



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0128435
(43) 공개일자 2020년11월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/481 (2006.01) G01S 17/50 (2006.01)
G05D 1/02 (2020.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 7/481 (2013.01)
G01S 17/50 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7029872
- (22) 출원일자(국제) 2019년03월27일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년10월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/024343
- (87) 국제공개번호 WO 2019/195054
국제공개일자 2019년10월10일
- (30) 우선권주장
62/651,209 2018년04월01일 미국(US)

- (71) 출원인
옵시스 테크 엘티디
이스라엘, 5885849 홀론, 하록밈 스트리트 26, 아
즈리엘리 센터 홀론, 빌딩 에이, 8층
- (72) 발명자
파비니, 래리
미국, 콜로라도 80304-1024, 오리온 코트 볼더
3849
도노반, 마크 제이.
미국, 캘리포니아 94040, 마운틴 뷰, 포드햄 웨이
1517
- (74) 대리인
김두식, 문용호, 오중한

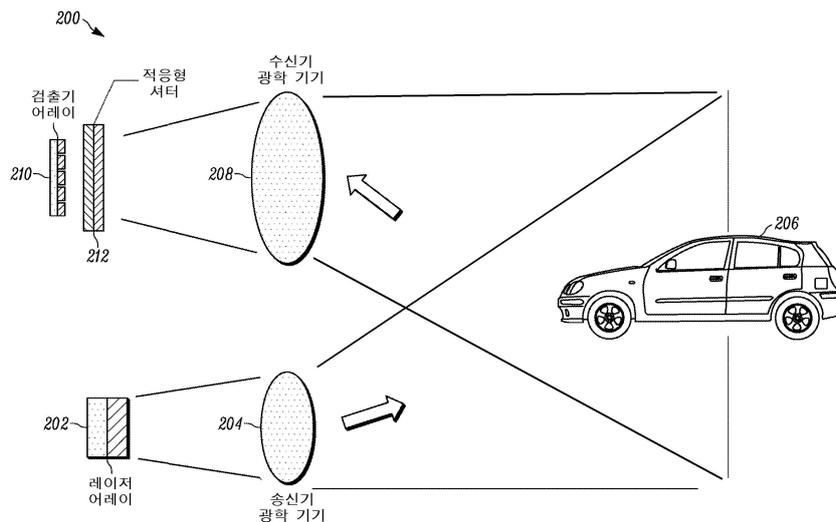
전체 청구항 수 : 총 57 항

(54) 발명의 명칭 **잡음 적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템**

(57) 요약

LIDAR 시스템은 각각 조명 영역에서 FOV를 조명하는 복수의 레이저를 포함하는 광 송신기를 포함한다. 송신기 제어기는 각각의 레이저 입력에 접속된 출력을 갖는다. 송신기 제어기는, 레이저가 조명 영역에서 원하는 패턴으로 광을 생성하도록 출력에서 전기 펄스를 생성한다. 광 수신기는 조명 영역에 입력 FOV를 가지며, 각각 FOV를 갖고 조명 영역에 걸쳐 광을 검출하도록 위치되는 복수의 검출기 및 레이저로부터 검출기까지의 TOF를 측정하는 TOF 측정 회로를 포함한다. 수신기는 범위 정보를 계산한다. 광 송신기와 광 수신기 사이에 위치한 적응형 광학 셔터는 투명 또는 반사 영역 FOV를 가지며, 여기서 광학 셔터는 광 수신기의 입력에서의 조명을 광 수신기 FOV보다 작은 영역으로 제한한다.

대표도



(52) CPC특허분류
G05D 1/024 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

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

- a) 복수의 레이저를 포함하고, 상기 복수의 레이저의 각각은 조명 영역에서 시야(field-of-view)를 조명하는 광 송신기;
- b) 복수의 전기 출력을 갖는 송신기 제어기로서, 상기 송신기 제어기의 복수의 전기 출력 중 각각의 하나는 상기 복수의 레이저 중 각각의 하나의 입력에 전기적으로 접속되고, 상기 송신기 제어기는, 상기 복수의 레이저가 상기 조명 영역에서 원하는 패턴으로 광을 생성하도록 상기 복수의 전기 출력에서 전기 펄스들을 생성하도록 구성되는, 송신기 제어기;
- c) 상기 조명 영역에서 시야를 포함하는 입력을 갖고: 각각 상기 조명 영역에서 시야를 갖고 상기 조명 영역에서 광을 검출하도록 위치되는 복수의 검출기; 및 상기 복수의 레이저로부터 상기 복수의 검출기로의 광의 비행-시간(time-of-flight)을 측정하는 비행-시간 측정 회로를 포함하고, 상기 비행-시간 측정으로부터 범위 정보를 계산하는 광 수신기; 및
- d) 상기 광 송신기와 상기 광 수신기 사이에 위치하며, 상기 조명 영역에서 투명 영역 시야를 갖고, 상기 투명 영역 시야가 상기 광 수신기의 상기 입력의 시야보다 작도록 상기 광 수신기의 상기 입력에서의 조명을 제한하는 적응형 광학 셔터를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 셔터의 상기 투명 영역 시야는 상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 셔터의 상기 투명 영역 시야는 상기 복수의 검출기 각각의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 셔터의 상기 투명 영역 시야는 상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야는 상기 적응형 광학 셔터의 상기 투명 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 검출기 각각의 시야는 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야는 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역 시야의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 해상도를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역 시야의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 동적 범위를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 신호-대-잡음비를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 복수의 검출기 각각의 시야에 대한 상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 신호-대-잡음비를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 복수의 검출기의 수는 상기 복수의 레이저의 수보다 적은, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 서터의 상기 투명 영역 시야는 상기 조명 영역에서 상기 원하는 패턴의 크기보다 작도록 구성되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 2개는 상이한 파장에서 광을 방출하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 서터는 액정 서터를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 서터는 에탈론 캐비티(etalon cavity) 서터를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 적응형 광학 서터는 MEMS 서터를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 20

광 검출 및 거리 측정(LIDAR) 시스템으로서,

a) 복수의 레이저를 포함하고, 상기 복수의 레이저의 각각은 조명 영역에서 시야를 조명하는 광 송신기;

b) 복수의 전기 출력을 갖는 송신기 제어기로서, 상기 송신기 제어기의 복수의 전기 출력 중 각각은 상기 복수의 레이저 중 하나의 입력에 전기적으로 접속되고, 상기 송신기 제어기는, 상기 복수의 레이저가 상기 조명 영역에서 원하는 패턴으로 광을 생성하도록 상기 복수의 전기 출력에서 전기 펄스들을 생성하도록 구성되는, 송신기 제어기;

c) 상기 조명 영역에서 시야를 포함하는 입력을 갖고: 각각 상기 조명 영역에서 시야를 갖고 상기 조명 영역에서 광을 검출하도록 위치되는 복수의 검출기; 및 상기 복수의 레이저로부터 상기 복수의 검출기로의 광의 비행-시간을 측정하는 비행-시간 측정 회로를 포함하고, 상기 비행-시간 측정으로부터 범위 정보를 계산하는 광 수신기; 및

d) 상기 광 송신기와 상기 광 수신기 사이에 위치하며, 상기 조명 영역에서 반사 영역 시야를 갖고, 상기 광 수신기의 상기 입력에서의 조명을 상기 광 수신기의 상기 입력의 시야보다 작은 영역으로 제한하는 적응형 광학 미러를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야는 상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야는 상기 복수의 검출기 각각의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 24

제20항에 있어서,

상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야는 상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 25

제20항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야는 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 26

제20항에 있어서,

상기 복수의 검출기 각각의 시야는 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 27

제20항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야는 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 28

제20항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 29

제20항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 해상도를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 30

제20항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 동적 범위를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 31

제20항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야의 비율은 특정 해상도를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 32

제20항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 신호-대-잡음비를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 33

제20항에 있어서,

상기 복수의 검출기 모두의 시야에 대한 상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야의 비율은 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 신호-대-잡음비를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 34

제20항에 있어서,

상기 복수의 검출기의 수는 상기 복수의 레이저의 수보다 적은, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 35

제20항에 있어서,

상기 적응형 광학 미러의 상기 반사 영역 시야는 상기 조명 영역에서 상기 원하는 패턴의 크기보다 작도록 구성되는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 36

제20항에 있어서,

상기 적응형 광학 미러는 MEMS를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 37

제20항에 있어서,

상기 적응형 광학 미러는 디지털 마이크로미러를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 38

제20항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 2개는 상이한 파장에서 광을 방출하는, 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 39

광 검출 및 거리 측정 방법으로서,

- a) 복수의 레이저를 사용하여 조명 영역에서 원하는 패턴으로 시야를 조명하는 단계;
- b) 상기 조명 영역에 시야를 갖는 입력을 갖고, 상기 조명 영역에 걸쳐 광을 검출하는 복수의 검출기를 포함하고, 상기 복수의 검출기 각각은 시야를 갖는 광 수신기를 위치 결정하는 단계;
- c) 상기 복수의 레이저로부터 상기 복수의 검출기로의 광의 비행-시간을 측정하는 단계;
- d) 상기 비행-시간 측정으로부터 범위 정보를 계산하는 단계; 및
- e) 상기 광 수신기의 상기 입력에서의 조명을 상기 광 수신기의 상기 입력의 시야보다 작은 투명 영역 시야로 제한하는 단계를 포함하는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 41

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 복수의 검출기 모두의 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 42

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 모두의 시야는 상기 복수의 검출기 모두의 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 43

제39항에 있어서,

상기 투명 영역 시야는 상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 44

제39항에 있어서,

상기 투명 영역 시야는 상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 45

제39항에 있어서,

상기 투명 영역 시야는 상기 복수의 레이저 각각의 시야와 상이한, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 46

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야는 상기 투명 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 47

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기 각각의 시야는 상기 투명 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 48

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야는 상기 투명 영역 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 49

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기 각각의 시야는 상기 투명 영역 시야보다 작은, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 50

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야는 상기 투명 영역 시야보다 큰, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 51

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 투명 영역 시야의 비율은 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 해상도를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 52

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야에 대한 적응형 광학 서터의 투명 영역 시야의 비율은 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 동적 범위를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 53

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기 중 적어도 일부의 시야에 대한 상기 투명 영역 시야의 비율은 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 신호-대-잡음비를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 54

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기 각각의 시야에 대한 상기 투명 영역 시야의 비율은 광 검출 및 거리 측정 시스템의 특정 신호-대-잡음비를 달성하도록 선택되는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 55

제39항에 있어서,

상기 복수의 검출기의 수가 상기 복수의 레이저의 수보다 적은, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 56

제39항에 있어서,

상기 투명 영역 시야는 상기 조명 영역에서 상기 원하는 패턴의 크기보다 작도록 구성되는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

청구항 57

제39항에 있어서,

상기 복수의 레이저 중 적어도 2개는 상이한 파장에서 광을 방출하는, 광 검출 및 거리 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

- [0001] 본원에서 사용된 섹션 표제는 오직 편집의 목적일 뿐이며, 어떤 식으로든 본 출원에 설명된 주제를 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0002] 관련 출원 섹션
- [0003] 본 출원은 2018년 4월 1일자로 출원되고 "잡음 적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템(Noise Adaptive Solid-State LIDAR System)"이라는 제목의 계류 중 미국 가특허 출원 번호 제62/651,209호의 정규 출원이다. 미국 특허 출원 번호 제62/651,209호의 전체 내용은 본원에 참조로 통합된다.
- [0004] 도입
- [0005] 자율, 자체-주행 및 반자율 주행 자동차는 주변 물체의 검출 및 위치 결정을 위해 레이더, 이미지-인식 카메라 및 소나와 같은 상이한 센서 및 기술의 조합을 사용한다. 이러한 센서는 충돌 경고, 자동-비상 제동, 차선-이탈 경고, 차선-유지 지원, 적응형 크루즈 제어 및 파일럿 주행을 포함하여 운전자 안전에 있어서 많은 개선을 가능하게 한다. 이러한 센서 기술 중, 광 검출 및 거리 측정(LIDAR: light detection and ranging) 시스템이 중요한 역할을 하며, 주변 환경의 실시간, 고해상도 3D 매핑을 가능하게 한다. 자동차 어플리케이션의 점점 더 복잡해지는 어레이의 요건을 해결하기 위해, LIDAR 시스템은 빠르게 움직이는 물체에 응답하는 충분히 빠른 응

답 시간을 가질 필요가 있다. LIDAR 시스템은 또한 수신된 신호가 멀리 있는 물체를 검출할 수 있도록 충분한 신호-대-잡음을 가져야 한다. 또한, LIDAR 시스템은 최소한의 움직이는 부품으로 높은 신뢰성을 갖는 것이 바람직하다.

[0006] 또한, LIDAR 시스템은 통상적인 동작 동안 해상도 및 속도에 대한 광범위한 조건 및 다양한 요건의 세트에 직면할 수 있다. 이와 같이, LIDAR 시스템은 변화하는 요건과 환경에 적응하는 동작 파라미터 및 기능을 필요로 한다.

도면의 간단한 설명

[0007] 바람직하고 예시적인 실시예에 따른 본 교시는 그 추가 이점과 함께 첨부 도면과 함께 취해진 후술하는 상세한 설명에서 보다 구체적으로 설명된다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 후술하는 도면이 단지 예시적인 목적임을 이해할 것이다. 도면은 반드시 스케일대로일 필요가 없으며, 대신에 일반적으로 본 교시의 원리를 나타내는데 중점을 둔다. 도면은 어떤 식으로든 출원인의 교시의 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

도 1a는 알려진 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템의 개략도를 나타낸다.

도 1b는 도 1a의 LIDAR 시스템의 시스템 시야(Field-of-View)(FOV)의 2차원 투사를 나타낸다.

도 2는 본 교시에 따른 적응형 FOV LIDAR 시스템의 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 3은 본 교시에 따른 적응형 LIDAR 시스템의 실시예의 광 수신기의 개략도를 나타낸다.

도 4a는 본 교시에 따른 적응형 서터의 구성을 사용하는 적응형 LIDAR 시스템의 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 4b는 본 교시에 따른 적응형 서터의 다른 구성을 사용하는 적응형 LIDAR 시스템의 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 5a는 본 교시에 따른 특정 서터 FOV의 실시예에 대해 도 2의 LIDAR 시스템의 시스템 FOV의 2차원 투사를 나타낸다.

도 5b는 본 교시에 따른 특정 서터 FOV의 다른 실시예에 대해 도 2의 LIDAR 시스템의 시스템 FOV의 2차원 투사를 나타낸다.

도 5c는 본 교시에 따른 특정 서터 FOV의 또 다른 실시예에 대해 도 2의 LIDAR 시스템의 시스템 FOV의 2차원 투사를 나타낸다.

도 6은 본 교시에 따른 적응형 미러를 사용하는 적응형 FOV LIDAR 시스템의 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 7a는 본 교시의 적응형 LIDAR 시스템의 실시예의 블록도를 나타낸다.

도 7b는 도 7a와 관련하여 설명되는 수신기 및 TOF 연산 전자 기기의 실시예의 상세 블록도를 나타낸다.

도 8은 본 교시에 따른 LIDAR 시스템의 알고리즘을 구현하는 방법의 실시예의 흐름도를 나타낸다.

