽셀 렌즈릿 및 제2 픽셀 렌즈릿을 포함하는 제2 마이크로렌즈로서, 상기 제1 픽셀 렌즈릿은 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들 모두의 광학적 경로 내에 존재하고, 상기 제2 마이크로렌즈는 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들이 평면에서 중첩하도록 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 지향시키도록 구성되는, 상기 제2 마이크로렌즈; 및

d) 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들의 경로 내에 위치되는 렌즈로서, 상기 렌즈는 LIDAR 시스템의 희망되는 공간 해상도를 달성하기 위하여 상기 제1 레이저 픽셀의 상기 제1 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 서브-개구 빔 및 상기 제2 레이저 픽셀의 상기 제1 서브-개구에 의해 생성되는 상기 제1 서브-개구 빔을 원거리 필드에 상이한 각도들을 가지고 투사하도록 구성되는, 상기 렌즈를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 레이저 어레이는 1차원 레이저 어레이를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 레이저 어레이는 2차원 레이저 어레이를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 레이저 어레이는 수직 캐비티 표면 방출 레이저(Vertical Cavity Surface Emitting Laser; VCSEL) 어레이를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈 중 적어도 하나는 기판의 동일한 측면 상에 형성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈는, 원거리-필드-픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율이 1보다 작도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈는, 원거리-필드-픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율이 0.5보다 작도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈는, 원거리-필드-픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율이 0.2보다 작도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 제2 마이크로렌즈 어레이는, 상기 평면이 상기 제2 마이크로렌즈로부터 상기 제1 픽셀 렌즈릿의 초점 거리와 동일한 거리에 위치되도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 상기 제2 마이크로렌즈 어레이는, 상기 평면이 상기 레이저 어레이로부터 2 ㎜보다 작은 거리에 위치되도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 렌즈는 상기 평면으로부터 상기 렌즈의 초점 길이와 동일한 거리에 위치되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 상기 제1 마이크로렌즈, 제2 마이크로렌즈, 및 상기 렌즈 중 적어도 하나는, 상기 제1 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들이 상기 원거리 필드에서 중첩하여 상기 LIDAR 시스템이 0.2 도보다 작은 해상도를 달성하도록 상기 제1 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔들을 투사하도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 13

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈 어레이 중 적어도 하나는 굴절 광학 구성요소를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 14

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈 어레이 중 적어도 하나는 회절 광학 구성요소를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 15

청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 마이크로렌즈 어레이 중 적어도 하나는 홀로그래픽 광학 구성요소를 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 16

청구항 1에 있어서, 상기 제1 마이크로렌즈는 상기 평면에 상기 제1 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔을 포커싱하고 상기 제2 픽셀의 상기 제1 및 제2 서브-개구 빔을 포커싱하도록 구성되는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 17

솔리드-상태 광 검출 및 범위 측정(Light Detection and Ranging; LIDAR) 송신기로서,

a) 레이저 어레이 및 마이크로렌즈 어레이를 포함하며, 상기 레이저 어레이에 의해 생성되는 복수의 광학적 빔을 투사하여 원거리 필드에서 제1 스팟 크기 및 제1 픽셀 피치를 포함하는 복수의 제1 픽셀 스팟들을 형성하도록 구성되는 제1 송신 광학 시스템; 및

b) 레이저 어레이 및 마이크로렌즈 어레이를 포함하며, 상기 레이저 어레이에 의해 생성되는 복수의 광학적 빔을 투사하여 상기 원거리 필드에서 제2 스팟 크기 및 제2 픽셀 피치를 포함하는 복수의 제2 픽셀 스팟들을 형성하도록 구성되는 제2 송신 광학 시스템으로서, 상기 제1 송신 광학 시스템 및 상기 제2 송신 광학 시스템은 상기 원거리 필드에서 상기 복수의 제1 픽셀 스팟들이 상기 복수의 제2 픽셀 스팟들과 인터리빙되도록 위치되며, 상기 복수의 제1 픽셀 스팟들의 원거리 필드 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율은 1보다 작은, 상기 제2 송신 광학 시스템을 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 상기 제1 송신 광학 시스템의 상기 레이저 어레이 및 상기 제2 송신 광학 시스템의 상기 레이저 어레이는 동일한 파장의 광을 방출하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 19

청구항 17에 있어서, 상기 제1 송신 광학 시스템의 상기 레이저 어레이 및 상기 제2 송신 광학 시스템의 상기 레이저 어레이는 상이한 파장들의 광을 방출하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 20

청구항 17에 있어서, 상기 제1 픽셀 스팟들 및 상기 제2 픽셀 스팟들은 동일한 크기인, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 21

청구항 17에 있어서, 상기 제1 픽셀 스팟들 및 상기 제2 픽셀 스팟들은 상이한 크기인, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 22

청구항 17에 있어서, 상기 마이크로렌즈 어레이의 피치는 상기 레이저 어레이의 피치와 동일한, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 23

청구항 17에 있어서, 상기 마이크로렌즈 어레이의 피치는 상기 레이저 어레이의 피치와는 상이한, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 24

청구항 17에 있어서, 상기 제1 송신 광학 시스템은, 상기 레이저 어레이에 의해 생성되는 상기 복수의 광학적 빔들의 광학적 경로 내에서 상기 레이저 어레이와 상기 마이크로렌즈 어레이 사이에 위치되는 제2 마이크로렌즈를 더 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 25

청구항 24에 있어서, 상기 제2 마이크로렌즈의 피치는 상기 레이저 어레이 내의 서브-개구 어레이의 피치와 동일한, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 26

청구항 24에 있어서, 상기 제2 마이크로렌즈는 상기 제1 마이크로렌즈와 동일한 기판 상에 존재하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 27

청구항 17에 있어서, 상기 제2 송신 광학 시스템은, 상기 레이저 어레이에 의해 생성되는 상기 복수의 광학적

빔들의 광학적 경로 내에서 상기 레이저 어레이와 상기 마이크로렌즈 어레이 사이에 위치되는 제2 마이크로렌즈를 더 포함하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 28

청구항 27에 있어서, 상기 제2 마이크로렌즈의 피치는 상기 레이저 어레이 내의 서브-개구 어레이의 피치와 동일한, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

청구항 29

청구항 27에 있어서, 상기 제2 마이크로렌즈는 상기 제1 마이크로렌즈와 동일한 기판 상에 존재하는, 솔리드-상태 LIDAR 송신기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본원에서 사용되는 섹션 표제들은 오직 조직적 목적들만을 위한 것이며, 어떠한 방식으로도 본 출원에서 설명되는 주제를 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다.

[0002] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0003] 본 출원은 "High-Resolution Solid-State LIDAR Transmitter"라는 명칭으로 2019년 07월 31일자로 출원된 미국 가특허 출원 번호 제62/881,354호의 정규 출원이다. 미국 가특허 출원 번호 제62/881,354호의 전체 내용들이 본원에 참조로서 포함된다.

배 경 기 술

[0004] 자율주행, 자체-주행, 및 반-자율주행 자동차들은 주변 물체들의 검출 및 위치 결정을 위해 레이더, 이미지-인식 카메라들, 및 소나와 같은 다양한 센서들 및 기술들의 조합을 사용한다. 이러한 센서들은, 충돌 경고, 자동-응급 제동, 차선-이탈 경고, 차선-유지 보조, 적응형 순항 제어, 및 파일럿 주행을 포함하여 운전자 안전에서의 많은 개선들을 가능하게 한다. 이러한 센서 기술들 중에서, 광 검출 및 범위 측정(light detection and ranging; LIDAR) 시스템은 주변 환경의 실시간 고-해상도 3D 매핑을 가능하게 하는 중요한 역할을 수행한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 오늘날 자율주행 차량들에 대해 사용되는 상업적으로 입수할 수 있는 LIDAR 시스템들 중 다수는 환경을 기계적으로 스캔하는 어떤 방법과 조합된 소수의 레이저들을 사용한다. 미래의 자율주행 자동차들이 높은 신뢰성 및 넓은 환경적 동작 범위들을 갖는 통합의 용이성 및 빠른 스캔 속도를 지원하는 솔리드-상태(solid-state) 반도체-기반 LIDAR 시스템들을 사용하는 것이 매우 바람직하다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 교시는 물체들까지의 거리들(범위들)을 측정하기 위해 레이저 광을 사용하는 원격 센싱 방법인 광 검출 및 범위 측정(Light Detection and Ranging; LIDAR)에 관한 것이다. LIDAR 시스템들은 광을 반사하거나 및/또는 산란하는 다양한 물체들 또는 목표들까지의 거리를 측정한다. 자율주행 차량들은 미세 해상도를 가지고 주변 환경의 고도로 정확한 3차원(3D) 맵을 생성하기 위해 LIDAR 시스템들을 사용한다. 본원에서 설명되는 시스템들 및 방법들은, 긴 측정 범위를 유지하고 상대적으로 낮은 비용을 제공하면서 또한 높은 레벨의 신뢰도를 갖는 솔리드-상태, 펄스형 비행 시간(time-of-flight; TOF) LIDAR 시스템을 제공하는 것에 관한 것이다. 특히, 본 교시에 따른 LIDAR 시스템들은 짧은 시간 지속기간 레이저 펄스를 전송하고, 물체까지의 TOF를 측정하기 위해 수신된 복귀 신호 트레이스의 형태로 복귀 펄스의 직접 검출을 사용한다.

