



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월22일
(11) 등록번호 10-2797916
(24) 등록일자 2025년04월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/484 (2006.01) G01S 17/06 (2006.01)
G01S 17/42 (2006.01) G01S 17/89 (2020.01)
G01S 17/931 (2020.01) G01S 7/48 (2006.01)
G01S 7/497 (2006.01) H01S 5/183 (2021.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 7/484 (2013.01)
G01S 17/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7044873(분할)
(22) 출원일자(국제) 2018년03월08일
심사청구일자 2024년01월04일
- (85) 번역문제출일자 2023년12월26일
(65) 공개번호 10-2024-0007686
(43) 공개일자 2024년01월16일
(62) 원출원 특허 10-2023-7013943
원출원일자(국제) 2018년03월08일
심사청구일자 2023년04월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/021553
(87) 국제공개번호 WO 2018/169758
국제공개일자 2018년09월20일
- (30) 우선권주장
62/470,827 2017년03월13일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2016146417 A
US20140071427 A1
US20150160341 A1
US20160080077 A1
- (73) 특허권자
옵시스 테크 엘티디
이스라엘, 5885832 홀론, 하록뎀 스트리트 2, 캠퍼스 아모트 빌딩
- (72) 발명자
도노반, 마크 제이.
미국, 캘리포니아 94040, 마운틴 뷰, 포트햄 웨이 1517
- (74) 대리인
오중한, 문용호

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 노영철

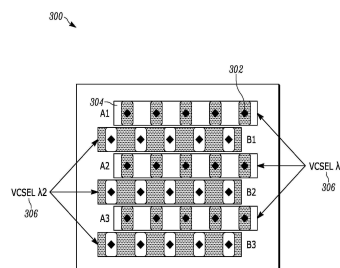
(54) 발명의 명칭 눈-안전 스캐닝 LIDAR 시스템

(57) 요약

LIDAR 조명기는 복수의 레이저 소스를 포함하고, 각 레이저 소스는, 복수의 레이저 소스의 각각이 광학 빔을 생성하게 하는 변조 구동 신호를 수신하는 전기 입력을 포함한다. 제어기는 복수의 전기 출력을 갖고, 복수의 전기 출력의 각각은 복수의 레이저 소스의 각 레이저 소스의 전기 입력에 접속되고, 제어기는, 복수의 레이저 소스가

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



결합된 광학 빔을 형성하는 복수의 광학 빔을 생성하게 하는 복수의 구동 변조 신호를 생성한다. 측정 거리에서 측정 애퍼처 내의 결합된 광학 빔의 피크 광학 에너지는 원하는 값보다 작다.

(52) CPC특허분류

G01S 17/42 (2013.01)

G01S 17/89 (2022.01)

G01S 17/931 (2020.01)

G01S 7/4804 (2013.01)

G01S 7/4811 (2013.01)

G01S 7/4815 (2013.01)

G01S 7/4818 (2013.01)

G01S 7/497 (2013.01)

H01S 5/183 (2021.01)

명세서

청구범위

청구항 1

LIDAR 조명기로서:

- a) 전기 입력에서 에너지가 공급될 때 광학 빔을 각각 생성하는 복수의 레이저 소스들을 포함하는 레이저 어레이 - 상기 복수의 레이저 소스들 중 적어도 일부로부터의 상기 생성된 광학 빔이 눈-안전 측정 애퍼처 내에 있고, 상기 생성된 광학 빔의 다른 적어도 일부는 상기 눈-안전 측정 애퍼처 내에 있지 않도록, 상기 복수의 레이저 소스들이 배치됨 -; 및
- b) 레이저 드라이버의 입력에 전기적으로 연결되는 출력을 갖는 컨트롤러 - 상기 레이저 드라이버는 복수의 전기적 출력들을 포함하고, 상기 복수의 전기적 출력들 중 하나는 상기 복수의 레이저 소스들 중 하나에 전기적으로 연결되고, 상기 컨트롤러는, 눈-안전 측정 애퍼처 내에 있는 상기 복수의 레이저 소스들 중 적어도 일부로부터의 상기 생성된 광학 빔은 동일한 기간 동안 활성화되지 않도록 하는 발사 패턴 규칙에 기초하여 상기 복수의 레이저 소스들에 에너지를 공급하도록 구성되고, 상기 레이저 어레이에 의해 생성되는 상기 눈-안전 측정 애퍼처 내 광학 파워가 최대 허용 노출(MPE) 한계를 초과하지 않도록 상기 복수의 레이저 소스들에 에너지를 공급하도록 구성됨 - 를 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 레이저 드라이버의 상기 복수의 전기적 출력들 중 각각의 하나는 상기 복수의 레이저 소스들 중 각각의 하나의 전기적 입력과 연결되는, LIDAR 조명기.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 레이저 드라이버의 복수의 전기적 출력들 중 하나는 상기 복수의 레이저 소스들 중 적어도 두 개의 입력과 전기적으로 연결되는, LIDAR 조명기.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 레이저 드라이버의 복수의 전기적 출력들 중 하나는 다중 VCSEL 레이저들을 구동하기 위해 사용되는 공통 접점에 전기적으로 연결되는, LIDAR 조명기.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 눈-안전 측정 애퍼처 내에 있지 않은, 상기 생성된 광학 빔의 다른 적어도 일부가 동시에 활성화되도록 하는 발사 패턴 규칙에 기초하여 상기 복수의 레이저 소스들에 에너지를 공급하도록 더욱 구성되는, LIDAR 조명기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 수학적 규칙인, LIDAR 조명기.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 수학적 규칙들의 세트인, LIDAR 조명기.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 눈-안전 한계를 충족하는 허용된 발사 시퀀스가 발생하도록 선택되는, LIDAR 조명기.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 성능 메트릭을 충족하는 허용된 발사 시퀀스가 발생하도록 선택되는, LIDAR 조명기.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 의사-랜덤 시퀀스(pseudo-random sequence)를 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 레이저 어레이는 수직 캐비티 표면 발광 레이저(VCSEL) 어레이를 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 VCSEL 어레이 내의 적어도 하나의 VCSEL은 클러스터 VCSEL을 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 눈-안전 측정 애퍼처는 7mm인, LIDAR 조명기.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 레이저 어레이 내의 상기 복수의 레이저 소스들은 복수의 행들에 배치되는, LIDAR 조명기.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 복수의 행들 중 인접한 행들에 있는 복수의 레이저 소스들 중 적어도 일부로부터 생성된 광학 빔 중 적어도 일부는 상기 눈-안전 측정 애퍼처 내에 있고, 상기 복수의 행들 중 인접하지 않은 행들에 있는 복수의 레이저 소스들로부터의 상기 생성된 광학 빔의 적어도 다른 일부는 상기 눈-안전 측정 애퍼처 내에 있지 않은, LIDAR 조명기.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 동일한 기간 동안 인접하지 않은 행들의 레이저 소스들에 에너지를 공급하도록 허용하는 발사 규칙을 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 발사 패턴 규칙은 동일한 기간 동안 인접한 행들의 레이저 소스들에 에너지를 공급하는 것을 금지하는 발사 규칙을 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 레이저 어레이는, 상기 레이저 어레이 내의 상기 복수의 레이저 소스들 중 적어도 두 개의 전기적 입력들을 연결하는 적어도 하나의 단일 금속 접점을 더 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 레이저 어레이는, 상기 레이저 어레이 내에 한 행에 배치된 복수의 레이저 소스들의 전기적 입력들을 연결하는 적어도 하나의 단일 금속 접점을 더 포함하는, LIDAR 조명기.