도 9는 스마트 물체 검출을 통합하는 본 교시에 따른 잡음-적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템의 알고리즘을 구현하는 방법의 실시예의 흐름도를 나타낸다.

도 10은 알려진 마이크로-전자-기계 시스템(Micro-Electro-Mechanical System)(MEMS) 기반 스캐닝 LIDAR 시스템에 대한 동작 파라미터의 테이블을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 첨부 도면에 나타난 바와 같이 예시적인 실시예를 참조하여 본 교시가 더욱 상세하게 설명될 것이다. 본 교시는 다양한 실시예 및 예와 관련하여 설명되지만, 본 교시는 이러한 실시예로 제한되는 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 바와 같이 본 개시의 범위 내에 있는 다른 사용 분야뿐만 아니라 추가의 구현, 수정 및 실시예를 인식할 것이다.

[0009] 명세서에서 "일 실시예" 또는 "실시예"에 대한 언급은 실시예와 관련하여 설명되는 특성의 특징, 구조 또는 특성이 본 교시의 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 본 명세서의 다양한 곳에서 "일 실시예에서"라는 문구의 출현은 반드시 모두 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다.

- [0010] 본 교시의 방법의 개별 단계는 본 교시가 동작 가능한 상태로 유지되는 한, 임의의 순서로 및/또는 동시에 수행될 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 본 교시가 동작 가능한 상태로 유지되는 한, 본 교시의 장치 및 방법은 임의의 수 또는 모든 설명된 실시예를 포함할 수 있음을 이해해야 한다.
- [0011] 본 교시는 광을 반사 및/또는 산란시키는 다양한 물체 또는 타겟에 대한 거리를 측정하는 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템에 관한 것이다. 특히, 본 교시는 수신된 측정 신호의 잡음을 감소시켜 SNR을 개선할 수 있고, 그에 따라 더 긴 측정 범위를 가능하게 하는 잡음-적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템을 설명한다.
- [0012] 자동차 어플리케이션은 빠르게 움직이는 물체에 응답하기에 충분한 시간을 제공하기 위하여 100 미터를 초과하는 측정 범위를 갖는 LIDAR 시스템을 필요로 한다. 예를 들어, 갈라지지 않은 고속도로의 반대 차선에 있는 2대의 차량은 250 km/h(150 mph) 이상의 다가오는 상대 속도를 가질 수 있다. 250 km/h에서, 두 차량 사이의 100-m 간격을 좁히는 데는 1.44 초밖에 걸리지 않을 것이다.
- [0013] 수신된 신호의 신호-대-잡음비(signal-to-noise ratio)(SNR)는 물체가 특정 거리에서 특정 오류율로 검출될 수 있는지를 결정한다. 신호 강도는 송신되는 광 전력에 따른다. 더 높은 송신 전력은 범위를 증가시키는 더 강한 반사 복귀 신호를 제공한다. 그러나, 자동차 LIDAR 시스템은 통상적으로 클래스 1 눈 안전(Class 1 eye safety) 표준에 의해 제한되며, 이는 송신될 수 있는 최대 허용 가능 광 출력을 제한한다. 클래스 1 눈-안전 표준 내에서 동작함으로써, 레이저 광을 방출하는 제품은 합리적으로 예상되는 모든 사용 조건 하에서 눈에 안전한 것으로 고려된다. 클래스 1 눈 안전 송신 광 전력 제한에 도달되면, 광 수신기 설계 및/또는 신호 프로세싱 개선을 통해 SNR의 추가 개선이 가장 잘 달성된다. 신뢰성을 최대화하기 위해 자동차 어플리케이션에 사용되는 LIDAR 시스템이 움직이는 부품을 갖지 않는 완전한 솔리드-스테이트인 것이 매우 바람직하다. 또한, LIDAR 시스템이 변화하는 측정 요건 및 조건에 적응할 수 있는 것이 매우 바람직하다.
- [0014] 도 1a는 알려진 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템의 개략도를 나타낸다. 도 1a에 나타난 시스템은 한 번에 전체 시스템 시야를 조명하는 플래시 송신기를 채용하지 않는다. 대신, 송신기 어레이(102)의 각각의 개별 레이저는 독립적으로 발사될 수 있으며, 각각의 레이저에 의해 방출된 광 빔은 전체 시스템 시야의 일부만에 대한 3D 투사 각도에 대응한다. 이러한 송신기의 일례가 본 양수인에게 양도된 미국 특허 공개 번호 제2017/0307736 A1호에 상세하게 설명되어 있다. 미국 특허 공개 번호 제2017/0307736 A1호의 전체 내용은 본원에 참조로 통합된다. 일부 실시예에서, 송신기의 어레이는 규칙적인-간격의 어레이이다. 다른 실시예에서, 송신기의 어레이는 불규칙한-형상의 어레이이다. 다양한 실시예에서, 송신기의 어레이는 다양한 형상 및 크기로 구성될 수 있다.
- [0015] 레이저 어레이(102)의 레이저로부터의 광 빔은 송신기 광학 기기(104)를 공유하고, 타겟(106)으로부터 반사된 광은 수신기 광학 기기(108)를 공유한다. 검출기 어레이(110)는 움직이는 부품을 갖지 않는 솔리드-스테이트이다. 검출기 어레이(110)는 통상적으로 송신기 어레이(102)가 개별 레이저를 갖는 것보다 더 적은 수의 개별 검출기 요소를 갖는다. LIDAR 시스템(100)의 측정 해상도는 검출기 어레이(110)의 검출기 요소의 크기에 의해 결정되는 것이 아니라, 대신 송신기 어레이(102)의 레이저 개수 및 개별 광 빔의 시준에 의해 결정된다. LIDAR 시스템(100)의 프로세서는 검출기 어레이(110)에서 검출된 바와 같이 레이저 어레이(102)의 레이저로부터의 광 빔을 반사하는 타겟(106)까지의 거리를 결정하는 비행-시간(time-of-flight)(TOF) 측정을 수행한다.
- [0016] 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, LIDAR 시스템의 다양한 광학 요소 내부로부터 그리고 다양한 광학 요소를 통한 광의 전개는 광학 시스템의 특정 기준 평면에 투사되는 것으로 설명될 수 있다. 일반성의 손실 없이, 그리고 본 개시의 목적을 위해, 이러한 기준 평면은 검출기 어레이(110)의 평면으로 간주된다. 기준 평면에서 레이저 어레이(102)로부터 방출된 광의 LIDAR 시스템을 통한 투사는 본원에서 조명 영역으로 칭해진다. 검출기 어레이(110)는 조명 영역에서 광을 검출하기 위해 기준 평면 내에 위치된다. 또한, 단순화를 위해, 시스템의 동작은 물체 또는 타겟이 위치될 수 있는 위치인 특정 타겟 범위와 관련하여 설명된다. 잘 알려진 바와 같이, LIDAR 시스템은 3차원으로 동작할 수 있으며, 측정 지점이 복수의 타겟 범위에서 2D 평면에 걸쳐 취해진다는 것을 의미한다. 다양한 타겟 범위에서의 이러한 측정은 통상적으로 3D 측정 포인트 클라우드로 칭하는 것으로 귀결된다. 특정 타겟 범위에서의 설명에 기초한 3D 동작에 대한 확장은 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 잘 이해된다.
- [0017] 에너지가 공급될 때, 송신 어레이(102)의 레이저는 검출기 어레이(110)의 이러한 평면에서 조명 영역 내의 패턴으로 광을 생성한다. 특정 패턴은 본원에 설명되는 바와 같이 광을 생성하도록 에너지가 공급되는 레이저 어레이(102)의 특정 요소에 기초한다. 조명 영역에서의 이러한 패턴은 타겟 범위에서 2D 평면에 걸쳐 균일한 반사를 가정한다. 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 본원에서 조명 영역에서 레이저 조명

의 특정 패턴에 대한 기준은 타겟 범위에서 이러한 균일한 반사에 의해 생성되는 패턴이다. 동작 중에, 레이저 어레이(102)로부터의 광 조명의 일부(또는 일부 구성에서는 전혀 없음)만이 조명 영역으로 다시 반사될 것이다. 동작시 검출기 어레이(110)에 떨어지는 레이저 어레이(102)로부터의 광 조명은 타겟 범위에서 물체 또는 타겟(106)의 형상 및 위치에 따른다.

[0018] 도 1b는 도 1a의 LIDAR 시스템의 시스템 시야(150)의 2차원 투사를 나타낸다. 시스템 시야(150)는 본원에서 언급되는 조명 영역을 나타낸다. 검출기 어레이에서 개별 검출기의 시야는 작은 정사각형(152)으로 표시된다. 송신기의 개별 레이저와 연관된 조명된 측정 포인트는 원(154)으로 나타낸다. 어레이 내의 개별 검출기 크기는 대체로 디바이스의 전기적 특성에 의해 결정된다. 예를 들어, 에벌랜치 광 다이오드(APD: avalanche photodiode) 검출기의 활성 영역 크기가 증가하면, 검출기의 커패시턴스가 증가하여 디바이스의 광-전기 대역폭을 감소시킨다. APD의 대역폭은 수신된 신호를 감쇠시키거나 왜곡하지 않도록 충분히 높게 유지되어야 한다. 레이저 펄스 폭이 10 nsec 미만인 LIDAR 시스템에서 광-대-전기(O/E) 대역폭 및 APD 커패시턴스에 대한 통상적인 값은 각각 350 MHz 및 2 pF 미만이다. 일반적으로, LIDAR 시스템의 전체 시야를 커버하는 동시에 수용 가능한 전기 검출기 성능을 유지하기 위해, 검출기의 어레이가 사용되어야 한다. 어레이의 전체 물리적 크기 및 치수는 필요한 시야 및 수신기의 광학 렌즈 시스템에 의해 결정된다.

[0019] 도 1a 및 도 1b에 나타난 LIDAR 시스템(100)의 실시예에서, 송신기 어레이(102)의 레이저의 수에 대한 검출기 어레이(110)의 검출기의 수의 비율은 1 : 9이다. 이것은 또한 시스템 시야(150)의 2차원 투사에 의해 알 수 있다. 이러한 실시예에서, 검출기 어레이(110)는 5X5 어레이이다. 동등한 각도 해상도를 갖는 플래시 시스템에 비해, LIDAR 시스템(100)의 검출기 어레이 비용은, 검출기 수가 더 적을 수 있기 때문에 더 낮을 수 있다. LIDAR 시스템(100)의 측정 해상도는 검출기 요소의 크기에 의해 결정되지 않고, 대신 송신기 어레이(102)의 레이저 수 및 개별 레이저 빔의 시준에 의해 결정된다.

[0020] 도 1a 및 도 1b는 LIDAR 시스템(100)의 중요한 양태를 나타낸다. 단일 3D 측정 포인트, LIDAR 시스템(100)의 전체 시야(150)의 작은 원(154)은 어두운 원으로 나타난 측정 포인트(154)로 강조된다. 이러한 측정 포인트 원(154)은 레이저 송신기 어레이(102)의 특정 개별 레이저와 일대일 대응 관계를 갖는다. 또한, 측정 포인트(154)가 개별 검출기 내에 속한다는 것을 알 수 있으며, 여기서 개별 검출기의 작은 정사각형(152)에 의해 표시된 시야는 굵은 윤곽선을 갖는 정사각형으로 나타내었다. 예를 들어, 어레이의 25개의 작은 정사각형(152) 모두를 포함하는 큰 정사각형(156)에 의해 표시되는 전체 검출기 어레이의 시야는 그 시야가 작은 원(154)의 15X15 어레이로 표시되는 15X15 레이저의 어레이로부터 작은 원(154)에 의해 도 1b에 나타난 개별 레이저 시야를 이용함으로써 전체적으로 도달될 수 있다. 큰 정사각형(156)으로 표시되는 이러한 시야는 광 수신기의 입력 시야로 칭해질 수 있다. 이는 타겟 범위로부터의 경로에 있는 다양한 수신 광학 요소의 임의의 변형을 포함한다.

[0021] LIDAR 시스템(100)의 3D 해상도는 송신기 어레이(102)의 레이저의 수에 의해 결정된다. 각각의 레이저는 측정 포인트 원(154)에 의해 나타난 바와 같이 공간의 특정 각도 포인트에 대응하는 광 빔을 생성한다. 도 1b에 나타난 실시예에서, 측정 포인트 원(154)(음영)과 연관된 단일 레이저가 조명될 때, 조명 영역의 패턴은 원(154)의 형상이다. 여기서 레이저에 의해 조명되는 검출기의 시야는 정사각형(152)의 형상이다.

[0022] 이러한 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템(100)에서, 검출기 어레이(110)의 각각의 요소는 그 자신의 개별 수신 전기 회로를 필요로 하지 않으며, 대신 검출기는 단지 하나의 검출기가 임의의 시점에서 임의의 주어진 레이저 송신 펄스를 측정할 필요가 있으므로 공통 수신 회로에 링크될 수 있다. 이는 감소된 회로 복잡성 및 비용에 있어서 상당한 이점을 제공한다. 그러나, 모든 검출기가 동일한 회로에 연결될 때, 모든 검출기로부터의 잡음이 결합되고, 증가된 잡음은 시스템의 감도를 감소시켜 측정 범위를 감소시킬 것이다.

[0023] 도 2는 본 교시에 따른 적응형 시야 LIDAR 시스템(200)의 실시예의 개략도를 나타낸다. 도 2에 나타난 실시예는 도 1a의 LIDAR 시스템(100)과 관련하여 설명된 것과 유사한 송신기 어레이(202), 송신 광학 기기(204), 타겟(206), 수신 광학 기기(208) 및 검출기 어레이(210)를 포함한다. 그러나, 도 2에 나타난 실시예는 검출기 어레이(210) 전방에 배치된 적응형 광학 셔터(212)를 포함한다. 적응형 광학 셔터(212)는 도 1a의 LIDAR 시스템(100)과 비교하여, 검출기 어레이(210)에 도달하는 주변 광을 감소시킴으로써 시스템 성능을 향상시킨다. 실외에서 동작하는 LIDAR 시스템(200)에서, 수신기에 떨어지는 태양으로부터의 주변 광은 수신된 레이저 펄스의 검출을 억제하거나 모호하게 할만큼 충분히 클 수 있는 광 신호를 생성한다. 적응형 셔터(212)는 주변 광의 적어도 일부가 송신 어레이(202)에 의해 방출된 광 빔으로부터 측정 광을 검출하고 있는 검출기 또는 검출기들에 도달하는 것을 차단하는 데 사용될 수 있다.