[0007] 이에 더하여, 본 교시의 LIDAR 시스템들은 다양한 성능 메트릭들을 가지고 물체들을 검출하기 위해 다수의 레이저 펄스들을 사용할 수 있다. 예를 들어, 다수의 레이저 펄스들은 SNR을 개선하기 위해 사용될 수 있다. 다수의

레이저 펄스들은 또한 특정 물체의 검출에서 더 큰 신뢰도를 제공하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 특정한 수의 레이저 펄스들이 특정 레벨들의 SNR 및/또는 물체의 검출과 연관된 특정 신뢰도 값을 제공하기 위해 선택될 수 있다. 이러한 레이저 펄스들의 수의 선택은, FOV 내의 조명의 특정 패턴과 연관된 개별적인 레이저 디바이스 또는 레이저 디바이스들의 그룹의 선택과 조합될 수 있다.

[0008] 본 교시의 LIDAR 시스템들의 다른 특징은, 방출기들이 상이한 파장들에서 광을 방출할 수 있다는 점이다. 따라서, 어레이 내의 다양한 방출기들은 다른 방출기들과는 상이한 파장들을 갖는 광을 생성할 수 있다. 예를 들어, 열(column) 내의 또는 행(row) 내의 방출기들은 하나의 파장을 방출할 수 있으며, 교번하는 열 또는 행 내의 방출기들은 상이한 파장을 방출할 수 있다. 상이한 파장들을 갖는 방출된 레이저 광의 다양한 파장 패턴들은, 예를 들어, 희망되는 해상도를 제공하기 위해, 눈-안전에 대한 동작 한계들 내에서 긴 범위들에서 동작하기 위해, 및/또는 시스템의 데이터 속도를 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 둘 모두가 본 출원인에게 양도된, "Multi-Wavelength LIDAR System"이라는 명칭의 미국 특허 공개공보 제20170307736 A1호, 및 "Eye-Safe Scanning LIDAR System"이라는 명칭의 미국 특허 공개공보 제20180259623 A1호를 참조하도록 한다. 미국 특허 공개공보 제20170307736 A1호 및 제20180259623 A1호는 본원에 참조로서 포함된다.

발명의 효과

[0009] 본 교시는 높은 신뢰성 및 넓은 환경적 동작 범위들을 갖는 통합의 용이성 및 빠른 스캔 속도를 지원하는 솔리드-상태 반도체-기반 LIDAR 시스템들을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 선호되고 예시적인 실시예들에 따르면, 본 교시는 추가적인 장점들과 함께 첨부된 도면들과 함께 취해지는 다음의 상세한 설명에서 보다 더 구체적으로 설명된다. 당업자는, 이하에서 설명되는 도면들이 오직 예시적인 목적들을 위한 것임을 이해할 것이다. 도면들이 반드시 축적이 맞춰질 필요는 없으며, 그 대신에 일반적으로 본 교시의 원리들을 예시하는데 중점을 둔다. 도면들은 어떠한 방식으로도 출원인의 교시의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

도 1은 차량 내에 구현되는 본 교시의 고-해상도 LIDAR 시스템의 일 실시예의 동작을 예시하는 개략도이다.

도 2a는 본 교시의 고-해상도 LIDAR 시스템에서 사용될 수 있는 2차원 수직 캐비티 표면 방출 레이저(vertical cavity surface emitting laser; VCSEL) 어레이를 예시한다.

도 2b는 도 2a의 2차원 VCSEL 어레이의 서브-개구들의 어레이를 예시한다.

도 3a는 2개의 통상적인 벌크 렌즈들을 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템을 예시한다.

도 3b는 도 3a에 도시된 송신 광학 시스템의 일 부분의 확대도를 예시한다.

도 3c는 도 3a의 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템에 의해 생성되는 원거리 필드 패턴을 예시한다.

도 4a는 하나의 마이크로렌즈 어레이 및 하나의 벌크 렌즈를 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템을 예시한다.

도 4b는 도 4a에 도시된 송신 광학 시스템의 일 부분의 확대도를 예시한다.

도 4c는 도 4a의 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템에 의해 생성되는 원거리 필드 패턴을 예시한다.

도 5a는 본 교시의 2개의 마이크로렌즈 어레이들 및 벌크 렌즈를 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템의 일 실시예를 예시한다.

도 5b는 도 5a에 도시된 송신 광학 시스템의 일 부분의 확대도를 예시한다.

도 5c는 도 5a에 도시된 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템에 의해 생성되는 원거리 필드 패턴의 일 실시예를 예시한다.

도 6은 본 교시의 VCSEL 어레이에 대해 정렬된 양면 마이크로렌즈 어레이의 일 실시예의 단면도를 예시한다.

도 7a는 본 교시의 양면 마이크로렌즈 어레이의 일 실시예의 하나의 측면을 도시하는 사시도를 예시한다.

도 7b는 도 7a의 양면 마이크로렌즈 어레이의 실시예의 다른 측면을 도시하는 사시도를 예시한다.

도 8은 본 교시의 다수의 송신 광학 시스템들을 포함하는 고-해상도 LIDAR 송신 시스템의 일 실시예를 예시한다.

도 9a는 2개의 통상적인 벌크 렌즈들을 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 시스템을 사용하는 단일 LIDAR 송신기에 대한 원거리 필드 패턴을 예시한다.

도 9b는 하나의 마이크로렌즈 어레이 및 하나의 벌크 렌즈를 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 시스템을 사용하는 다수의 인터리빙(interleave)된 LIDAR 송신기들에 대한 원거리 필드 패턴을 예시한다.

도 9c는 본 교시의 2개의 마이크로렌즈 어레이들 및 하나의 통상적인 벌크 렌즈를 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하는 송신 광학 시스템의 일 실시예를 사용하는 다수의 인터리빙된 LIDAR 송신기들에 대한 원거리 필드 패턴을 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이제 첨부된 도면들에 도시된 바와 같은 예시적인 실시예들을 참조하여 본 교시가 더 상세하게 설명될 것이다. 본 교시가 다양한 실시예들 및 예들과 함께 설명되지만, 본 교시가 이러한 실시예들로 한정되도록 의도되지 않는다. 반대로, 본 교시는, 당업자들에 의해 이해될 바와 같이, 다양한 대안예들, 수정예들, 및 등가물들을 포괄한다. 본원의 교시에 접근할 수 있는 당업자들은 다른 사용 분야들뿐만 아니라 추가적인 구현예들, 수정예들 및 실시예들을 인식할 것이며, 이들은 본원에서 설명되는 바와 같은 본 개시의 범위 내에 속한다.

[0012] 본 명세서에서 "하나의 실시예", 또는 "일 실시예"에 대한 언급은 실시예와 관련하여 설명된 특정 특징, 구조, 또는 특성이 본 교시의 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 본 명세서의 다양한 위치들에서의 문구들 "일 실시예에 있어서"의 출현이 반드시 모두 동일한 실시예를 지칭하는 것이 아니다.

[0013] 본 교시의 방법의 개별적인 단계들은 교시가 동작가능하게 남아 있는 한 임의의 순서로 및/또는 동시에 수행될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 추가로, 본 교시의 장치 및 방법은 교시가 동작가능하게 남아 있는 한 설명되는 실시예들 중 임의의 수의 실시예들 또는 전부를 포함할 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0014] 도 1은 차량 내에 구현되는 본 교시의 LIDAR 시스템(100)의 동작을 예시하는 개략도이다. LIDAR 시스템(100)은, 목표 신(scene)을 향해 송신 광학 시스템 내의 레이저 어레이에 의해 생성되는 광 빔들(102)을 투사하는, 본원에서 더 상세하게 설명되는 송신 광학 시스템을 포함한다. LIDAR 시스템은 또한, 그 목표 신 내의 사람(106)으로 도시된 물체로부터 반사되는 광(104)을 수신하는 수신기(103)를 포함한다. LIDAR 시스템들은 또한 전형적으로 반사된 광으로부터 물체, 즉 사람(106)에 대한 거리 정보를 계산하는 제어기를 포함한다.

[0015] 일부 실시예들에 있어서, 희망되는 범위 및 시야(field-of-view; FOV)에 걸쳐 정적 패턴 또는 동적 패턴일 수 있는 광의 특정 패턴을 스캔하거나 또는 제공할 수 있는 구성요소가 또한 존재한다. 물체, 즉 사람(106)으로부터 반사된 광의 일 부분은 수신기(103)에 의해 수신된다. 일부 실시예들에 있어서, 수신기는 수신 광학부 및 검출기들의 어레이일 수 있는 검출기 구성요소를 포함한다. 수신기 및 제어기는, 수신된 신호 광을 LIDAR 시스템 범위 및 FOV 내에 속하는 주변 환경의 점방식(pointwise) 3D 맵을 나타내는 측정치들로 변환하기 위해 사용될 수 있다.

[0016] 본 교시에 따른 LIDAR 시스템들의 일부 실시예들은 레이저 어레이를 포함하는 레이저 송신기를 사용한다. 일부 실시예들에 있어서, 레이저 어레이는, 상단-방출 VCSEL들, 하단-방출 VCSEL들, 및/또는 다양한 유형의 고-전력 VCSEL들을 포함할 수 있는 VCSEL 레이저 방출기들을 포함한다. VCSEL 어레이들은 모놀리식(monolithic)일 수 있다. 레이저 방출기들은 모두, 반도체 기판들 또는 세라믹 기판들을 포함하는 공통 기판을 공유할 수 있다. 단일 제어형 레이저 방출기는, 레이저 방출기에 에너지가 공급될 때 각기 광학적 빔을 방출하는 다수의 서브-개구들을 포함할 수 있다.

