



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0028446
(43) 공개일자 2020년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/32 (2020.01) G01S 17/10 (2020.01)
G01S 7/481 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 17/32 (2013.01)
G01S 17/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7004185
(22) 출원일자(국제) 2017년08월31일
심사청구일자 2020년02월12일
(85) 번역문제출일자 2020년02월12일
(86) 국제출원번호 PCT/CN2017/100069
(87) 국제공개번호 WO 2019/041274
국제공개일자 2019년03월07일

(71) 출원인
에스지 디제이아이 테크놀러지 코., 엘티디
중국 518057 광둥 쟈젠 난산 디스트릭트 하이-테크 파크 사우쓰 디스트릭트 위에싱 1에스티 알디. 엔오 9 에이치케이유에스티 에스지 아이이알 빌딩 6에프
(72) 발명자
정 귀광
중국 518057 광둥 선전 시티 난산 디스트릭트 하이-테크 파크(사우스) 웨싱 1스트 로드 넘버 9 에이치케이유에스티 에스지 아이이알 빌딩 6에프
홍 샤오핑
중국 518057 광둥 선전 시티 난산 디스트릭트 하이-테크 파크(사우스) 웨싱 1스트 로드 넘버 9 에이치케이유에스티 에스지 아이이알 빌딩 6에프
왕 밍위
중국 518057 광둥 선전 시티 난산 디스트릭트 하이-테크 파크(사우스) 웨싱 1스트 로드 넘버 9 에이치케이유에스티 에스지 아이이알 빌딩 6에프
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

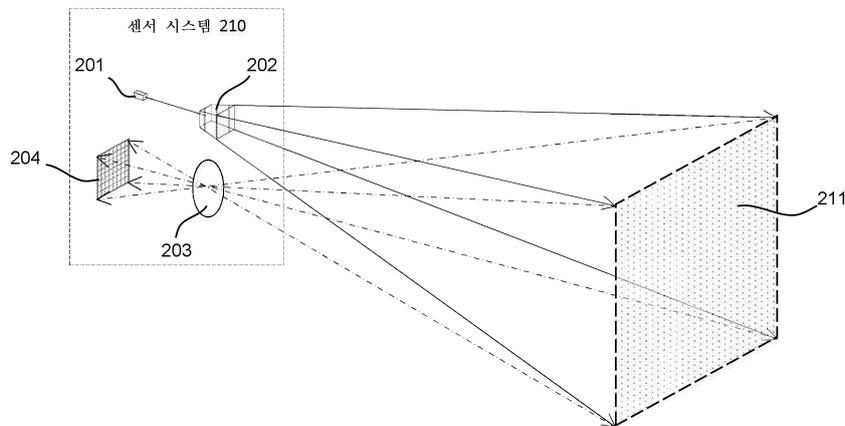
(54) 발명의 명칭 **고체 상태 광 검출 및 레인지(LIDAR) 시스템, 그리고 고체 상태 광 검출 및 레이징(LIDAR) 분해능을 향상시키는 시스템 및 방법**

(57) 요약

센서 시스템은 복수의 유닛을 갖는 검출기를 포함할 수 있으며, 검출기는 제1 구성에서, 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제1 전기 신호 세트를 생성하도록 구성된다. 부가적으로, 검출기는 제2 구성에서 하나 이상의 물체 상의 제2 복수의 포인트로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제2 전기 신호 세트를 생성하도록 구성되며, 제1 구성 및 제2 구성은 사전 결정된 상관 관계에 있다. 또한, 검출기는 제1 전기 신호 세트 및 제2 전기 신호 세트에 기반하여 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트 및 제2 복수의 포인트 각각에 대한 거리를 결정할 수 있다.

대표도 - 도2

200



(52) CPC특허분류

G01S 7/4814 (2013.01)

G01S 7/4816 (2013.01)

G01S 7/4817 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 검출 유닛을 갖는 검출기(detector)를 사용하여 센서 시스템의 화각(angle of view)에서 하나 이상의 물체(object)를 감지(sensing)하는 방법으로서,

제1 구성(configuration)을 상기 센서 시스템에 적용하여 제1 전기 신호 세트를 획득하는 단계 - 상기 제1 전기 신호 세트는 상기 센서 시스템의 시야(field of view)에서 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트(point)로부터 반사된 제1 광 빔(light beam)의 수신된 광자(photon) 에너지에 기반하여 상기 검출기에 의해 생성됨 -;

제2 구성을 상기 센서 시스템에 적용하여 제2 전기 신호 세트를 획득하는 단계 - 상기 제2 전기 신호 세트는 상기 하나 이상의 물체 상의 제2 복수의 포인트로부터 반사된 제2 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 상기 검출기에 의해 생성되며, 상기 제1 구성과 상기 제2 구성은 상이함 -; 및

데이터 프로세서를 통해, 상기 제1 전기 신호 세트 및 상기 제2 전기 신호 세트에 기반하여, 상기 하나 이상의 물체 상의 상기 제1 복수의 포인트 및 상기 제2 복수의 포인트의 거리 정보를 결정하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 검출기는 상기 제1 구성에서 수신된 광에 대한 제1 공간 위치(spatial location)에 구성되고, 상기 검출기는 상기 제2 구성에서 수신된 광에 대한 제2 공간 위치에 구성되며, 상기 제1 공간 위치와 상기 제2 공간 위치는 상이한, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 전기 신호 세트는 제1 픽셀 세트에 대응하고, 상기 제2 전기 신호 세트는 제2 픽셀 세트에 대응하는, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 구성과 상기 제2 구성 사이를 스위칭하여 상기 제1 픽셀 세트와 상기 제2 픽셀 세트 사이에서 픽셀 시프트(shift)를 야기시키는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 픽셀 세트와 상기 제2 픽셀 세트 사이의 픽셀 시프트는 열(column) 방향 또는 행(row) 방향 중 적어도 하나에서 대략 픽셀의 일부(fraction)인, 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 제1 픽셀 세트 및 상기 제2 픽셀 세트에 기반하여 결과 데이터 프레임(resultant data frame)을 생성하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

제1 픽셀 세트와 연관된 제1 데이터 프레임 및 제2 픽셀 세트와 연관된 제2 데이터 프레임에 기반하여 결과 데이터 프레임을 생성하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 광 빔 및 상기 제2 광 빔은 동일한 광원 또는 상이한 광원에 의해 생성되는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 광 빔 및 상기 제2 광 빔의 파장이 약 905nm 또는 약 1550nm인, 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제1 광 빔과 상기 제2 광 빔은 상이한 광학 경로(optical path)를 갖는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 센서 시스템은 평면 플레이트 렌즈(planar plate lens)를 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 평면 플레이트 렌즈를 상기 검출기의 전방에 배열(arrange)하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 평면 렌즈는 상기 제1 구성에서 입사 광(incoming light)에 대해 제1 각도가 되도록 구성되고, 상기 제2 구성에서 입사광에 대해 제2 각도가 되도록 구성되는, 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 각도 또는 제2 각도 중 하나는 실질적으로 수직 각도인, 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 물체 상의 상기 제1 복수의 포인트 및 상기 제2 복수의 포인트에 대한 거리 정보는 데이터 퓨전 기술(fusion technique)을 사용하여 계산되는, 방법.

청구항 16

센서 시스템으로서,

복수의 유닛을 갖는 검출기

를 포함하며,

상기 검출기는

제1 구성에서 하나 이상의 물체 상의 복수의 제1 포인트로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제1 전기 신호 세트를 생성하고;

제2 구성에서 하나 이상의 물체 상의 제2 복수의 포인트로부터 반사되는 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제2 전기 신호 세트를 생성하며 - 상기 제1 구성과 상기 제2 구성은 미리 결정된 상관 관계에 있음 -; 그리고

상기 제1 전기 신호 세트 및 상기 제2 전기 신호 세트에 기반하여 상기 하나 이상의 물체 상의 상기 제1 복수의 포인트 및 상기 제2 복수의 포인트의 각각에 대한 거리를 결정하도록 구성되는, 센서 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 센서 시스템은 상기 검출기의 전방에 배열되는 평면 플레이트 렌즈를 포함하는, 센서 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 평면 렌즈는 상기 제1 구성에서 입사 광에 대해 제1 각도가 되도록 구성되고, 상기 제2 구성에서 입사 광에 대해 제2 각도가 되도록 구성되는, 센서 시스템.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제1 각도 및 상기 제2 각도 중 하나는 실질적으로 수직 각도인, 센서 시스템.

청구항 20

명령이 저장된 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체로서,

상기 명령은 프로세서에 의해 실행될 때,

제1 구성을 상기 센서 시스템에 적용하여 제1 전기 신호 세트를 획득하는 단계 - 상기 제1 전기 신호 세트는 상기 센서 시스템의 시야에서 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트로부터 반사된 제1 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 상기 검출기에 의해 생성됨 -;

제2 구성을 상기 센서 시스템에 적용하여 제2 전기 신호 세트를 획득하는 단계 - 상기 제2 전기 신호 세트는 상기 하나 이상의 물체 상의 제2 복수의 포인트로부터 반사된 제2 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 상기 검출기에 의해 생성되며, 상기 제1 구성과 상기 제2 구성은 상이함 -; 및

데이터 프로세서를 통해, 상기 제1 전기 신호 세트 및 상기 제2 전기 신호 세트에 기반하여, 상기 하나 이상의 물체 상의 상기 제1 복수의 포인트 및 상기 제2 복수의 포인트의 거리 정보를 결정하는 단계

를 포함하는 단계들을 수행하는, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

발명의 설명

기술 분야

개시된 실시 예는 일반적으로 감지(sensing)에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 광학 감지(optical sensing)에 관한 것이지만, 독점적으로는(exclusively) 아니다.

[0001]

배경 기술

[0002] 센서는 예를 들어, 이동 가능하거나 고정된 물체(object)에 의한 다양한 유형의 작동(operation)을 수행하는 데 중요하다. 특히, 로봇, 유인 차량 및 무인 차량과 같은 이동 가능한 물체는 주변 환경을 감지하기 위해 다양한 센서를 활용할 수 있다. 예를 들어, 이동 가능한 물체는 알려지지 않은 환경에서 경로 계획, 장애물 검출 및 회피를 수행하기 위해 주변 조건을 인식해야 한다. 이것이 본 발명의 실시 예가 다루고자 하는 일반적인 영역이다.

발명의 내용

[0003] 광학 검출(optical detection) 및 레인지(ranging)를 수행하기 위한 기술적 솔루션을 제공하는 시스템 및 방법이 여기에 설명된다. 센서 시스템은 광 빔(light beam)을 방출(emit)하도록 구성된 광원을 포함할 수 있다. 또한, 센서 시스템은 방출된 광 빔을 균질화(homogenize)하도록 구성되는 하나 이상의 광학 엘리먼트를 포함하며, 광 빔은 센서 시스템의 FOV(field of view)를 향한다. 또한, 센서 시스템은 복수의 포토 검출 디바이스(photo detection device)를 갖는 검출기(detector)를 포함하고, 복수의 포토 검출 디바이스의 각각의 포토 검출 디바이스는 센서 시스템의 FOV에서 하나 이상의 물체로부터 반사되는 광 빔의 광자 에너지(photon energy)의 적어도 일부를 수신하고, 수신된 광자 에너지에 기반하여 적어도 하나의 전기 신호를 생성하도록 구성된다.

[0004] 또한 광학 검출 및 레인지를 수행하기 위한 기술적 솔루션을 제공하는 시스템 및 방법이 여기에 설명된다. 센서 시스템은 복수의 유닛을 갖는 검출기를 포함할 수 있고, 검출기는 제1 구성에서, 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트(point)으로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제1 전기 신호 세트를 생성하도록 구성된다. 부가적으로, 검출기는 제2 구성에서, 하나 이상의 물체 상의 제2 복수의 포인트로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제2 전기 신호 세트를 생성하도록 구성되며, 여기서 제1 구성 및 제2 구성은 사전 결정된 상관 관계에 있다. 또한, 검출기는 제1 전기 신호 세트 및 제2 전기 신호 세트에 기반하여 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트 및 제2 복수의 포인트 각각에 대한 거리를 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 광 검출 및 레인지(light detection and ranging)(LIDAR) 감지 시스템의 개략도를 도시한다.

도 2는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 고체 상태(solid-state) LIDAR 센서 시스템의 개략도를 도시한다.

도 3은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 FOV(Field of View) 조명의 예시적인 실례(exemplary illustration)를 도시한다.

도 4는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 FOV 조명 방식의 실례를 도시한다.

도 5는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 대안적인 예시적인 FOV 조명 방식의 실례를 도시한다.

도 6은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, FOV 조명을 위한 홀로그램 필터를 사용하는 실례를 도시한다.

도 7은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 FOV 조명 시스템을 도시한다.

도 8은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 홀로그래픽 필터를 갖는 예시적인 FOV 조명 방식을 도시한다.

도 9는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 LIDAR 센서 시스템에서의 광학 검출(optical detection)의 예시적인 실례를 도시한다.

도 10은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 포토 검출 디바이스(device)의 어레이를 갖는 검출기(detector)의 예시적인 실례를 도시한다.

도 11은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 LIDAR 센서 시스템을 사용하여 주변 환경을 감지하는 흐름도를 도시한다.

도 12는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 픽셀 시프팅 방식(pixel shifting scheme)의 예시적인 실례를 도시한다.

도 13은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, 픽셀 시프팅 방식을 적용한 예시적인 결과 데이터 프레임(resultant

data frame)을 도시한다.

도 14는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 대안적인 픽셀 시프팅 방식의 예시적인 도면을 도시한다.

도 15는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, 픽셀 시프팅 방식으로 평면 플레이트 렌즈(planar plate lens)를 사용하는 예시적인 실례를 도시한다.

도 16은 본 발명의 다양한 실시 예에 따라 평면 플레이트 렌즈를 회전시키는 것에 의해 야기되는 픽셀 시프팅 효과의 예시적인 실례를 도시한다.