청구항 20

제1항에 있어서, 상기 레이저 어레이는, 상기 레이저 어레이 내에 한 열에 배치된 복수의 레이저 소스들의 전기적 입력들을 연결하는 적어도 하나의 단일 금속 접점을 더 포함하는, LIDAR 조명기.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본원에서 사용되는 식별 항목들은, 구조적인 목적을 위한 것일 뿐이며, 본원에 설명하는 주제를 어떠한 식으로든 한정하는 것으로 해석해서는 안 된다.
- [0002] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0003] 본원은, "Eye-Safe Scanning LIDAR System"이라는 명칭으로 2017년 3월 13일에 출원된 미국 가특허출원번호 제 62/470,827호의 정규 출원이다. 미국 가특허출원번호 제 62/470,827호의 전체 내용은 본원에 참고로 인용된다.

배경 기술

- [0004] 광검출 및 거리 측정(Light Detection and Ranging; LIDAR) 시스템은 대상 거리를 실시간으로 측정할 수 있는 가장 중요한 센서들 중 하나이다. LIDAR 시스템은 대상을 레이저 광으로 조명함으로써, 대상까지의 거리를 측정한다. 일부 경우에, LIDAR 시스템은 차량의 주변 환경을 감지하는 데 사용된다. 이러한 응용분야 및 다른 응용분야에서, 조명되는 대상은 사람일 수 있다. 따라서, LIDAR 시스템으로부터의 레이저 광이 사람의 눈을 비출 가능성이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 레이저 광은 사람의 눈에 매우 위험할 수 있다. 레이저 광의 일관성 및 협소한 빔 발산 각도는 눈의 수정체와 결합되어, 상기 레이저 광이 망막 상의 매우 작은 스폿 크기에 초점을 맞추도록 한다. 이러한 작은 스폿 크기와 충분히 높은 레이저 광 출력은, 망막에 화상을 입히고 눈에 영구적 손상을 줄 수 있다. 따라서, 눈에 안전한 수준의 레이저 광 에너지로 동작할 수 있는 LIDAR 시스템이 필요하다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 실시예에 따른 LIDAR 조명기는, a) 복수의 레이저 소스로서, 상기 복수의 레이저 소스의 각각은, 상기 복수의 레이저 소스의 각각이 광학 빔을 생성하게 하는 변조 구동 신호를 수신하는 전기 입력을 포함하는, 복수의 레이저 소스; 및 b) 복수의 전기 출력을 갖는 제어기를 포함하고, 상기 복수의 전기 출력의 각각은 상기 복수의 레이저 소스의 각 레이저 소스의 전기 입력에 각각 접속되고, 상기 제어기는, 상기 복수의 레이저 소스가 결합된 광학 빔을 형성하는 복수의 광학 빔을 생성하게 하는 복수의 변조 구동 신호를 생성하고, 측정 거리에서 측정 애퍼처 내의 상기 결합된 광학 빔의 피크 광학 에너지는 원하는 값보다 작다.
- [0007] 상기 복수의 레이저 소스는 복수의 수직 캐비티 표면 발광 레이저를 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 복수의 레이저 소스는, 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처 내의 결합된 광학 빔이 상기 복수의 광학 빔 중 하나의 광학 빔만을 포함하도록 배치될 수 있다.
- [0009] 상기 제어기는, 의사-난수 시각에 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0010] 상기 제어기는, 상기 복수의 광학 빔 중 어느 것도 임의의 특정 시각에 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에서 중첩되지 않도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0011] 상기 제어기는, 상기 임의의 특정 시각 중 적어도 일부에 하나보다 많은 광학 빔이 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처를 조사하도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0012] 상기 제어기는, 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처 내의 결합된 광학 빔이 상기 복수의 광학 빔 중 하나의 광학 빔의 측정 거리에서 측정 애퍼처 내의 피크 광학 에너지 이하의 피크 광학 에너지를 포함하도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0013] 상기 제어기는, 상기 복수의 광학 빔 중 하나의 광학 빔만이 임의의 특정 시각에 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처를 조사하도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록

록 구성될 수 있다.

- [0014] 상기 제어기는, 임의의 주어진 시각에 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처 내에 시간적으로 중첩되는 광학 빔이 없도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0015] 상기 제어기는, 상기 복수의 광학 빔 중 적어도 두 개가 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 시간적으로 동시에 중첩되도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0016] 상기 제어기는, 상기 복수의 광학 빔 중 적어도 두 개가 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 시간적으로 동시에 부분적으로 중첩되도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0017] 상기 측정 애퍼처는 약 7mm이고, 상기 측정 거리는 약 100mm일 수 있다.
- [0018] 상기 제어기는, 상기 복수의 레이저 소스가 원하는 펄스폭, 피크 전력, 및 반복률을 갖는 펄스형 광학 빔을 생성하고 이에 따라 각 빔이 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 최대 허용 노출(MPE) 한계를 초과하지 않도록, 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0019] 상기 복수의 광학 빔은, 클래스 1 눈-안전에 해당하는, 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 피크 광학 에너지를 갖는, 결합된 광학 빔을 생성할 수 있다.
- [0020] 상기 제어기는, 상기 LIDAR 조명기의 재생률을 최대화하기 위해 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0021] 상기 제어기는 상기 제어기에 전기적으로 접속된 메모리를 더 포함하고, 상기 메모리는, 상기 LIDAR 조명기가 원하는 특정 광 패턴을 생성하게 하는 상기 복수의 변조 구동 신호를 나타내는 데이터를 저장할 수 있다.
- [0022] 에너지 밀도를 측정하는 광학 센서를 더 포함하고, 상기 광학 센서는 상기 제어기에 전기적으로 접속된 출력을 가질 수 있다.
- [0023] 상기 제어기는, 복수의 변조 구동 신호가 시간 함수로서 변하는, 결합된 광학 빔을 형성하는 복수의 광학 빔을 생성하도록 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0024] 본 발의 실시예에 따른 LIDAR 조명 방법은, a) 복수의 레이저 소스를 제공하는 단계 및 b) 상기 복수의 레이저 소스가 결합된 광학 빔을 형성하는 복수의 광학 빔을 생성하게 하는 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계를 포함하고, 측정 거리에서 측정 애퍼처 내의 상기 결합된 광학 빔의 피크 광학 에너지는 원하는 값 미만이다.
- [0025] 상기 복수의 레이저 소스를 제공하는 단계는, 복수의 수직 캐비티 표면 발광 레이저를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 의사-난수 시각에 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 복수의 광학 빔 중 어느 것도 임의의 특정 시각에 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 중첩되지 않도록 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 시각 중 적어도 일부에 하나보다 많은 광학 빔이 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처를 조사하도록 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처 내에 결합된 광학 빔이 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내의 상기 복수의 광학 빔 중 하나의 광학 빔의 피크 광학 에너지 이하의 피크 광학 에너지를 포함하도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 복수의 광학

빔 중 하나의 광학 빔만이 임의의 특정 시각에 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처를 조사하도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0031] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 임의의 주어진 시각에 상기 측정 거리에서 측정 애퍼처 내에 시간적으로 중첩되는 광학 빔이 없도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0032] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 복수의 광학 빔 중 적어도 두 개가 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 시간적으로 동시에 중첩되도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0033] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 복수의 광학 빔 중 적어도 두 개가 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 시간적으로 동시에 부분적으로 중첩되도록, 상기 복수의 레이저 소스에 에너지를 공급하기 위해 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0034] 상기 측정 애퍼처는 약 7mm이고, 상기 측정 거리는 약 100mm일 수 있다.