[0017] 일부 실시예들에 있어서, 하나 이상의 송신기 어레이들을 사용하는 실시예들에서 개별적인 레이저들 및/또는 레이저들의 그룹들에 에너지를 공급하는 것은 개별적으로 제어될 수 있다. 송신기 어레이 내의 각각의 개별적인 방출기는 독립적으로 발사될 수 있으며, 여기에서 각각의 레이저 방출기에 의해 방출되는 광학적 빔은 전체 시스템 시야의 일 부분만에 해당하는 3차원 투사 각도에 대응한다. 이러한 LIDAR 시스템의 일 예는, 본 출원인에

게 양도된 미국 특허 공개공보 제2017/0307736 A1호에서 설명된다. 이에 더하여, 개별적인 레이저 또는 레이저들의 그룹에 의해 발사되는 펄스들의 수는 LIDAR 시스템의 희망되는 성능 목표에 기초하여 제어될 수 있다. 이러한 시퀀스의 지속 기간 및 타이밍이 또한 제어될 수 있다. 예를 들어, 본 출원인에게 양도되고 본원에 참조로서 포함되는 "Distributed Modular Solid-State LIDAR System"이라는 명칭의 미국 가특허 출원 제62/714,463호를 참조하도록 한다. 또한, 둘 모두가 본 출원인에게 양도되고 본원에 참조로서 포함되는, "Eye-Safe Long-Range Solid-State LIDAR System"이라는 명칭의 미국 가특허 출원 제62/859,349호 및 "Adaptive Multiple-Pulse LIDAR System"이라는 명칭의 미국 가특허 출원 제62/866,119호를 참조하도록 한다.

[0018] 본 교시의 LIDAR 시스템의 다른 특징은, 고-해상도 LIDAR 시스템에 대한 콤팩트하고 신뢰할 수 있는 송신 광학 어셈블리를 제공할 수 있다는 점이다. 본 교시의 송신 광학 어셈블리들은, 일부 실시예들에서 동일한 기판 상에 제조되는 솔리드-상태 레이저 어레이들을 사용한다. 기판은 반도체 기판일 수 있다. 어레이 내의 각각의 레이저가 개별적으로 제어되는 것을 가능하게 하는 전자 구동 회로들이 또한 이러한 어레이 기판들 상에 제조된다. 이러한 어레이들은 규칙적인 행 및 열 구성을 사용하는 2-차원 어레이들일 수 있다. 전기 제어 구동 기법은 소위 매트릭스 구성으로 구성될 수 있으며, 여기에서 개별적인 레이저는 전기 제어 신호의 적절한 인가에 의해 개별적인 레이저를 포함하는 특정 열 및 특정 행으로 어드레싱된다. 예를 들어, 본 출원인에게 양도되고 본원에 참조로서 포함되는 "Solid-State LIDAR Transmitter with Laser Control"이라는 명칭의 미국 특허 출원 제16/841,930호를 참조하도록 한다.

[0019] 도 2a는 본 교시의 고-해상도 LIDAR 시스템에서 사용될 수 있는 2차원 수직 캐비티 표면 방출 레이저(vertical cavity surface emitting laser; VCSEL) 어레이(200)를 예시한다. 레이저 어레이(200)는 개별적인 레이저 픽셀들(202)의 16X16 어레이를 포함하며, 여기에서 각각의 픽셀(202)은 서브-개구들(204)의 3X3 어레이를 통합한다. 일부 실시예들에 있어서, 각각의 픽셀(202)은 정확한 전기 제어 신호를 인가함으로써 어레이 내의 그 픽셀(202)에 대응하는 행 및 열에 개별적으로 어드레스될 수 있다. 따라서, 개별적인 픽셀들(202)은 독립적으로 에너지가 공급되며, 하나의 픽셀(202) 내의 모든 서브-개구들(204)은 픽셀(202)의 에너지 공급과 함께 에너지가 공급된다. 따라서, 에너지가 공급된 각각의 픽셀에 대해 9개의 광학적 빔들이 제공된다.

[0020] 어레이(200)는 x-방향에서 픽셀 피치(206) 및 y-방향에서 픽셀 피치(208)를 갖는다. 일부 실시예들에 있어서, x-방향 픽셀 피치(206)는 y-방향 픽셀 피치(208)와 동일하다. 예를 들어, 하나의 특정 실시예에 있어서, x-방향 픽셀 피치는 250 μm이며, y-방향 픽셀 피치가 250 μm이다. 어레이(200) 내의 구성요소들의 수는 다양한 실시예들에서 변화한다. 어레이 픽셀 피치는 다양한 실시예들에서 다양한 값들을 취할 수 있다. 본원에서 제공되는 다수의 예들이 특정 크기들의 어레이들을 설명하지만, 본 교시가 임의의 특정 어레이 크기에 한정되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 본 교시의 하나의 특징은, 솔리드 상태 미세제조(microfabricated) 컴포넌트들이 간단하고 비용 효율적으로 큰 크기로 확장될 수 있으며 높은 신뢰도를 가질 수 있다는 점이다.

[0021] 도 2b는 도 2a의 2차원 VCSEL 어레이(200)의 서브-개구들의 어레이(250)를 예시한다. 단일 픽셀(202)이 도시된다. 각각의 픽셀(202)은 3X3 어레이로 구성된 9개의 서브-개구들(204)을 갖는다. 각각의 픽셀(202)은 x-방향 서브-개구 피치(252) 및 y-방향 서브-개구 피치(254)를 갖는다. 개별적인 픽셀(202)과 연관된 서브-개구들(204)은 모두 적절한 전기 제어 신호에 응답하여 동시에 에너지가 공급된다. 이와 같이, 개별적인 픽셀(202) 내의 모든 서브-개구들(204)은 동시에 조명한다. 따라서, 픽셀(202)에 대한 전기 제어 신호의 인가 시에, 픽셀 내의 각각의 개구로부터 하나씩 다수의 광학적 빔들이 생성된다. 일부 실시예들에 있어서, x-방향 서브-개구 피치(252)는 y-방향 서브-개구 피치(254)와 동일하다. 예를 들어, 하나의 특정 실시예에 있어서, x-방향 서브-개구 피치는 76 μm이며, y-방향 서브-개구 피치가 76 μm이다. 개별적인 픽셀의 서브-어레이 내의 개구들의 수는 다양한 실시예들에서 변화한다. 어레이 서브-개구 피치는 다양한 실시예들에서 다양한 값들을 취할 수 있다.

[0022] 도 3a는 2개의 통상적인 벌크 렌즈들(304, 306)을 사용하는 레이저 어레이(302)로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템(300)을 예시한다. 레이저 어레이(302)는, 예를 들어, 도 2a 내지 도 2b와 관련하여 설명된 레이저 어레이(200)와 동일하거나 또는 유사할 수 있다.

[0023] 도 3b는 도 3a에 도시된 송신 광학 시스템(300)의 일 부분의 확대도이다. 레이저 어레이(302) 1 차원으로 도시되며, 개별적인 픽셀들(308, 310)을 포함한다. 오직 2개의 픽셀들, 픽셀 1(308) 및 픽셀 2(310)만이 도시된다. 픽셀들(308, 310)은 각기 서브-개구 어레이들을 갖는다. 또한, 픽셀 1(308)의 서브-개구 A(312), 서브-개구 B(314) 및 서브-개구 C(316), 및 픽셀 2(310)의 서브-개구 A(318), 서브-개구 B(320) 및 서브-개구 C(322)가 1 차원으로 도시된다. 각각의 서브-개구(312, 314, 316, 318, 320, 322)로부터의 광학적 빔들(326)은 확대도(324)에 도시된 바와 같이 방출되고 발산한다. 각각의 빔에 대한 발산 각도는 개별적인 서브-개구의 크기와 관

련된다.

[0024] 도 3a 및 도 3b 둘 모두를 참조하면, 개별적인 발산 광학적 빔들(326)은, 어레이(302)로부터 소정의 거리에 위치된 초점 길이(F1)를 가지고 벌크 렌즈(304)를 통과하고 제1 벌크 렌즈(304)로부터 소정의 거리에 위치된 초점 길이(F2)를 가지고 제2 벌크 렌즈(306)를 통과한다. 렌즈들(304, 306)의 위치들 및 그들의 초점 길이들(F1, F2)은 송신 광학 시스템(300)의 투사된 원거리 필드 패턴을 결정한다. 이러한 광학 시스템에 대해, 2개의 벌크 렌즈들(304, 306)은 공칭적으로 원거리 필드 내에 레이저 어레이(302)의 이미지를 생성하도록 구성된다. 따라서, 레이저 어레이 패턴은 원거리 필드에서 재생성되고, 렌즈 구성에 기초하여 희망되는 크기로 확대되며, 개별적인 픽셀들로부터의 서브-개구들은 공간적으로 분리된다. 각각의 픽셀의 각도 시야(field-of-view; FOV)는 픽셀들 사이의 각도 간격과 대략 동일하다.

[0025] 도 3c는 도 3a의 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템(300)에 의해 생성되는 원거리 필드 패턴(350)을 예시한다. 원거리 필드 스팟(spot)들이 2개의 수직적으로 인접한 픽셀들에 대해 도시되며, 여기에서 각각의 픽셀은 50 미터 범위에서 서브-개구들의 3X3 어레이를 포함한다. 이러한 예시적인 원거리 필드 패턴(350)은 광학 시스템(300)으로부터 50-미터 거리에 생성된다. 패턴(350)은 각각의 픽셀 영역(354, 356)에 대해 9개의 개별적인 스팟들(352)을 포함한다. 개별적인 픽셀 영역들(354, 356)은 50-미터 범위에서 0.9 미터의 거리만큼 이격된다. 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율은 ~0.9이다.

[0026] 도 3a 내지 도 3c는, 예를 들어, 각기 9개의 서브-개구들을 갖는 레이저들의 16X16 어레이의 일 부분만을 예시한다. 전체 16X16 어레이에 대해, 패턴은 (16X3) X (16X3) 스팟들, 또는 48X48 스팟들로 나타날 것이다.