도 17은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 LIDAR 센서 시스템에서 픽셀 시프팅을 지원하는 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] 본 발명은 유사한 참조가 유사한 엘리먼트를 나타내는 첨부 도면의 도면에서 예시적인 것이며 제한적인 것이 아닌 것에 의해 설명된다. 본 개시에서 "일" 또는 "하나" 또는 "일부" 실시 예(들)에 대한 참조는 반드시 동일한 실시 예에 대한 것은 아니며, 그러한 참조는 적어도 하나를 의미한다는 것에 유의해야 한다.
- [0007] 다음과 같은 본 발명의 설명은 광학 감지 시스템을 위한 예로서 광 검출 및 레이징(light detection and ranging)(LIDAR) 센서 시스템을 사용한다. 다른 유형의 광 감지 시스템이 제한없이 사용될 수 있음은 당업자에게 명백할 것이다.
- [0008] 다양한 실시 예에 따르면, 광학적 검출 및 레이징을 수행하기 위한 기술적 솔루션이 제공될 수 있다. 센서 시스템은 광 빔을 방출하도록 구성된 광원을 포함할 수 있다. 또한, 센서 시스템은 방출된 광 빔을 균질화하도록 구성되는 하나 이상의 광학 엘리먼트를 포함하며, 방출된 광 빔은 센서 시스템의 FOV(field of view)를 향한다. 부가적으로, 센서 시스템은 복수의 포토 검출 디바이스를 갖는 검출기를 포함하고, 복수의 포토 검출 디바이스의 각각의 포토 검출 디바이스는 센서 시스템의 FOV에서 하나 이상의 물체로부터 반사되는 광 빔의 광자 에너지의 적어도 일부를 수신하고, 수신된 광자 에너지에 기반하여 적어도 하나의 전기 신호를 생성하도록 구성된다.
- [0009] 다양한 실시 예에 따르면, 광학적 검출 및 레이징을 수행하기 위한 기술적 솔루션이 제공될 수 있다. 센서 시스템은 복수의 유닛을 갖는 검출기를 포함할 수 있고, 검출기는 제1 구성에서, 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제1 전기 신호 세트를 생성하도록 구성된다. 부가적으로, 검출기는 제2 구성에서, 하나 이상의 물체 상의 제2 복수의 포인트로부터 반사된 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 제2 전기 신호 세트를 생성하도록 구성되며, 여기서 제1 구성 및 제2 구성 구성은 사전 결정된 상관 관계에 있다. 또한, 검출기는 제1 전기 신호 세트 및 제2 전기 신호 세트에 기반하여 하나 이상의 물체 상의 제1 복수의 포인트 및 제2 복수의 포인트 각각에 대한 거리를 결정할 수 있다.
- [0010] 도 1은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 LIDAR 감지 시스템의 개략도(100)를 도시한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 센서 시스템(110)은 주변 환경을 스캐닝하고 센서 시스템(110)의 시야(field of view, FOV) 내에서 센서 시스템(110)과 하나 이상의 물체(예를 들어, 물체(103)) 사이의 거리를 검출하기 위해 사용될 수 있다..
- [0011] 센서 시스템(110)은 광원, 예를 들어, 레이저 빔과 같은 광 빔을 발생시킬 수 있는 발광 다이오드(light emitting diode)와 같은 레이저 발광기(emitter)(101)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔은 단일 레이저 펄스 또는 일련의 레이저 펄스일 수 있다. 다양한 실시 예들에 따르면, 광 빔은 센서 시스템(110)의 FOV에서 주변 환경을 스캐닝하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 광 빔은 물체(103)에 도달할 수 있고, 물체(103)의 표면 상의 포인트(또는 일 부분)로부터 센서 시스템(110)을 향해 다시 반사될 수 있다. 또한, 센서 시스템(110), 예를 들어 LIDAR 센서 시스템은 물체(103)의 거리 정보를 검출하기 위해 센서 시스템(110)과 포인트(104) 사이에서 광이 진행되는 시간, 즉 TOF(time-of-flight)를 측정할 수 있다.
- [0012] 또한, 기존의 LIDAR에는 여러 유형이 있다. 전술한 TOF(Time-of-Flight) LIDAR 이외에, 주파수 변조 연속파(frequency modulated continuous wave, FMCW) LIDAR가 존재한다. TOF LIDAR는 송수신된 레이저 펄스에 대한 시간을 측정하므로 일반적으로 장거리 구현에서 발견된다. FMCW LIDAR 시스템은 우수한 이미징이 필요한 단거리 응용 분야에서 널리 사용될 수 있다. FMCW LIDAR 시스템에서, 발광기에서 나오는 레이저 빔의 주파수는 시간이 지남에 따라 변한다. 방출된 레이저 빔의 주파수-시간 관계에 기반하여, 왕복 이동 시간(round-trip travel time)은 방출된 레이저 빔과 수신된 반사된 레이저 빔 사이의 주파수 차이로부터 계산될 수 있고, 결과적으로 타겟 물체까지의 거리가 계산될 수 있다 .

- [0013] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 검출기(102)는 반사된 광의 적어도 일부를 수신할 수 있으며, 수신된 광자 에너지를 전기 신호로 변환할 수 있다. 예를 들어, 검출기(105)는 고감도 반도체 전자 디바이스인 하나 이상의 APD(avalanche photodiode) 디바이스와 같은 하나 이상의 포토 디바이스(photo device)를 이용할 수 있다. APD 디바이스는 광전류(photocurrent) 효과를 활용하여 수신된 광자 에너지를 전기로 변환할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 물체(103)까지의 거리를 검출하기 위해, TOF(time-of-flight) 유닛(105)과 같은 측정 회로가 TOF를 측정하기 위해 사용될 수 있다. TOF 유닛(105)은 수식 $t = 2D/c$ 에 기반하여 거리를 계산할 수 있으며, 여기서 D는 센서 시스템(110)과 물체(103) 사이의 거리이고, c는 광속이며, t는 광이 센서 시스템(110)으로부터 물체(103)로 왕복 이동하고 센서 시스템(110)으로 되돌아가는 데 걸리는 시간이다. 센서 시스템(110)은 광원(101)에 의한 광 펄스(111)의 방출과 검출기(105)에 의한 리턴 빔(112)의 수신 사이의 경과된 시간(또는 시간 차이)에 기반하여 물체(103)까지의 거리를 측정할 수 있다.
- [0015] 다양한 실시 예들에서, 레이저 발광기(101)는 나노초(nanosecond, ns) 레벨에서 광을 방출할 수 있다. 예를 들어, 광 발광기(101)는 10ns에 가까운 지속 기간(duration)으로 레이저 펄스를 생성할 수 있고, 검출기(105)는 유사한 지속 기간 동안 리턴 신호를 검출할 수 있다. 또한, 수신 프로세스는 예를 들어, 측정된 전기 펄스의 상승 에지(rising edge)를 검출하는 것에 의해 펄스 수신 시간을 결정할 수 있다. 또한, 검출은 멀티 스테이지(multi-stage) 증폭 프로세스를 이용할 수 있다. 따라서, 센서 시스템(110)은 거리 정보를 결정하기 위해 TOF(time-of-flight) 정보를 계산하기 위해 펄스 방출 시간 정보 및 펄스 수신 시간 정보를 사용할 수 있다.
- [0016] 도 2는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 고체 상태 LIDAR 센서 시스템의 개략도(200)를 도시한다. 도 2에 도시된 바와 같이, LIDAR 센서 시스템(210)은 광원(201), 예를 들어 레이저 빔과 같은 광 빔을 방출할 수 있는 레이저 발광기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 레이저 발광기는 단일 레이저 펄스 또는 일련의 레이저 펄스를 생성할 수 있다.
- [0017] 다양한 실시 예들에 따르면, 광원(201)은 하나 이상의 레이저 다이오드를 이용할 수 있다. 예를 들어, 광원(201)은 고휘력 LED와 같은 단일 레이저 다이오드를 포함할 수 있다. 다르게는, 광원(201)은 광의 균일성을 향상시키기 위해 (예를 들어, 칩 내에) 레이저 다이오드의 멀티 다이 패키지(multi-die package)를 포함할 수 있다.
- [0018] 다양한 실시 예들에 따르면, 광원(201)은 표면 방출 디바이스(surface emitting device)를 이용할 수 있다. 예를 들어, 광원(201)은 VCSEL(vertical cavity surface emitting laser) 디바이스를 포함할 수 있다. VCSEL 레이저가 표면 방출 레이저이며, 이는 종래의 에지(edge) 방출 레이저보다 웨이퍼(wafer) 레벨에서 레이저 어레이를 형성하기 쉽기 때문에, VCSEL 레이저는 광의 균일성을 개선하는데 유리할 수 있다. 또한 VCSEL 레이저는 성능이 더 안정적일 수 있다. 예를 들어, VCSEL 레이저는 온도 변화에 덜 민감할 수 있다(예를 들어, VCSEL 레이저에 대한 파장 온도 계수는 일반적인 레이저 파장 온도 계수의 1/5 이하일 수 있다).
- [0019] 또한, 발광기에 의해 방출된 광 빔은 레이징 및 감지 애플리케이션에 최적화된 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 광 빔의 파장은 노이즈를 감소시키기 위해 강한 태양 광의 파장을 피하도록 구성될 수 있다. 일 예에서, 광 빔의 파장은 약 905nm로 구성될 수 있다. 다른 예에서, 광 빔의 파장은 약 1550nm로 구성될 수 있다.
- [0020] 다양한 실시 예들에 따르면, LIDAR 센서 시스템(210)은 LIDAR 센서 시스템(210)에 대한 큰 시야(FOV)(211)를 달성하기 위해, 광원(201)으로부터 방출된 광 빔을 확대(expand)시키기 위한 하나 이상의 광학 엘리먼트(202)를 사용(employ)할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 확대된 광은 하나 이상의 물체가 존재할 수 있는 센서 시스템(210)의 FOV(211)로 향할 수 있다. 이어서, 광은 FOV(211)의 하나 이상의 물체로부터 센서 시스템(210)을 향해 다시 반사될 수 있다. 부가적으로, LIDAR 센서 시스템(210)은 하나 이상의 광학 엘리먼트, 예를 들어 광자 에너지의 수신을 캡처(capture), 유도(direct) 및 향상시키기 위한 렌즈(203)를 사용할 수 있다.
- [0021] 다양한 실시 예에 따르면, 반사된 광은 검출기(204)와 같은 수신 디바이스에 의해 수신될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 검출기(204)는 고감도 반도체 전자 디바이스인 APD(avalanche photodiode) 디바이스의 어레이와 같은, 복수의 광전지(photovoltaic) 디바이스(또는 유닛)를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예들에서, APD 디바이스의 어레이는 1차원적으로 또는 다차원적으로(예를 들어, 2차원 매트릭스 형태로) 정렬될 수 있다. 또한, 어레이 내의 각각의 개별 APD 디바이스는 광전류 효과를 활용(exploit)하는 것에 의해, 수신된 광자 에너지를 전기로 개별적으로 변환할 수 있다.
- [0022] 따라서, 센서 시스템(210), 예를 들어 LIDAR 센서 시스템은 TOF(time-of-flight), 즉 광이 센서 시스템(110)과 각각의 표면 포인트 사이에서 이동하는 시간의 측정에 기반하여, 센서 시스템(210)의 FOV(211)에서 하나 이상의

물체 상의 다양한 표면 포인트에 대한 거리 정보를 검출할 수 있다.

- [0023] 다양한 실시 예들에 따르면, 고체 상태 레이저 레이더에 사용될 수 있는 센서 시스템은 더 높은 전력 및 더 나은 효율을 갖는 레이저를 이용할 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔을 확대시키는 것은, 확대된 빔의 세기(intensity)는 확대로 인해 원래의 방출 세기로부터 실질적으로 감소될 수 있기 때문에, 특히 고출력 레이저가 사용될 때 안전성을 향상시키는데 유리하다. 종래의 기계적 스캐닝 레이저와 달리, 센서 시스템(예를 들어, 고체 레이저 레이더)에서의 레이저 세기는 큰 FOV를 달성하기 위해 레이저가 확대된 후에 감소될 수 있다. 따라서 센서 시스템에서 레이저 소스에 대한 전력, 예를 들어 고체 레이저 레이더에 사용하기 위한 전력, 종래의 기계식 스캐닝 레이저 레이더에 사용되는 레이저 소스의 전력보다 훨씬 높을 수 있다. 비교를 위해, 종래의 기계적 스캐닝 레이저 시스템은 레이저 에너지를 보다 집중적으로(concentrated) 만드는 경향이 있는데, 이는 종래의 기계적 스캐닝 레이저가 종종 더 작은 각도 방출(angle emission)을 갖도록(즉, 더 작은 FOV를 갖도록) 구성되기 때문이다. 따라서, 레이저 세기가 안전 규정 미만이 되도록 하기 위해, 기계식 스캐닝 레이저의 레이저 방출 전력은 다양한 안전 표준을 준수하기 위해 제한되어야 한다.
- [0024] 도 3은 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른, FOV(field of view) 조명의 예시적인 실례(300)를 도시한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 센서 시스템(210)의 타이머(305)는 주변 환경에서 FOV(211)를 향하는 레이저 빔을 방출하도록 광원(201)을 트리거할 수 있다. 예를 들어, 타이머(305)는 센서 시스템(210)을 위한 컨트롤러(도시되지 않음)의 일부이거나 이와 관련될 수 있다.
- [0025] 다양한 실시 예들에 따르면, 센서 시스템(210)은 큰 FOV(211)를 갖는 균일한(또는 균일하게 분포된) 시야(light field)를 획득하기 위해 레이저 빔 확대 프로세스(예를 들어, 레이저 확대기(202)와 같은)와 같은 광학 프로세스를 이용할 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔 확대(expansion)는 방출된 광 빔의 반사 및/또는 투과(transmission)에 기반할 수 있다. 또한, 빔 확대 시스템은 단일 스테이지 또는 다중 스테이지로 구현될 수 있다. 다르게는, 센서 시스템(210)은 큰 FOV를 달성하기 위해 방출된 레이저 빔을 주위 환경으로 반사시키기 위해 각도 조절 가능한 하나 이상의 2차원 마이크로 전자 기계 시스템(micro-electro-mechanical systems, MEMS) 마이크로 미러와 같은 하나 이상의 미러를 사용할 수 있다. 예를 들어, MEMS 마이크로 미러(들)와 레이저 빔 사이의 각도를 조정하는 것에 의해, 반사된 레이저 광의 각도는 시간에 따라 변할 수 있고, 큰 2차원 각도로 발산(diverge)될 수 있다. 부가적으로, 홀로그래픽 필터가 다수의 작은 레이저 빔으로 구성된 대각(large-angle) 레이저 빔을 생성하는데 사용될 수 있다. 또한 레이저 다이오드 어레이는 레이저 빔 확대 프로세스를 사용할 필요 없이 멀티 광 빔을 직접 생성하는데 사용될 수 있다.
- [0026] 다양한 실시 예들에 따르면, 광은 입사되는 광의 편차(deviation)를 유도할 수 있는 빔 조향(steering) 디바이스(도시되지 않음)를 향할 수 있다. 빔 조향 디바이스는 센서 시스템(110)을 둘러싼 환경을 스캔하기 위해 레이저 광을 조향(steer)할 수 있다. 예를 들어, 빔 조향 디바이스는 프리즘, 미러, 격자, 광학 위상 어레이(optical phased array)(예를 들어, 액정 제어 격자)와 같은 다양한 광학 엘리먼트, 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 또한, 이들 상이한 광학 엘리먼트 각각은 광을 상이한 방향으로 조향시키기 위해 실질적으로 공통인 축(이후 과도한 제한(undue limitation)이 없는 공통 축으로 지칭됨)을 중심으로 회전할 수 있으며, 즉, 상이한 광학 엘리먼트에 대한 회전 축들 사이의 각도는 동일하거나 약간 상이할 수 있다. 예를 들어, 상이한 광학 엘리먼트들에 대한 회전 축들 사이의 각도는 0.01도(degree), 0.1도, 1도, 2도, 5도 또는 그 이상의 범위 내에 있을 수 있다.
- [0027] 도 4는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 FOV 조명 방식의 실례를 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 광원(401)은 센서 시스템(400)에서 광학 확산기(diffusor)와 같은 균질화기(homogenizer)(402)를 향해 광 빔을 방출할 수 있다. 광 빔은 시준되거나(collimated) 시준되지 않을 수 있다. 예를 들어, 균질화기(402)는 시준된 광 빔을 확산 또는 균질화할 수 있는 회절(diffractive) 광학 엘리먼트일 수 있다. 회절 광학 엘리먼트는 단일 또는 다중 모드 레이저 빔을 원하는 형상 및 세기 프로파일을 갖는 잘 정의된 출력 빔으로 변환할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템(400)에 대한 FOV를 구성하기 위해 볼록 렌즈(convex lens)(404)가 광축을 따라 배열될 수 있다(즉, 동축으로 배열될 수 있다). 예를 들어, 볼록 렌즈는 광축을 따라 위치에 배열될 수 있으므로, 균질화기(402)가 볼록 렌즈(404)의 전방 초점면(focal plane)에 위치된다. 더욱이, 센서 시스템은 조리개(403)를 사용하여 잘 균질화된 출사 광(outgoing light)의 일부를 획득할 수 있다. 따라서, 센서 시스템의 시야(FOV)와 상관되는 출력 빔 크기는 조리개 크기, 균질화기(402)의 확산 각도 및 볼록 렌즈(404)의 초점 거리에 기반하여 결정될 수 있다. 오목 렌즈(concave lens)는 센서 시스템(400)에 대한 시야