- [0024] 일부 실시예에서, 송신기 어레이(202)는, 각각의 레이저가 활성화될 때 조명 영역에서 시야를 조명하는 광 빔을 생성하는 복수의 레이저를 포함한다. 송신기 제어기(미도시)가 송신기에 연결된다. 제어기는 도 7a와 관련하여 더욱 상세히 설명된다. 많은 실시예에서, 제어기는 복수의 레이저 각각을 개별적으로 제어할 수 있다. 따라서, 송신 제어기는 복수의 레이저가 활성화된 특정 레이저에 기초한 대응하는 특정 패턴을 갖는 조명 영역에서 광을 생성하도록 특정 패턴으로 복수의 레이저 중 원하는 레이저를 펄스화할 수 있다. 또한, 광 수신기의 검출기 어레이(210)는 조명 영역에 걸쳐 광을 검출하도록 위치된 복수의 검출기를 포함한다. 복수의 검출기 각각은 조명 영역에서 각각의 시야 내에 속하는 검출된 광에 응답하여 전기 검출 신호를 생성한다. 검출된 광은 프로세서 및 복수의 레이저로부터 복수의 검출기로의 광의 비행-시간을 측정하는 비행-시간 측정 회로를 포함하는 다른 회로로 전달된다.
- [0025] 수신 제어기의 프로세서 및 다른 회로는 제어기 의해 선택되는 송신 어레이(202)에서 특정의 복수의 레이저에 의해 생성된 광을 반사시킨 물체 또는 물체들에 대한 비행-시간 측정으로부터 범위 정보를 계산한다. 이러한 방식으로, 시야 및 조명 영역의 상이한 크기 및 형상이 시스템의 성능 요건에 기초하여 생성된다. 예를 들어, 특정의 측정 해상도 및/또는 신호-대-잡음비가 시스템의 시야의 크기 또는 형상을 변경하여 제공될 수 있다. 다양한 실시예에서, 검출기 어레이(210)의 다양한 수의 검출기 및 송신 어레이(202)의 다양한 수의 레이저가 사용된다. 또한, 송신 어레이(202)의 레이저 수에 대한 검출기 어레이(210)의 검출기 수의 다양한 비율이 사용된다.
- [0026] 본 교시의 하나의 특징은 개별 레이저 또는 송신기 어레이(202) 내의 개별 레이저의 그룹이 상이한 과장으로 동작할 수 있다는 것이다. 다중-소스 및 다중-과장 LIDAR 시스템은 본 출원의 양수인에 의해 제안되었다. 다중 과장 송신기를 사용하는 시스템의 일례가 현재 양수인에게 양도된 미국 특허 공개 제2017/0307736 A1호에 설명되어 있다. 미국 특허 공개 제2017/0307736 A1호의 전체 내용은 본원에 참조로 통합된다. 송신기에서의 다중 과장의 사용은 다양한 목적을 위해 동시에 또는 개별적으로 생성되는 상이한 과장을 갖는 다양한 조명 패턴으로 귀결된다. 예를 들어, 상이한 과장을 가진 타겟 및/또는 검출기에서 원하는 조명 패턴(즉, 조명 영역)으로 귀결되는 광 빔을 생성하는 것은 프로세싱 요건을 감소시키고 리프레시 레이트 또는 프레임 레이트를 증가시키는 더 높은 해상도의 측정을 생성하는 것과 같이, 다양한 성능 메트릭을 달성하는 데 사용될 수 있다.
- [0027] 도 3은 본 교시의 적응형 LIDAR 시스템의 실시예의 광 수신기(300)의 개략도를 나타낸다. 단순화를 위해, 2D 다이어그램을 여기에 나타내지만 원리는 전체 3D 시스템에 동일하게 적용된다. 검출기 어레이(302)는 광 수신기에서 광 시스템의 이미지 평면에 명목상으로 배치된다. 일부 실시예에서, 검출기 어레이(302)는 과장에 민감하지 않다. 다른 실시예에서, 검출기 어레이(302)는 과장 선택적이다. 수신 광 시스템은 수신 렌즈(310)에 의해 표시되지만, 다중 렌즈 및/또는 다른 광학 요소를 포함할 수 있다. 광 시스템의 초점 거리와 결합된 검출기 어레이(302)의 크기는 광 수신기(300)의 최대 시야를 결정한다.
- [0028] 개략도는 검출기 어레이(302)의 중심으로 이미징하는 수신된 빔에 대한 광선 트레이스(304)뿐만 아니라 검출기 어레이(302)의 최상단 지점으로 이미징하는 수신된 빔에 대한 광선 트레이스(306)를 나타낸다. 수신기 시야에서의 상이한 포인트는 각도 위치에 따라 검출기 어레이의 상이한 검출기로 이미징된다. 검출기 어레이(302)의 중심에 대한 광선 트레이스(304)와 검출기 어레이(302)의 최상단 포인트에 대한 광선 트레이스(306) 사이의 각도(308)는 광 수신 시스템에 대한 최대 시야의 절반을 나타낸다.
- [0029] 타겟으로부터 반사된 수신된 광 빔은 검출기 어레이(302)에 충돌하기 전에 하나 이상의 수신 렌즈(310) 및 적응형 셔터(312)를 통과한다. 광학 노치 필터(314)는 수신기 렌즈(310) 앞에 위치된다. 이러한 광학 노치 필터(314)는 검출기 어레이(302) 상의 태양 복사를 감소시키기 위해 사용된다. 맑은 날, 해수면에서, 최대 태양 복사는 약 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 이다. 통상적으로, 광학 노치 필터(314)는 가능한 한 많이 이러한 복사를 감소시키고 광 수신 대역폭을 송신기 레이저의 예상되는 과장 범위에 대응하는 과장 영역으로 제한하도록 설계된다. 900nm 미만의 과장에서 동작하는 LIDAR 시스템의 경우, 20 nm 대역폭의 광학 노치 필터는 태양 복사를 전체 태양 복사의 2% 미만으로 낮출 것이다. 그러나, 이러한 감소된 레벨에서도, 맑은 날에 검출기 어레이(302)의 검출기에 입사되는 주변 광은 상당할 수 있다.
- [0030] 본 교시의 하나의 특징은 정보를 얻고있는 물체와 검출기 어레이 사이에 위치된 적응형 셔터가 거리 측정과 간섭할 수 있는 광을 차단하는 데 사용될 수 있다는 것이다. 도 4a 및 도 4b는 수신 시야를 적응시키는 개념을 나타내기 위해 단순화된 3D 표현을 제공한다. 도 4a는 본 교시의 적응형 셔터(402)를 사용하는 적응형 LIDAR 시스템(400)의 실시예의 구성의 개략도를 나타낸다. 송신기(404)는 다이어그램에서 큐브(406)로 표현되는 타겟 물체에서 반사되는 광 펄스를 방출한다. 수신기 렌즈(410)에 의해 캡처된 타겟 물체로부터의 반사광(408)은 명

목상으로 이미지 평면에 위치하는 검출기 어레이(412)에 초점을 맞춘다. 타겟 물체(406)가 수신기 시야의 일부만을 차지하기 때문에, 2D 검출기 어레이(412) 내의 하나의 검출기 요소(414)만이 타겟 물체(406)로부터 반사되는 송신기(404)로부터의 모든 광을 캡처하는 데 필요하다. 적응형 셔터(402)는 2차원 검출기 어레이(412)의 시야 내의 다른 각도로부터 검출기 어레이(412)로 진입하는 모든 광을 실질적으로 차단하도록 제어된다. 이는 도면에서 적응형 셔터(402)의 일부인 더 큰 불투명 구조체(418) 내의 더 작은 투명 개구(416)에 의해 표현된다. 일부 실시예에서, 송신기(404)는 2차원 레이저 어레이이다. 이들 실시예에서, 상이한 3D 측정 포인트에 대응하는 레이저 어레이의 상이한 레이저에 대해, LIDAR 시스템은 실질적으로 투명한 영역(416)의 위치 및 크기를 조정하는 적응형 셔터(402)를 수신기 시야 내에서 활성화된 레이저 요소에 대응하는 현재 3D 측정 포인트의 각도 위치에 대응하도록 변경시킬 것이다.

[0031] 도 4b는 본 교시의 적응형 셔터(452)를 사용하는 적응형 LIDAR 시스템(450)의 실시예의 제2 구성의 개략도를 나타낸다. 도 4b에 나타난 실시예에서, 도 4a의 송신기(404)와 동일한 위치에 있는 동일한 송신기일 수 있는 송신기(454)는 다이어그램에서 큐브(456)로 표현되는 타겟 물체에서 반사되는 광 펄스를 생성한다. 송신기(454)는 레이저 방출기의 2차원 어레이일 수 있다. 큐브(456)로 표현된 타겟 물체는 도 4a의 큐브(406)에 의해 표현된 타겟 물체와 상이한 위치에 있다. 수신기 렌즈(460)에 의해 캡처된 큐브(456)에 의해 표현된 타겟 물체로부터의 반사된 광(458)은 명목상으로 이미지 평면에 위치된 검출기 어레이(462)에 초점을 맞춘다. 타겟 물체(큐브(406))가 수신기 시야의 일부만을 차지하기 때문에, 2D 검출기 어레이(462) 내의 하나의 검출기 요소(464)만이 타겟 물체(큐브(456))로부터 반사되는 송신기(454)로부터의 모든 광을 캡처하는 데 필요하다.

[0032] 적응형 셔터(452)는 2차원 검출기 어레이(462)의 시야 내의 다른 각도로부터 검출기 어레이(462)로 진입하는 모든 광을 실질적으로 차단하도록 제어된다. 이는 도면에서 적응형 셔터(452)의 일부인 더 큰 불투명 구조체(468) 내의 더 작은 클리어 개구(466)에 의해 표현된다. 더 작은 클리어 개구(466)는 적응형 셔터(452)의 일부인 더 큰 불투명 구조체(468) 내의 상이한 위치에 있다. 반사광(458)은 2차원 검출기 어레이(462)에서 상이한 위치에 있는 검출기 요소(464)에 충돌한다. 따라서, 도 4a 및 도 4b는 송신기(404, 454) 및 검출기 어레이(412, 462)가 동일 위치에 있는 경우, 시야에서 물체(406, 456)의 2개의 상이한 위치에 대응하는 적응형 셔터(402, 452)의 2개의 상이한 구성을 나타낸다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 본 교시의 적응형 셔터를 사용하여 배경 광을 차단하고 측정 광을 통과시킬 수 있는 요소의 상이한 구성을 이해할 것이다.

[0033] 본원에 설명된 바와 같은 적응형 광학 셔터는 다양한 방식으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 광학 셔터의 일 실시예는 액정 셔터이다. 액정 셔터는 각각의 픽셀이 개별적으로 제어될 수 있는 픽셀의 2D 어레이로 구성될 수 있다. 광이 액정 셔터를 통과해야 하는 현재 측정 시야에 대응하는 픽셀은 "개방" 상태로 제어되는 반면, 나머지 픽셀은 "폐쇄" 상태에 있을 것이다. "개방" 상태의 영역은 투명 영역 시야에 대응한다. 보고된 액정 광학 셔터의 콘트라스트 비율은 "개방" 대 "폐쇄" 상태에 대해 1000:1만큼 높다. 셔터의 "개방" 및 "폐쇄" 상태 영역의 크기 및 형상은 "개방" 또는 "폐쇄" 상태의 픽셀 영역의 형상 및 크기에 기초하여 상이한 실시예에 대해 변할 수 있다. 예를 들어, 도 4b를 참조하면, "개방" 상태는 "폐쇄" 상태에 있는 픽셀을 갖는 큰 불투명 구조체(468) 내에서 비교적 작은 클리어 개구(466)에 의해 도면에 표현된 픽셀의 영역이다.

[0034] 광학 셔터의 다른 실시예는 파장에 기초하여 진입하는 레이저 광을 반사시키도록 튜닝할 수 있는 부분 반사 마이크로-미러를 사용하여 형성된 에탈론 캐비티 셔터이다. 에탈론 캐비티 셔터는 각각의 픽셀이 개별적으로 튜닝될 수 있는 픽셀의 2D 어레이로 구성된다. 각각의 픽셀은 LIDAR 시스템에 의한 요청에 따라 송신기 광을 반사하거나 통과시키도록 조정된다. 이러한 시스템에서, 에탈론은 또한 파장 필터로서의 역할을 하는 추가적인 이점을 갖는다. 에탈론 셔터의 파장 감도는 관심 영역에서 대체로 파장에 민감하지 않은 액정 셔터와 구별된다. 다중-파장 LIDAR에서 에탈론 캐비티 셔터의 파장 감도는 또한 LIDAR 시스템에 추가적인 유연성을 제공할 수 있는데, 고정된 박막 필터와 달리, 에탈론 캐비티는 시야와 파장 모두에 대한 적응형 수신기를 생성하기 위해 원하는대로 다양한 파장을 통과시키거나 거부하도록 튜닝될 수 있기 때문이다. 광학 적응형 셔터의 상세한 설명은 단지 2개의 잠재적인 예를 나타낸다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 본 교시의 적응형 LIDAR 시스템을 실현하기 위해 다른 광학 셔터 기술이 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0035] 실리콘 APD 또는 실리콘 포토멀티플라이어와 같은 실리콘 기반 검출기 기술의 경우, 광학 셔터의 전부 또는 일부는 검출기 어레이를 포함하는 것과 동일한 실리콘 칩에 잠재적으로 통합될 수 있다. 이는 액정 및 마이크로-전자-기계 시스템(MEMS: Micro-Electro-Mechanical System) 기반 광학 셔터 디바이스 모두에서 가능하다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 투과 및 반사 디바이스 모두가 본 교시에 따른 광학 셔터를 제공하는 데 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 반사 디바이스의 유효 투명 영역은 광 송신기로부터 광 수신기로의

광 빔의 일부를 반사시키거나 통과시키는 영역이다.

[0036] 본 교시의 하나의 특징은 셔터의 구성에 기초하여 시스템 성능이 제어될 수 있다는 것이다. 송신기 및/또는 검출기는 상이한 셔터 시야에 대해 상이한 해상도 및 신호-대-잡음비를 제공한다. 도 5a는 본 교시의 특정 셔터 시야의 실시예에 대해 도 2의 LIDAR 시스템의 시스템 시야(500)의 2차원 투사를 나타낸다. 시스템 시야(500)는 본 시스템의 다양한 부품에 의해 제공되는 다양한 시야로부터의 기여를 포함한다. 이러한 실시예에서, 원(502)으로 표시되는 레이저 시야의 2차원 어레이는 송신기 어레이의 각각의 레이저 요소에 의해 생성된 각각의 시준된 광 빔으로부터 생성된다.

[0037] 15X15 어레이의 원(502)에 의해 나타낸 레이저 시야는 15X15 어레이의 레이저 요소에 의해 생성된다. 다양한 실시예는 레이저 시야의 다양하고 상이한 크기 및 형상을 이용한다. 개별 검출기 시야는 더 작은 정사각형(504)으로 표시된다. 전체 검출기 어레이 시야는 5X5 검출기 어레이의 이러한 실시예에 대해 더 큰 정사각형(506)으로 표시된다. 더 큰 정사각형(506)은 작은 정사각형(504)의 5X5 어레이를 포함한다. 광학 셔터 차단 시야는 검출기 어레이의 대부분을 덮는 정사각형 영역(508)에 의해 표시된다. 광학 셔터 투명 시야는 정사각형(510)으로 표시된다. 광학 셔터는 시야를 정사각형(510)으로 표시되는 크기로 제한하며, 이는 검출기 어레이, 큰 정사각형(506)의 전체 시야보다 작지만, 정사각형(510)으로 표시되는 셔터에 의해 제공되는 투명 시야 아래에 속하는 더 작은 정사각형(512)으로 표시되는 단일 검출기 요소의 시야보다 크다. 단일 활성화된 레이저 요소는 원(514)으로 나타낸 특정 시야에 대해 측정 신호를 제공하는 광 빔을 생성한다. 이 경우, 조명 영역에서 에너지가 공급된 레이저 어레이의 조명 패턴은 정사각형(512)으로 표시되는 어레이에서 단일 검출기의 시야 내측에 속하는 원(514)이다. 이러한 구성에서, 주변 광은, 셔터 시야가 단일 검출기 시야보다 크기 때문에 레이저 펄스 측정에 사용되는 검출기 요소뿐만 아니라 주변 검출기의 일부에 떨어질 것이다. 그러나, 이는 셔터의 투명 시야, 정사각형(510) 내에 있지 않은 어레이의 다른 검출기들로부터 실질적으로 차단될 것이다.