[0027] 광학적 빔들의 각각을 공칭적으로 시준하거나 및/또는 포커싱하기 위해 레이저 방출기에 가깝게 위치된 소형 렌즈를 사용함으로써 원거리 필드 내의 방출기들로부터의 스팟 크기들을 감소시키는 것이 가능하다. 도 4a는 하나의 마이크로렌즈 어레이(404) 및 하나의 벌크 렌즈(406)를 사용하는 레이저 어레이(402)로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템(400)을 예시한다.

[0028] 도 4b는 도 4a에 도시된 송신 광학 시스템(400)의 일 부분의 확대도이다. 도 4a 및 도 4b 둘 모두를 참조하면, 이러한 송신 광학 시스템(400)에서, 마이크로렌즈 어레이(404)는 어레이(402) 내의 픽셀들, 즉 픽셀 1(408) 및 픽셀 2(410)의 피치와 동일한 피치를 갖는다. 마이크로렌즈 어레이(404)는 각각의 서브-개구, 즉, 픽셀 1(408)의 서브-개구 A(412), 서브-개구 B(414) 및 서브-개구 C(416), 및 픽셀 2(410)의 서브-개구 A(418), 서브-개구 B(420) 및 서브-개구 C(422)를 시준한다. 마이크로렌즈 어레이(404)는, 레이저 어레이(402)의 픽셀 피치와 동일한 피치로 이격된 다수의 렌즈릿(lenslet)들(424, 426)을 포함한다.

[0029] 각각의 렌즈릿(424, 426)은 개별적인 픽셀(408, 410)로부터 방출되는 빔을 시준한다. 각각의 서브-개구(412, 414, 416, 418, 420, 422)로부터의 시준된 빔들은, 마이크로렌즈 어레이(404) 내의 렌즈릿들(424, 426)로부터 떨어진 하나의 초점 거리에 위치된 평면 Z1(428)에서 중첩한다. 벌크 렌즈(406)는 초점 길이(F2)를 가지며, 평면 Z1(428)로부터 F2의 거리에 위치된다. 벌크 렌즈(406)는 공칭적으로 평행한 경로를 따라 각각의 픽셀로부터 원거리 필드로 광학적 빔들을 투사한다.

[0030] 도 4c는 도 4a의 레이저 어레이(402)로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템(400)에 의해 생성되는 원거리 필드 패턴(450)을 예시한다. 원거리 필드 스팟들이 2개의 수직적으로 인접한 픽셀들에 대해 도시되며, 여기에서 각각의 픽셀은 50 미터 범위에서 서브-개구들의 3X3 어레이를 포함한다. 원거리 필드 패턴(450)은 50 미터의 범위에서 0.9-미터 거리(456)만큼 분리된 2개의 큰 스팟들(452, 454)을 야기한다. 큰 스팟(454)에서, 단일 픽셀(408)로부터의 9개의 모든 서브-개구들로부터의 광학적 빔들이 중첩된다. 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율은 ~ 0.5이다.

[0031] 도 4a가 측면도이기 때문에 단지 픽셀 1(408)에 대한 3개의 서브-개구들(412, 414, 416)만을 예시하지만, 원거리 패턴(450)이 2 차원으로 예시되며 따라서 픽셀 1(408)의 9개의 모든 서브-개구들에 의해 제공되는 스팟을 도시한다는 것을 유의해야 한다. 픽셀 2(410) 및 연관된 스팟(452)에 대해서도 마찬가지이다. 이러한 송신 광학 시스템에 대한 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율은 ~0.5이다.

[0032] 도 4a 내지 도 4c에 예시된 송신 광학 시스템(400)을 사용하는 LIDAR 시스템은, 시준을 위해 마이크로렌즈들을 사용하지 않는 시스템들에 비해 스팟 크기를 감소시키기 때문에 개선된 해상도를 갖는다. 그러나, 본 교시의 특징은, 2개의 패턴화된 백-투-백(back-to-back) 마이크로렌즈 어레이들의 사용이 LIDAR 시스템 해상도에 추가적인 개선을 제공할 수 있다는 인식이다.

[0033] 도 5a는 본 교시의 2개의 마이크로렌즈 어레이들(504, 506) 및 벌크 렌즈(508)를 사용하는 레이저 어레이(502)

로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템(500)의 일 실시예를 예시한다.

[0034] 도 5b는 도 5a에 도시된 송신 광학 시스템(500)의 일 부분의 확대도이다. 도 5a 및 도 5b 둘 모두를 참조하면, 하나의 마이크로렌즈 어레이(504)는 레이저 어레이(502) 내의 픽셀들, 즉 픽셀 1(516) 및 픽셀 2(518), 및 픽셀 3(520)의 피치와 동일한 피치로 이격된 렌즈릿들(510, 512, 514)을 갖는다. 다른 마이크로렌즈 어레이(506)는 레이저 어레이(502)의 서브-개구들(540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556)의 피치와 동일한 피치로 이격된 렌즈릿들(522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538)을 갖는다. 따라서, 마이크로렌즈(506)는 서브-개구 당 하나의 렌즈릿을 포함하며, 마이크로렌즈(504)는 픽셀 당 하나의 렌즈릿을 포함한다. 마이크로렌즈 어레이(506)는, 각각의 서브-개구 빔이 이러한 광학 빔들의 전파 축을 변경하지 않고 포커싱되도록 각각의 서브-개구(540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556)에서 생성되는 광학적 빔들의 각각에 작용한다. 마이크로렌즈(504)는, 광학적 빔들이 렌즈릿들(510, 512, 514)의 후방 초점 평면 Z1(558)에서 중첩하도록 각각의 서브-개구(540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556)로부터의 광학적 빔들을 리다이렉트(redirect)한다. 따라서, 각각의 서브-개구(540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556)로부터의 광학적 빔들은 마이크로렌즈 어레이(506) 및 마이크로렌즈 어레이(504)의 결합된 작용에 의해 후방 초점 평면 Z1(558)에서 중첩 평면에 포커싱된다. 벌크 렌즈(508)는 평면 Z1(558)로부터 렌즈(508)의 초점 길이(F2)와 동일한 거리에 위치된다. 마이크로렌즈 어레이들(504, 506)의 결합은 평면 Z1(558)에서 레이저 어레이(502)와 동일한 피치를 가지고 스팟들의 어레이의 중간 실제 이미지를 생성한다. 벌크 렌즈(508)는 Z1(558)로부터 원거리 필드 내의 상이한 각도로 스팟들의 각각을 투사한다. 벌크 렌즈(508)로부터의 특정 투사 각도는 시스템의 주 광학적 축으로부터의 대응하는 어레이 스팟의 수직 거리의 함수이다.

[0035] 본 교시의 하나의 특징은, 각각의 서브-개구로부터의 광학적 빔들을 포커싱하고 이러한 빔들을 제2 렌즈(504)의 후방 초점 평면에서 중첩되게 지향시키도록 역할하는 2개의 백-투-백 마이크로렌즈 어레이들(504, 506)의 사용이다. 확대도(562)의 눈금(560)으로부터 명백한 바와 같이, 이러한 2개의 마이크로렌즈 어레이(504, 506) 설계들은 매우 콤팩트하며, 공칭적으로 포커싱되고 중첩된 빔들이 레이저 어레이(502)로부터 2 ㎜ 미만의 거리에서 발생한다. 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(504, 506)은 동일한 기판의 전방 및 후방 표면 상에 제조된다. 이는 유익하게는 조립하기에 용이한 매우 콤팩트한 시스템을 제공한다. 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(504, 506)은 별개의 기판들 상에 제조된다. 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(504, 506) 중 하나 또는 둘 모두는 굴절 광학 구성요소들일 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(504, 506) 중 하나 또는 둘 모두는 회절 광학 구성요소들일 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(504, 506) 중 하나 또는 둘 모두는 홀로그래픽 광학 구성요소들일 수 있다.

[0036] 도 5c는 도 5a의 레이저 어레이(502)로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 송신 광학 시스템(500)에 의해 생성되는 원거리 필드 패턴(580)의 일 실시예를 예시한다. 원거리 필드 스팟들이 2개의 수직적으로 인접한 픽셀들에 대해 도시되며, 여기에서 각각의 픽셀은 50 미터 범위에서 서브-개구들의 3X3 어레이를 포함한다. 도 5a의 시스템 도면이 2차원 어레이들의 측면도를 도시하지만, 도 5c가 주 축에 수직인 평면 내의 2차원 패턴을 예시한다는 것을 유의해야 한다. 명료성을 위해 시스템의 부분들만이 예시된다. 원거리 필드 패턴(580)은 50 미터의 범위에서 0.9-미터 거리(586)만큼 분리된 2개의 작은 스팟들(582, 584)을 야기한다. 스팟들(582, 584)은 단지 2개의 픽셀들(516, 518)에 대해서만 도시된다. 픽셀들 사이에 1.06 도가 존재하며, 이는 50-미터 범위에서 0.9-미터의 분리 거리(586)를 야기한다. 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율은 ~ 0.1이다. 최종 해상도는 인접한 픽셀들로부터의 스팟들 사이의 스팟 분리에 상대적인 하나의 픽셀로부터의 스팟 크기에 의해 결정된다. 따라서, 본 교시의 송신 광학 시스템은 유익하게는 원거리 필드에서 훨씬 더 작은 픽셀 스팟 크기-대-픽셀-피치 비율을 제공한다. 이는 시스템 해상도를 개선하며, 또한 높은 데이터 수집 속도 및 조명 패턴들 및 타이밍 시퀀스들에서의 유연성의 지원을 포함하여 데이터 수집에 대한 다수의 이점들을 제공하는 다수의 송신 광학 시스템들의 효율적이고 확장가능한 인터리빙을 허용한다.