[0035] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 복수의 레이저 소스가 원하는 펄스폭, 피크 전력, 및 반복률을 갖는 펄스형 광학 빔을 생성하고 이에 따라 각 빔이 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 최대 허용 노출(MPE) 한계를 초과하지 않도록, 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 클래스 1 눈-안전에 해당하는, 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내에 피크 광학 에너지를 갖는, 결합된 광학 빔을 생성하도록 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0037] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, LIDAR 조명기의 재생물을 최대화하는 복수의 변조 구동 신호를 생성하도록 상기 복수의 변조 구동 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0038] 메모리에 액세스하여 상기 복수의 변조 구동 신호를 취득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0039] 상기 측정 거리에서 상기 측정 애퍼처 내의 에너지 밀도를 측정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0040] 상기 복수의 변조 구동 신호를 상기 복수의 레이저 소스의 각각에 대하여 생성하는 단계는, 상기 복수의 구동 변조 신호가 시간 함수로서 변하는, 결합된 광학 빔을 형성하는 복수의 광학 빔을 생성하도록 상기 복수의 구동 변조 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 LIDAR 시스템은 눈에 안전한 수준의 레이저 광 에너지로 동작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0042] 바람직하고 예시적인 실시예들에 따른 본 발명의 교시를, 본 발명의 추가적인 장점들과 함께, 첨부 도면과 함께 이루어지는 아래의 상세한 설명에서 더욱 구체적으로 설명한다. 통상의 기술자는 아래에 기술된 도면이 단지 예시를 위한 것임을 이해할 것이다. 도면은, 반드시 축척에 맞는 것은 아니며, 대신 교시의 원리를 일반적으로 설명하는 데 중점을 둔다. 도면은 어떠한 방식으로든 출원인의 교시의 범위를 한정하도록 의도되지 않았다.

도 1은 차량에 구현된 본 발명의 LIDAR 시스템을 도시한다.

도 2는 본 발명의 LIDAR 시스템에 대한 최대 허용 노출(MPE) 한계를 결정하기 위한 도면을 도시한다.

도 3은 본 발명의 LIDAR 시스템 조명기용 레이저 어레이의 일 실시예를 도시한다.

도 4a는 개별적으로 배열된 다중 클러스터 VCSEL 장치를 포함하는 칩을 도시한다.

도 4b는 바(bar) 형태로 배열된 다중 클러스터 VCSEL 장치를 포함하는 칩을 도시한다.

도 4c는 본 발명의 다중 클러스터 VCSEL 장치를 포함하는 칩의 애노드 금속 접촉 패드의 평면도를 도시한다.

도 4d는 도 1에 도시된 다중 클러스터 VCSEL 장치를 포함하는 칩의 캐소드 금속 접촉 패드의 저면도를 도시한다.

도 5는 본 발명에 따른 눈에 안전한 LIDAR 시스템을 위한 콤팩트형 VCSEL 레이저 드라이버 조립체의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 6a는 제1 렌즈 시스템을 이용하여 상이한 파장의 VCSEL의 2개의 어레이를 사용하는 본 발명의 LIDAR 조명기의 일 실시예의 개략도를 도시한다.

도 6b는 제2 렌즈 시스템을 이용하여 상이한 파장의 VCSEL의 2개의 어레이를 사용하는 본 발명의 LIDAR 조명기의 일 실시예의 개략도를 도시한다.

도 6c는 제3 렌즈 시스템을 이용하여 상이한 파장의 VCSEL의 2개의 어레이를 사용하는 본 발명의 LIDAR 조명기의 일 실시예의 개략도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이제, 본 발명을 첨부 도면에 도시된 바와 같은 본 발명의 예시적인 실시예들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 교시는 다양한 실시예 및 예와 함께 설명되지만, 본 교시를 이러한 실시예로 한정하는 것을 의도하지 않았다. 반대로, 본 교시는, 당업자가 이해할 수 있는 바와 같이 다양한 대안, 수정예, 및 등가물을 포함한다. 본원의 교시에 접근할 수 있는 통상의 기술자는, 추가 구현예, 수정예, 및 실시예, 및 본원에 설명된 바와 같이 본 개시 내용의 범위 내에 있는 다른 사용 분야를 인식할 것이다.

[0044] 본 명세서에서 "일 실시예" 또는 "실시예"라고 언급하는 것은, 실시예와 관련하여 설명된 구체적인 특징부, 구조, 또는 특성이 교시의 적어도 하나의 실시예에 포함됨을 의미한다. 본 명세서의 여러 곳에서 "일 실시예에서"라고 보이는 문구는 반드시 모두 동일한 실시예를 언급하는 것은 아니다.

[0045] 본 교시의 방법의 개별 단계들은 본 교시가 작용될 수 있는 한 임의의 순서로 및/또는 동시에 수행될 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 본 교시의 장치 및 방법은 본 교시가 작용할 수 있는 한 설명된 실시예들 중 임의의 수 또는 전부를 포함할 수 있음을 이해해야 한다.

[0046] 본 교시는, 광을 반사 및/또는 산란시키는 다양한 대상 또는 타겟까지의 거리를 측정하는 광 검출 및 거리측정 시스템(LIDAR)에 관한 것이다. 특히, 본 교시는, 70m를 초과하는 장거리에 걸쳐 최대 1KHz의 높은 재생률(refresh rate)로 LIDAR 측정을 제공할 수 있고 클래스 1 눈-안전 표준(Class 1 eye-safety standard)에 부합하는 시스템 동작을 보장할 수 있는 LIDAR 시스템에 관한 것이다.

[0047] 본 교시의 시스템은 단일 이미터(emitter) 및/또는 다중 이미터를 포함하는 레이저 광원을 사용할 수 있다. 예를 들어, 단일 요소 VCSEL(vertical-cavity surface-emitting laser) 또는 단일 에지-방출 레이저 장치를 사용하는 광원은 단일 이미터로 간주될 수 있다. 다수의 VCSEL 요소 또는 하나 이상의 기판 상에 배열된 다수의 에지-방출 레이저 소스를 사용하는 광원은 다수의 이미터 소스로 간주된다. 다중-요소 이미터는 1차원 어레이와 2차원 어레이를 포함하는 다양한 어레이 구성으로 구성될 수 있다. 통상의 기술자는, 후술하는 본 교시의 설명이 단일-이미터 소스 및/또는 다중-이미터 레이저 소스를 갖는 눈-안전 스캐닝 LIDAR 시스템의 다양한 실시예를 가리킨다는 점을 이해할 것이다. 통상의 기술자에게는, 본 교시의 LIDAR 시스템의 특정 실시예의 특징부를, 단일-이미터 및/또는 다중-이미터 레이저 소스로 한정되는 것으로 간주해서는 안 되며 오히려 단일-이미터 및/또는 다중-이미터 레이저 소스 모두에 적용하도록 더욱 넓게 해석해야 한다는 점이 명백할 것이다.