[0038] 도 5b는 본 교시의 특정 셔터 시야의 다른 실시예에 대해 도 2의 LIDAR 시스템의 시스템 시야(530)의 2차원 투사를 나타낸다. 시스템 시야(530)는 2차원 어레이의 레이저 요소에 의해 생성되고 작은 원(532)으로 나타낸 각각의 광 빔으로부터의 시야를 포함한다. 작은 정사각형(534)은 개별 검출기에 대한 시야를 나타낸다. 큰 정사각형(536)은 전체 검출기 어레이에 대한 시야를 나타낸다. 큰 정사각형(538)은 전체 광학 셔터의 시야이고, 정사각형(540)은 셔터의 투명 영역이다. 광학 셔터는 정사각형(540)으로 표시된 투명 시야를 특정의 단일 검출기 요소(544)의 시야보다 작은 크기로 제한하도록 치수화된다. 광학 셔터는 또한 원(542)로 표시된 광 빔 시야를 생성하는 레이저 송신기 펄스로부터 수신된 광을 감소시키지 않도록 치수화된다. 적어도 도 5b의 광학 셔터는 수신되는 송신 광 펄스 전력을 감소시키지 않고 검출기 어레이로 떨어지는 더 많은 주변 광을 감소시키므로, 도 5b의 LIDAR 시스템의 광학 셔터 구성은 도 5a에 나타낸 시스템의 광학 셔터 구성에 비해 신호-대-잡음비 성능을 개선시켰다. 다르게 말하면, 광학 셔터는 더 많은 간섭 광을 차단하고 측정 신호 광을 차단하지 않는다(즉, 신호 광이 동일하게 유지됨). 일반적으로, 도 5b에 나타낸 이러한 교시를 사용하여, 검출기 어레이의 복수의 검출기 중 적어도 하나의 시야에 대한 광학 셔터의 투명 영역 시야의 비율은 시스템의 특정 요건에 따라 LIDAR 시스템의 특정 해상도를 달성하도록 선택될 수 있다.

[0039] 도 5c는 본 교시에 따른 특정 셔터 시야의 다른 실시예에 대해 도 2의 LIDAR 시스템의 시스템 시야(560)의 2차원 투사를 나타낸다. 도 5a 및 도 5b에 나타낸 투사와 같이, 원(562)으로 표시된 레이저 측정 시야, 작은 정사각형(564)으로 표시된 개별 검출기 시야, 큰 정사각형(566)으로 표시된 전체 2D 검출기 시야 및 큰 정사각형(568)으로 표시된 전체 셔터 시야가 있다. 셔터의 개방 상태는 정사각형(572)으로 표시되는 활성 검출기 시야 부근의 작은 정사각형(570) 및 원(574)으로 표시되는 활성 레이저 측정 스폿을 생성한다.

[0040] 광학 셔터는 투명 영역 시야를 정사각형(572)으로 표시되는 단일 검출기의 시야보다 작고 또한 원(574)으로 표시되는 레이저 송신기 펄스에 의해 조명된 시야보다 더 작은 소형 정사각형(570)으로 표시되는 크기로 제한한다. 이러한 구성에서, 왼쪽 상부 사분면으로 표시된 송신 펄스의 1/4만이 검출기 어레이에 충돌한다. 도 5c의 광학 셔터 구성 실시예의 LIDAR 시스템은, 광학 셔터가 원(574)으로 표시된 단일 레이저 펄스의 시야의 서브세트의 샘플링을 허용하기 때문에, 도 5a 또는 도 5b에 나타낸 실시예들과 관련하여 설명된 셔터 구성보다 4배 더 큰 3D 측정 해상도를 갖는다. 도 5c의 시스템의 3D 측정 해상도는 이제 시스템의 레이저 수나 각각의 레이저 광 빔의 시준이 아닌 광학 셔터 구성에 의해 결정된다. 물론, 성능 절충이 있다. 도 5c에 나타낸 LIDAR 시스템은, 수신된 레이저 펄스의 일부만이 비행-시간 측정에 사용되기 때문에 더 낮은 신호-대-잡음비를 가질 것이다. 일반적으로, 도 5c에 나타낸 이러한 교시를 사용하여, 레이저 어레이의 복수의 레이저 중 적어도 하나의 시야에 대한 광학 셔터의 투명 영역 시야의 비율은 원하는 SNR과 같이 시스템의 특정 요건에 따라 LIDAR

시스템의 특정 해상도를 달성하도록 선택될 수 있다.

- [0041] LIDAR 시스템 광학 구성 요소의 상이한 시야의 영향에 대해 더욱 명확하게 되도록, 이하의 파라미터가 규정된다: (1) FOV_T = 송신기에서 단일 레이저 요소의 발산(투사된 원추); (2) FOV_V = 검출기 어레이에서 단일 검출기 요소(예를 들어, 픽셀)의 시야; 및 (3) FOV_S = 투명 영역 시야인 광학 셔터 또는 미러의 단일 픽셀의 유효 개구에 대응하는 시야.
- [0042] 본 교시의 LIDAR 시스템의 많은 실시예에서, FOV_T 는 FOV_V 보다 작다. FOV_T 가 FOV_V 보다 작다는 것은 본 교시의 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템 실시예와 알려진 소위 플래시 기반 LIDAR 시스템 간의 주요 차이점이다. 플래시 기반 LIDAR에서, $FOV_T > FOV_V$. 이러한 플래시 LIDAR 시스템의 측정 해상도는 FOV_V 에 의해 결정되며, 동시에 3D 측정은 1D 또는 2D 어레이의 검출기를 사용하여 이루어진다. 대조적으로, 본 교시의 LIDAR 시스템의 많은 실시예에서, 신호-대-잡음비 성능은 $FOV_T < FOV_V$ 때문에 플래시-기반 LIDAR에 비해 상당히 향상된다.
- [0043] 또한, 본 교시의 하나의 특징은 본 교시의 LIDAR 시스템의 일부 실시예가 FOV_T 및 FOV_V 에 독립적인 FOV_S 를 갖는 셔터 또는 미러를 구현한다는 것이다. 즉, 다양한 실시예에서, FOV_S 는 FOV_T 또는 FOV_V 와 상이할 수 있다. $FOV_S < FOV_V > FOV_T$ 로 구성된 LIDAR 시스템에 있어서, 신호-대-잡음비 성능은 검출기에 대한 주변 태양 잡음의 억제에 의해 적응형 셔터/미러가 없는 시스템에 비해 향상된다. $FOV_S < FOV_T > FOV_V$ 로 구성된 LIDAR 시스템에 있어서, 3D 측정 해상도는 적응형 셔터/미러에 의해 결정되어, 더 높은 측정 해상도를 가능하게 한다. 이 경우, 주변 태양 잡음의 추가 억제가 수행되고 있더라도 송신기 광의 일부만이 사용되고 있으므로, 신호-대-잡음비는 통상적으로 감소된다.
- [0044] 도 6은 본 교시에 따른 적응형 미러(602)를 사용하는 적응형 FOV LIDAR 시스템(600)의 실시예의 개략도를 나타낸다. 이러한 실시예에서, 적응형 미러(602)는 광학 셔터 대신에 검출기(614)에 충돌하는 광의 시야를 제어하는 데 사용된다. 레이저 어레이일 수 있는 송신기(604)는 송신 광학 기기(608)에 의해 타겟 범위로 투사되는 광 빔(606)을 방출한다. 송신 광학 기기(608)는 단일 렌즈일 수 있거나, 다중 렌즈 및/또는 당해 기술 분야에 알려진 다른 광학 요소를 포함할 수 있다. 광은 물체(610)에 의해 타겟 범위에서 반사된다. 반사된 광은 수신 광학 기기(612)에 의해 수집되어 적응형 미러(602)에 투사된다. 수신 광학 기기(612)는 단일 렌즈, 다중 렌즈일 수 있고 및/또는 물체(610)로부터 반사된 광을 투사하는 다른 광학 요소를 포함할 수 있다. 적응형 미러(602)는 반사된 광을 검출기(614)에 선택적으로 투사한다. 검출기(614)는 검출기 요소의 어레이일 수 있다. 본원에 설명된 바와 같이, 광을 검출기로 반사시키는 적응형 미러의 영역은 투명 영역으로 간주될 것이다. 이러한 영역은 또한 반사 영역 시야라고 칭해진다.
- [0045] 적응형 미러(602)는 광의 일부를 한 방향으로 반사시키고 나머지 광을 다른 방향으로 편향시키는 방식으로 제어될 수 있는 미러의 2D 매트릭스를 생성하는 방식으로 구성된다. 측정을 위해 원하는 시야에 대응하는 광은 적응형 미러에 의해 검출기(614)로 반사된다. 따라서, 적응형 미러(602)는 검출기(614)에서 반사 영역 시야를 생성하고, 이에 의해 광 수신기의 입력에서 조명을 광 수신기 시야보다 작은 영역으로 제한한다. 적응형 2D 미러(602)의 구성은 어레이의 조도(coarseness)(예를 들어, 원하는 픽셀의 수)에 따르면 다양한 방식으로 구성될 수 있다.
- [0046] 일 실시예에서, 본 교시에 따른 적응형 시야 LIDAR 시스템 수신기는 45 도 x 30 도의 시야를 갖는 광 수신기를 이용한다. 이러한 실시예는 각각 ~ 0.25 도의 시야를 갖는 복수의 레이저를 포함하는 송신기를 포함한다. 수신기의 45 도 x 30 도 시야에 걸쳐 적응식으로 반사시킬 수 있는 1920x1080 픽셀을 갖는 적응형 미러의 경우, 10x9 픽셀의 영역은 0.25 도 x 0.25 도 시야에 대응할 것이다. 따라서, 단일 레이저로부터 전체 반사 전력을 캡처하려면, 10x9 = 90 픽셀을 사용할 필요가 있다. 그러나, 단일 레이저로부터 광 빔을 반사시키기 위해 더 많거나 더 적은 픽셀을 사용하도록 언제나 선택할 수 있다. 종래 기술의 LIDAR 시스템에서, 수신기는 먼 거리의 낮은 반사율의 물체로부터의 작은 복귀 신호뿐만 아니라 가까운 높은 반사율의 물체로부터의 큰 신호 모두를 캡처하도록 큰 동적 범위를 가져야 한다. 종종 가까이 있는 물체는 검출기에 대한 너무 높은 광 입력 전력으로 수신기를 포화시킬 것이다.
- [0047] 적응형 미러를 갖는 LIDAR 시스템의 이러한 실시예에서, 전체 복귀 펄스 시야에 대응하는 것보다 더 적은 미러를 사용하여 레이저 펄스를 감쇠하도록 선택할 수 있다. 예를 들어, 이러한 실시예는 광 빔을 반사시키는 단 하나의 미러를 갖는 구성을 지원할 수 있으며, 이는 검출기로 진행되는 레이저 펄스로부터의 반사광의 1/90을

초래할 것이다. 이러한 시스템은 LIDAR 시스템의 동적 범위를 더욱 개선하는 데 사용될 수 있으며, 특히 광학 셔터의 투명 영역 시야와 복수의 레이저 중 적어도 일부의 시야의 비율에 기초하여 LIDAR 시스템의 원하는 동적 범위를 제공할 수 있다. 이러한 특정 실시예에서 시야의 값은 단지 본 교시를 설명하기 위한 것이며 많은 다른 값이 사용될 수 있다.

[0048] 많은 상이한 유형의 MEMS 또는 심지어 하이브리드 구조가 적응형 2D 미러(602)를 구성하는 데 사용될 수 있다. 높은 픽셀 카운트를 갖는 MEMS 제조 기술을 사용한 적응형 미러의 일례는 Texas Instruments에서 제조한 DLP6500 Digital Micromirror Device이다. DLP6500은 2백만개 초과 미러를 포함한다. DLP6500의 높은 픽셀 카운트는 도 5c에 나타난 실시예와 관련하여 설명된 바와 같이 3D 측정 해상도를 결정하는 적응형 미러를 갖는 LIDAR 시스템의 구현을 허용할 것이다. 도 6에 나타난 적응형 LIDAR 시스템의 실시예는 본 교시의 일부 특징을 나타내기 위한 것일 뿐이라는 점을 이해해야 한다. 렌즈 및 프리즘과 같은 추가의 광학 요소가 필요한 빔 조향 기능을 수행하는 실용적인 광학 설계에 포함될 것이다.

[0049] 도 7a는 본 교시에 따른 적응형 LIDAR 시스템(700)의 실시예의 블록도를 나타낸다. LIDAR 시스템(700)은 6개의 주요 구성 요소를 갖는다: (1) 제어기 및 인터페이스 전자 기기(702); (2) 레이저 드라이버(704)를 포함하는 전송 전자 기기; (3) 레이저 어레이(706); (4) 수신 및 비행-시간 연산 전자 기기(708); (5) 검출기 어레이(710); 및 (5) 적응형 셔터/미러(712). 제어기 및 인터페이스 전자 기기(702)는 LIDAR 시스템(700)의 전체 기능을 제어하고 호스트 시스템 프로세서(714)에 디지털 통신을 제공한다. 송신 전자 기기(704)는 레이저 어레이(706)의 동작을 제어하고 레이저 발사의 패턴을 설정한다. 수신 및 비행-시간 연산 전자 기기(708)는 검출기 어레이(710)로부터 전기 검출 신호를 수신한 다음 비행-시간 계산을 통해 범위 거리를 연산하기 위해 이러한 전기 검출 신호를 프로세싱한다. 수신 전자 기기(708)는 또한 제어기 및 인터페이스 전자 기기(702) 및/또는 송신 전자 기기(704)로부터 수신된 정보에 기초하여 적응형 셔터(712)를 제어한다. 일부 실시예에서, 제어기 및 인터페이스 전자 기기는 수신 전자 기기보다 적응형 셔터/미러를 직접 제어한다. 다운스트림 송신 및 수신 광학 기기와 타겟 범위에 위치하는 물체는 도 7a의 LIDAR 시스템에 나타내지 않는다.