를 구성하기 위해 사용될 수 있다.

- [0029] 도 5는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 대안적인 예시적인 FOV 조명 방식의 실례를 도시한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 광원(501)은 센서 시스템(500)에서 광학 확산기와 같은 균질화기(502)를 향하여 광 빔을 방출할 수 있다. 광 빔 즉, 레이저 빔은 시준되거나 시준되지 않을 수 있다. 예를 들어, 균질화기(502)는 광 빔을 확산시키거나 균질화할 수 있는 회절 광학 엘리먼트일 수 있다. 예를 들어, 회절 광학 엘리먼트는 단일 또는 다중 모드 레이저 빔을 원하는 형상 및 세기 프로파일을 갖는 잘 정의된 출력 빔으로 변환할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템(500)의 FOV를 구성하기 위해 미러(504)(구형, 타원형 또는 포물선형 미러)가 사용될 수 있다. 예를 들어, 광원(501) 및 균질화기(502) 광 빔은 광 빔을 확대시키는 미러 반사를 달성하기 위해 미러의 전방에 배열될 수 있고, 광 빔은 다시 다른 광학 프로세스를 사용하여 추가로 확대되거나 조작될 수 있다.
- [0031] 또한, 센서 시스템(500)은 잘 균질화된 출사 광을 획득하기 위해 조리개(도시되지 않음)를 사용할 수 있다. 부가적으로, 균질화기(502)는 광원 뒤에 배열될 수 있고, 미러(504)에서 반사된 광을 회절 또는 균질화하는데 사용될 수 있다.
- [0032] 도 6은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, FOV 조명을 위한 홀로그래픽 필터를 사용하는 실례를 도시한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 센서 시스템(600)의 광원(601)은 예를 들어 광학 확산기/균질화기 예를 들어, 홀로그래픽 필터(602)에 도달하기 전에 렌즈(603)에 의해 시준될 수 있는 광 빔을 방출할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 그것의 투과 표면(transmission surface)상의 각각의 포인트에서, 홀로그래픽 필터(602)는 광 빔을 FOV(field of view)를 향하여 다수의 광 콘(cone)(또는 도트(dot))으로 변환할 수 있다. 이들 광 콘 각각은 일반적인 광 빔보다 더 균일하게 생성될 수 있다. 또한, 홀로그래픽 필터(602)는 다양한 애플리케이션을 지원하기 위하여, FOV 및 광 콘 또는 도트의 분포 모두를 구성하기 위해 상이한 홀로그래픽 프리스크립션(prescription)(예를 들어, 크기, 광학 밀도, 파장 범위 및 물질(material) 또는 기판 등)이 적용될 수 있다.
- [0034] 도 7은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 예시적인 FOV 조명 시스템을 도시한다. 도 7에 도시된 바와 같이, FOV 조명 시스템(700)은 방출 스테이지(701), 콜리메이션(collimation) 스테이지(702), 빔 확대 스테이지(703), 균질화 스테이지(704) 및 FOV 확장(enlargement) 스테이지(705)와 같은 멀티 스테이지를 포함할 수 있다.
- [0035] 도 7에 도시된 바와 같이, 레이저 발광기(711)와 같은 광원은 방출 스테이지(701)에서 레이저 빔을 생성할 수 있다. 예를 들어, 레이저 발광기(711)는 단일 레이저 펄스 또는 일련의 레이저 펄스를 생성할 수 있다. 그런 다음 방출된 레이저 빔을 콜리메이션 스테이지(702)에서 예를 들어 렌즈(712)를 통해 시준할 수 있다.
- [0036] 다양한 실시 예들에 따르면, 콜리메이터가 포인트 소스에 의해 생성된 광을 시준하기 위해 사용될 수 있다. 당업자에게 알려진 바와 같이, 시준된 광은 광이 전파될 때 실질적으로 퍼지지 않을 수 있는 평행한 광선(ray)를 갖는 광을 지칭한다. 예를 들어, 렌즈가 광원에 의해 생성된 광을 시준하기 위해 사용될 수 있다. 다르게는, 구형 미러 및/또는 포물선형 미러와 같은 미러가 포인트 소스에 의해 생성된 광을 시준하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 렌즈를 사용하는 대신, 실질적으로 평행한 방식으로 광선을 방출 방향으로 반사시키기 위해 광원 뒤에 미러가 배치될 수 있다.
- [0037] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 큰 FOV를 달성하기 위해 빔 확대 스테이지(703)가 레이저 빔을 확대하기 위해 사용될 수 있다. 다양한 실시 예들에 따르면, 상이한 빔 확대 메커니즘들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 간단한 갈릴리안(Galilean) 빔 확대기(expander)는 광 빔을 확대시키는데 사용되는 오목 렌즈(713) 및 빔 확대를 정지시키는 데 사용되는 볼록 렌즈(714)를 포함할 수 있다. 한편, 광축 상에 공통 초점(focla point)을 갖는 2개의 볼록 렌즈를 포함하는 케플레리안(Keplerian) 빔 확대기는 유사한 효과를 달성하는데 사용될 수 있다.
- [0038] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 빔 균질화기(710)는 빔 균질화 스테이지(704)에서 균일한 레이저 빔 프로파일을 생성하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 빔 균질화기(710)는 가우시안 에너지 분포를 갖는 레이저를 플랫 톱세기(flat-top intensity)를 갖는 균질화된 레이저로 변환할 수 있다. 다양한 실시 예에 따르면, 광 빔을 균질화하기 위해 다양한 유형의 균질화 메커니즘이 사용될 수 있다. 예를 들어, 빔 균질화기(710)는 어두운 유리(murky glass), 회절 빔 균질화기 또는 마이크로 렌즈 어레이(micro lens array, MLA)일 수 있다. 또한, 빔 균질화기(710)는 홀로그래픽 필터를 포함할 수 있다.
- [0039] 부가적으로, 도 7에 도시된 바와 같이, 볼록 렌즈(715)는 FOV 확장 스테이지(705)에서 센서 시스템의 FOV를 더

확대시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 볼록 렌즈(715)의 구성을 조정하는 것에 의해, 센서 시스템은 검출 범위가 짧을수록 더 큰 FOV 또는 검출 범위가 길수록 더 좁은 FOV를 달성할 수 있다.

- [0040] 다양한 실시 예들에 따르면, 다양한 스테이지들이 재배열, 수정 또는 바이패스될 수 있다. 또한 추가 스테이지들이 제한없이 적용하고 결합될 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 빔 확대 스테이지(703)는 콜리메이션 스테이지(702) 다음에, 균질화 스테이지(704) 전에 구성될 수 있다. 다르게는, 빔 확대 스테이지(703)는 균질화 스테이지(704) 이후에 구성될 수 있다. 또한, FOV 확대 스테이지(705) 수정되거나 제거될 수 있다.
- [0041] 도 8은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 홀로그래픽 필터를 갖는 예시적인 FOV 조명 방식을 도시한다. 도 8에 도시된 바와 같이, FOV 조명 시스템(800)은 방출 스테이지(801), 콜리메이션 스테이지(802), 빔 확대 스테이지(803) 및 균질화 스테이지(804)와 같은 멀티 스테이지를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예에 따르면, 다양한 스테이지가 재배열, 수정 또는 바이패스될 수 있다. 부가적으로, 추가 스테이지가 제한없이 적용되고 결합될 수 있다.
- [0042] 도 8에 도시된 바와 같이, 레이저 발광기(811)와 같은 광원은 방출 스테이지(801)에서 레이저 빔을 생성할 수 있다. 그 다음에, 방출된 레이저 빔은 콜리메이션 스테이지(802)에서 예를 들어, 렌즈(812)를 통해 시준될 수 있다. 더욱이, 빔 확대 스테이지(803)가 레이저 빔을 확대하기 위해 구성될 수 있다. 예를 들어, 오목 렌즈(813)는 광 빔을 확대시키는 데 사용될 수 있고, 볼록 렌즈(814)는 광 빔 확대를 중지하고 광 빔을 재시준하는 데 사용될 수 있다.
- [0043] 다양한 실시 예들에 따르면, 빔 확대(803)의 유무에 관계없이 홀로그램 필터(또는 플레이트(plate))(810)가 광 빔을 확산 또는 균질화하는데 사용될 수 있다. 투과 표면의 각각의 포인트에서, 홀로그램 필터(810)는 광 빔을 FOV(field of view)에서 여러 개의 광 콘(또는 도트)으로 변환할 수 있다. 이들 광 콘 각각은 일반적인 광 빔보다 높은 균일도로 생성될 수 있다.
- [0044] 도 8에 도시된 바와 같이, 홀로그램 필터(810) 다음의 렌즈(815)는 홀로그램 필터(810)로부터 투과된(transmitted) 각각의 평행 광선 그룹을 렌즈(815)의 초점면(즉, 조명면(illumination plane))의 특정 포인트로 향하게 할 수 있다. 따라서, 홀로그래픽 필터(810)의 투과 표면상의 상이한 포인트에서의 다양한 콘(또는 도트)은 조명면(조명면은 렌즈(815)로부터 멀어지는 초점 길이이기 때문에)에서 서로에 효과적으로 오버랩(overlap)될 수 있다. 부가적으로, 렌즈(815)와 동일한 초점 거리를 가질 수 있는 다른 렌즈(816)가 조명면에 위치될 수 있다. 따라서, 렌즈(816)는 조명면으로부터 나가는 텔레센트릭 콘(telecentric cone) 각도의 발산을 보정하고 텔레센트릭 광 필드(805)(즉, 주 광선(chief rays)은 광축에 평행함)를 생성할 수 있으며, 이는 다양한 광학 범위 또는 거리 검출 애플리케이션에 유리하다 .
- [0045] 도 2를 다시 참조하면, 광원(201)으로부터 방출된 광의 일부는 센서 시스템의 주변 환경에서 FOV(field of view)(211)에서 하나 이상의 물체(도시되지 않음)로부터 다시 반사될 수 있다.
- [0046] 도 9는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 LIDAR 센서 시스템에서 광학 검출의 예시적인 실례(900)를 도시한다. 도 9에 도시된 바와 같이, 반사된 광은 센서 시스템에서 검출기(204)(예를 들어, 수신 디바이스)를 향할 수 있다. 예를 들어, 반사가 발생하는 위치 및 광이 반사되는 방향에 따라, 하나 이상의 광학 엘리먼트(예를 들어, 렌즈(203))가 반사된 광을 캡처하여 검출기(204)를 향하게 하는데 사용될 수 있다.
- [0047] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 검출기(204)는 수신된 광 신호를 전기 신호로 변환하기 위한 복수의 포토 검출 디바이스(또는 유닛), 예를 들어, APD 디바이스를 포함할 수 있다. 또한, 도 9에 도시된 바와 같이, 반사된 광은 FOV(211)의 상이한 섹션(section)으로 떨어질 수 있고, 각각의 섹션에서의 반사된 광은 대응하는 포토 검출 디바이스에 의해 수신될 수 있다. 각각의 포토 검출 디바이스는 FOV(211)의 대응 섹션에서 하나 이상의 물체 포인트(또는 부분)에 대한 거리 정보를 지시하는 하나 이상의 전기 신호를 생성할 수 있다. 또한, 센서 시스템은 FOV(211)에서 하나 이상의 물체의 표면 상의 다양한 포인트(또는 부분)까지의 거리를 검출할 수 있다. 따라서, 센서 시스템은 복수의 픽셀을 갖는 데이터 프레임을 구성하기 위한 정보를 구성하거나 제공할 수 있고, 각각의 픽셀은 FOV(211)의 대응하는 섹션에서의 하나 이상의 물체 포인트(또는 부분)에 대한 거리 정보를 포함한다.
- [0048] 예를 들어, FOV(211)의 섹션(911)에서의 반사된 광은 검출기(204)의 대응하는 포토 검출 디바이스(912)에 의해 수신될 수 있다. 그 다음에, 센서 시스템은 포토 검출 디바이스(912)에 의해 생성된 하나 이상의 전기 신호에 기반하여, 반사가 발생하는 물체의 표면상의 포인트(일부)까지의 거리를 검출할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 검출기(912)의 각각의 별개의 포토 검출 디바이스(또는 유닛)는 전기 신

호를 독립적으로 생성할 수 있다. 또한, 센서 시스템은 타이머(905)로부터 생성된 전기 신호와 관련된 타이밍 정보를 획득할 수 있으며, 이는 또한 광 빔의 방출을 트리거하는데 사용될 수 있다. 따라서, 센서 시스템은 센서 시스템의 FOV에서 다수의 포인트를 동시에(또는 실질적으로 동시에) 스캐닝함으로써 더 높은 효율을 달성할 수 있다. 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 데이터 프로세서(906)는 거리 정보를 포인트 클라우드(cloud) 데이터(907)로 변환할 수 있다. 따라서, 센서 시스템은 주변 환경에서 다양한 물체의 거리 및 형상을 감지할 수 있다.