[0048] 도 1은 차량에 구현된 본 발명의 LIDAR 시스템(100)의 동작을 도시한다. LIDAR 시스템(100)은 광원에 의해 생성된 광 빔(102)을 타겟 장면(target scene)을 향해 투사하는 레이저 프로젝터(때때로 조명기(illuminator)라고도 함)를 포함한다. LIDAR 시스템(100)은 또한 그 타겟 장면에서 사람(106)으로 도시된 대상으로부터 반사하는 광(104)을 수신하는 수신기를 포함한다. LIDAR 시스템(100)은 또한 반사된 광으로부터 대상(106)까지의 거리를 계산하는 제어기를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 제어기는 특정 LIDAR의 요구 사항에 따라 간단한 전기 회로 또는 보다 복잡한 프로세서일 수 있다. 또한 LIDAR 시스템(100)은, 원하는 범위 및 시야(field-of-view; FOV)에 걸쳐 정적 패턴일 수 있는 광의 특정 패턴을 스캐닝하거나 제공할 수 있는 요소를 포함한다. 수신기와 제어기는, 수신된 신호 광을 LIDAR 시스템 범위 및 FOV 내에 있는 주변 환경의 점별(點別, pointwise)의 3차원(3D) 맵을 나타내는 측정값으로 변환하는 데 사용된다.

[0049] 레이저 소스와 광학 빔 프로젝터 및 수신기를 포함하는 조명기는 때때로 차량(108)의 전면에 위치한다. 사람

(106), 및/또는 자동차 또는 가로등 등과 같은 다른 대상은 소스로부터 반사되는 광을 수신기로 다시 제공한다. 해당 대상까지의 범위 또는 거리는 반사된 광으로부터 LIDAR 수신기에 의해 결정된다. LIDAR 수신기는 광원으로부터 방출된 광 펄스의 비행 시간(time-of-flight; TOF) 측정에 기초하여 범위 정보를 계산한다.

[0050] 또한, 예를 들어, 소스 및 프로젝터 시스템의 특정 설계로부터 알려진 특정 범위에 연관된 타겟면에서의 장면을 조명하는 광학 빔 프로파일에 관한 정보는, 그 장면의 완전한 x, y, z, 또는 3차원 그림을 생성하도록 반사면에 대한 위치 정보를 결정하는 데 사용된다. 다시 말하면, 주변 환경의 점별의 3차원 맵(pointwise 3D map)은, LIDAR 시스템의 시야 내에서 소스로부터 수신기로의 조명을 반영하는 모든 표면으로부터의 위치 정보를 나타내는 측정 데이터의 모음을 나타낸다. 이러한 방식으로, LIDAR 시스템의 시야에 있는 대상의 3차원 표현을 취득하게 된다. 지점 단위의 3차원 데이터 맵은 측정 지점 클라우드로도 칭할 수 있다.

[0051] 본 교시의 LIDAR 시스템의 다양한 실시예는, 원하는 성능에 따라 다양한 레이저 펄스 지속시간 및 레이저 펄스 반복률로 동작한다. 일례는 자동차 LIDAR 시스템의 일 실시예에 필요한 샘플링 레이트이다. 시간 당 100km(100kph)로 이동하는 자동차는 밀리 초당 대략 28 밀리미터(28mm/msec)로 이동한다. 두 대의 자동차가 서로 접근하는 경우 상대 거리는 그 속도의 두 배인 56mm/msec로 감소한다. 각 측정 지점에 대해 거리 정확도가 50mm(~2인치)인 전체 시야에 걸쳐 정확한 시스템의 경우, 해당 시간 동안 전체 FOV를 스캐닝할 수 있어야 한다. 본 교시의 눈-안전 LIDAR 시스템은, 다른 유형의 LIDAR 감지 응용분야에 적용될 수 있으며, 차량 또는 자동차용 감지로 한정되지 않는다.

[0052] 다중-소스 및 다중-파장 LIDAR 시스템은 본원의 양수인에 의해 제안되었다. Multi-Wavelength LIDAR System이라는 명칭으로 2017년 3월 13일자로 출원된 미국 특허출원번호 제15/456,789호를 참조한다. 미국 특허출원번호 제15/456,789호의 전체 내용은 본원에 참조로 원용된다. 설명을 위해, 원하는 특정 3차원 지점 단위 측정 위치에 대응하는 1000개의 레이저 클러스터를 사용하는 다중-소스 LIDAR 시스템을 가정한다. 전체 FOV에 걸쳐 위치 정확도를 달성하려면, 전술한 바와 같이, 밀리초마다 1000개의 레이저를 모두 스캐닝해야 한다. 한 번에 하나의 레이저만 동작시키고 검출할 수 있는 단일-파장 시스템의 경우, 이는 해당 측정 지점의 위치 정보를 획득하기 위해서 레이저당 단지 1마이크로초만 있음을 의미한다.

[0053] 본 교시의 다수의 파장 LIDAR 시스템의 한 가지 특징은 비교적 높은 재생률을 제공한다는 점이다. 재생률은 때때로 프레임 레이트라고 한다. 재생률은, LIDAR에 의해 감지되는 3차원 또는 2차원 장면의 거리 측정이 얼마나 자주 업데이트되는지에 직접 관련된다. 본 교시의 일부 실시예는, 통상적으로 30Hz의 재생률을 갖는 현재의 저비용 CMOS 카메라 시스템과 적어도 동일한 시스템 재생률을 제공한다. 그러나 재생률은 1kHz 이상일 수 있다. 높은 재생률이 중요한 이유를 이해하기 위해, 100km/hour로 이동하고 있는 자동차를 고려해 본다. 이러한 조건에서, 자동차는 0.1초에 약 3미터를 이동한다. 따라서, 재생률이 10Hz에 불과하다면, 자동차 앞에 있는 대상은 그 시간에 상당히 이동하여, 해상도가 상당히 손실된다.

[0054] 예를 들어, 하나의 프레임에서 측정되는 4096개의 레이저와 1마이크로초의 펄스 지속시간을 갖는 4개의 파장을 사용하는 본 교시의 LIDAR 시스템에서, 재생률은 단일 시스템에 대해 1kHz일 것이다. 전체 360도 FOV를 커버하기 위해 다수의 시스템을 사용한다면, 재생률은 여전히 1kHz이어야 한다. 이것은 측정당 단일 펄스를 가정한 것이다. 그러나, 측정당 다수의 펄스를 사용하면, 재생률이 낮아진다.

[0055] 레이저 눈-안전 규정은, 눈 손상을 유발하지 않으면서 눈에 진입하는 레이저 광선의 허용 가능한 양에 대한 표준을 설정하기 위해 확립되었다. 이 표준은, 레이저 광을 방출하는 제품이 소비자가 특정 제품에 연관된 안전 위험을 이해하도록 라벨이 표시되도록 한다. 세계적으로 가장 일반적으로 참조되는 표준은, 유럽에서 EN 60825-1로서 채택된, 국제전기표준회의(IEC)에 의해 발표된 IEC 60825-1이다. 미국에서는, 레이저 제품이 CDRH 21 CFR 1040.10에 의해 커버된다. EN 60825-1을 준수하는 것은 미국 연방 표준을 충족시킬 수 있는 것으로서 확립되었다.

[0056] 레이저 눈-안전 표준에는, 파장 및 최대 출력 전력에 의해 분류되는 다양한 안전 범주가 있다. 이 표준은, 어떠한 손상도 일으키지 않으면서, 완전히 열린 동공을 통과할 수 있는 광학 출력 또는 에너지로서 특정되는 최대 허용 노출(MPE)을 정의한다. MPE는 에너지의 함수이므로, 이는 레이저가 고동치는(즉, 연속적으로 동작하지 않는) 시스템에서 레이저 펄스 지속시간 및 반복률과 관련이 있다.