[0050] 따라서, 적응형 LIDAR 시스템(700)은 레이저 어레이(706)에 복수의 레이저를 포함하는 광 송신기를 포함하며, 여기서 레이저 어레이(706)의 복수의 레이저 각각은 시야를 조명한다. 복수의 전기 출력을 갖는 송신기 제어기는 레이저 어레이(706)에 접속된다. 도 7a에 나타난 실시예에서, 송신기 제어기는 제어기 및 인터페이스 전자 기기(702)의 요소와 송신 전자 기기 및 레이저 드라이버(704)의 요소를 포함한다. 레이저 드라이버(704)는 레이저 어레이(706)의 레이저 요소를 개별적으로 활성화시킬 수 있다. 따라서, 송신기 제어기는 복수의 전기 출력을 포함하며, 여기서 복수의 전기 출력 중 각각 하나는 어레이(706)의 복수의 레이저 중 각각의 하나의 입력에 접속된다. 대안적인 실시예에서, 송신기 제어기는 매트릭스 어드레싱을 사용하여 임의의 원하는 구성으로 어레이(706)의 복수의 레이저의 입력에 접속되는 복수의 전기 출력을 포함하며, 여기서 행 및 열은 원하는 어드레싱 스킴에 따라 어드레싱된다.

[0051] 도 2 및 도 7a 모듈을 참조하면, 일부 실시예에서, 송신기 제어기는 어레이(202, 706)의 레이저를 활성화시키기 위해 복수의 전기 출력에서 전기 펄스를 생성하도록 구성되어, 복수의 레이저가 검출기 어레이(210, 710)의 평면에서 조명 영역의 원하는 패턴으로 광을 생성한다. 검출기 어레이(210, 710)는 조명 영역에 걸쳐 광을 검출하기 위한 위치인 복수의 검출기 각각의 시야를 포함하는 시야를 갖는다. 어레이(210, 710)의 검출기는 어레이(706)의 복수의 레이저로부터 어레이(710)의 복수의 검출기로의 광의 비행-시간을 결정하는 비행-시간 측정 회로(708)를 포함하는 전자 기기(708)를 수신하도록 접속된다. 수신 전자 기기(708)는 또한 비행-시간 측정으로부터 범위 정보를 계산한다. 광 송신기와 광 수신기 사이에 위치하는 적응형 광학 셔터(212, 712)는 조명 영역에서 투명 영역 시야를 가지며, 투명 영역 시야가 광 수신기의 입력의 시야보다 작도록 광 수신기의 입력에서의 조명을 제한한다.

[0052] 도 7b는 도 7a와 관련하여 설명된 수신기 및 비행-시간 연산 전자 기기(750)의 실시예의 상세한 블록도를 나타낸다. 수신 프론트 엔드(752)는 검출기 어레이(미도시)의 출력에 전기적으로 접속된다. 수신 프론트 엔드는 시간-대-디지털 컨버터(TDC: Time-to-Digital Converter)(756), 진폭 샘플러(758) 및 아날로그-대-디지털 컨버터(760)와 같은 다양한 회로(일부 선택 사항)로 신호를 전송하는 입력 증폭기(754)를 포함한다. 이러한 회로는 데이터 프로세서(762)와 통신한다. 데이터 프로세서(762)는 데이터 모니터링 및 디지털 통신 인터페이스(764) 및 데이터 모니터링 및 디지털 통신 인터페이스(764)에도 접속된 제어 및 동기화 논리 회로(766)에 접속된다.

[0053] 검출기 어레이로부터 수신된 전기 검출 신호는 수신기 프론트 엔드(752)에 입력되고 추가 프로세싱 전에 검출기로부터 수신된 전기 검출 신호를 부스팅하는 입력 증폭기(754)로 전송된다. 이러한 증폭기로부터 출력되는 신

호는 그 후 여러 다른 회로로 분할된다. 다양한 실시예에서, 3개의 가능한 회로, 시간-대-디지털 컨버터(756), 진폭 샘플러(758) 및 아날로그-대-디지털 컨버터(760)는 함께 또는 임의의 조합으로 사용될 수 있다. 시간-대-디지털 컨버터(756)는 입력 신호가 어떤 진폭 임계값을 통과할 때를 인식하고 그 이벤트의 시간의 디지털 표현을 제공하는 특수 회로이다. 비행-시간 측정 시스템의 경우, 이벤트는 통상적으로 반사된 송신 펄스의 도착에 대응하고 이러한 도착 시간은 물체의 거리에 대응한다. 진폭 신호 블록(758)은 시간-대-디지털 컨버터(756)와 동일한 이벤트에 의해 트리거링되는 회로이지만, 시간을 기록하는 대신 진폭을 기록한다. 아날로그-대-디지털 회로(760)는 수신된 아날로그 전기 검출 신호를 일부 샘플링 레이트에 대응하는 디지털 신호로 변환한다. 수신기 프론트 엔드로부터 수신된 프로세싱된 신호는 그 후 트리거 및 동기화 잠금 회로(766)와 인터페이스하는 데이터 프로세싱 회로(762)에 입력된다. 데이터 모니터링 및 디지털 통신 인터페이스(764)는 도 7a에 나타낸 바와 같이, 그 후 신호를 제어기 및 인터페이스 전자 기기에 전송한다.

[0054] 도 7b에 나타낸 수신 전자 기기 및 비행-시간 연산 회로(750)의 실시예에서, 검출기 어레이로부터의 입력은 단일 비행-시간 측정 회로에 입력된다. 모든 검출기는 그 출력을 결합하여 단일 비행-시간 측정 회로로 지향시키는 방식으로 접속된다. 이러한 특징은 비행-시간 회로를 단순화하고 비용을 낮춘다. 그러나, 모든 검출기로부터의 잡음이 이러한 시스템에서 결합되어 측정 신호의 신호-대-잡음을 저하시킬 수 있다. 도 7a에 나타낸 적응형 서터/미러는 현재 측정 포인트에 대응하지 않는 검출기 어레이의 이러한 부분에 대한 조명을 감소시킴으로써 태양 복사로부터 시스템에 대한 잡음 기여를 최소화하는 데 사용된다.

[0055] 본 교시의 수신 전자 기기 및 비행-시간 연산 회로의 다른 실시예에서, 모든 검출기가 단일 TOF 측정 회로에 결합되는 것은 아니며, 그 대신 검출기의 일부 서브세트가 그 자신의 TOF 회로를 갖는 각각의 서브세트로 그룹화될 수 있다. 이러한 실시예에서, 적응형 서터/미러는 공유된 비행-시간 측정 회로에 의해 규정된 바와 같이 하나의 서브세트를 구성하는 검출기의 일부로 떨어지는 광을 제한하는 데 사용된다.

[0056] 본 기술 분야의 통상의 기술자는 LIDAR 시스템의 기능을 나타내는 도 7a 및 도 7b에 나타낸 블록도가 본 교시를 임의의 특정 하드웨어 구성으로 제한하지 않는다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 이러한 각각의 회로는 개별 회로이거나 통합될 수 있다. 또한, 송신 및 수신 블록은 별도의 인쇄 회로 보드 어셈블리(PCBA: printed circuit board assembly) 및/또는 개별 모듈에 있을 수 있다. 수신 전자 기기 블록의 경우, 프론트 엔드의 전부 또는 일부는 검출기 어레이에 직접 부착된 집적 회로의 일부일 수 있거나, 이러한 회로는 다른 회로와 함께 PCBA에 있을 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기 기능은 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA: field programmable gate array), 어플리케이션-특정 집적 회로(ASIC: application-specific integrated circuit) 또는 유사한 유형의 통합 또는 하이브리드 디바이스 내부의 송신 및 수신 전자 기기의 일부 또는 전부와 결합될 수 있다.

[0057] 도 8은 본 교시에 따른 LIDAR 시스템의 알고리즘을 구현하는 방법(800)의 실시예의 흐름도를 나타낸다. 방법(800)의 제1 단계(802)에서, 제어기가 초기화된다. 제어기는 잡음-적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템의 송신 어레이와 검출기 어레이 모두에 접속된 임의의 제어기일 수 있다. 예를 들어, 제어기는 도 7a와 관련하여 설명된 제어기일 수 있다.

[0058] 방법(800)의 제2 단계(804)에서, 3D 포인트 클라우드를 생성하기 위한 원하는 조명 패턴이 제어기에 의해 선택된다. 조명 패턴은 시간의 함수로 변할 수 있는 특정 조명 공간 형상을 포함한다. 제어기는 검출기 어레이의 타겟 범위 및 연관된 조명 영역에서 원하는 조명 패턴을 제공하기 위해 개별 레이저 또는 레이저 그룹을 온 및 오프로 펄스화하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 패턴은 균일한 리프레시 레이트를 제공하기 위해 연속적으로 반복되는 행에서의 각각의 레이저 요소의 단순한 행별(row-by-row) 스캔이다. 다른 실시예에서, 패턴은 시스템이 전체 송신기 어레이의 전체 시야를 시간에 걸쳐 균일하게 커버하도록 여전히 작용하는 비연속적인 방식으로 측정 포인트로부터 측정 포인트로 이동하는 의사-랜덤(pseudo-random)이다.

[0059] 본 방법의 제3 단계(806)에서, 제어기는 원하는 패턴에 기초하여 발사할 개별 레이저 또는 레이저 그룹을 선택한다. 그 다음, 제어기는 제4 단계(808)에서 반사된 송신 레이저 펄스를 측정하는 데 필요하지 않은 검출기 어레이의 부분의 조명을 차단하도록 적응형 서터/미러를 구성한다.

[0060] 본 방법(800)의 제5 단계(810)에서, LIDAR 시스템은 제3 단계(806)에서 선택된 레이저 또는 레이저들을 발사한다. 본 방법(800)의 제6 단계(812)에서, LIDAR 시스템은 발사된 레이저로부터의 광 펄스를 제어된 검출기 어레이에서 수신하여 비행-시간을 계산하고 원하는대로 진폭/시간을 샘플링한다. 시스템은 제7 단계(814)에서 펄스 평균화가 구현되는지를 결정한다. 펄스 평균화가 구현되면, 본 방법은 본 방법의 제5 단계(810) 및 제6 단계(812)로 루프백하여, 동일한 레이저 또는 레이저 그룹을 발사하고, 원하는 평균화 양에 필요한만큼의 많은 횟수

로 해당 레이저 또는 레이저 그룹으로부터 수신된 신호에 대해 측정한다. 예를 들어, 본 교시에 따른 하나의 특정 방법에서, 평균화는 SNR을 개선하기 위해 최대 4개까지의 펄스를 발사한다. 본 교시에 따른 다른 특정 방법에서, 평균화는 더 많은 수의 펄스, 예를 들어, 25개까지 또는 그 이상의 펄스를 발사한다. 더 많은 수의 펄스를 발사하는 것은 더 긴 시간이 걸리지만, 펄스 평균화보다 SNR에 있어서 더 큰 개선을 제공한다.

[0061] 따라서, 본 교시의 일부 실시예에서, 특정 시야에서 다중 레이저 펄스를 사용하는 다중 측정 포인트의 조합은 신호-대-잡음비를 개선하기 위해 물체 거리를 결정하도록 평균화된다. 동일한 레이저로부터의 다중 펄스는 신호를 증가시키기 위해 검출기에서 평균화된다. 다양한 실시예는 상이한 수의 펄스를 사용한다. 더 많은 펄스가 더 나은 신호-대-잡음비로 이어지지만, 시스템은 시스템 리프레시 레이트에 의해 허용되는 시간에 기초하여 얼마나 많은 펄스가 평균화될 수 있는지에 있어서 제한된다. 일부 실시예에서 4개 이상의 펄스가 사용된다. 다른 실시예에서는, 10개 이상의 펄스가 사용되며, 또 다른 실시예에서는 25개 초과 펄스가 사용된다.

[0062] 본 방법(800)의 제8 단계(816)에서, 개별 레이저 또는 레이저들에 대한 원하는 수의 펄스를 획득한 후, 시스템은 디지털 신호 프로세싱을 적용하여 데이터를 소정의 방식으로 조작할 수 있다. 프로세싱 후, 제어기는 본 방법(800)의 제9 단계(818)에서 데이터를 저장 및/또는 통신한다. 본 방법(800)의 제10 단계(820)에서, 중지할지 계속할지에 대한 결정이 이루어진다. 그 후, 제어기는 본 방법(800)의 제3 단계(806)에서 패턴의 다음 레이저로 이동한다. 시스템은 본 방법(800)의 제11 단계(822)에서 중지될 때까지 원하는 패턴을 통해 스위핑(sweeping)하도록 계속 동작한다.

[0063] 도 9는 스마트 물체 검출을 포함하는 본 교시의 잠음-적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템의 알고리즘을 구현하기 위한 방법(900)의 실시예의 흐름도를 나타낸다. 본 방법(900)의 몇몇 단계는 도 8과 관련하여 설명된 방법(800)과 유사하거나 동일하다. 본 방법(900)의 제1 단계(902)에서, 시스템은 초기화된다. 본 방법(900)의 제2 단계(904)에서, 3D 포인트 클라우드를 생성하기 위한 원하는 조명 패턴이 제어기에 의해 선택된다. 본 방법(900)의 제3 단계(906)에서, 제어기는 원하는 패턴에 기초하여 발사할 개별 레이저 또는 레이저 그룹을 선택한다. 그 후, 제어기는 제4 단계(908)에서 반사된 송신 레이저 펄스를 측정하는 데 필요하지 않은 검출기 어레이의 부분의 조명을 차단하도록 적응형 셔터/미러를 구성한다.

[0064] 본 방법(900)의 제5 단계(910)에서, LIDAR 시스템은 제3 단계(906)에서 선택된 레이저 또는 레이저 그룹을 발사한다. 본 방법(900)의 제6 단계(912)에서, LIDAR 시스템은 발사된 레이저를 제어된 검출기 어레이에서 수신하고 비행-시간을 계산하고 원하는대로 진폭/시간을 샘플링한다. 그 후, 시스템은 펄스 평균화가 본 방법(900)의 제7 단계(914)에서 구현되는지를 결정하고 원하는 수의 펄스가 발사될 때까지 본 방법(900)의 제5 단계(910)로 루프백한다. 본 방법(900)의 제8 단계(916)에서, 개별 레이저 또는 레이저 그룹에 대한 원하는 수의 펄스를 획득한 후, 시스템은 디지털 신호 프로세싱을 적용하여 다양한 방식으로 데이터를 조작한다. 프로세싱 후, 제어기는 본 방법(900)의 제9 단계(918)에서 데이터를 저장 및/또는 통신한다.