[0037] 도 6은 본 교시의 VCSEL 어레이(604)에 대해 정렬된 양면 마이크로렌즈 어레이(602)의 일 실시예의 단면도(600)를 예시한다. VCSEL은 5개의 픽셀들(606, 608, 610, 612, 614)을 포함한다. 각각의 픽셀(606, 608, 610, 612, 614)은 9개의 서브-개구들을 포함한다. 예를 들어, 3개의 서브-개구들(616, 618, 620)이 픽셀에 대한 단면도(600)에서 보일 수 있다. 픽셀들은 피치(622)를 가지고 어레이 내에 배열된다. 5-픽셀 렌즈릿들(624, 626, 628, 630, 632)이 기판(636)의 제1 표면(634) 상에 형성된다. 픽셀 렌즈릿들(624, 626, 628, 630, 632)은 피치(638)를 가지고 어레이 내에 배열되며, VCSEL 어레이(604) 내의 픽셀들(606, 608, 610, 612, 614)의 어레이와 매칭된다. VCSEL 어레이(604)의 서브-개구들의 피치와 매칭되는 피치(642)로 설정된 서브-개구 렌즈릿들(640)이 기판(636)의 제2 표면(638) 상에 형성된다. 이러한 마이크로렌즈 어레이(602) 구성은 양면 마이크로렌즈로 지칭

될 수 있다. 하나의 특정 실시예에 있어서, 픽셀 피치는 250 μm이며 서브-개구 피치는 76 μm이다. 일부 실시예들에 있어서, 레이저 및 마이크로렌즈 어레이들(602, 604)은 1차원이다. 또한, 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(602, 604)은 2차원이다. 다양한 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이들(602, 604)은 상이한 수의 픽셀들, 서브-개구들, 픽셀 렌즈릿들 및/또는 서브-개구 렌즈릿들을 포함한다. 일부 실시예들에 있어서, 픽셀 피치(622)는 서브-개구 피치(642)의 정수배가 아니다. 일부 실시예들에 있어서, 서브-개구 피치(642)는 픽셀의 경계들에 걸쳐 연장하지 않는다.

[0038] 일부 실시예들에 있어서, 마이크로렌즈 어레이(602)의 서브-개구 렌즈릿(640) 측면은 VCSEL 어레이(604)에 가장 가깝게 위치된다. 픽셀 렌즈릿 표면(634)은 VCSEL 어레이(602)로부터 가장 멀리에 위치되며, 여기에서 각각의 렌즈릿(624, 626, 628, 630, 632)은 픽셀 바로 위에 중심이 맞춰진다. 이러한 배치는, 예를 들어, 픽셀(610) 위의 픽셀 렌즈릿(628)에 대해 도 6에 구체적으로 예시된다. 서브-개구 렌즈릿들은 서브-개구 바로 위에 중심이 맞춰진다. 이는, 예를 들어, 서브-개구(644) 위의 서브-개구 렌즈릿(640)에 대해 도 6에 예시된다.

[0039] 도 7a는 본 교시의 양면 마이크로렌즈 어레이(702)의 일 실시예의 하나의 측면을 도시하는 사시도(700)를 예시한다. 픽셀 렌즈릿들(704)은 기판(708)의 하나의 표면(706) 상에 형성된다. 렌즈릿들(704)은, 본 교시의 송신 광학 시스템의 일 실시예에서 픽셀 당 하나의 렌즈가 존재하도록, 예를 들어, VCSEL 어레이의 피치와 매칭되는 피치를 갖는다. 렌즈릿들(704)의 5X5 어레이가 사시도(700)에 예시된다. 서브-개구 렌즈릿들(712)은 기판(708)의 다른 표면(710) 상에서 보일 수 있다.

[0040] 도 7b는 도 7a의 양면 마이크로렌즈 어레이의 다른 측면을 도시하는 사시도(750)를 예시한다. 원(752)은 기판의 다른 표면(710) 상에 형성된 서브-개구 렌즈릿들(754)의 9X9 어레이를 강조한다. 서브-개구 렌즈릿(754) 피치는, 매칭되는 레이저들의 어레이, 예를 들어, VCSEL 어레이의 서브-개구들의 피치와 매칭된다. 픽셀 당 9개의 서브-개구 렌즈릿들이 존재한다.

[0041] 도 8은 본 교시의 다수의 송신 광학 시스템들(802, 804)을 포함하는 고-해상도 LIDAR 송신 시스템(800)의 일 실시예를 예시한다. 본 교시의 하나의 특징은, 본원에서 설명되는 2개의 마이크로렌즈 어레이 구성이, 하나의 송신 광학 시스템(802)에 의해 생성되는 전체 FOV가 제2 송신 광학 시스템(804)에 의해 생성되는 전체 FOV로부터 1 픽셀 미만만큼 오프셋되도록 별개의 송신 광학 시스템들을 사용하는 것을 가능하게 만든다는 점이다. 이러한 유형의 구성은 인터리빙된 구성으로 지칭될 수 있다. 2개의 송신 광학 시스템들(802, 804)로부터의 광을 인터리빙함으로써, 인터리빙된 송신 시스템(800)을 포함하는 LIDAR 시스템의 공간 해상도가 하나의 송신 광학 시스템만을 사용하는 LIDAR 시스템에 비해 크게 개선된다.

[0042] 인터리빙은 오직 하나의 목표 거리에서만 2개의 상이한 송신 광학 시스템들의 각각에 의해 생성되는 스팟들 사이에 균일한 간격을 가질 것이다(때때로 완벽한 인터리빙으로 지칭됨). 그러나, 송신 광학 시스템들(802, 804) 사이의 분리가 작을 수 있고, 일부 실시예들에서 분리는 약 10 밀리미터 정도이고, 일부 실시예들에서 목표 거리들은 약 10 미터 정도이기 때문에, 심지어 불완전한 인터리빙도 용인가능하고 해상도를 개선한다. 따라서, 송신 광학 시스템들(802, 804)을 인터리빙함으로써 개선된 해상도는 본 교시의 송신 광학 시스템들을 사용하여 목표 거리들의 범위에 걸쳐 가능하다. 도 8은, 송신 광학 시스템(802)으로부터의 스팟들(808)의 제1 어레이 및 송신 광학 시스템(804)으로부터의 스팟들(810)의 제2 어레이의 인터리빙을 예시하는, 하나의 목표 거리에 인터리빙된 스팟들(806)의 어레이를 도시한다.

[0043] 도 9a는, 도 3a에 예시된 바와 같은, 2개의 통상적인 벌크 렌즈들을 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 시스템을 사용하는 단일 솔리드-상태 LIDAR 송신기에 대한 원거리 필드 패턴(900)을 예시한다. 픽셀 스팟 크기(902) 및 픽셀 피치(904)는 공칭적으로 동일하다. 픽셀 스팟 크기(902)는 전체 픽셀이다. 모든 서브-개구 스팟들은 그 픽셀 및 연관된 서브-개구들에 에너지를 공급하기 위해 인가되는 제어 신호에 의해 조명된다. 이와 같이, 2개의 벌크 렌즈들만을 사용하며 마이크로렌즈들을 사용하지 않는 2개의 상이한 송신 광학 시스템들로부터의 픽셀 스팟들(906)을 인터리빙하는 것이 불가능하다. 원거리 필드에서 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치는 이러한 시스템에 대해 1에 가깝다. 결과적으로, 2개의 송신 광학 시스템들을 사용하여 스팟들을 인터리빙하고 개선된 해상도를 제공하기 위한 공간이 존재하지 않는다.

[0044] 도 9b는, 예를 들어, 도 4a에 도시된 바와 같은, 하나의 마이크로렌즈 어레이 및 하나의 벌크 렌즈를 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하기 위한 시스템을 사용하는 다수의 인터리빙된 솔리드-상태 LIDAR 송신기들에 대한 원거리 필드 패턴(930)을 예시한다. 이러한 구성에서, 단일의 에너지가 공급된 픽셀로부터의 스팟 크기는 픽셀 FOV 피치(934)보다 더 작은 음영진 스팟(932)으로 도시된다. 원거리 필드에서 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치의 비율은 이러한 시스템에 대해 0.5에 가깝다. 따라서, 이러한 경우에, 예를 들어, 4개의 송신 광

학 시스템들을 인터리빙하는 것이 가능하다. 이는, 4개의 상이한 송신 광학 시스템들과 연관된 4개의 상이한 픽셀 스팟들(932, 936, 938, 940)을 생성한다. 4개의 상이한 송신 광학 시스템들로부터의 스팟들의 인터리빙은 각각의 차원에서 2 배만큼 공간 해상도를 증가시킨다.

[0045] 도 9c는 본 교시의 2개의 마이크로렌즈 어레이들 및 하나의 통상적인 벌크 렌즈를 사용하는 레이저 어레이로부터 광학적 빔들을 투사하는 송신 광학 시스템의 일 실시예를 사용하는 다수의 인터리빙된 솔리드 상태 LIDAR 송신기들에 대한 원거리 필드 패턴(950)을 예시한다. 송신 광학 시스템의 이러한 실시예는, 예를 들어, 도 5a에 도시된 실시예일 수 있다. 이러한 구성에서, 단일 픽셀 스팟(954)의 픽셀 스팟 크기(952)는 픽셀 FOV 피치(956)에 비해 매우 작다. 일부 실시예들에 있어서, 원거리 필드에서 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치의 비율은 0.1보다 더 작다. 공간 해상도를 증가시키기 위해 적어도 9개의 송신 광학 시스템들로부터의 스팟들(954)을 인터리빙하는 것이 가능하다. 상이한 음영들이 상이한 송신 광학 시스템들로부터의 픽셀 스팟들을 예시하기 위해 사용된다.