[0050] 예를 들어, 데이터 프로세서(906)는 전기 신호가 상이한 셀에서 생성되는 시점과 광이 방출되는 시점 사이의 시간차(즉, 각각의 반사 포인트에 대한 TOF 정보)에 기반하여 다양한 반사 포인트에 대한 거리 정보를 획득할 수 있다. 이러한 거리 정보는 센서 시스템의 주변 환경을 나타내는 포인트 클라우드 데이터(907)로 변환될 수 있는 데이터 프레임을 생성하기 위해 사용될 수 있다.

[0051] 전술한 바와 같이 고체 상태 LIDAR 시스템을 사용하여, 센서 시스템은 시야(211)의 모든 섹션을 동시에 또는 실질적으로 동시에 스캔할 수 있다. 비교를 위해, 기계식 스캐닝 타입 Lidar 시스템은 포인트 별 방식(point-by-point scanning)으로 제한되며, 이는 FOV(Field of View) 스캔을 완료하는 데 실질적으로 시간이 오래 걸린다. 따라서, 고체 LIDAR 시스템에 대한 스캐닝 주파수는 기계식 스캐닝 유형 Lidar 시스템에 대한 스캐닝 주파수보다 실질적으로 더 높을 수 있으며, 즉, 고체 상태 LIDAR 시스템이 주변 환경의 단일 스캔을 수행하는 시간은 기계식 스캐닝 타입 Lidar 시스템이 주변 환경의 단일 스캔을 수행하는 시간보다 실질적으로 더 짧을 수 있다.

[0052] 부가적으로, 센서 시스템은 신호 대 잡음비를 높이기 위해, 동일한 영역을 여러번 스캔하여 높은 스캔 효율을 활용할 수 있다. 에코(echo) 신호 세기가 낮고 및/또는 신호 대 잡음비가 낮은 경우, 다수의 샘플링 결과를 평균화하는 것에 의해 감지 결과의 품질이 실질적으로 향상될 수 있다. 예를 들어, 단일 샘플링에 대한 신호 대 잡음비가 1이고, N 샘플링이 신호 대 잡음 비를 원래의 신호 대 잡음 비의 $N^{1/2}$ 배로 증가시킬 수 있음을 지시하는 N회 샘플링에 대한 신호 대 잡음비가 $SNR_{N \text{ Sample}} = N^{1/2}$ 임을 가정한다. 따라서 고체 상태 LIDAR를 사용하여, 센서 시스템은 높은 샘플링 주파수를 활용할 수 있으며, 이는 센서 시스템이 여러 샘플링 방법을 사용하면서 일반 애플리케이션에 미치는 영향을 최소화하면서 스캔 결과에서 신호 대 잡음비를 향상시킬 수 있다.

[0053] 도 10은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, 포토 검출 디바이스의 어레이를 갖는 검출기의 예시적인 실례(1000)를 도시한다.

[0054] 도 10의 (a)는 포토 검출 디바이스(1002)의 어레이를 포함할 수 있는 검출기(1001)의 단면도이다. 각각의 포토 검출 디바이스(1002)는 검출 유닛, 예를 들어, APD 셀을 포함할 수 있다. 선택적으로, 각각의 포토 검출 디바이스(1002)는 또한 APD 셀에 대응하는 판독 집적 회로(readout integrated circuit, ROIC)를 포함할 수 있다. ROIC 유닛은 대응하는 APD 셀에 의해 생성된 전기 신호에 기반하여 광 검출 이벤트를 판독하는데 사용될 수 있다. 다양한 실시 예들에 따르면, APD 셀 및 ROIC는 동일한 칩에 통합될 수 있다. 다르게는, ROIC는 상이한 패키징 기술을 사용하여 함께 결합될 수 있는 개별 칩으로 구현될 수 있다.

[0055] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 마이크로 렌즈(1003)는 검출기(1001)의 각각의 검출 유닛의 상부에 배열될 수 있으므로, 광은 이웃 셀에 대한 적은 반사로 APD 셀을 향해 포커싱될 수 있다. 따라서, 센서 시스템은 상이한 검출 셀 사이에서 발생할 수 있는 광 크로스토크(crosstalk)와 같은 간섭을 감소시킬 수 있다. 선택적으로, 다양한 유형의 광학 필터 및 반사 방지(antireflective) 필름(1004)이 미러와 APD 셀 사이에 배열될 수 있다. 예를 들어, 반사 방지 필름은 광 신호(photo signal)의 수신을 향상시키기 위해 레이저 파장의 1/4의 두께를 가질 수 있다.

[0056] 또한, 도 10의 (b)는 포토 검출 디바이스(1002)의 어레이를 포함할 수 있는 검출기(1001)의 평면도이다. 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이, 포토 검출 디바이스(1002)는 어레이(예를 들어, 2차원 어레이 또는 행렬 형식)에 배열될 수 있다. 또한, 검출기(1001)는 열(column) 선택 로직 유닛(1005) 및/또는 행(row) 선택 로직 유닛(1006)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 열 선택 로직 유닛(1005) 및/또는 행 선택 로직 유닛(1006)은 열 또는 행의 상이한 셀들로부터 유래된 검출 이벤트를 TOF 정보를 각각 평가하기 위한 로직 유닛으로 향할(direct) 수 있다. 따라서, 열 또는 행의 멀티 셀은 효율성을 개선하고 비용을 절감하기 위한 동일한 TOF 로직 유닛을 공유할 수 있다.

[0057] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 검출기(1001)에서의 포토 검출 디바이스(1002)의 정렬은 상이하게 구성될

수 있다. 예를 들어, 광 검출 유닛은 광 신호를 더 잘 검출하기 위해 원 또는 링, 또는 임의의 특별한 기하학적 형태로 배열될 수 있다.

[0058] 도 11은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 LIDAR 센서 시스템을 사용하여 주변 환경을 감지하는 흐름도를 도시한다. 도 11에 도시된 바와 같이, 단계(1101)에서, LIDAR 센서 시스템은 광 빔을 균질화하기 위해 하나 이상의 광학 엘리먼트를 사용(또는 구성)할 수 있고, 광 빔은 광원으로부터 방출되고 균질화된 광 빔은 센서 시스템의 FOV를 향할 수 있다. 단계(1102)에서, LIDAR 센서 시스템은 복수의 포토 검출 디바이스를 갖는 검출기를 사용(또는 구성)할 수 있고, 복수의 포토 검출 디바이스의 각각의 포토 검출 디바이스는 센서 시스템의 FOV에서 하나 이상의 물체로부터 반사되는 광 빔의 광자 에너지의 적어도 일부를 수신하고, 수신된 광자 에너지에 기반하여 적어도 하나의 전기 신호를 생성하도록 구성된다.

[0059] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 센서 시스템은 복수의 픽셀들로 데이터 프레임을 구성(또는 구성하기 위한 정보를 제공)할 수 있고, 각각의 픽셀은 반사가 발생하는(즉, FOV의 특정 섹션에서) 표면 포인트(또는 부분)에 대한 거리 정보를 포함한다. 도 9를 다시 참조하면, 센서 시스템은 복수의 포토 검출 디바이스(또는 유닛), 예를 들어, APD 어레이를 갖는 검출기(204)를 포함할 수 있다. 각각의 검출 디바이스는 FOV(field of view)의 특정 섹션에서 하나 이상의 물체로부터 반사된 광자 에너지의 일부를 수신할 수 있다. 또한, 각각의 검출 디바이스는 FOV의 특정 섹션으로부터 수신된 광자 에너지를 하나 이상의 전기 신호로 변환할 수 있다. 따라서, 검출기(204)는 대응하는 광 검출 유닛에 의해 생성된 전기 신호에 기반하여(예를 들어, FOV의 특정 섹션에 대한 TOF 정보를 계산하는 것에 의해) FOV의 특정 섹션에 대한 거리 정보를 검출할 수 있다.

[0060] 도 9에 도시된 바와 같이, 포토 검출 디바이스(912)는 FOV(211)의 섹션(911)으로부터 반사된 광자 에너지를 수신할 수 있다. 또한, 포토 검출 디바이스(912)는 그에 따라 하나 이상의 전기 신호를 생성할 수 있다. 그 다음에, 센서 시스템은 데이터 프레임에서 픽셀로 표현될 수 있는, FOV의 섹션(911)에 대한 거리 정보를 획득할 수 있다.

[0061] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템의 검출 분해능(resolution)은 센서 시스템의 FOV 및 픽셀 수(즉, 검출기(204) 내의 포토 검출 디바이스의 수)에 기반하여 결정될 수 있다. 다양한 실시 예에서, 센서 시스템에 대한 FOV는 수평 방향의 화각(angle of view) 및 수직 방향의 화각을 사용하여 정의될 수 있다. 예를 들어, 수평 방향의 센서 시스템의 화각은 α 이고 수직 방향의 화각은 β 이다. 포토 검출 디바이스의 어레이가 2차원(two-dimensional, 2D) 행렬 형태이면(예를 들어, $M \times N$ 의 크기, 여기서 M은 수평 방향의 픽셀 수이고, N은 수직 방향의 픽셀 수임), 센서 시스템에 대한 각도 분해능은 수평 방향으로 α/M , 수직 방향으로 β/N 이다.

[0062] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 센서 시스템은 픽셀 시프팅 방식을 이용함으로써 검출 분해능을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, FOV(211)에서 반사된 광과 검출기(204) 사이의 상대적 공간 관계를 조정하기 위해 하나 이상의 픽셀 시프팅 작동(pixel shifting operation)이 수행될 수 있다. FOV(211)에서 수신된 광과 검출기(204) 사이의 상대 공간 관계에 대한 이러한 조정은, (도 9에 도시된 바와 같이) FOV(211)의 섹션들과 검출기(204)에서의 포토 검출 디바이스들의 어레이 사이의 대응 관계에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 픽셀 시프팅 작동이 수행된 후, 포토 검출 디바이스(912)는 FOV의 섹션(미도시)으로부터 반사된 광자 에너지를 수신할 수 있으며, 이는 FOV의 원래의 섹션(911)으로부터의 하나 이상의 오프셋으로 시프트된다.

[0063] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 주변 환경을 고분해능으로 스캐닝하기 위해 상이한 픽셀 시프트 방식이 사용될 수 있다. 픽셀 시프팅 방식을 적용하는 것에 의해, 검출기(204)(예를 들어, 검출 디바이스의 어레이로)는 상이한 세트의 전기 신호를 생성할 수 있다. 각각의 전기 신호 세트는 센서 시스템의 FOV에서의 상이한 포인트(또는 부분)에 대한 거리 정보를 나타낼 수 있고, 각각의 전기 신호 세트는 센서 시스템의 FOV에서의 상이한 포인트(또는 부분) 세트에 대응할 수 있다. 따라서, 센서 시스템은 더 높은 분해능으로 결과 데이터 프레임(resultant data frame)을 획득할 수 있다.

[0064] 도 12는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 픽셀 시프팅 방식(1200)의 예시적인 실례를 도시한다. 도 12에 도시된 바와 같이, 픽셀 크기(1211)가 픽셀 거리보다 큰 경우(즉, 픽셀 피치(pitch) 크기(1212)와 픽셀 크기(1211)의 차이), 센서 시스템은 두 개의 상이한 시점에서 두 개의 상이한 데이터 프레임을 생성하는 것을 포함하는 픽셀 시프팅 방식(1200)을 이용할 수 있다.

[0065] 도 12의 (a)에 도시된 바와 같이, 검출 디바이스는 센서 시스템이 제1 구성으로 적용될 때, 데이터 프레임

(1201)에서 제1 픽셀 세트에 대한 거리 정보를 검출할 수 있다. 또한, 픽셀 시프팅 방식(1200)은 픽셀 시프팅 작동(1210)을 규정(prescribe)할 수 있으며, 이는 센서 시스템이 제2 구성으로 효과적으로 적용되게 한다. 검출 디바이스는 제2 픽셀 세트로 상이한 데이터 프레임(1202)을 구성하기 위한 거리 정보를 포함하는 상이한 전기 신호 세트를 생성할 수 있다. 위에서 논의된 바와 같이, 데이터 프레임(1201) 및 데이터 프레임(1202) 각각은 FOV의 섹션들과 포토 검출 디바이스들의 어레이 사이의 대응 관계에 따라 구성될 수 있다.

[0066] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 픽셀 시프팅 작동(1210)은 제1 구성과 제2 구성 사이에서 센서 시스템을 변경할(alter) 수 있다. 제1 구성과 제2 구성은 사전 결정되어 상관될 수 있으므로, 데이터 프레임(1201)의 제1 픽셀 세트와 데이터 프레임(1202)의 제2 픽셀 세트 사이에 바람직한 픽셀 시프팅 효과를 유발할 수 있다. 예를 들어, 픽셀 시프팅 효과는 픽셀 시프팅 작동(1210)이 어떻게 규정되고/어떻게 수행되는지에 따라 병진 운동(translational) 또는 회전식(rotational)일 수 있다.

[0067] 도 12에 도시된 바와 같이, 데이터 프레임(1201)의 제1 픽셀 세트와 데이터 프레임(1202)의 제2 픽셀 세트 사이의 픽셀 시프트(또는 오프셋)는 각각의 열 방향 및 행 방향에서 대략 절반 픽셀일 수 있다. 다르게는, 픽셀 시프트는 픽셀 크기의 임의의 분수(fraction)가 되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 픽셀 시프트는 픽셀 크기의 1/3 또는 픽셀 크기의 2/3가 되도록 구성될 수 있다.