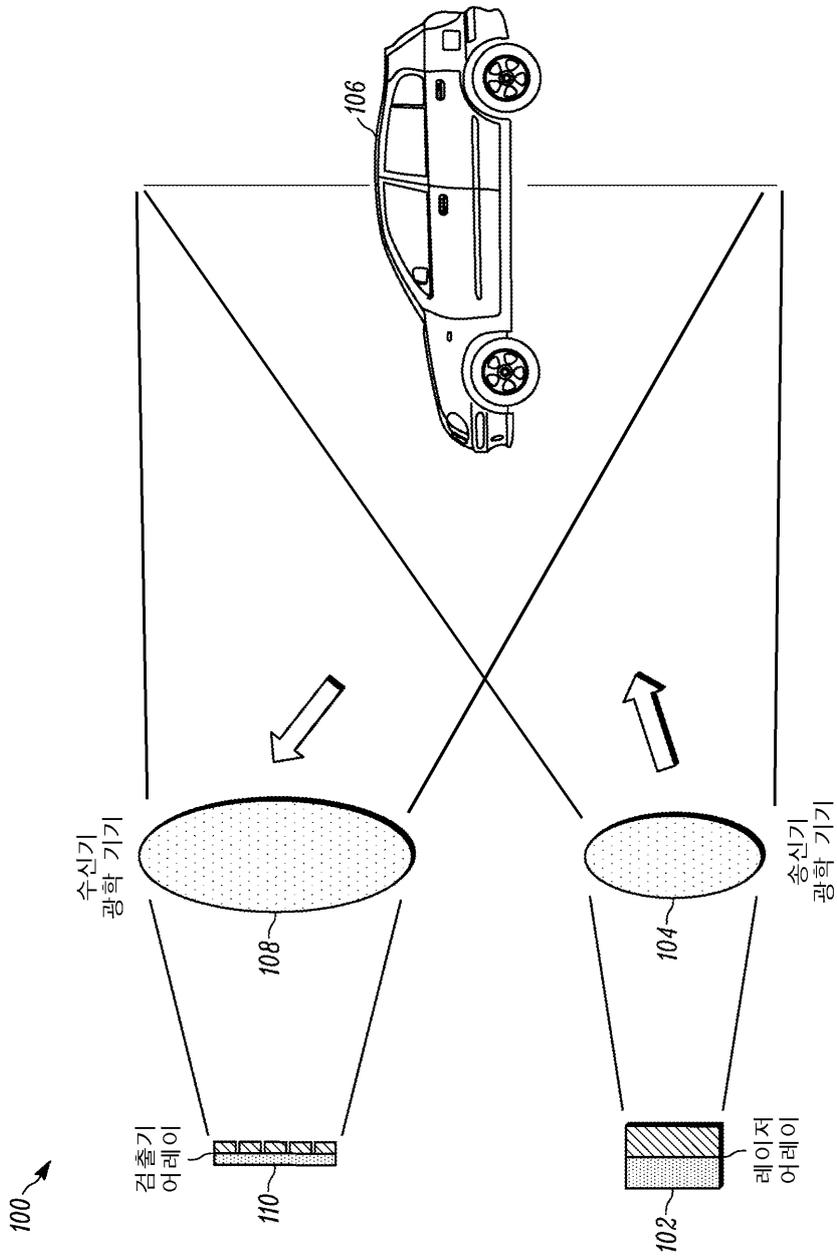
[0065] 본 방법(900)의 제10 단계(920)에서, 본 방법(900)을 중지할지 또는 계속할지에 대한 결정이 이루어진다. 본 방법(900)을 계속하는 것으로 결정되면, 시스템은 스마트 객체 검출 및 패턴 조정이 수행되는 본 방법(900)의 제11 단계(922)로 이동한다. 본 방법(900)의 이러한 제11 단계(922)에서, 제어기는 3D 포인트 클라우드를 분석하고, 특정 규칙을 처리하고 및/또는 전체 성능을 최적화하기 위해 레이저 발사의 패턴뿐만 아니라 펄스 평균화를 조정하기 위한 결정을 내릴 수 있는 능력을 갖는다. 예를 들어, 하나의 규칙은, 제어기가 물체가 잠재적으로 차량과 충돌할 수 있는 것으로 결정하는 경우, LIDAR 시스템이 해당 물체에 "고정"하고 해당 물체의 측정의 리프레시 레이트 및/또는 측정의 정확도를 증가시키기 위하여 발사 패턴 및/또는 시야를 변경하는 것일 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기는 계산된 검출 확률, 오류율, 각각의 레이저에 대해 측정된 물체까지의 거리 및/또는 환경 조건과 같은 다양한 기준에 기초하여 각각의 개별 레이저에 대한 펄스 평균화 또는 발사 패턴의 양을 조정할 수 있다. 그 후, 시스템은 본 방법(900)의 제12 단계(924)로 이동하여, 중지 결정이 내려지면 본 방법(900)을 종료한다.

[0066] 도 9와 관련하여 설명된 본 교시의 잠음-적응형 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템의 알고리즘을 구현하는 솔리드-스테이트 LIDAR 시스템 구성은 기계적 스캐닝을 사용하는 알려진 LIDAR 시스템에 비해 상당한 성능 이점을 갖는다. 예를 들어, 알려진 LIDAR 시스템에서 사용되는 일부 기계식 스캐너는 회전 모터, MEMS 미러 및 갈바노미터(Galvanometer)를 포함한다. 기계적 스캐닝 LIDAR 시스템에서는, 미러 또는 모터가 물리적으로 움직여야 하므로 시야 내에서 임의의 시간에 다른 포인트를 임의로 측정할 수 없다. 따라서, 평균화에 사용될 수 있는 펄스의 수는 예를 들어, 본 교시에 따른 LIDAR 시스템과 비교할 때 상당히 제한된다. 이러한 점이 도 10과 관련하여 설명된다.

- [0067] 도 10은 알려진 MEMS 기반 스캐닝 LIDAR 시스템에 대한 동작 파라미터의 테이블(1000)을 나타낸다. 테이블(1000)에 열거된 파라미터로부터, 펄스 평균화를 구현하는 시스템의 성능을 결정할 수 있다. 광이 150 미터를 나가고 돌아오기 위해 필요한 시간은 1 마이크로초이다. 따라서, 시스템이 펄스를 발사할 수 있고 각각의 펄스에 대한 반사를 모호함 없이 식별할 수 있는 최대 레이트는 프로세싱 오버헤드를 고려하지 않고 1 MHz이다. 명시된 시야 및 각도 해상도에 대해 시스템에 의해 생성된 측정 포인트의 수는 프레임 당 25,000 포인트이다. 30 Hz의 리프레시 레이트로, 시스템은 1 초에 750 K 포인트를 측정할 수 있어야 한다.
- [0068] 이러한 필요한 3D 포인트 측정 레이트를 1 MHz의 최대 펄스 레이트로 제한된 광의 속도와 비교할 때, 이러한 시스템의 경우 모든 포인트에 대해 2배의 펄스 평균화도 1.5 MHz의 펄스 레이트를 필요로 할 것이고, 이는 최대 범위를 150 m로부터 100 m로 감소시킬 것이므로 펄스 평균화가 균일하게 구현될 수 없음을 명확하게 이해할 수 있다. 또한, 미러가 항상 움직이기 때문에, 2개의 포인트가 동일하게 중첩되지 않으며, 이는 펄스 평균화에 다른 제한을 가한다. 테이블(1000)에 설명된 바와 같이 구성된 LIDAR 시스템에서, 하나의 포인트로부터 다음 인접 포인트(0.2°)로 이동하는 데 걸리는 시간은 1.3 마이크로초와 같다. 단지 1.0 마이크로초마다 펄스를 발사할 수 있으므로, 그에 따라 다중 펄스를 평균화하는 것은 또한 상당한 시간적 평균화를 필요로 한다. 두 번째 펄스가 발사될 때까지, 시스템 스캐닝 메커니즘은 실질적으로 이미 다음 측정 위치로 이동하였다. 150 m에서 0.2°의 각도 회전은 해당 범위에서 절대 거리 0.5 m에 대응한다. 따라서, 이러한 알려진 기계적 스캐닝 LIDAR 시스템에서는, 사람과 같은 가느다란 물체에 대해 원하는 최대 거리에서 펄스 평균화가 분명히 달성될 수 없다.
- [0069] 이러한 알려진 MEMS 기반 스캐닝 LIDAR 시스템과 대조적으로, 본 교시에 따른 LIDAR 시스템 및 동작 방법은 최대의 원하는 거리에서 펄스 평균화를 수행할 수 있으며, 따라서 펄스 평균화 및 발사 패턴의 양은 계산된 검출 확률, 오류율, 각각의 레이저에 대해 측정된 물체까지의 거리 및/또는 환경 조건과 같은 다양한 기준에 기초하여 각각의 개별 레이저에 대해 변할 수 있다.
- [0070] 등가물
- [0071] 본 출원인의 교시가 다양한 실시예와 관련하여 설명되었지만, 출원인의 교시가 이러한 실시예로 제한되도록 의도되지 않는다. 반대로, 출원인의 교시는 다양한 대안, 수정 및 등가물을 포함하며, 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 이해될 바와 같이, 이는 본 교시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 그 안에서 이루어질 수 있다.