[0057] 클래스 1 레이저는 모든 정상적인 사용 조건에서 안전하다. 클래스 1 제품에서는 최대 허용 노출(MPE)을 초과할 수 없다. 자동차 LIDAR 시스템은 클래스 1 눈-안전에 해당하는 것이 매우 바람직하다. 클래스 1 등급의 LIDAR 시스템에서, LIDAR 시스템에 의해 생성되는 레이저 광은, 사람의 눈에 노출될 수 있는 모든 경우에 MPE를 초과

하지 않는다.

- [0058] 클래스 1 눈-안전을 보장하면서 최고 시스템 성능을 제공하기 위해서는 LIDAR 시스템에서 주의를 기울여야 한다. 시스템 성능은, 각도 분해능, 재생률, 시야, 및 범위 등의 파라미터들을 포함할 수 있다. 이러한 성능 파라미터들 중 다수는, LIDAR 시스템의 타겟면에서 생성된 광학 빔의 강도 및/또는 레이저 파워에 직접 연결된다. 예를 들어, 수신기에서 가능한 최상의 신호대 잡음비를 갖고 또한 긴 최대 거리 범위를 제공하기 위해서는, 전송되는 레이저 펄스에 대해 가장 높은 피크 광학 출력을 갖는 것이 바람직하다. 그러나, 클래스 1 눈-안전은 각 펄스의 최대 피크 광학 출력을 제한한다.
- [0059] 예를 들어, 국제전기기술위원회(IEC) 표준 IEC 60825-1에서 10psec와 5 μ sec 사이의 노출 지속기간 동안 903nm 레이저의 허용 가능한 노출 에너지를 계산해 보면, 0.392 μ Joules이다. 5 μ sec마다 전송되는 5nsec의 지속시간을 갖는 단일 레이저 펄스의 경우, 상승 시간과 하강 시간이 0인 구형파 펄스 형상을 가정해 보면, 이 펄스의 최대 피크 전력은 78.4W이다. 5 μ sec마다 50nsec의 지속시간을 갖는 구형파 펄스의 경우, 최대 피크 전력은 그 1/10, 즉 7.84W 미만이다.
- [0060] 노출 에너지는 눈의 완전히 열린 동공을 통과하도록 계산된 에너지이다. 국제전기기술위원회(IEC) 표준은 이러한 에너지를 어떻게 측정해야 하는지에 대한 지침을 포함하고 있으며, 파장이 400nm 내지 1400nm인 시스템의 경우, 두 가지 조건이 적용된다. 조건 1은, 망원경 또는 쌍안경에 의해 시준되는 빔에 적용되며, 애퍼처 스톱(구경 조리개)이 2000mm 거리에서 50mm와 같은 경우 위험이 증가한다. 조건 3은, 100mm 에서 7mm의 애퍼처 스톱/제한 애퍼처를 정의하는 스캐닝 빔에 대해, 육안에 관련된 조사를 결정하는 데 적용된다. 스캐닝된 방출의 기준점은 스캐닝 정점(스캐닝 빔의 피봇점)이다. 본 교시에 따른 100미터 범위의 LIDAR 시스템은, 명목상 마이크로초마다 펄스를 발사하여 재생률을 최대화한다. 이 예에서, 펄스가 5마이크로초마다 발사되면 펄스의 크기가 1마이크로초마다 5배 작아지도록 광학 피크 전력이 제한된다.
- [0061] 본 교시의 일 양태는, 눈-안전 시스템을 생성하기 위해 복수의 광학 빔들의 광학 출력의 중첩을 감소시키거나 실질적으로 제거하는 방식으로 레이저에 에너지가 공급되도록 복수의 레이저를 사용하는 LIDAR 시스템이 동작할 수 있다는 점이다. 본원에서 설명하는 바와 같이, MPE는, 레이저 어레이로부터 100mm 거리에서 임의의 고정된 7mm 애퍼처에서 그리고 2000mm 거리에서 50mm 애퍼처에서 측정되는 최대 에너지를 제공한다. 복수의 광학 빔의 중첩으로부터 특정한 측정 지점에서의 추가된 전력은 각각의 광학 빔에 대하여 허용된 최대 전력에 영향을 미친다. 그러나, 성능, 예를 들어, 각 측정 지점에 대한 신호대 잡음은 이러한 최대 전력에 의해 제한된다. 도 2는 이 개념을 예시한다.
- [0062] 도 2는 본 교시의 LIDAR 시스템 조명기(200)에 대한 MPE 한계를 결정하기 위한 도면을 도시한다. 일부 응용 분야에서는 클래스 1 표준에 대한 MPE 한계에서 특정 레이저에 의해 생성되는 각각의 빔을 동작시키는 것이 바람직하다. 이들 실시예에서, 두 개의 빔이 동시에 동작하고 중첩되면, 에너지는 광학 빔의 중첩 영역에서 MPE 한계를 초과한다. 이들 실시예에서, 중첩되는 광학 빔들의 문제에 대한 본 교시에 따른 한 해결책은, 분리된 시간에 중첩되는 광학 빔들을 생성하는 레이저에 에너지를 공급하거나 이러한 레이저를 발사하는 것이다. 이러한 방식으로, 양측 빔의 에너지는 두 광학 빔의 중첩되는 부분에 동시에 제공되지 않는다. 이에 따라, 중첩되는 빔 영역에서 시스템이 눈-안전 한계를 초과할 가능성 없이, MPE에 의해 허용되는 최대 에너지 수준에서 두 빔이 동작할 수 있다.
- [0063] LIDAR 시스템 조명기(200)는, 레이저 어레이(204)로부터 100mm의 거리(202)에서, 이산 레이저들(208)에 대응하는 4개의 빔(206)이 7mm보다 멀리 이격되도록 설계된다. 다시 말하면, 광학 빔들(206) 중 어느 것도, 100mm 거리에서 7mm보다 가깝지 않으며, 이에 따라 100mm 거리에서 중첩되지 않는다. 이러한 광학 구성에서, 4개의 레이저(206) 모두는, 눈 안전에 영향을 주는 방식으로 임의의 개별 광학 빔보다 큰 광학 출력을 갖는 결합된 빔을 형성하도록 임의의 2개의 광 빔이 결합되지 않고서 동시에 발사될 수 있다. 이것은, 각각의 레이저가 고유한 파장을 갖는 광학 빔을 방출하는지 또는 적어도 두 개의 광학 빔이 동일한 파장을 갖는 광학 빔을 방출하는지에 관계없이 사실이다. 본 교시의 스캐닝 LIDAR 시스템의 다양한 실시예는, 단일 파장에서 동작하는 레이저 또는 레이저 어레이를 포함하는 조명기 및 다수의 파장에서 동작하는 레이저 또는 레이저 어레이를 포함하는 조명기를 이용한다.
- [0064] 수백 개의 레이저와 같은 수많은 레이저를 이용하는 본 교시의 LIDAR 시스템 조명기의 일부 실시예에서, 일부 레이저로부터의 광학 빔은 눈-안전 측정 애퍼처에서 중첩될 수 있고, 일부는 그렇지 않을 수 있다. 이러한 시스템에서, 눈-안전 위험을 야기할 수 있는 중첩 빔들을 방지하도록 레이저들의 발사 순서는 완전히 무작위일 수는 없다. 따라서, 본 교시의 일 양태는 레이저들의 발사의 의사-난수 시퀀스를 이용한다. 발사 패턴은 일련의 수학

적 규칙들을 만족시키므로, 눈-안전 한계를 충족하는 허용된 발사 시퀀스를 초래한다.