[0068] 더욱이, 검출 분해능을 향상시키기 위해, 픽셀 크기의 배수(또는 픽셀 피치 크기)인 오프셋에 대해 데이터 프레임(1202)에서 픽셀을 시프팅하는 것을 피하는 것이 유익하며, 이는 데이터 프레임(1202)에서의 픽셀들이, 추가 정보를 제공하지 않는 데이터 프레임(1201) 내의 픽셀들에 대해 효과적으로 오버랩(예를 들어, 데이터 프레임(1202) 내의 픽셀(1222)이 이웃하는 픽셀 상에 떨어질 수 있음)하는 것을 유발시킬 수 있다.

[0069] 도 13은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, 픽셀 시프팅 방식을 적용한 결과적인 결과 데이터 프레임을 도시한다. 도 12에 도시된 바와 같이 픽셀 시프팅 방식을 적용하는 것에 의해, 데이터 프로세서는 데이터 프레임(1201)에서의 제1 픽셀 세트와 데이터 프레임(1202)에서의 제2 픽셀 세트에 기반하여, 더 높은 검출 분해능(예를 들어, 2X 분해능)를 가질 수 있는 결과 데이터 프레임(1300)을 생성할 수 있다.

[0070] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 데이터 프레임(1201)에서의 제1 픽셀 세트 및 데이터 프레임(1202)에서의 제2 픽셀 세트에 기반하여 결과 데이터 프레임을 획득하기 위해 다양한 데이터 퓨전(fusion) 기술이 사용될 수 있다. 예를 들어, 결과 데이터 프레임의 각각의 픽셀은 데이터 프레임(1201) 및 데이터 프레임(1202)에서 오버랩된 픽셀들의 거리 정보에 기반하여(예를 들어 평균화하는 것에 의해) 계산될 수 있다.

[0071] 도 12에 도시된 바와 같이, 데이터 프레임(1201)의 픽셀과 데이터 프레임(1202)의 픽셀 사이의 오프셋은 열 방향 및 행 방향 모두에서 1/2 픽셀(half a pixel)이다. 예를 들어, 데이터 프레임(1202)의 픽셀(예를 들어, 픽셀(1222))은 데이터 프레임(1201)에서 최대 4개의 이웃 픽셀까지 오버랩될 수 있다. 따라서, 픽셀(1222)에 대한 값 및 데이터 프레임(1201)에서의 4개의 이웃 픽셀에 대한 값들이, 결과 데이터 프레임(1300)에서 대응하는 픽셀(1302)에 대한 값을 계산하기 위해 사용될 수 있다. 유사하게, 결과 데이터 프레임(1300)에서의 픽셀(1301)의 값은, 픽셀(1211)에 대한 값 및 데이터 프레임(1201)에서의 이웃 픽셀들에 대한 값들에 기반하여 계산될 수 있다. 따라서, 결과 데이터 프레임(1300)은 각각의 데이터 프레임(1201 또는 1202)의 분해능을 2배로 하는 분해능을 가질 수 있다.

[0072] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 결과 데이터 프레임(1300)을 획득하기 위해 다수의 데이터 프레임 또는 다수의 픽셀 세트가 사용될 수 있다. 예를 들어, 센서 시스템은 3개의 전기 신호 세트를 생성할 수 있으며, 이는 3개의 데이터 프레임(예를 들어, 픽셀 크기의 1/3의 오프셋을 갖는 하나의 데이터 프레임 및 픽셀 크기의 2/3의 오프셋을 갖는 다른 데이터 프레임)에서의 3개의 픽셀 세트에 대응한다. 따라서, 결과 데이터 프레임은(예를 들어, 다양한 데이터 융합 기술을 사용하는 것에 의해) 각각의 데이터 프레임의 분해능을 3배로 하는 분해능을 가질 수 있다.

[0073] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템이 광원, 중간(intermediate) 광학 엘리먼트 또는 검출기 중 적어도 하나의 공간적 위치를 광학 경로를 따라 변경하는 것과 같이, 센서 시스템 상에 상이한 구성을 적용하는 것에 의해 픽셀 시프팅 효과를 달성할 수 있다. 또한, LIDAR 센서 시스템에서 픽셀 시프팅 작동을 수행하기 위해 상이한 메커니즘이 사용될 수 있다.

[0074] 도 2를 다시 참조하면, 센서 시스템(210)은 방출된 광 빔에 대한 광학 경로를 광원(201)으로부터 검출기(204)로 진행하도록 변경하기 위해 픽셀 시프팅 작동을 수행할 수 있다. 픽셀 시프팅 작동을 수행하는 것에 의해, 센서 시스템(210)은 픽셀 시프팅 방식을 적용하기 위해, 센서 시스템(210)에 상이한 구성을 적용할 수 있다. 또한,

센서 시스템(210)은 방출된 광 빔에 대한 광학 경로가 광원(201)으로부터 검출기(204)로 예정된 주파수로 진행하도록 계속 변경하기 위해 발진 메커니즘을 이용할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 광원(201) 또는 검출기(204)와 같은 센서 시스템의 임의의 광학 구성 요소는 제1 구성의 제1 상대 공간 위치(relative spatial location) 또는 배향(orientation) 및 제2 구성의 제2 상대 공간 위치 또는 배향에서 구성될 수 있으며, 제1 상대 공간 위치 또는 배향과 제2 상대 공간 위치 또는 배향은 상이하며, 즉, 센서 시스템(210)은 광원(201) 또는 검출기(204)가 상대적으로 수신 광에 대해 병진 이동 또는 회전식으로 이동하게 할 수 있다. 다르게는, 센서 시스템(210)은 센서 시스템(210)에서의 하나 이상의 중간 광학 엘리먼트가 병진 운동으로 또는 회전식으로 이동하여 광이 상이한 경로를 따라 검출기(204)로 진행하게 할 수 있다.

[0075] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템(210)은 서로 인접하여 정렬된 다수의 광원을 이용함으로써 픽셀 시프팅 작동을 수행할 수 있다. 예를 들어, 각각의 광원으로부터의 광 방출이 대안적인 방식으로 규정될 때, 광원으로부터 검출기로 진행하기 위한 방출된 광 빔에 대한 광학 경로가 그에 따라 변경될 수 있다. 따라서, 센서 시스템(210)은 센서 시스템 상에 상이한 구성을 적용하는 것에 의해 픽셀 시프팅 효과를 달성할 수 있다. 더욱이, 센서 시스템(210)에서 이동하는 구성 요소가 필요하지 않기 때문에 센서 시스템(210)의 성능은 보다 안정적이고 일관성이 있을 수 있다.

[0076] 도 14는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 대안적인 픽셀 시프팅 방식(1400)의 예시적인 실례를 도시한다. 도 14에 도시된 바와 같이, 픽셀 크기(1411)는 픽셀 거리(즉, 픽셀 피치 크기(1412)와 픽셀 크기(1411)의 차이) 보다 작다.

[0077] 센서 시스템이 제1 구성으로 적용될 때, 검출기(또는 하나 이상의 검출 디바이스)는 도 14의 (a)에 도시된 바와 같이 제1 픽셀 세트(1401)를 구성하기 위한 제1 전기 신호 세트를 생성할 수 있다. 그 다음에, 센서 시스템은 픽셀 시프팅 작동(1410)을 수행할 수 있으며, 이는 센서 시스템이 효과적으로 제2 구성으로 적용되게 한다. 따라서, 검출 디바이스는 도 14의 (b)에 도시된 바와 같이 상이한 세트의 픽셀(1402)을 구성하기 위한 정보를 포함하는 상이한 세트의 전기 신호를 생성할 수 있다.

[0078] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 사전 결정된 상관 관계를 가지고 센서 시스템을 제1 구성과 제2 구성 사이에서 변경하는 픽셀 시프팅 작동(1410)은 제1 픽셀 세트(1401)와 제2 픽셀 세트(1402) 사이에서 픽셀 시프트(또는 오프셋)를 야기할 수 있다. 예를 들어, 제1 픽셀 세트(1401)와 제2 픽셀 세트(1402) 사이의 픽셀 시프트는 행 방향 및/또는 열 방향 중 하나(또는 각각)에서 픽셀의 약 1/2 픽셀 또는 1/3의 픽셀일 수 있다.

[0079] 또한, 데이터 프로세서는 제1 픽셀 세트(1401) 및 제2 픽셀 세트(1402)에 기반하여 결과 데이터 프레임(1420)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 픽셀 시프트는 픽셀 크기(또는 픽셀 피치 크기)의 임의의 분수로 구성될 수 있다. 검출 분해능을 향상시키기 위해, 결과 데이터 프레임(1420)의 픽셀이 이웃 픽셀에 완전히 오버랩되도록 시프트하는 것을 피하는 것이 유리하다.

[0080] 도 14에 도시된 바와 같이, 제1 픽셀 세트(1401)(예를 들어, 픽셀(1411))와 제2 픽셀 세트(1402)(예를 들어, 픽셀(1412)) 사이의 오프셋은 열 방향 및 행 방향 모두에서 픽셀 거리(1412)의 절반이다. 결과적으로, 제1 픽셀 세트(1401)는 제2 픽셀 세트(1402)와 오버랩되지 않는다. 본 발명의 다양한 실시 예들에 따라, 데이터 프레임(1401)과 데이터 프레임(1402)에 기반하여 더 높은 검출 분해능으로 결과 데이터 프레임을 획득하기 위해 다양한 데이터 퓨전 기술들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 간단한 접근법은 두 개의 개별 데이터 프레임들을 먼저 구성하지 않고, 직접 제1 픽셀 세트(1401)와 제2 픽셀 세트(1402)를 결과 데이터 프레임(1420)에 결합(combine)(예를 들어 병합(merge))하는 것이다. 따라서, 결과 데이터 프레임(1420)은 각각의 픽셀 세트(1201 또는 1202)의 원래 분해능을 2배로 하는 분해능을 가질 수 있다.

[0081] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 결과 데이터 프레임(1420)을 획득하기 위해 다수의 픽셀 세트가 사용될 수 있다. 예를 들어, 센서 시스템은 3개의 전기 신호 세트를 생성할 수 있으며, 이는 3개의 데이터 프레임(예를 들어, 픽셀 크기의 1/3의 오프셋을 갖는 하나의 데이터 프레임 및 픽셀 크기의 2/3의 오프셋을 갖는 다른 데이터 프레임)에서의 3개의 픽셀 세트에 대응한다. 따라서, 결과 데이터 프레임은 예를 들어 다양한 데이터 퓨전 기술을 사용하는 것에 의해 각각의 데이터 프레임의 분해능을 3배로 하는 분해능을 가질 수 있다.

[0082] 따라서, 픽셀 시프팅 방식(1400)을 사용하여, 센서 시스템은 상이한 시점에서 개별적으로 다수의 상이한 데이터 프레임을 생성할 필요 없이, 결과 데이터 프레임(1420)을 직접 구성하기 위한 정보를 구성하거나 획득할 수 있다.

[0083] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템은 픽셀 시프팅 효과를 달성하기 위해 광학 경로를 따라 평면

플레이트 렌즈와 같은 하나 이상의 특수 광학 엘리먼트를 보강할(augment) 수 있다.

[0084] 도 15는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, 픽셀 시프팅 방식(1500)에서 평면 플레이트 렌즈를 사용하는 예시적인 도면을 도시한다. 도 15의 (a)에 도시된 바와 같이, 평면 플레이트 렌즈(1501)는 검출 디바이스(1502)의 전방에 위치될 수 있다. 도 15의 (b)에 도시된 바와 같이, 센서 시스템은 평면 플레이트 렌즈(1501)를 수신단에서 광을 시프트시킬 수 있는 소정의 각도로 회전시킬 수 있다. 평면 플레이트 렌즈(1501)의 양면은 서로 평행하기 때문에, 평면 플레이트 렌즈가 각도만큼 회전된 후에, 출사 빔은 입사 빔과 평행하지만 오프셋을 가질 수 있다.

[0085] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 센서 시스템은 상이한 전기 신호 세트에 기반하여 결과 데이터 프레임(도시되지 않음)을 생성할 수 있다. 결과 데이터 프레임은 센서 시스템의 상이한 구성에 대응하는 다수의 픽셀 세트를 포함할 수 있다.

[0086] 도 15에 도시된 바와 같이, 평면 플레이트 렌즈(1501)는 제1 구성에서 입사 광에 대해 제1 각도로 구성될 수 있고, 평면 플레이트 렌즈(1501)는 제2 구성에서 입사광에 대해 제2 각도로 구성될 수 있다. 제1 각도 및 제2 각도는 원하는 픽셀 시프팅 효과를 발생시키기 위해 구성될 수 있다. 예를 들어, 평면 플레이트 렌즈(1501)는 제1 구성에서 입사 광에 수직으로 배열될 수 있다. 그 다음에, 플레이트는 제2 구성에서, 입사 광에 수직인 축을 중심으로 회전하여, 입사 광에 평행하지만 오프셋을 갖는 상이한 경로로 광이 진행되게 할 수 있다. 다르게는, 평면 플레이트 렌즈(1501)는 제1 구성에서 입사 광에 대해 비수직인 각도로 배열될 수 있다. 그 다음에, 픽셀 시프팅 작동이 수행된 후, 플레이트는 광에 수직인 축을 중심으로 회전하여, 광이 제2 구성에서 입사광으로부터 상이한 오프셋으로 상이한 경로로 진행되게 할 수 있다. 또한, 시스템은 (결과 데이터 프레임의) 다중 방향 또는 치수(dimension)에서의 픽셀 시프트의 기술적 효과를 달성하기 위해, 플레이트를 상이한 방향으로(즉, 상이한 축에 대하여) 동시에 또는 순차적으로 회전시킬 수 있다.

[0087] 다른 예에서, 평면 플레이트 렌즈(1501)는 제1 구성에서 입사광에 대해 제1 각도, 제2 구성에서 입사광에 대해 제2 각도, 및 제3 구성에서 입사광에 대해 제3 각도로 구성될 수 있다. 따라서, 센서 시스템은 3개의 구성에 대해 생성된 3개의 전기 신호 세트에 기반하여 원래 분해능을 3배 증가시킬 수 있는 결과 데이터 프레임을 획득할 수 있다.

[0088] 또한, 방출된 광 빔이 광원(201)으로부터 검출기(204)로 사전 결정된 주파수로 진행하도록 광학 경로를 계속 변경하기 위해, 평면 플레이트 렌즈(1501)에 결합되는 기계적 발진기(oscillator)와 같은 발진 메커니즘(oscillation mechanism)을 사용하여 평면 플레이트 렌즈(1501)의 각도를 반복적으로 회전시키거나 스왑(swap)할 수 있다. 예를 들어, 이러한 접근법을 채용하는 것에 의해, 센서 시스템은 진술한 바와 같이 픽셀 시프팅 방식 및 멀티 샘플링 방법을 모두 이용할 수 있다.