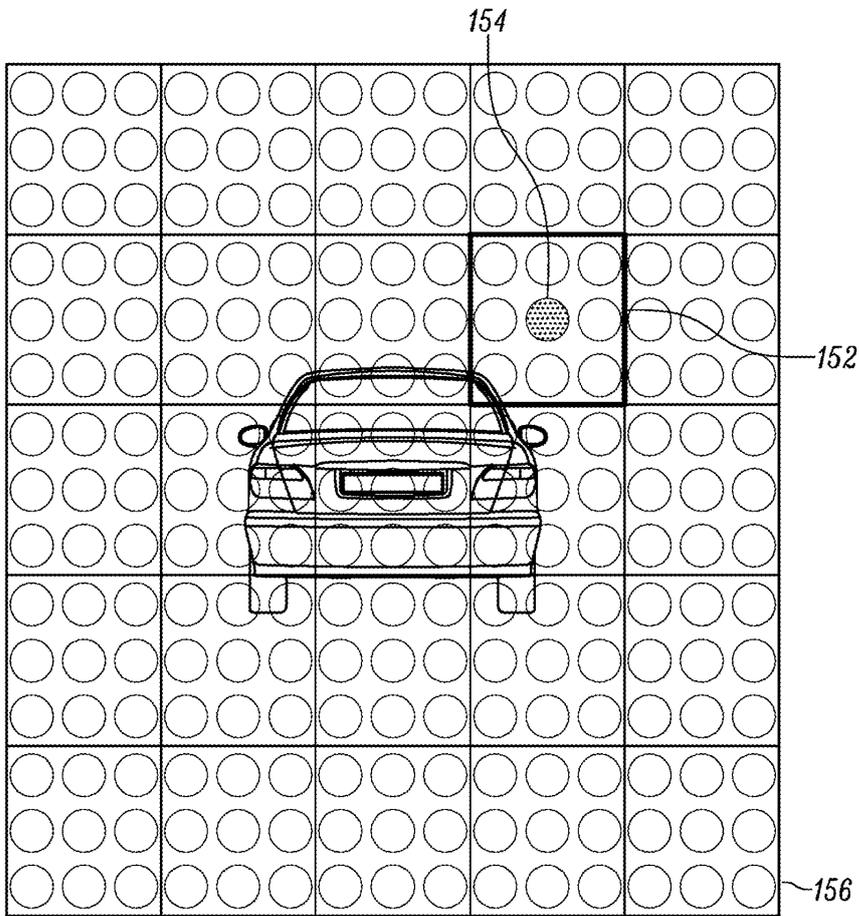
도면

도면1a

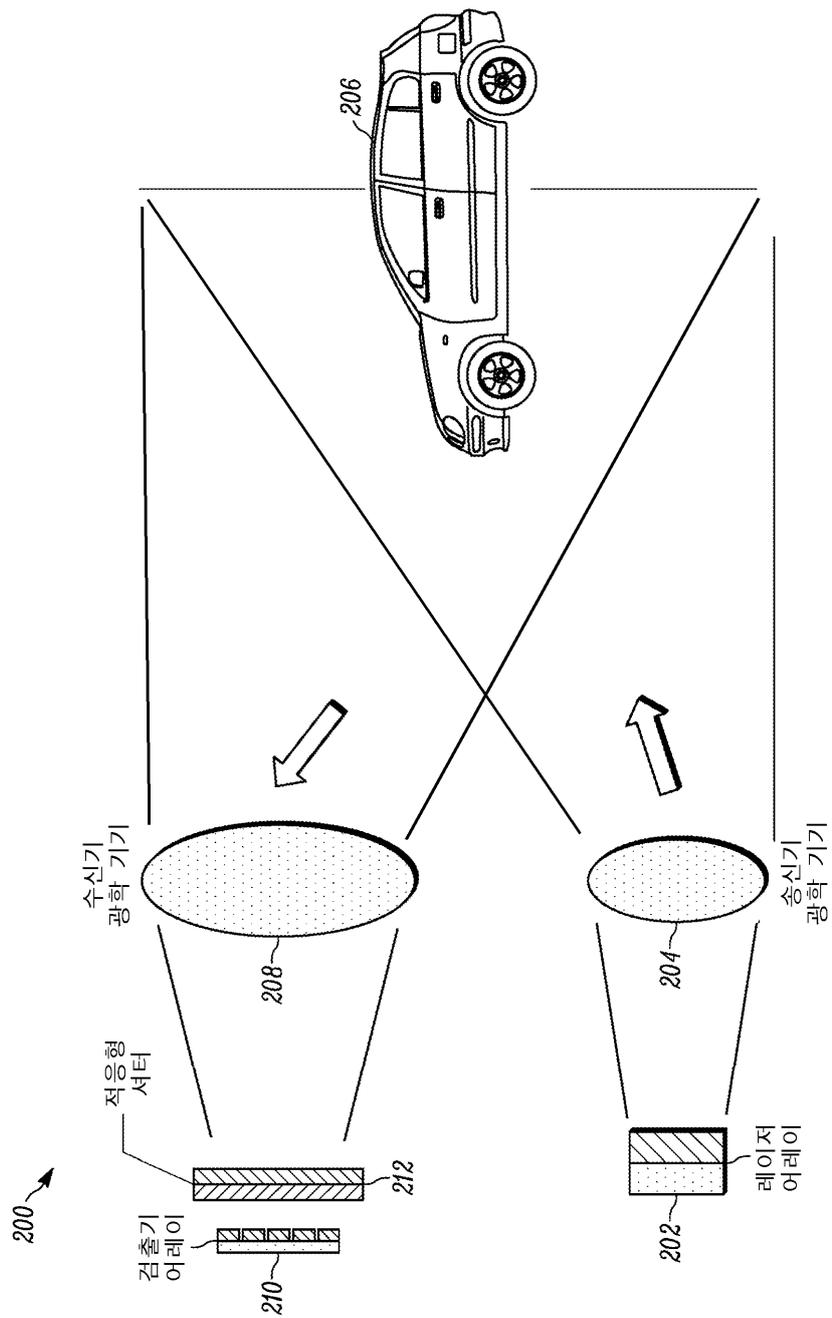


도면 1b

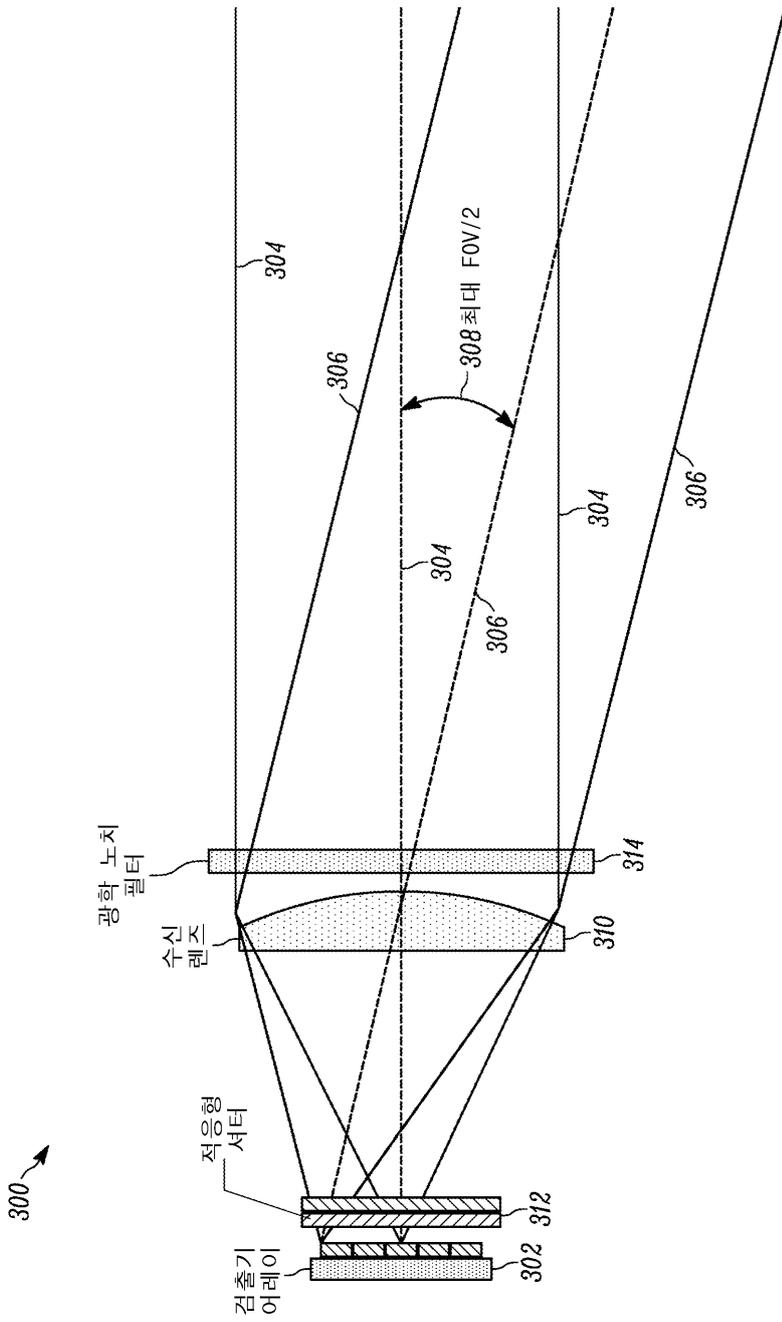
150



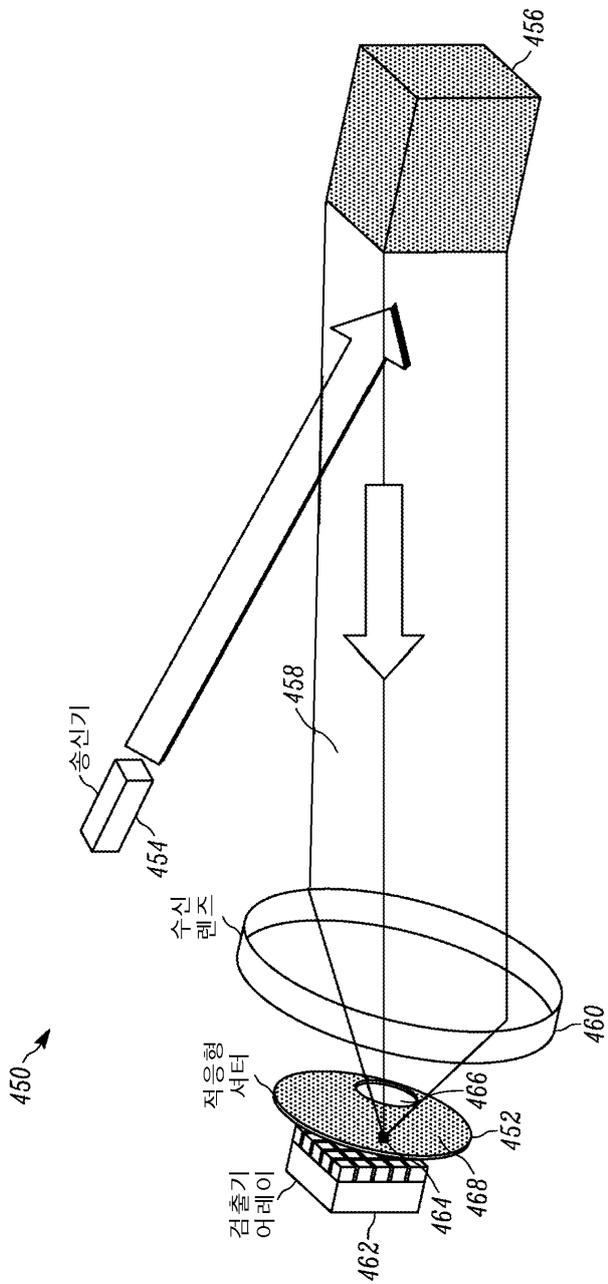
도면2



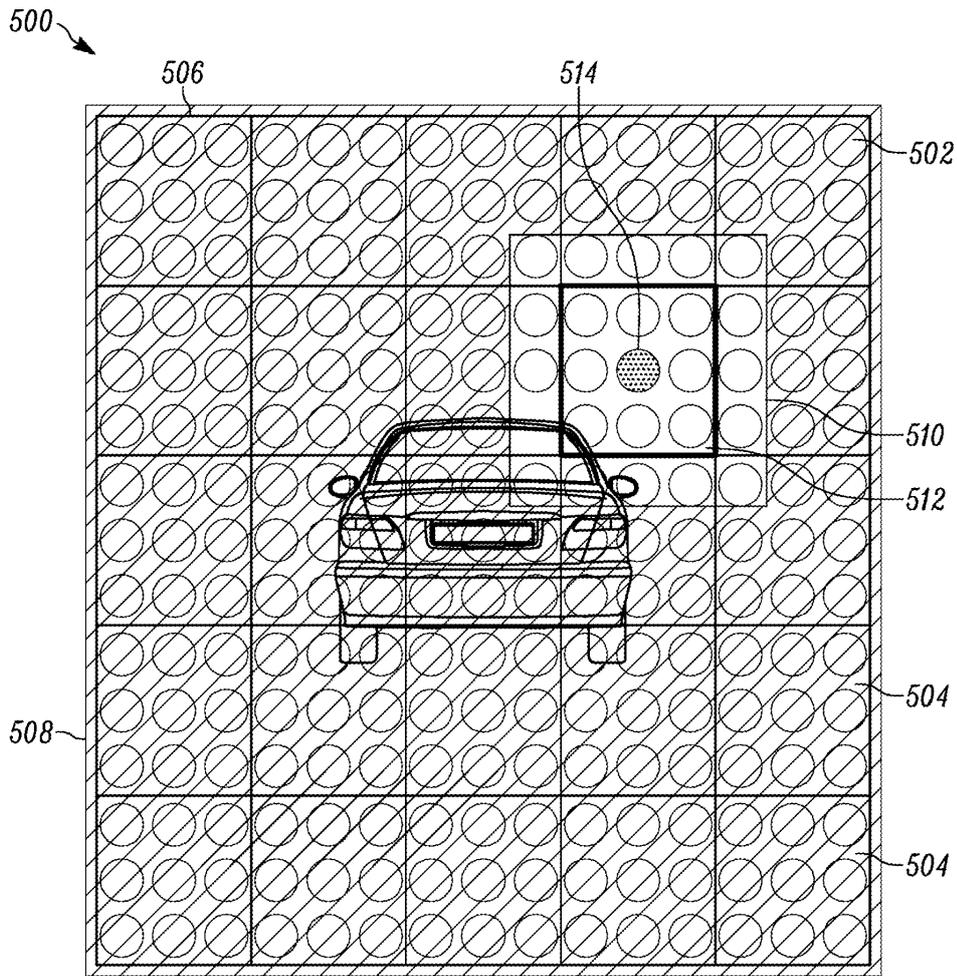
도면3



도면4b

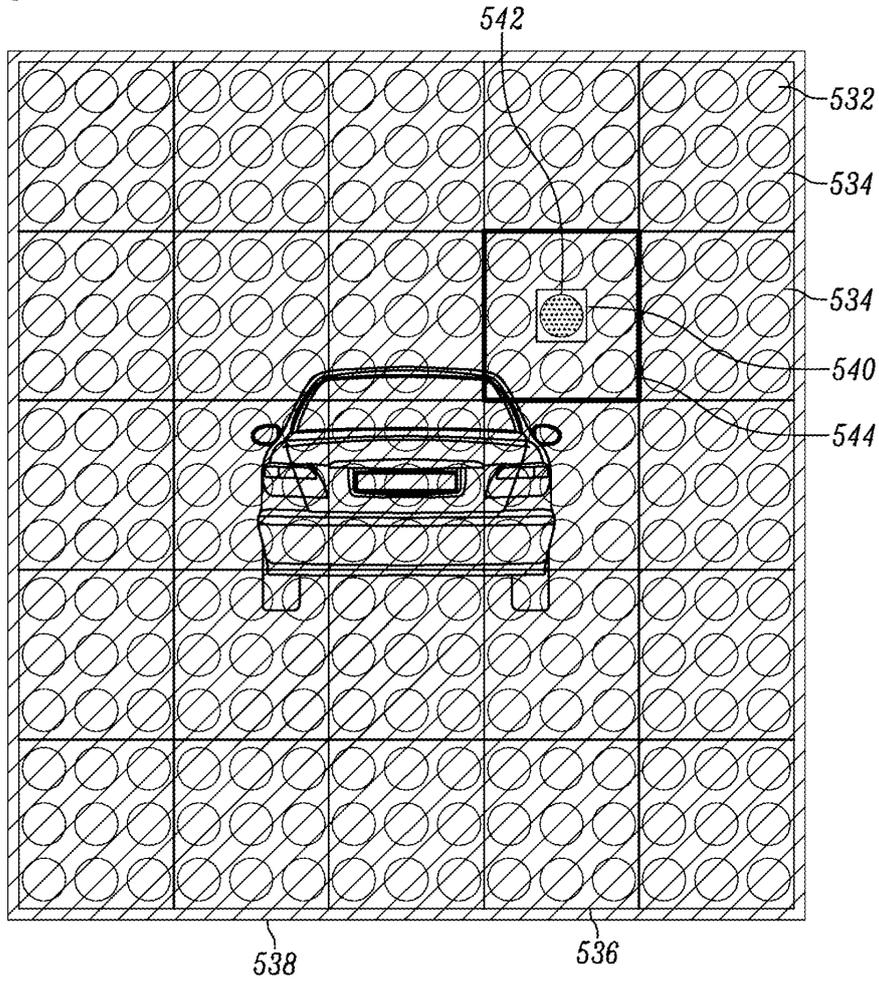


도면5a



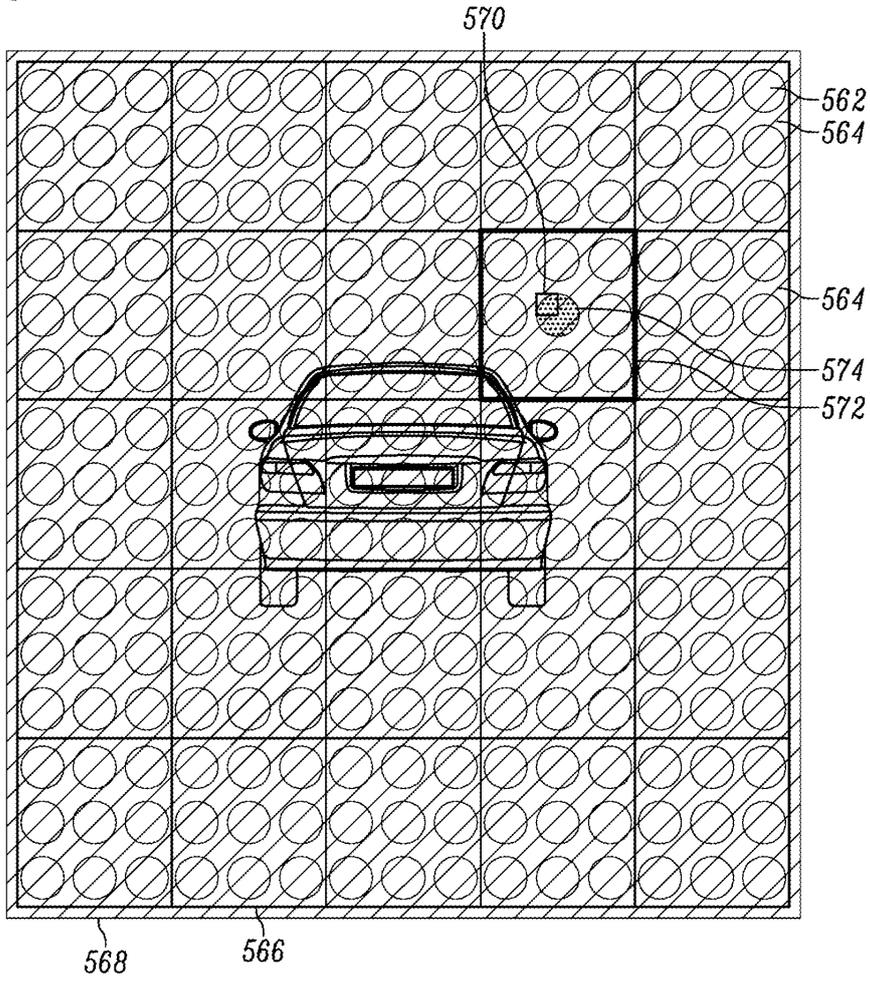
도면5b

530 ↘