- [0065] 본 교시의 다른 일 양태는, 눈-안전 환경을 유지하면서 시스템의 재생률을 최대화하는 바람직한 발사 시퀀스를 선택하는 것이다. 예를 들어, 눈-안전 환경을 유지하면서 총 펄스 레이트를 최대화하는 비무작위적(non-random)의 발사 패턴을 결정할 수 있다. 이러한 발사 패턴은, 예를 들어, 레이저를 발사하는 제어기의 펌웨어에 설정된 일련의 규칙을 통해 구현될 수 있다.
- [0066] 본 교시의 LIDAR 조명기의 다른 실시예들에서, 각 레이저 소스는, 광학 펄스의 펄스폭, 재생률, 및 피크 전력에 기초하여 특정 에너지를 갖는 광학 빔을 생성한다. 통상의 기술자는, 각 레이저 소스에 의해 생성되는 광학 빔이 측정 거리에 위치하는 평면에서의 위치 함수로서 특정 에너지 밀도를 갖는다는 점을 이해할 것이다. 측정 거리에 위치하는 평면에서 다수의 레이저 소스로부터 생성되는 광의 에너지 밀도는, 광학 빔들의 조합으로부터 발생하는 평면에서의 위치 함수로서의 개별 에너지 밀도의 합이다. 예를 들어, 위치 함수로서 결합된 광학 빔의 결합된 에너지 밀도에 의해, 100mm 측정 거리의 평면에 걸치는 7mm 애퍼처 직경에서 샘플링되는 피크 에너지가 MPE를 초과하지 않는 경우, 눈-안전 분류가 충족된다.
- [0067] 복수의 레이저 소스를 발사하는 전기 신호의 패턴을 제어함으로써, 이러한 복수의 레이저의 결합된 광학 빔들에 의해 평면에서 생성되는 에너지 밀도를 제어할 수 있다. 특히, 특정 측정 거리의 측정 애퍼처에서 결합된 광학 빔의 피크 광학 에너지가 원하는 값보다 작은, 복수의 레이저 소스로부터 결합된 광학 빔을 생성할 수 있다. 일부 실시예에서, 측정 애퍼처는 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission; IEC)에 의해 정의된 7mm 애퍼처이고, 측정 거리는 100mm이고, 피크 광학 에너지는 국제전기기술위원회(IEC)에 의해 정의된 MPE이며 특정 레이저 파장을 기반으로 한다.
- [0068] 도 3은 본 교시의 LIDAR 시스템 조명기용 레이저 어레이(300)의 일 실시예를 도시한다. 레이저 어레이(300)는, 3개의 바(304)의 구성마다 2개의 상이한 파장(306)을 갖는 30개의 개별 레이저 이미터(302)들로 이루어진다. 이 구성에서, 서로 바로 인접하는 레이저 이미터들(302)은 특정한 눈-안전 측정 애퍼처에서 중첩되는 광학 빔들을 생성한다. 바로 인접하지 않는 레이저 이미터들(302)에 의해 생성되는 광 빔들은 중첩되지 않는다. 인접하는 레이저들은 동시에 발사될 수 없지만 서로 다른 파장의 인접하지 않은 레이저들은 동시에 발사될 수 있다는 규칙을 이용함으로써, 눈 안전에 영향을 주지 않으면서 재생률을 최대화할 수 있다.
- [0069] 이러한 발사 규칙에서, 도 3의 A1 및 A2로 표시된 바(304) 상의 레이저(302)가 동작하는 경우 도 3에서 B1로 표시된 바(304) 상의 레이저(302)는 동작할 수 없다. 또한, B1 및 B2로 표시된 바(304) 상의 레이저(302)가 동작하는 경우 A2로 표시된 바(304) 상의 레이저(302)는 동작할 수 없다. 또한, A1로 표시된 바(304) 상의 레이저(302)는 B2로 표시된 바(304) 상의 레이저(302)와 동시에 동작할 수 있다. 이러한 방식으로, 시스템의 발사 규칙은, 시스템의 최대 펄스 레이트에서 비인접 바들의 동시 동작을 가능하게 하지만 눈-안전 측정 애퍼처에서의 광학 빔의 발생 에너지가 최대 허용 노출(MPE) 한계 미만임을 보장한다. 이는, 전체 LIDAR 시스템의 클래스 1 눈-안전을 보장한다.
- [0070] 본 교시의 스캐닝 LIDAR 시스템의 일부 실시예에서, 레이저 발사 패턴에 대한 규칙은, 조명기로부터 방출되는 조명 패턴을 모니터링하는 것에 기초하여 생성된다. 즉, 모니터는 특정 거리에서 특정 애퍼처의 피크 에너지를 결정하고, 특정 거리에서 특정 애퍼처의 피크 에너지가 특정 값보다 작음을 보장하는 발사 패턴을 결정한다. 일부 실시예에서, 레이저 발사 패턴에 대한 규칙은, 조명기에 연관된 임의의 눈-안전 측정 애퍼처에서 중첩되는 두 개 이상의 광학 빔을 생성하는 레이저가 동시에 동작하지 않는 것이다. 이 규칙은, 각 레이저가 눈-안전 측정 애퍼처 내에서 허용되는 최대 에너지를 생성하는 광학 빔을 생성하는 시스템에 적용된다.
- [0071] 본 교시의 또 다른 일 양태는, 조명기 내에 광학 빔을 배치하기 위한 기계적 허용 오차 및 레이저 파워 동작 변동 등의 다양한 동작 사양이, 레이저 발사(에너지 공급 또는 활성화) 패턴에 대한 규칙을 적절하게 선택함으로써 의해 달성될 수 있다는 점이다.
- [0072] 본 교시의 LIDAR 시스템의 다양한 실시예는 단일 칩 상의 다중 클러스터 VCSEL 장치를 이용한다. 도 4a는 다중 클러스터 VCSEL 장치(402)를 포함하는 어레이(400)를 도시한다. 특히, 도 4a는 2차원 어레이의 25개의 클러스터 VCSEL 장치(402)를 도시한다. 어레이는, 개별적으로 바이어싱될 수 있는 25개의 개별 클러스터 VCSEL 장치(402)를 위한 접점들(404)로 형성된다.
- [0073] 도 4b는 다중 클러스터 VCSEL 장치(452)를 포함하는 어레이(450)를 도시한다. 도 4b는, 어레이가 바마다 5개의 클러스터 VCSEL 장치(452)를 포함하는 5개의 바를 형성하는 접점들(454)과 접속된 5개의 클러스터 VCSEL 장치(452)를 포함하도록 배치된 것을 도시한다. 단일 모놀리식 2D VCSEL 어레이도 제조할 수 있다는 것은 통상의 기

술자에게 명백할 것이다.