[0089] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따르면, 평면 플레이트 렌즈(1501)와 같은 추가 광학 엘리먼트를 사용하는 것이 유리하다. 예를 들어, 추가 광학 엘리먼트를 사용하는 것에 대한 한가지 이점은, 구현하기 쉽고, (센서 시스템은 어렵고 에러 발생이 쉬운(error-prone), 광원, 광학 엘리먼트 또는 검출기와 같은 센서 시스템의 다양한 광학 구성 요소를 광학 경로를 따라 변경하는 것을 피할 수 있기 때문에) 센서 시스템의 전반적인 안정성을 보장할 수 있다. 추가 광학 엘리먼트를 사용하는 또 다른 이점은 유연하다는 것이다. 예를 들어, 센서 시스템은 상이한 픽셀 시프팅 작동 예를 들어, 도 15에 도시된 바와 같이, 상이한 각도로 평면 플레이트 렌즈(1501)를 구성 및 회전시키는 것을 규정하고 수행하는 것에 의해, 픽셀 시프팅 방식을 조정 또는 재구성할 수 있다.

[0090] 도 16은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른, 평면 플레이트 렌즈를 회전시키는 것에 의해 야기되는 픽셀 시프팅 효과의 예시적인 실례를 도시한다. 도 16에 도시된 바와 같이, 평면 플레이트 렌즈(1601)는 검출 디바이스(1602)의 전방에 배치될 수 있다. 평면 플레이트 렌즈(1601)의 양면이 서로 평행하기 때문에, 평면 플레이트 렌즈(1601)가 사전 결정된 각도만큼 회전된 후에 출사 빔은 입사 빔과 평행하다(예를 들어, 오프셋 δ 를 가짐).

[0091] 도 16에 도시된 예에서, 평면 플레이트 렌즈(1601)는 각도 θ 만큼 회전된다. 그 다음 오프셋 δ 는 다음:

[0092]
$$\delta = (d \tan \theta - d \tan \theta') \cos \theta$$

[0093] 과 같이 정의될 수 있으며, 여기서 $\theta' = \arcsin\left(\frac{\sin \theta}{n}\right)$ 고, n은 굴절률(refractive index)이며, d는 플레이트(1401)의 두께이다.

[0094] 따라서 오프셋 δ 는 다음 수식:

$$[0095] \quad \delta = \left(d \tan \theta - d \tan \left(\arcsin \left(\frac{\sin \theta}{n} \right) \right) \right) \cos \theta$$

[0096] 을 사용하여 계산될 수 있다.

[0097] 더욱이, θ 가 작은 각도인 것으로 가정하면, 오프셋 δ 는 다음의 근사치(approximation):

$$[0098] \quad \delta \approx d \theta \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

[0099] 를 사용하여 추정될 수 있다.

[0100] 다음 예에서, 플레이트(1401)가 θ_1 에서 θ_2 로 회전할 때, 오프셋은 다음의 수식:

$$[0101] \quad \Delta \delta = \left(d \tan \theta_1 - d \tan \left(\arcsin \left(\frac{\sin \theta_1}{n} \right) \right) \right) \cos \theta_1 - \left(d \tan \theta_2 - d \tan \left(\arcsin \left(\frac{\sin \theta_2}{n} \right) \right) \right) \cos \theta_2$$

[0102] 을 사용하여 계산될 수 있다.

[0103] 위의 수식에서, 회전된 각도 $\Delta \theta = \theta_1 - \theta_2$ 가 작은 것으로 가정하면, 오프셋은 다음:

$$[0104] \quad \Delta \delta = d \Delta \theta \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

[0105] 과 같이 근사화될 수 있다.

[0106] 따라서, 센서 시스템은 원하는 픽셀 시프트량을 달성하기 위해 사전 결정된 각도로 플레이트(1601)을 회전시킬 수 있다. 예를 들어, 픽셀 시프트가 각각의 방향에서 픽셀의 절반이 되는 것이 요구되면(즉, $\Delta \delta_x = \frac{I_x}{2}$ 및

$\Delta \delta_y = \frac{I_y}{2}$), 회전 각도 $\Delta \theta_x$ 및 $\Delta \theta_y$ 는 다음:

$$[0107] \quad \Delta \theta_x = \frac{\frac{I_x}{2}}{d \left(1 - \frac{1}{n} \right)}$$

$$[0108] \quad \Delta \theta_y = \frac{\frac{I_y}{2}}{d \left(1 - \frac{1}{n} \right)}$$

[0109] 과 같이 결정될 수 있으며, 여기서, I_x 및 I_y 는 각각 x 및 y 차원에서의 각각의 검출 유닛의 픽셀 치수이다. 또한, 다른 원하는 양의 픽셀 시프팅을 달성하기 위해 플레이트(1601)를 회전시키는 각도는 유사한 방식으로 결정될 수 있다.

[0110] 도 17은 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 LIDAR 센서 시스템에서 픽셀 시프팅을 지원하는 흐름도를 도시한다. 도 17에 도시된 바와 같이, 단계(1701)에서, LIDAR 센서 시스템은 제1 구성을 센서 시스템에 적용하여 제1 전기 신호 세트를 획득할 수 있으며, 제1 전기 신호 세트는 센서 시스템의 시야에서 하나 이상의 물체로부터 반사되는 제1 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 검출기에 의해 생성된다. 단계(1702)에서, LIDAR 센서 시스템은 제2 구성을 센서 시스템에 적용하여 제2 전기 신호 세트를 획득할 수 있고, 여기서 제2 전기 신호 세트는 센서 시스템의 시야에서 하나 이상의 물체로부터 반사되는 제2 광 빔의 수신된 광자 에너지에 기반하여 검출기에 의

해 생성되고, 제1 구성과 제2 구성이 상이하다. 단계(1703)에서, LIDAR 센서 시스템은 데이터 프로세서를 사용하여 제1 전기 신호 세트 및 제2 전기 신호 세트에 기반하여 하나 이상의 물체의 거리 정보를 결정할 수 있다.

[0111] 본 발명의 많은 특징은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 조합으로, 사용하거나, 또는 그 도움으로 수행될 수 있다. 결과적으로, 본 발명의 특징은 처리 시스템(예를 들어, 하나 이상의 프로세서를 포함)을 사용하여 구현될 수 있다. 예시적인 프로세서는 제한없이, 하나 이상의 범용 마이크로 프로세서(예를 들어, 단일 또는 멀티-코어 프로세서), 애플리케이션 특정 집적 회로(application-specific integrated circuit), 애플리케이션 특정 명령 세트 프로세서(application-specific instruction-set processor), 그래픽 처리 유닛, 물리 처리 유닛, 디지털 신호 처리 유닛, 코프로세서(coprocessor), 네트워크 처리 유닛들, 오디오 처리 유닛들, 암호화 처리 유닛 등을 포함할 수 있다.

[0112] 본 발명의 특징은 여기에 제시된 임의의 특징을 수행하도록 처리 시스템을 프로그램하는 데 사용될 수 있는 명령을 가지는 저장 매체(미디어) 또는 컴퓨터 판독 가능 매체(미디어)인 컴퓨터 프로그램 제품을 사용하거나 그 도움으로 구현될 수 있다. 저장 매체는 플로피 디스크, 광 디스크, DVD, CD-ROM, 마이크로드라이브 및 광 자기 디스크(magneto-optical disk)를 포함하는 임의 유형의 디스크, ROM, RAM, EPROM, EEPROM, DRAM, VRAM, 플래시 메모리 디바이스, 자기 또는 광학 카드, 나노시스템(분자 메모리 IC 포함), 또는 명령 및/또는 데이터를 저장하기에 적합한 임의의 유형의 매체 또는 디바이스를 포함할 수 있지만, 이에 제한되지는 않는다.

[0113] 기계(machine) 판독 가능 매체(미디어) 중 임의의 하나에 저장되어, 본 발명의 특징은 처리 시스템의 하드웨어를 제어하고 처리 시스템이 본 발명의 결과를 활용하여 다른 메커니즘과 상호 작용할 수 있도록 하기 위한 소프트웨어 및/또는 펌웨어에 통합될 수 있다. 이러한 소프트웨어 또는 펌웨어는 애플리케이션 코드, 디바이스 드라이버, 운영 체제 및 실행 환경/컨테이너(container)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.

[0114] 본 발명의 특징은 또한 예를 들어 ASIC(application specific integrated circuit) 및 FPGA(field-programmable gate array) 디바이스와 같은 하드웨어 구성 요소를 사용하여 하드웨어로 구현될 수 있다. 본 명세서에 기술된 기능을 수행하기 위한 하드웨어 상태 기계의 구현은 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다.

[0115] 또한, 본 발명은 본 개시의 교시(teaching)에 따라 프로그램된 하나 이상의 프로세서, 메모리 및/또는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체를 포함하는, 하나 이상의 종래의 범용 또는 특수화된 디지털 컴퓨터, 컴퓨팅 디바이스, 기계 또는 마이크로 프로세서를 사용하여 편리하게 구현될 수 있다. 소프트웨어 당업자에게 명백한 바와 같이, 본 개시의 교시에 기반하여 숙련된 프로그래머에 의해 적절한 소프트웨어 코딩이 용이하게 준비될 수 있다.

[0116] 이상, 본 발명의 다양한 실시 예들이 설명되었지만, 그것들은 예로서 제한적으로 제시된 것이 아니라는 것을 이해해야 한다. 관련 기술 분야의 통상의 기술자에게는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 형태 및 세부 사항에 대한 다양한 변경이 이루어질 수 있음이 명백할 것이다.

[0117] 본 발명은 특정 기능의 성능 및 그들의 관계를 예시하는 기능적 빌딩 블록(functional building bloc)의 도움으로 설명되었다. 이러한 기능적 빌딩 블록의 경계는 설명의 편의를 위해 본 명세서에서 임의로 정의되었다. 특정 기능 및 그 관계가 적절히 수행되는 한 다른 경계가 정의될 수 있다. 이와 같은 임의의 다른 경계는 본 발명의 범위 및 사상 내에 있다.

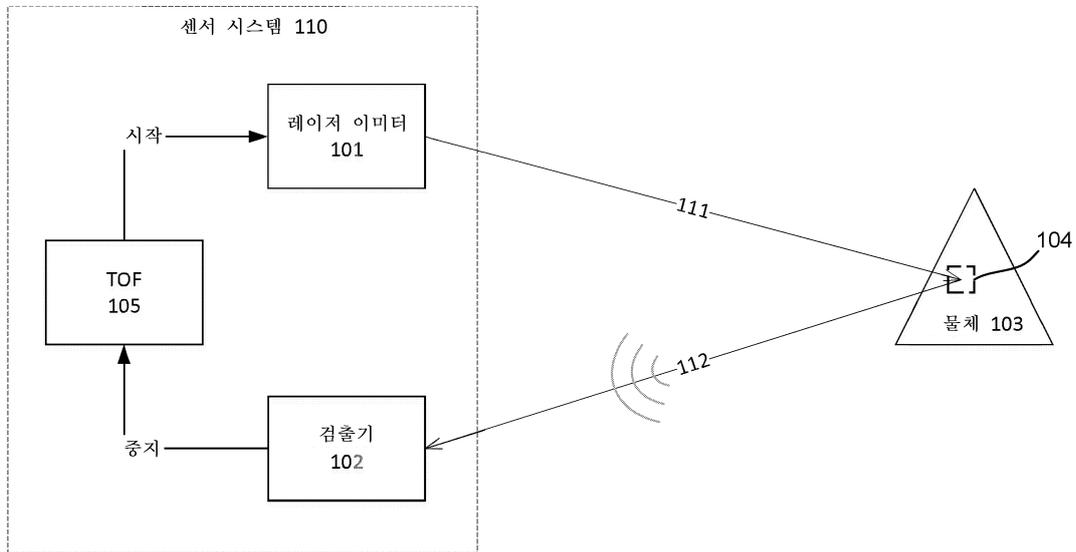
[0118] 본 발명의 전술한 설명은 예시 및 설명의 목적으로 제공되었다. 개시된 정확한 형태로 본 발명을 철저하게 하거나(exhaustive) 제한하려는 것은 아니다. 본 발명의 폭(breadth) 및 범위는 전술한 예시적인 실시 예들 중 임의의 것에 의해 제한되지 않아야 한다. 많은 수정 및 변형이 당업자에게 명백할 것이다. 수정 및 변형은 개시된 특징의 임의의 관련 조합을 포함한다. 실시 예는 본 발명의 원리 및 그 실제 적용을 가장 잘 설명하기 위해 선택되고 설명되었으므로, 당업자는 다양한 실시 예에 대해 그리고 고려된 특정 용도에 적합한 다양한 변형으로 본 발명을 이해할 수 있다. 본 발명의 범위는 다음의 청구 범위 및 그 등가물에 의해 정의되는 것으로 의도된다.