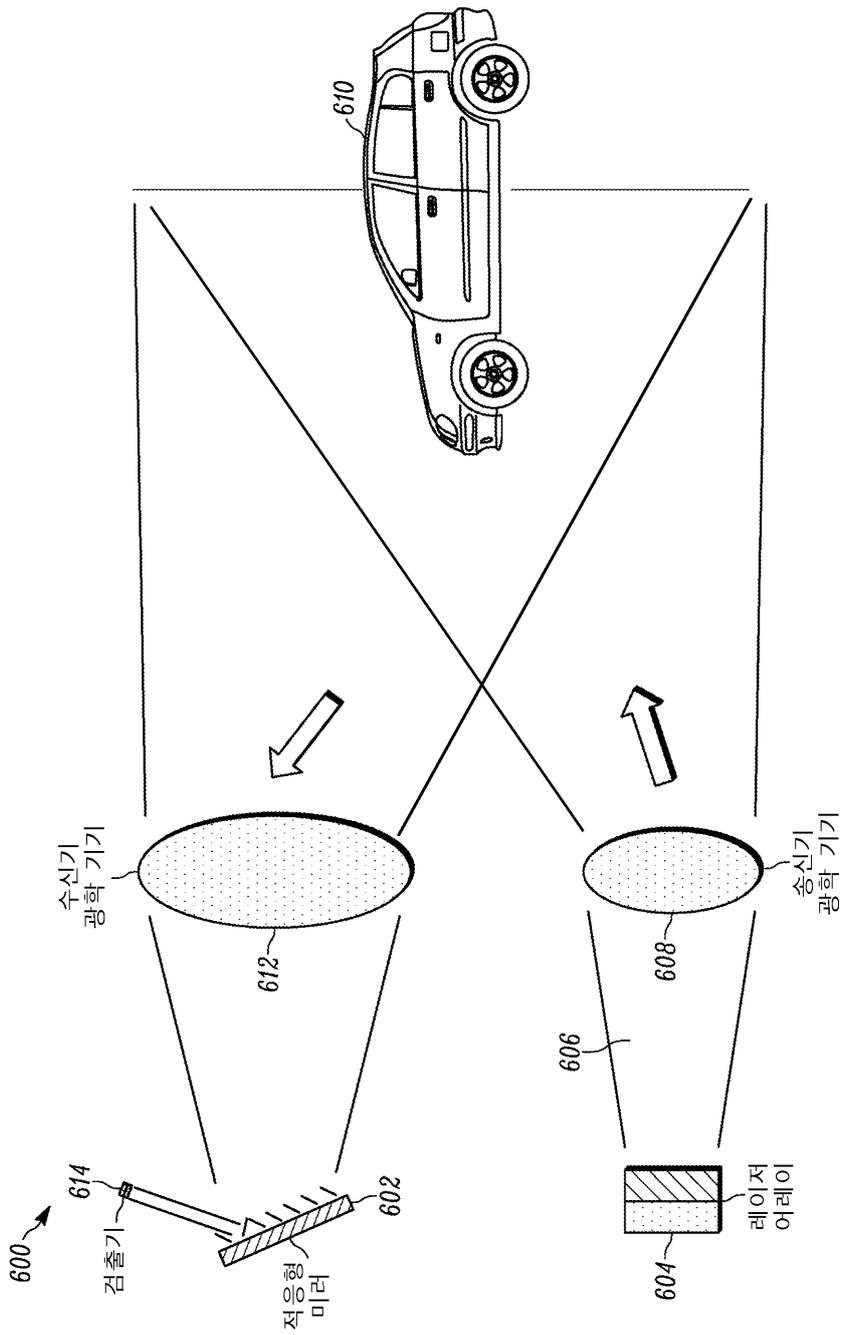


도면5c

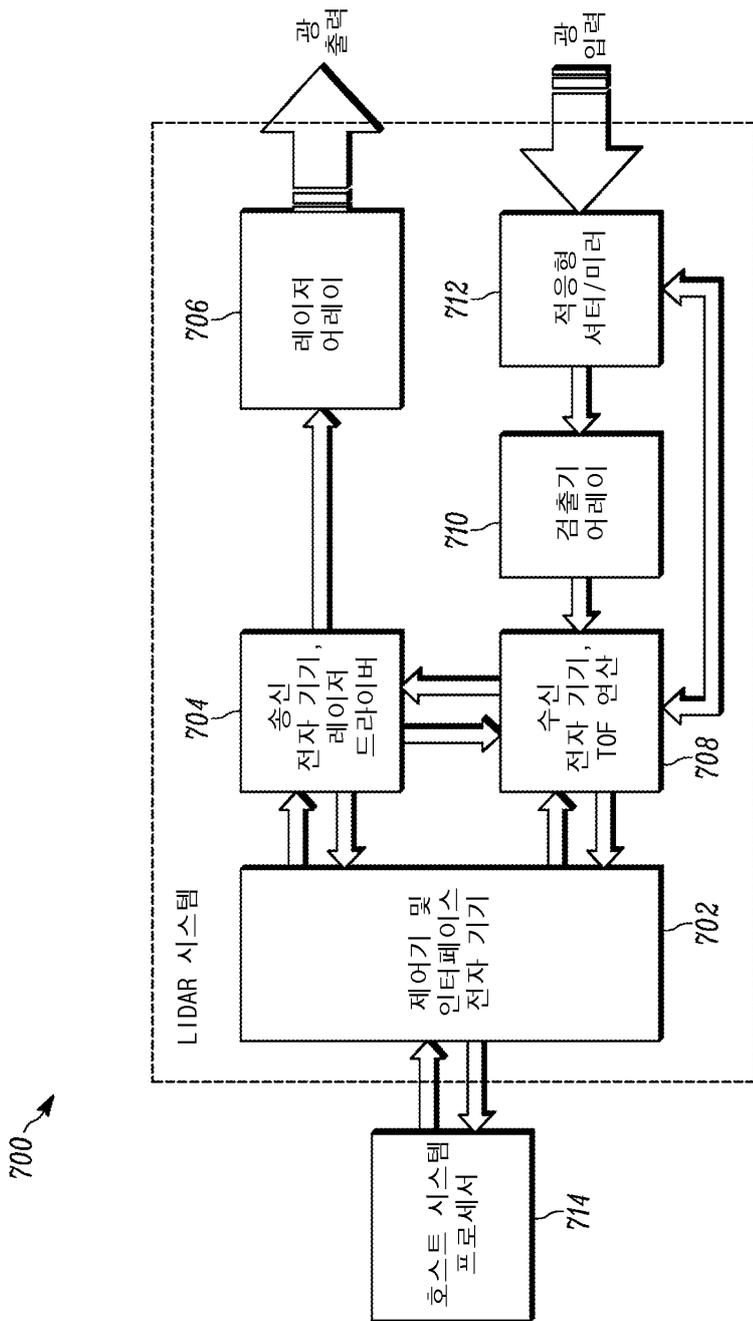
560



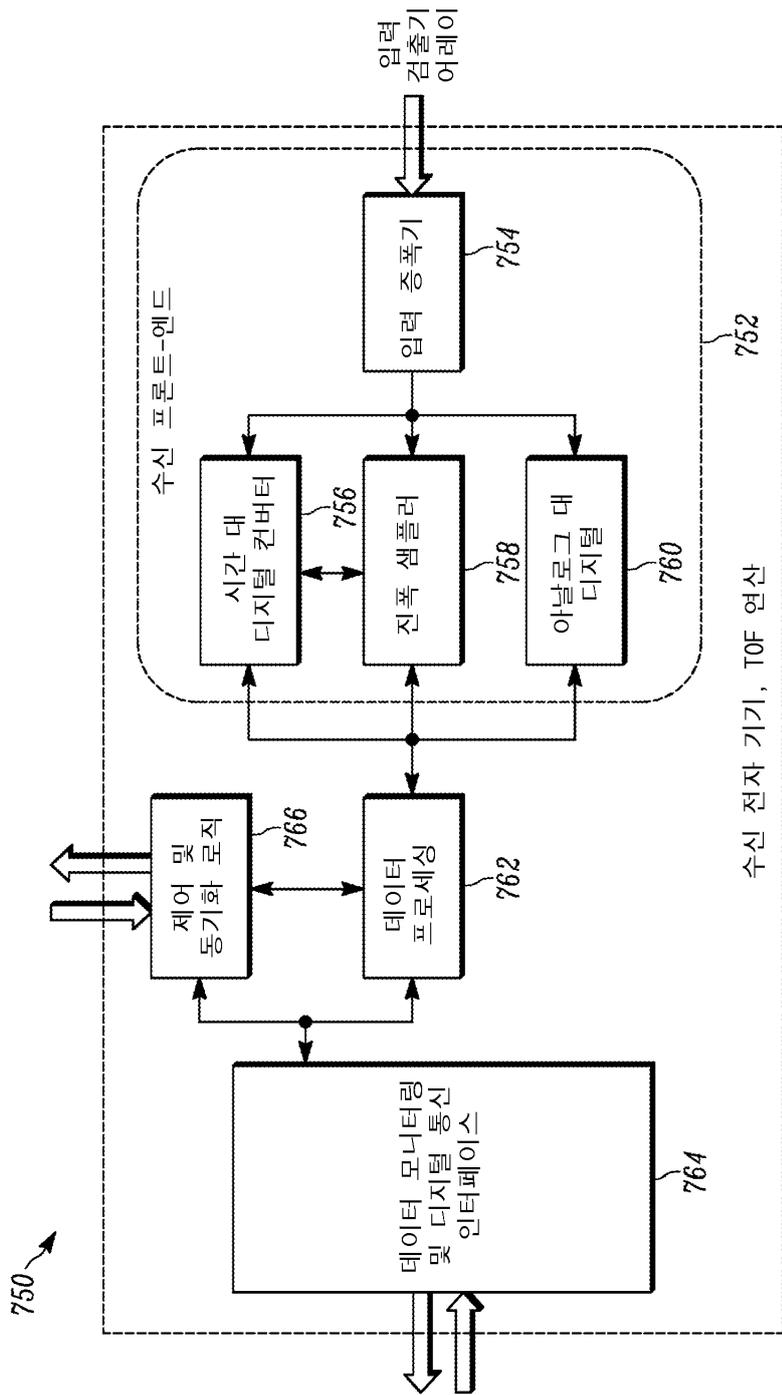
도면6



도면7a

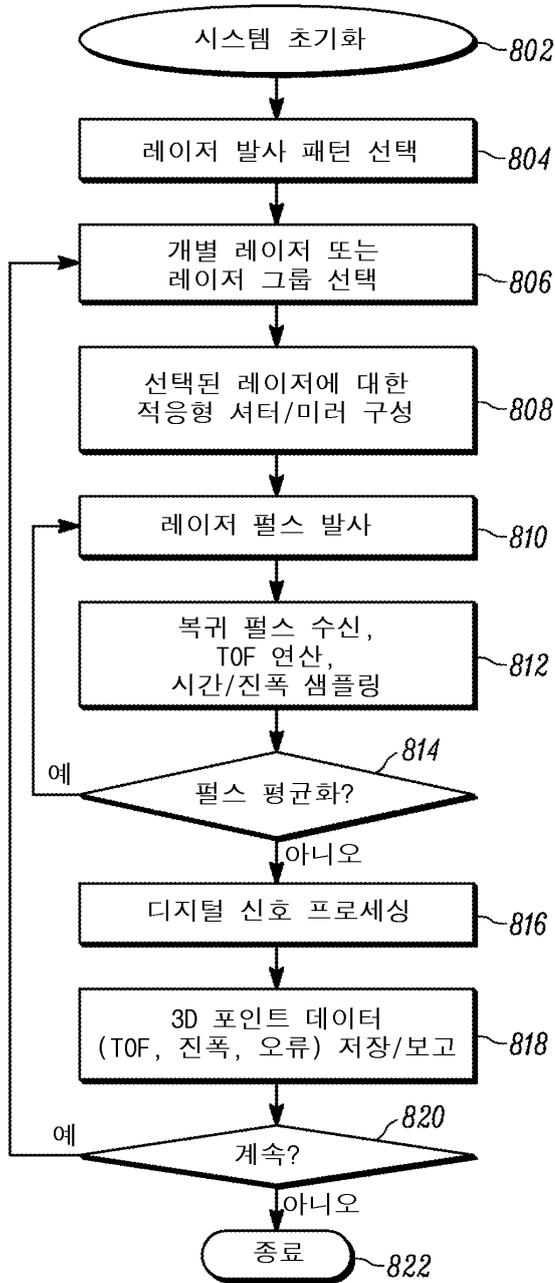


도면7b

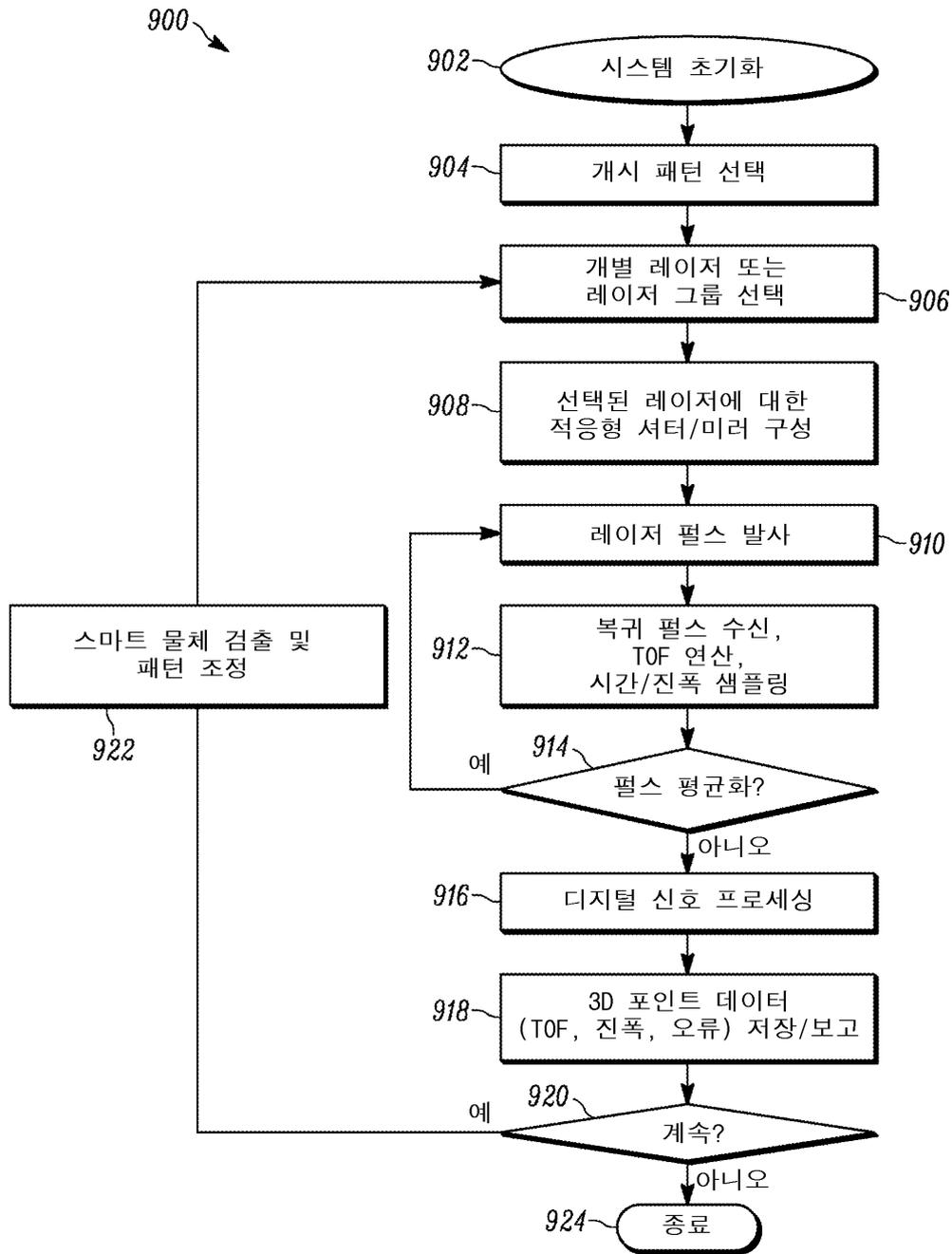


도면8

800



도면9



도면10

1000 ↘

파라미터	값
레이저의 번호	1
수평 FOV	40°
수직 FOV	25°
최대 측정 범위	150m
시스템 리프레시 레이트	30 Hz
수평 각도 해상도	0.2°
수직 각도 해상도	0.2°