- [0074] 도 4c는, 2D 모듈리식 VCSEL 어레이의 다중 클러스터 VCSEL 장치(474)를 포함하는 칩(472)의 애노드 금속 접촉 패드(470)의 평면도를 도시한다. 도 4c에 도시된 칩은 최상부측 조명 VCSEL 어레이이다. 단일 컬럼의 모든 VCSEL의 모든 애노드는 단일 금속 접점과 함께 접속된다.
- [0075] 도 4d는, 도 4c에 도시된 다중 클러스터 VCSEL 장치를 포함하는 칩(472)의 캐소드 금속 접촉 패드(476)의 저면도를 도시한다. 단일 행의 모든 캐소드는, 전기 접속의 수를 줄이는 방식으로 단일 금속 접점과 함께 접속된다. 이러한 금속화 패턴으로, 개별 VCSEL 장치(474)(도 4c)는 원하는 바이어스 레벨에서 각 행 및 열 접촉부를 바이어싱함으로써 동작할 수 있다. 일반적으로, 레이저 이미터들의 한 그룹의 애노드들이 하나의 접점에 접속되고 레이저 이미터들의 제2 그룹의 캐소드들이 제2 접점에 접속되는 경우, 레이저 이미터들의 제1 및 제2 그룹 모두에 속하는 그러한 개별 레이저만이, 즉, 애노드와 캐소드가 연결된 레이저만이, 제1 및 제2 접점들이 적절히 바이어싱될 때 에너지를 공급받는다.
- [0076] VCSEL 장치들(474)이 개별적으로 접속되는 경우의 25개의 전기 접속부에 비해, 5개의 행과 5개의 열이 있는 도 4d에 도시된 구체적인 확인을 위해서는 10개의 전기 접속부만이 필요하다. 통상의 기술자는, 도 4d에 도시된 구성이 수많은 가능한 전기적 어드레싱 구성 중 하나이며 본 교시가 이미터를 위한 임의의 특정한 행과 열 구성 또는 기하학적 구조로 한정되지 않음을 이해할 것이다. 2D VCSEL 어레이의 크기가 커질수록 전기 접점의 수를 줄이는 이점이 더 커진다는 점에 주목하는 것이 중요하다.
- [0077] 접속의 구성에 따라, 레이저 이미터들의 한 그룹의 애노드들에 접속된 하나의 접점 및 레이저 이미터들의 제2 그룹의 캐소드들에 접속된 제2 접점을 사용하여, 특정한 바이어스 조건에 대하여 하나의 레이저 이미터 또는 레이저 이미터들의 그룹들에 에너지를 공급할 수 있다. 다양한 접점에 대한 다양한 레이저의 애노드 접속 및 다양한 접점에 접속되는 다양한 레이저의 캐소드 접속은 발사 패턴 규칙을 결정한다. 예를 들어, 함께 에너지를 공급받는 개별 레이저 이미터들 또는 레이저 이미터들의 그룹들의 알려져 있는 패턴, 및 특정한 눈-안전 측정 애플리케이션에서 이들 레이저가 생성하는 광학 빔의 에너지는, 어떠한 개별 레이저들 또는 그룹들을 동시에 발사할지를 결정할 때 발사 제어 기법에서 모두 고려된다.
- [0078] 도 5는, 본 교시의 다수의 파장 LIDAR를 위한 컴팩트형 VCSEL 레이저 드라이버 조립체(500)의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다. 이 실시예에서, 펄스 생성 체인(502)은 VCSEL 조립체(504)의 동일한 캐리어 상에서 국부적으로 생성된다. 펄스 생성 체인(502)은 펄스 제어기(506), 메모리(508), 펄스 패턴 생성기(510), 및 레이저 드라이버(512)를 포함한다. 레이저 드라이버(512)는 도시된 바와 같이 VCSEL 레이저(514)에 접속된다. 일부 실시예에서, 레이저 드라이버는 다수의 VCSEL 레이저를 구동하는 데 사용되는 공통 접점에 접속된다. 일부 실시예에서, 펄스 형상은 로컬 메모리에 저장될 수 있고 또는 제어기와 패턴 생성기의 조합에 의해 생성될 수 있다.
- [0079] 시스템 프로세서(516)는 디지털 입력/출력 접속부(518)를 통해 접속된다. 시스템 프로세서(516)는, 레이저 발사 및 지속 시간을 지시하는 명령어들의 세트를 생성한다. 이들 명령어는 발사 패턴 유형을 결정한다. 그러나, 레이저의 발사 패턴 생성 및 바이어싱은 VCSEL 조립체에서 국부적으로 수행된다. VCSEL 조립체에서 레이저 드라이버 펄스 패턴을 국부적으로 생성함으로써, 전체 LIDAR 시스템에 대해 필요로 하는 인터페이스를 크게 간소화한다. 일부 실시예에서, 펄스 제어기(506), 메모리(508), 펄스 패턴 생성기(510), 및 레이저 드라이버(512) 기능은 모두 단일 IC 패키지 내에 포함된다. 다양한 실시예에서, VCSEL 장치는 기밀하게 포장될 수 있고 또는 비기밀하게 포장될 수 있다.
- [0080] 레이저 발사 규칙은 스캐닝 LIDAR 시스템의 다양한 장소에 저장될 수 있다. 일부 실시예에서, 레이저 발사 규칙은 메모리(508)에 저장된다. 일부 실시예에서, 레이저 발사 규칙은 디지털 I/O(518)를 통해 입력된다. 다른 실시예에서, 레이저 발사 규칙은 LIDAR 시스템의 동작 파라미터에 기초하여 시스템 프로세서에서 생성된다. 또 다른 실시예에서, 레이저 발사 규칙은 LIDAR 시스템의 동작 파라미터에 기초하여 제어기에서 생성된다. 또 다른 실시예에서, 레이저 발사 규칙은, 레이저 드라이버 조립체(500)에 의해 제공되는 출력 전력, 펄스폭, 및 반복률의 변화에 기초하여 시간에 따라 변화한다.
- [0081] 본 교시의 하나의 특징은, 송신기 요소들 및/또는 송신기 어레이들의 간격, 송신기 요소들의 발사 패턴, 및 투사 및/또는 시준에 사용되는 광학 장치들의 조합이 공간에서의 레이저 빔들의 중첩 여부 및 위치를 결정한다는 것이다. 또한, 별도의 파장을 갖는 개별 어레이들이 사용될 수 있다.
- [0082] 도 6a는, 제1 렌즈 시스템과 함께 상이한 파장의 VCSEL의 2개의 어레이를 사용하는 본 교시의 LIDAR 조명기(600)의 일 실시예의 개략도를 도시한다. 2개의 VCSEL 어레이(602, 604)는 ~8mm의 거리(606)만큼 오프셋된다.

일부 경우에는 VCSEL의 각 어레이로부터의 개별 레이저 빔들(608, 610)이 공간에서 결합되고, 다른 경우에는 레이저 빔들(612, 614)이 결합되지 않는다는 점을 알 수 있다. 빔들(608, 610, 612, 614)의 결합 여부의 기준을 결정하는 기하학적 관계가 존재한다. 예를 들어, 어레이들(602, 604) 사이에 8mm의 오프셋 거리(606)가 있는 경우, 동일한 공칭 각도로 투사되는 빔들(즉, 2개의 개별 어레이로부터의 빔(608, 614) 및 빔(612, 610))은, 눈-안전 한계를 초과하도록 100mm의 거리(618)에서 7mm 애퍼처(616) 내에 공간적으로 결합되지 않을 것이다. 7mm 애퍼처(616)만을 고려한다면, 양측 어레이(602, 604)로부터 VCSEL의 동시 발사를 허용하는 간단한 규칙은, 각 어레이에 대한 렌즈 시스템이 공칭적으로 동일하다는 가정 하에 각 어레이 내의 동일한 위치를 선택하는 것이다.