[0119]

도면

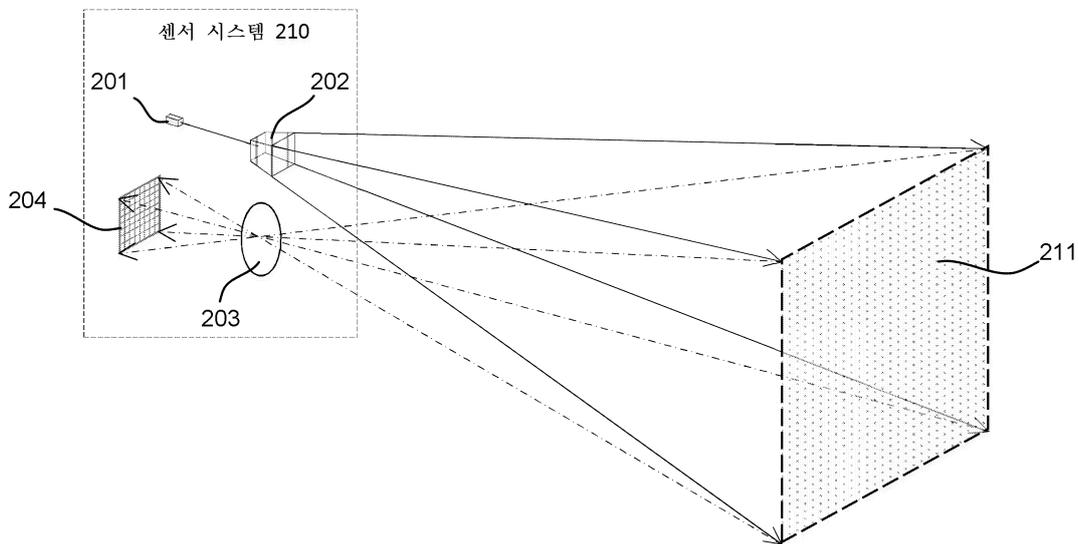
도면1

100



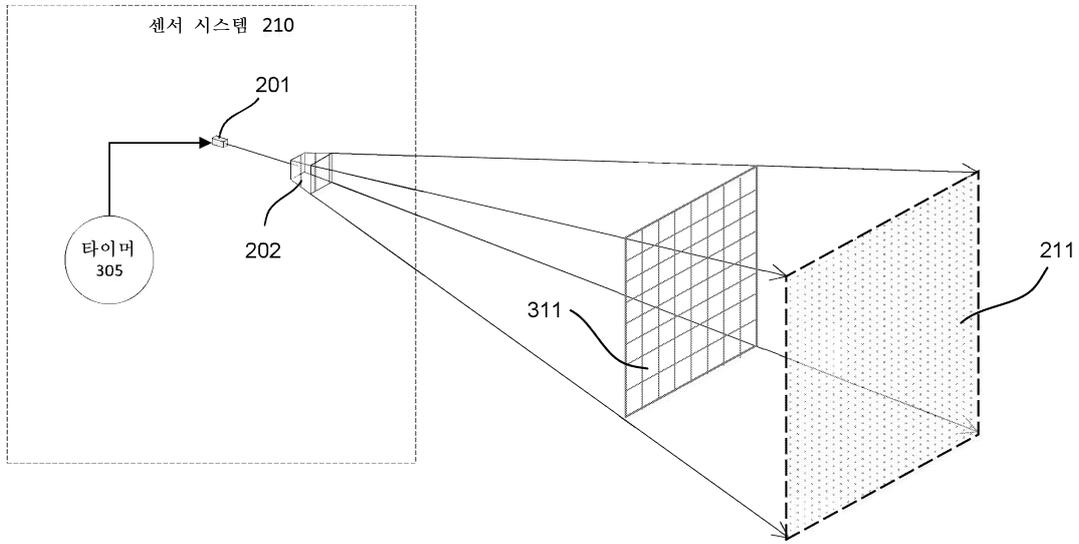
도면2

200



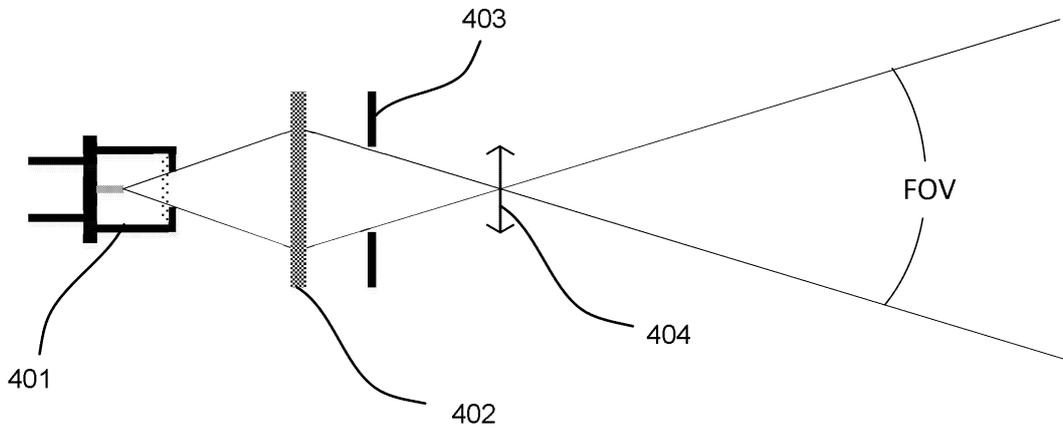
도면3

300

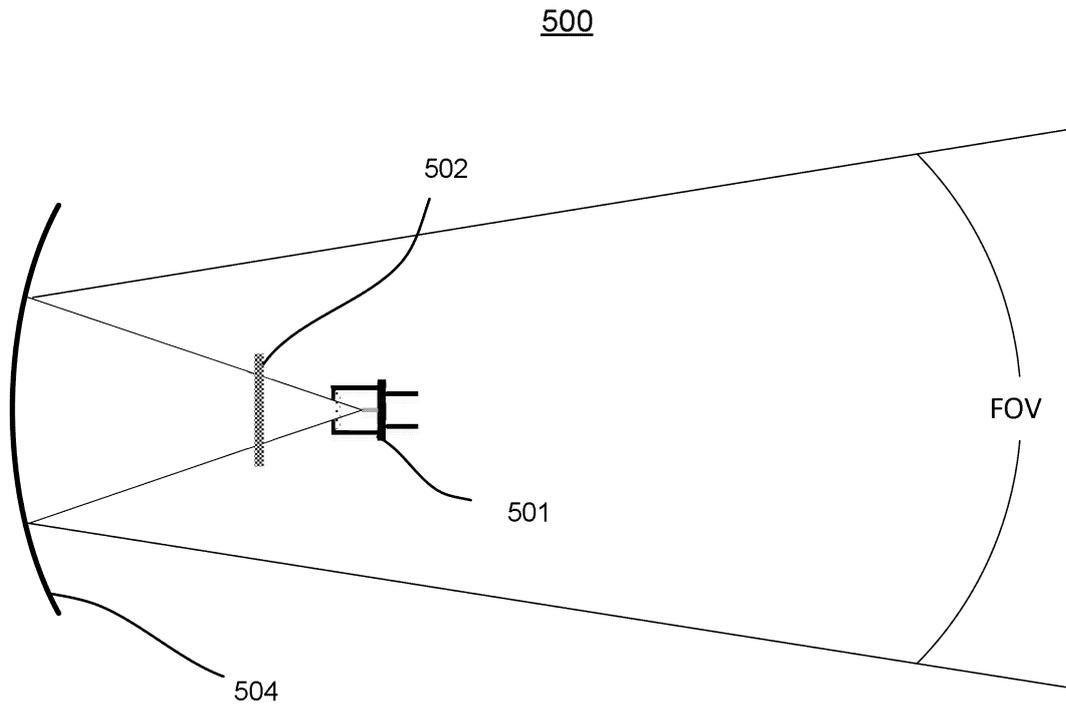


도면4

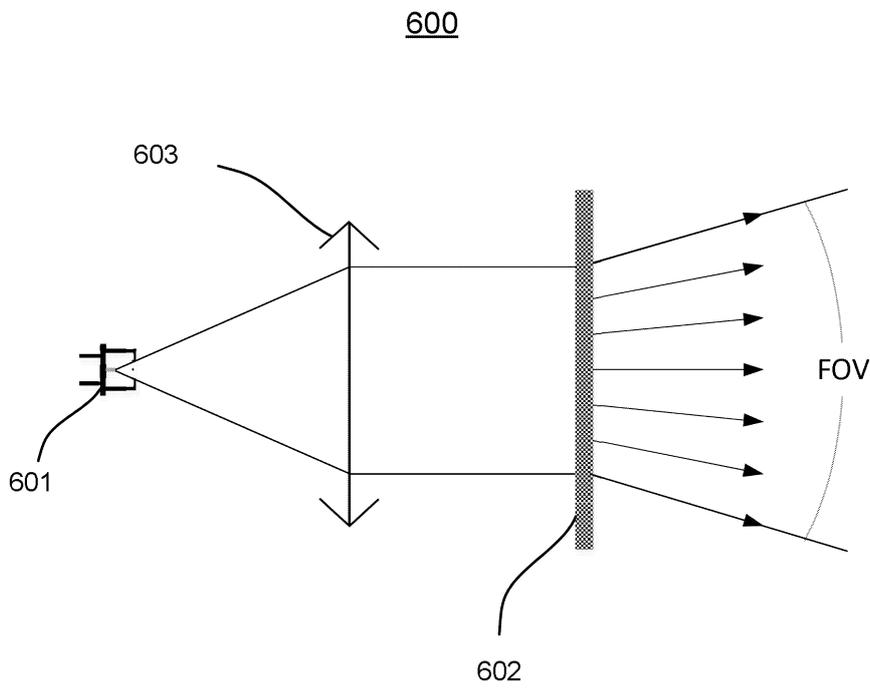
400



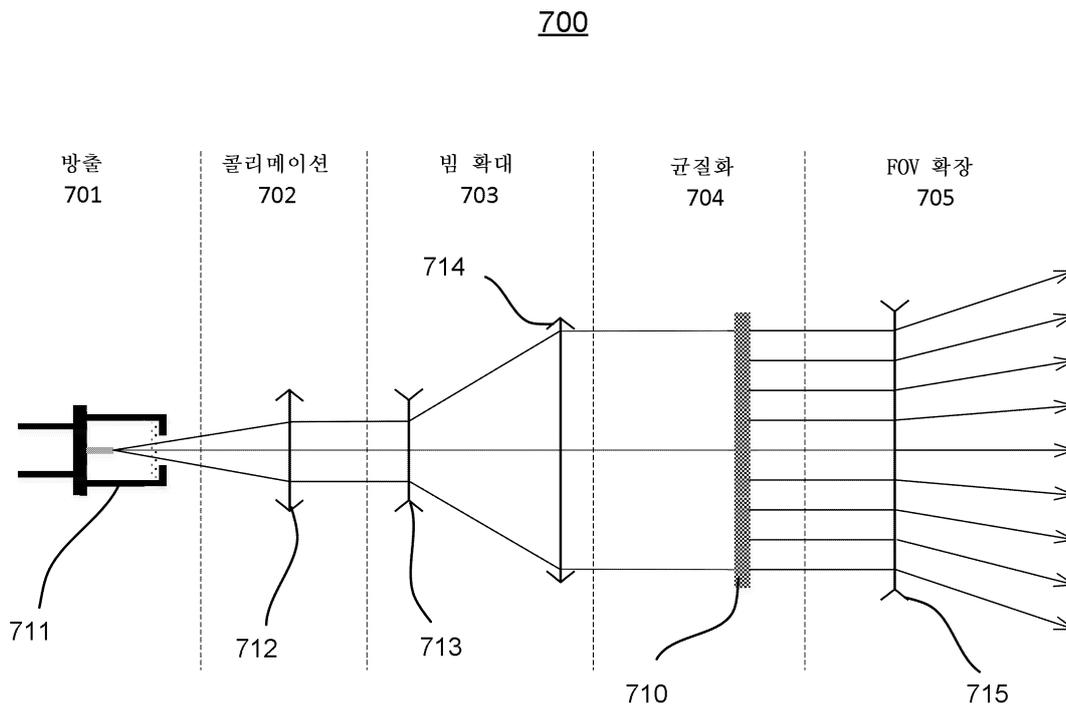
도면5



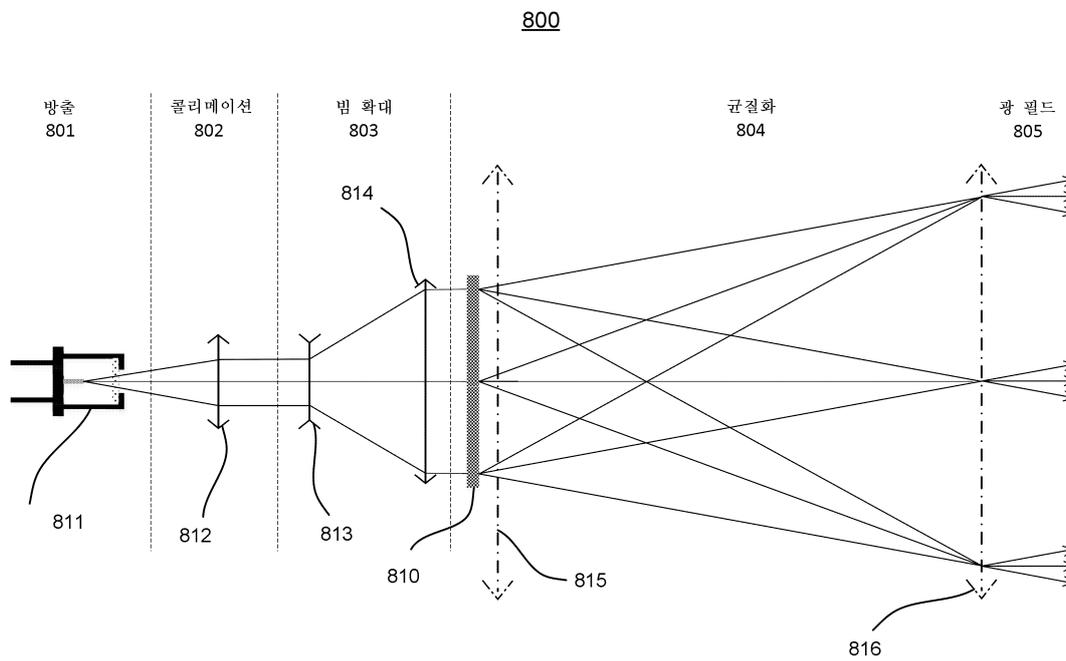
도면6



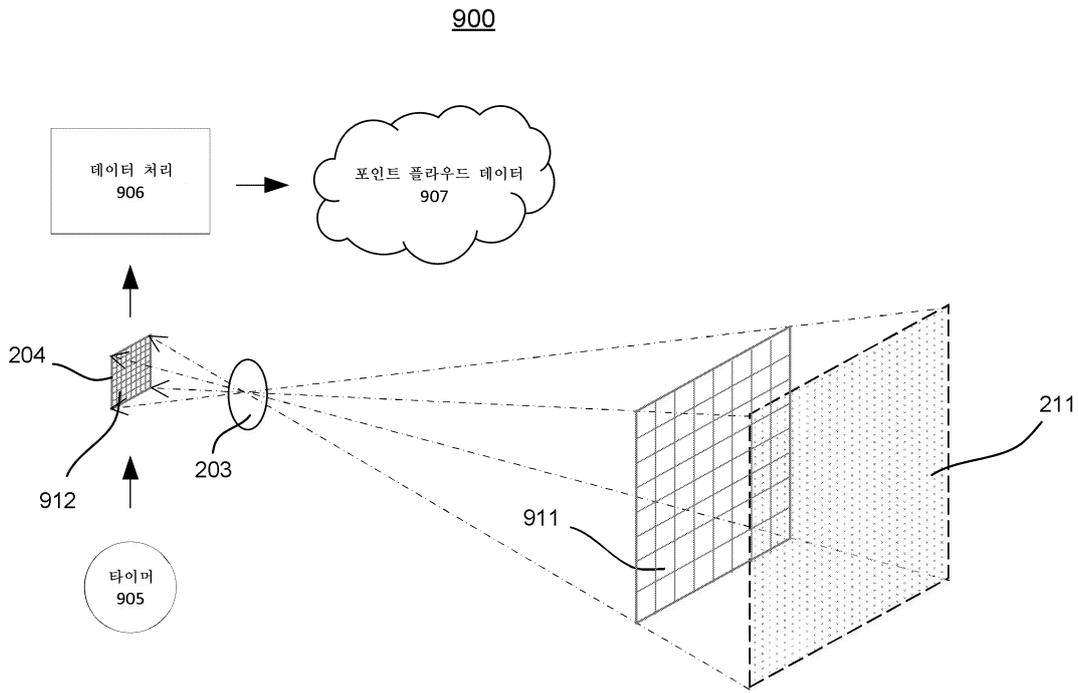
도면7