[0046] 도 9a 내지 도 9c와 관련하여 설명된 예들은 픽셀들의 3X3 그리드를 갖는 VCSEL 어레이에 의해 생성된 원거리 필드 패턴들(900, 930, 950)을 예시하며, 여기에서 각각의 픽셀은 서브-개구들의 3X3 그리드를 포함한다. 픽셀들 및/또는 서브-개구 크기들 및/또는 형상들 모두에 대해 상이한 어레이 크기들 및/또는 형상들로 조정하는 것은 간단한 확장이다.

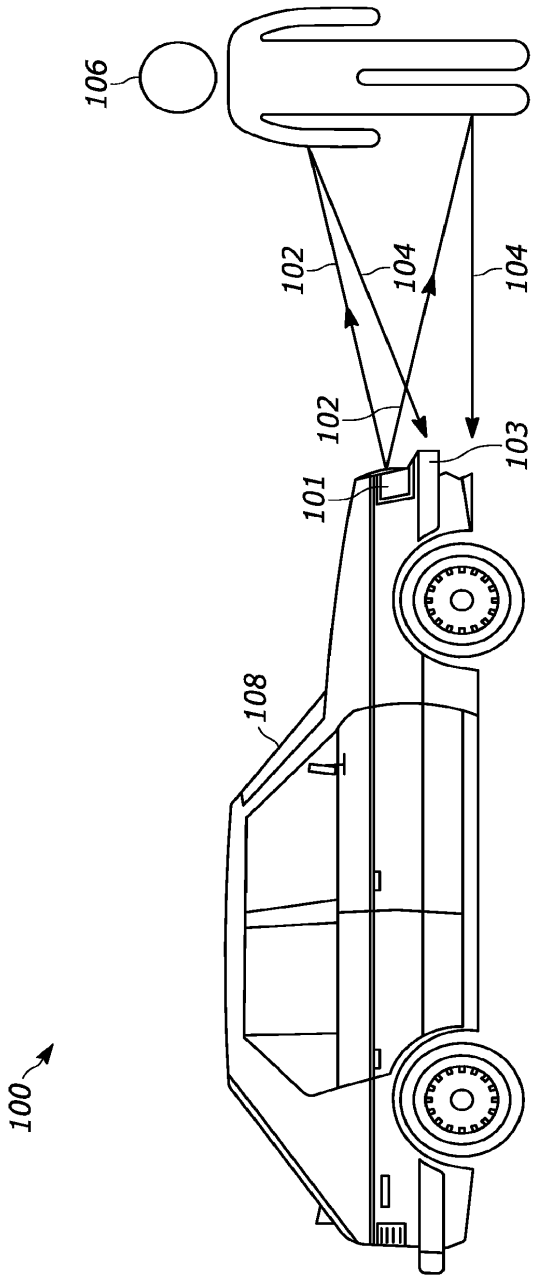
[0047] 따라서, VCSEL 픽셀 서브-개구 방출기들로부터의 광학적 빔들을 포커싱하기 위한 서브-개구 마이크로렌즈들, 서브-개구 광학적 빔들을 중첩 지점에서의 그들의 초점으로 리다이렉트하기 위한 픽셀 마이크로렌즈들, 및 각각의 픽셀 내의 서브-개구 빔들을 원거리 필드의 상이한 각도에 투사하기 위한 벌크 렌즈의 조합을 사용하는 송신 광학 시스템들의 하나의 특징은, 이러한 송신 광학 시스템이 송신 광학 시스템들의 인터리빙을 허용하기에 충분하게 공간 해상도를 개선한다는 점이다. 이러한 개선은 부분적으로, 더 작은 원거리 필드 픽셀-스팟-크기-대-픽셀-피치 비율이 달성되기 때문이다. 원거리 필드에서의 상이한 투사 각도들은, 벌크 렌즈의 주 축 또는 중심에 대한 특정 픽셀 광학적 빔의 위치에 기초한다. 따라서, 상이한 초점 길이들 및 위치들을 갖는 벌크 렌즈들을 사용함으로써, 다양한 원거리-필드 투사 각도들이 달성될 수 있다.

[0048] 등가물들

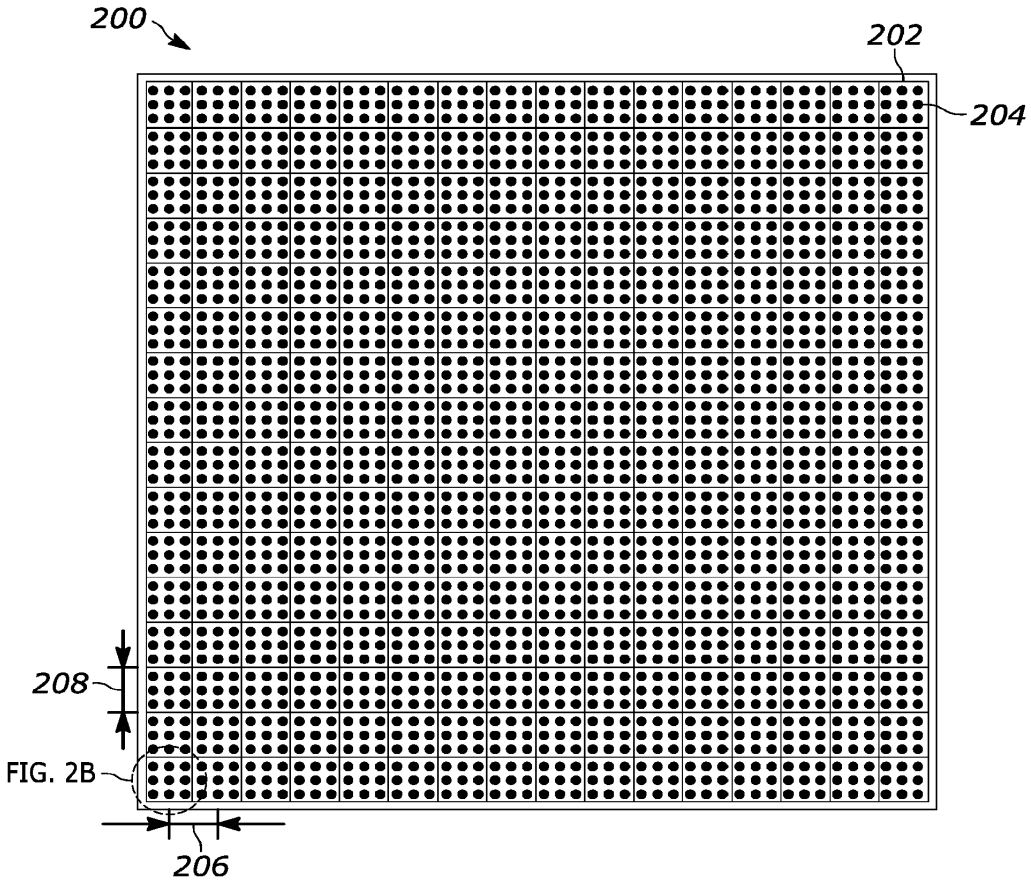
[0049] 출원인의 교시가 다양한 실시예들과 관련하여 설명되었지만, 출원인의 교시가 이러한 실시예들로 한정되도록 의도되지 않는다. 반대로, 출원인의 교시는, 당업자들에 의해 이해될 바와 같이, 본 교시의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있는, 다양한 대안예들, 수정예들, 및 등가물들을 포괄한다.