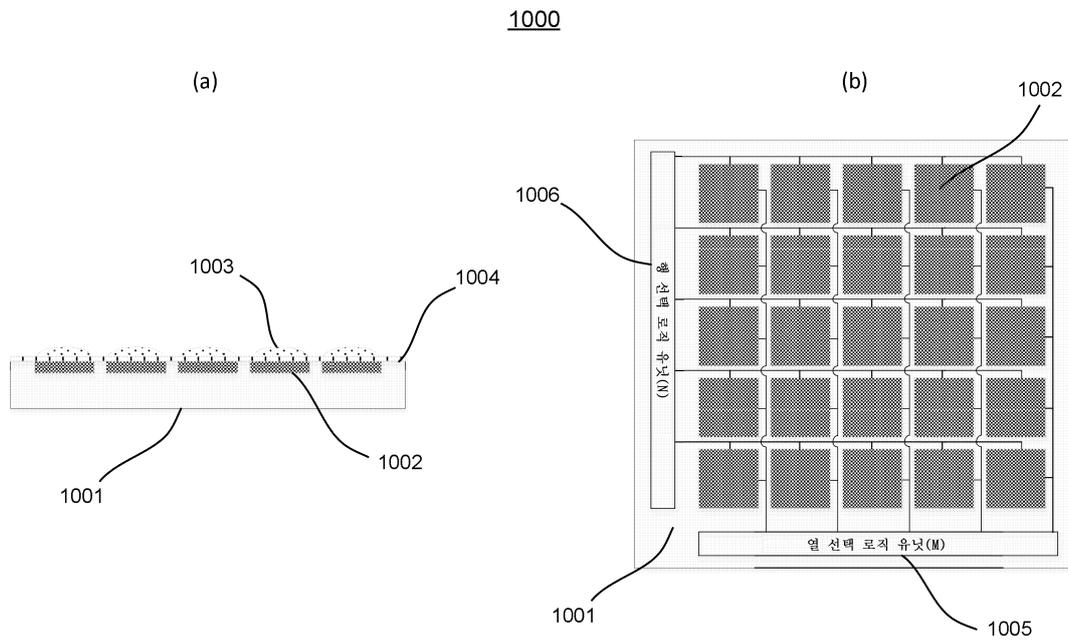
도면8



도면9

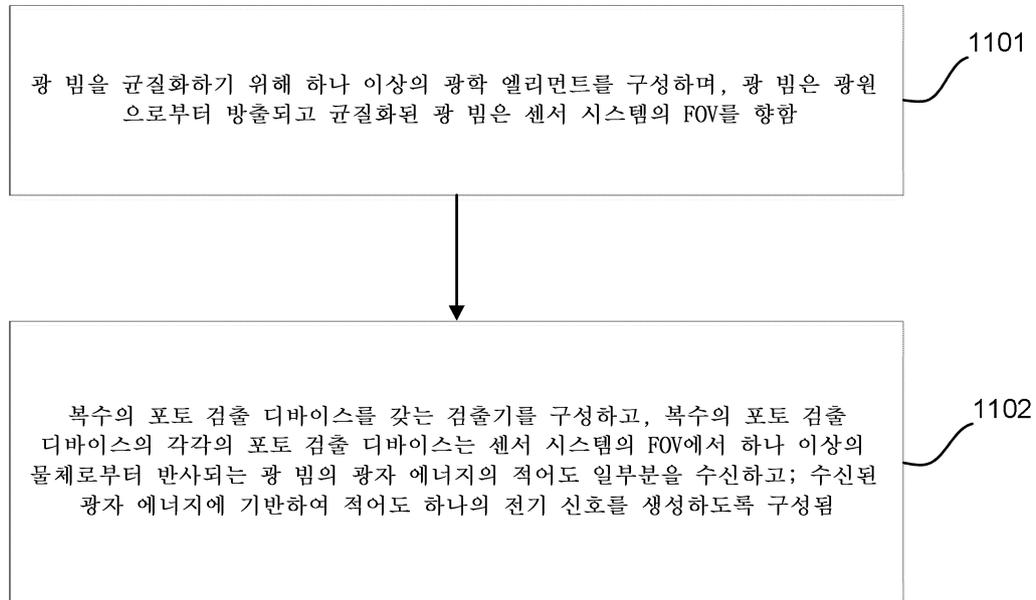


도면10



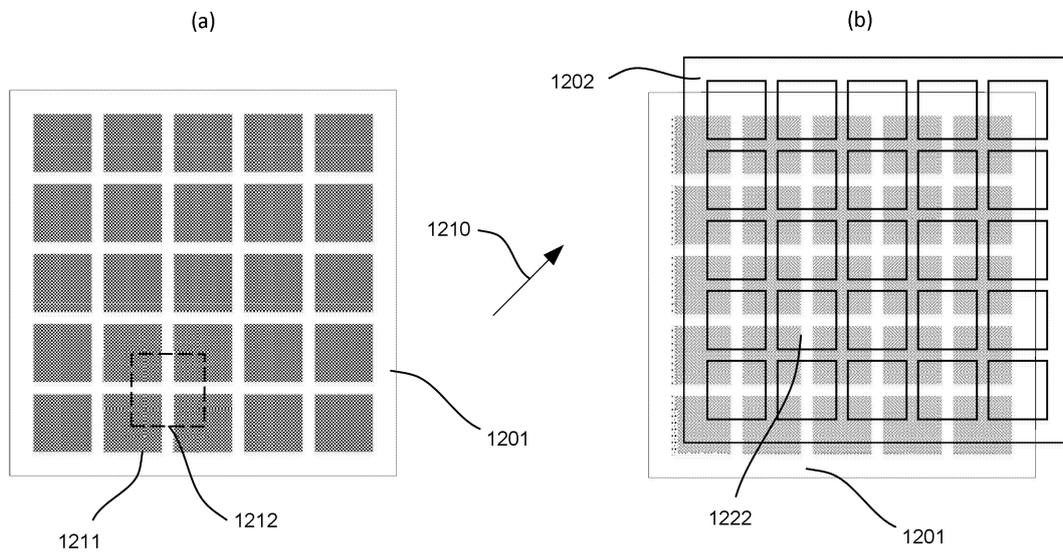
도면11

1100



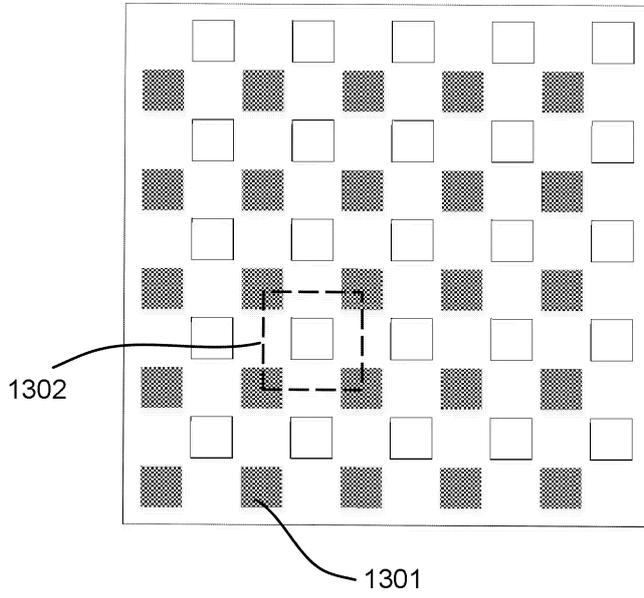
도면12

1200



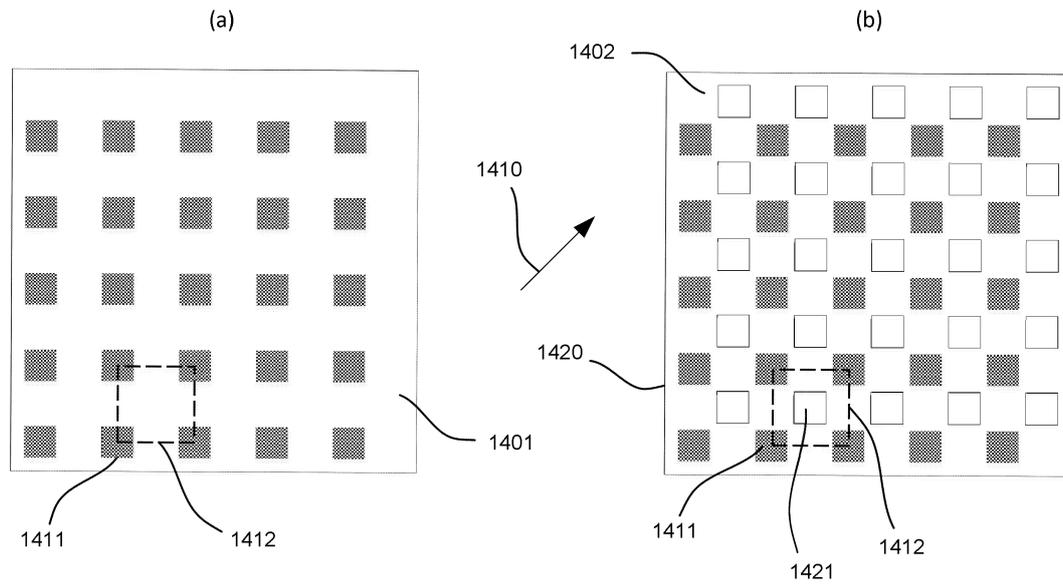
도면13

1300



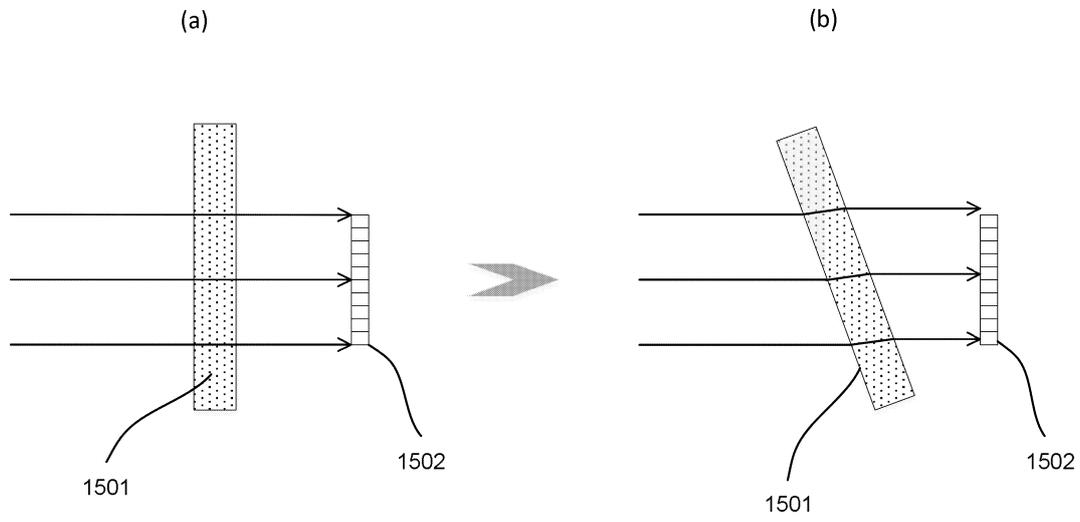
도면14

1400



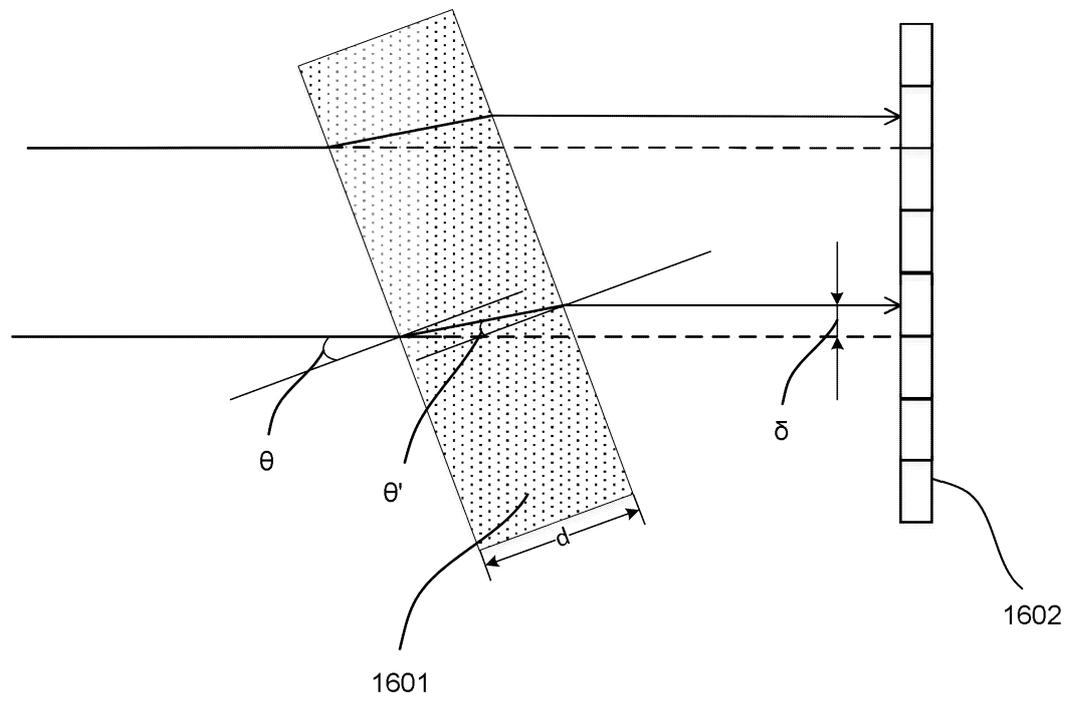
도면15

1500



도면16

1600



도면17

1700