도면

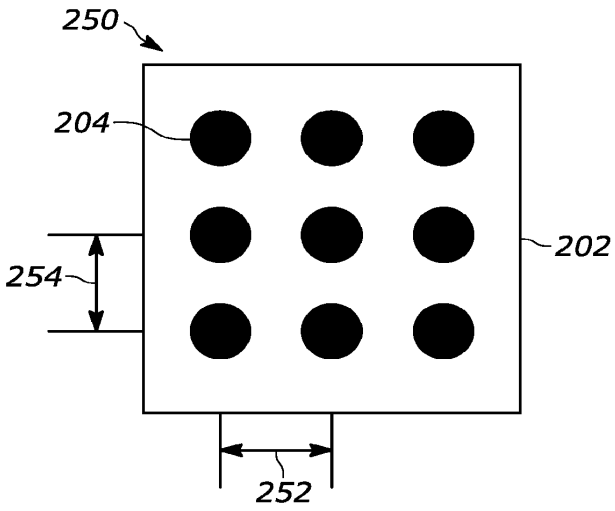
도면1



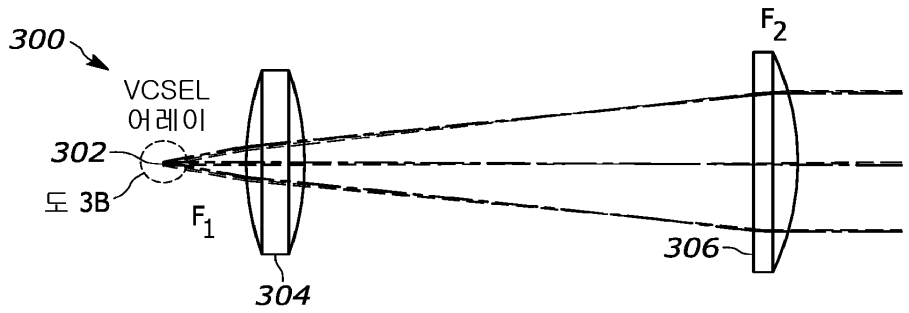
도면2a



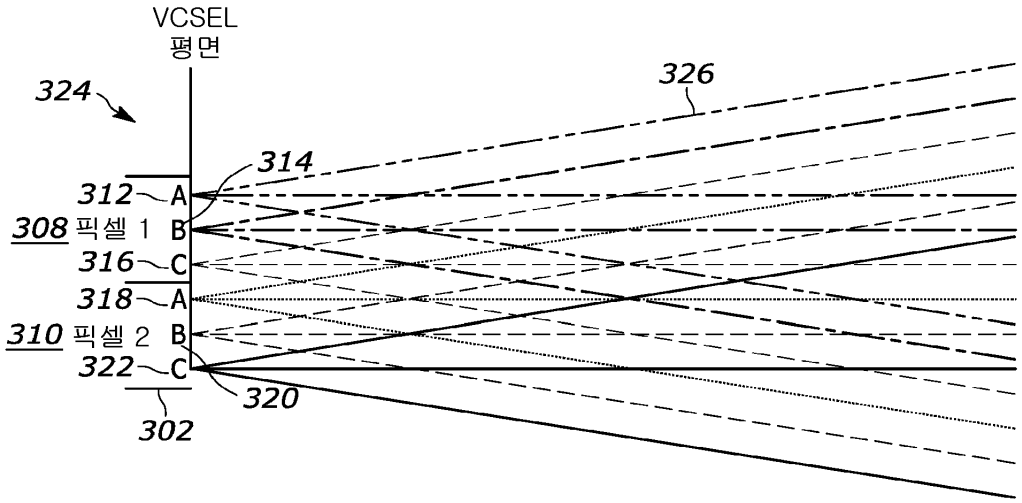
도면2b



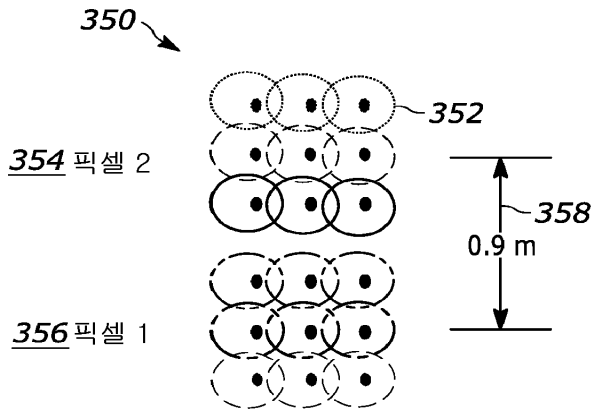
도면3a



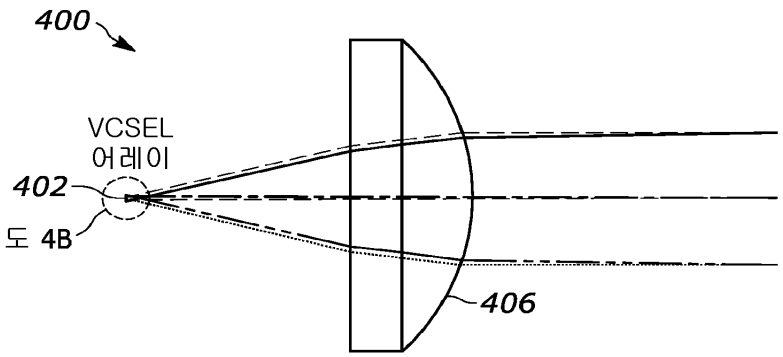
도면3b



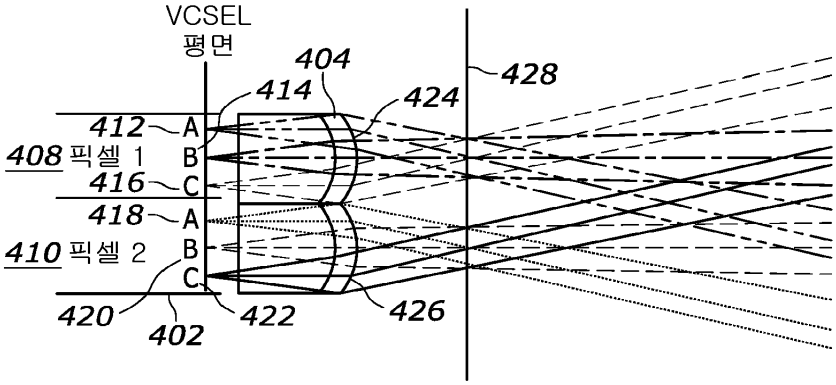
도면3c



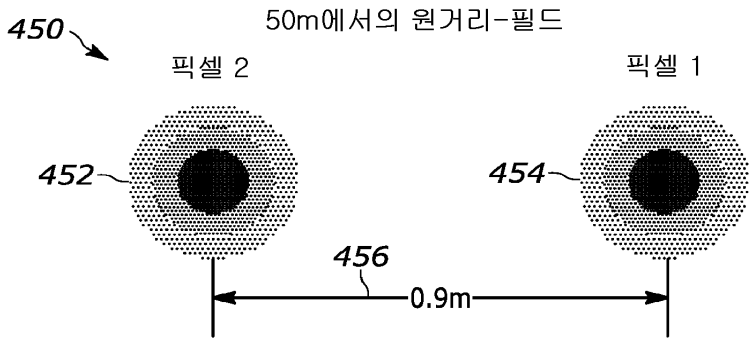
도면4a



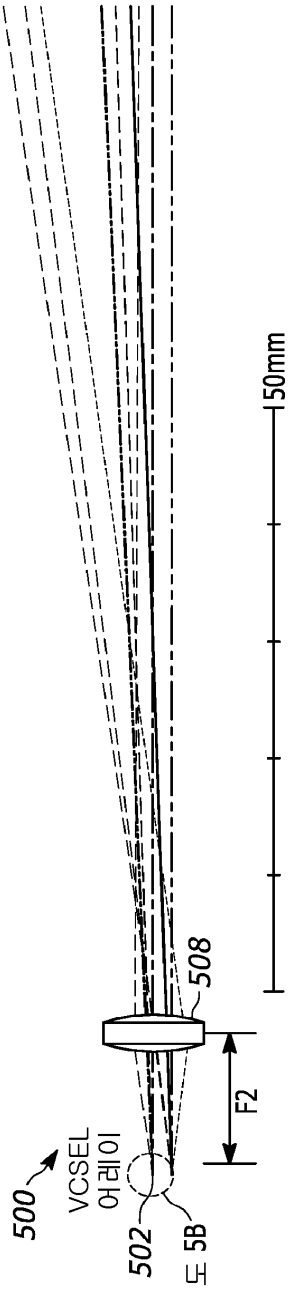
도면4b



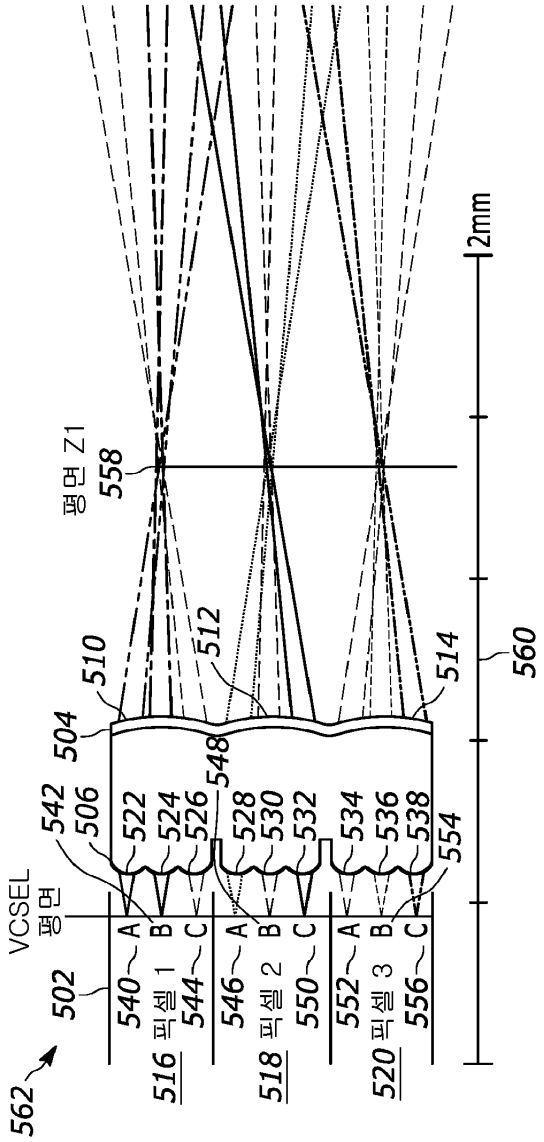
도면4c



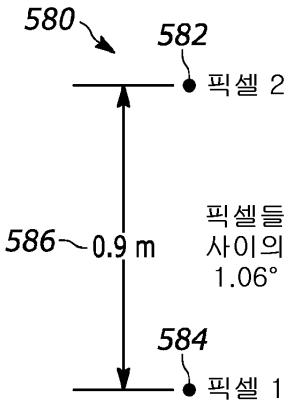
도면5a



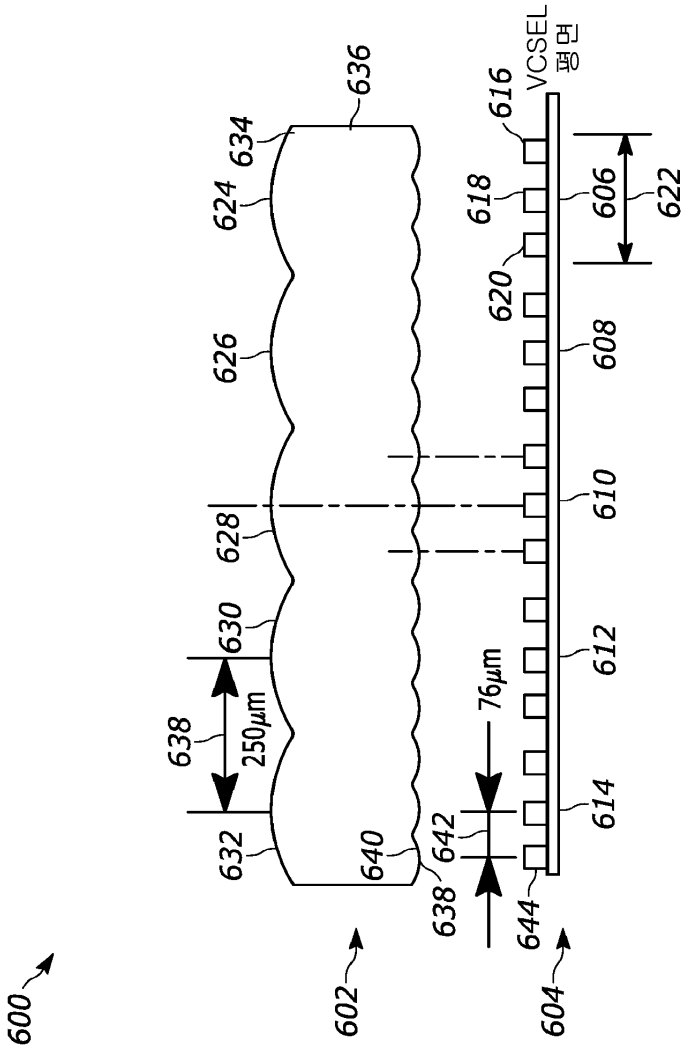
도면5b


2mm
평면 Z1
558
510
512
514
560
504
548
542
506
522
524
526
528
530
532
534
536
538
554
VCSEL 평면
A
B
C
502
540
544
546
550
552
556
픽셀 1
픽셀 2
픽셀 3
516
518
520
562

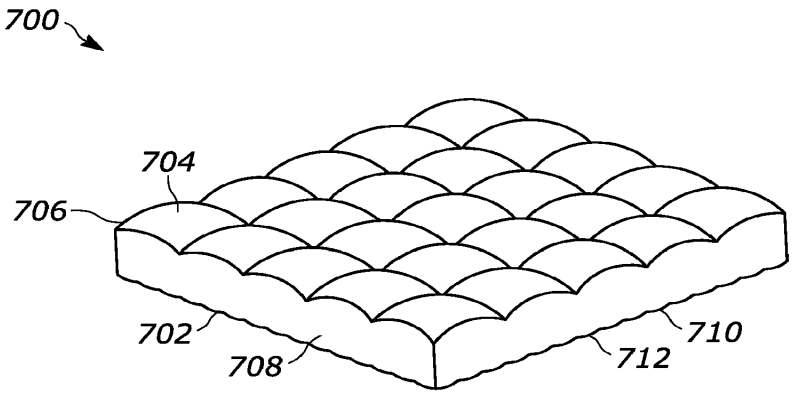
도면5c


580
582
픽셀 2
586
0.9 m
픽셀들
사이의
1.06°
584
픽셀 1

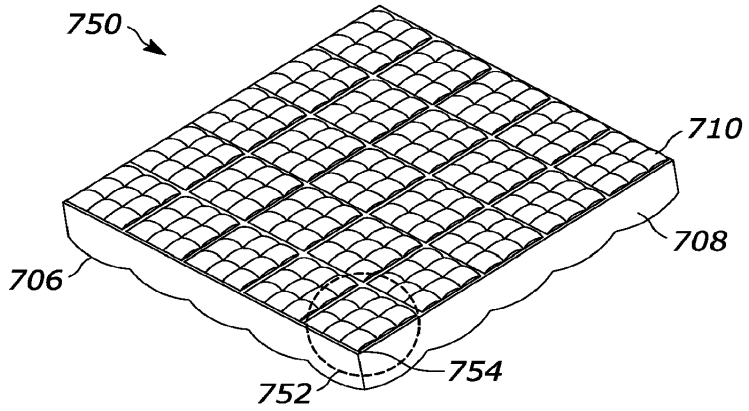
도면6


VCSEL 평면
636
634
624
626
628
630
638
250μm
632
640
642
638
76μm
644
616
618
620
606
622
608
610
612
614
600
602
604

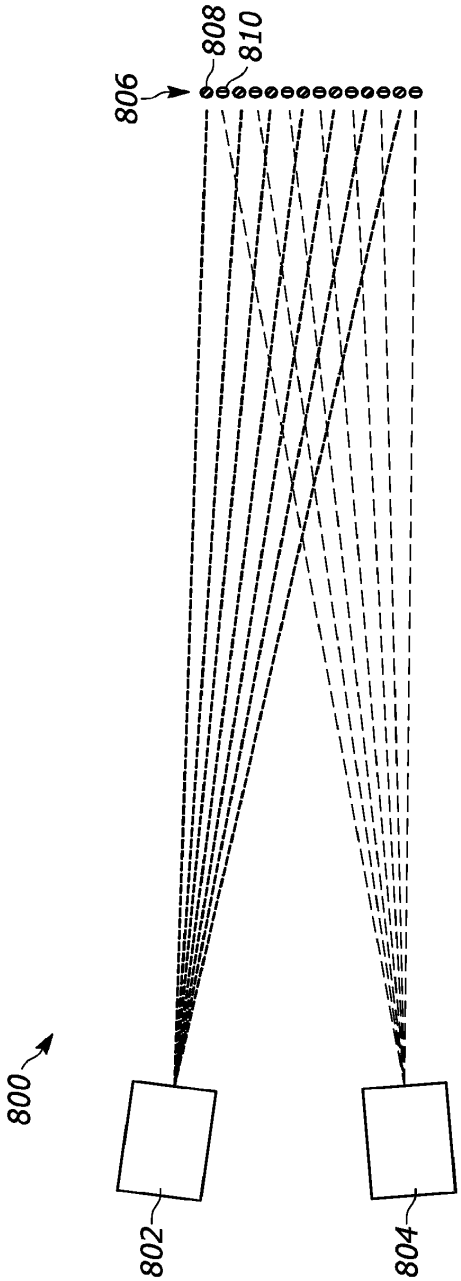
도면7a


700
704
706
702
708
710
712

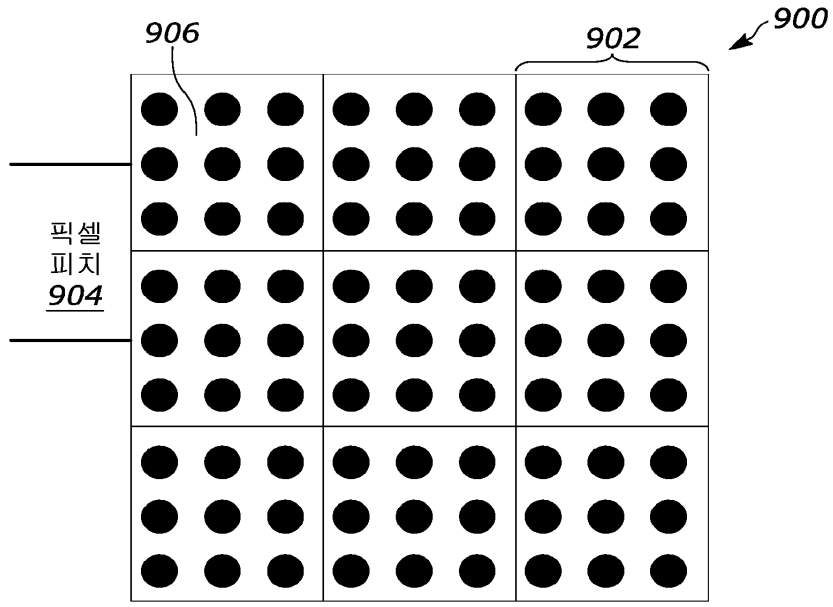
도면7b



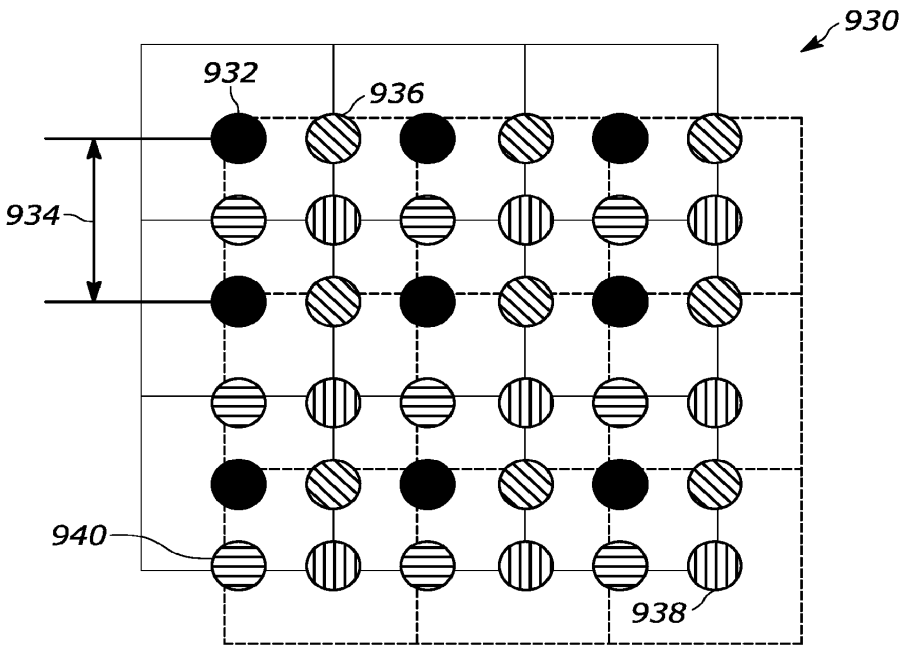
도면8



도면9a



도면9b



도면9c