[0083] 그러나, 빔들이 고도로 시준된다면, 쌍안경(binoculars) 사용에 해당하는 다른 눈-안전 기준을 고려해야 한다. 도 6b는, 고도로 시준된 빔들을 생성하는 제2 렌즈 시스템과 함께 상이한 파장의 VCSEL의 2개의 어레이(632, 634)를 사용하는 본 교시의 LIDAR 조명기(630)의 일 실시예의 개략도를 도시한다. 동일한 투사 각도를 갖는 두 개의 빔은, 고도로 시준되는 경우 2000mm 거리에서 50mm 애퍼처에서 결합된다. 빔들이 2000mm 거리에서 50mm 애퍼처에서 결합되지 않도록, 빔들은 서로 $\sim 1.4^\circ$ 만큼 달라야 한다. 따라서, 도 6b에 도시된 실시예에서, 2개의 어레이(632, 634)로부터의 레이저 빔들(636, 638)은, 쌍안경의 사용 조건에 대해 레이저 눈-안전 규칙이 충족되도록 서로에 대해 1.4° 의 각도(640)로 투사된다. 레이저 빔들(636, 638)은 2000mm의 거리(644)에서 50mm 애퍼처(642)에서 중첩되지 않는다. 일부 실시예에서, 도 6b의 렌즈 시스템은 도 6a와 관련하여 설명한 실시예의 렌즈 시스템과 동일하고, 빔들의 결합 여부를 결정하는 투사 각도는 VCSEL 어레이의 레이저 요소의 발사 패턴에 기초한다. 일부 실시예에서, 투사 각도는 렌즈 시스템의 구성에 의해서도 영향을 받는다. 투사 각도가 결정되는 메커니즘에 관계없이, 레이저 눈-안전 규칙을 충족시키는 비중첩 빔들의 조건은 서로 1.4° 의 각도(640)에서의 투사이다.

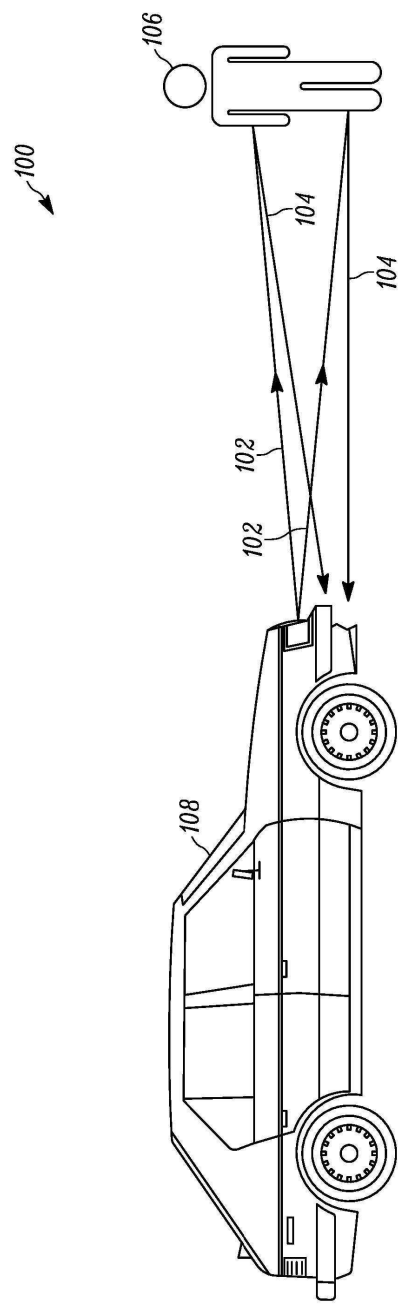
[0084] 도 6c는, 제3 렌즈 시스템(666)과 함께 상이한 파장의 VCSEL의 2개의 어레이(662, 664)를 사용하는 본 교시의 LIDAR 조명기(660)의 일 실시예의 개략도를 도시한다. 2개의 어레이(662, 664)는 $\sim 8\text{mm}$ 의 거리(668)만큼 분리되어 있다. 100mm 거리(672)에서 7mm 애퍼처(670)로부터 제외된 각도의 범위는 도 6c에 도시되어 있다. 여기서, 하부 어레이 레이저 빔에 대한 상부 어레이 레이저 빔에 대해 0° 내지 -9.5° 의 범위를 피해야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서 2개의 안전 조건을 결합하는 경우, 시스템은, 레이저의 동시 발사를 수행하기 위해 1.4° 내지 -9.5° 의 범위를 벗어난, 상부 빔과 하부 빔 간의 상대 투사 각도를 이용한다.

[0085] 등가물

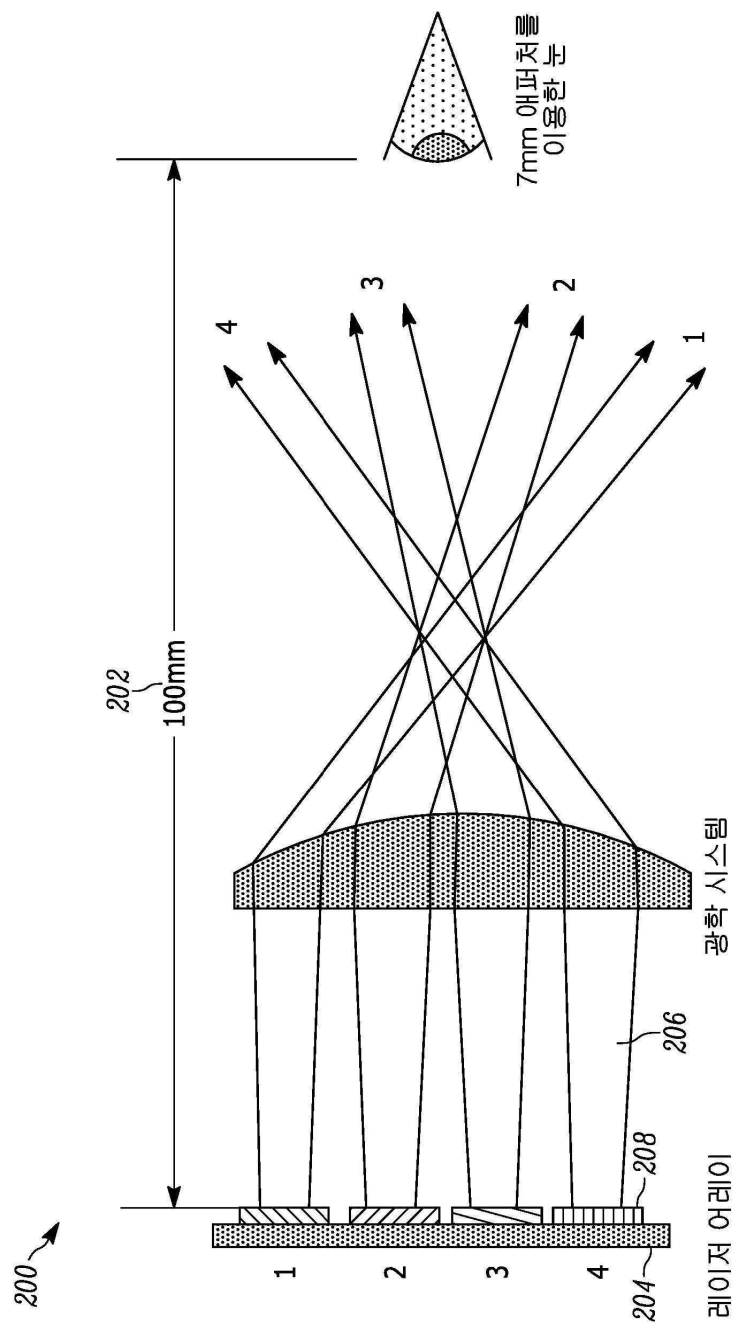
[0086] 출원인의 교시를 다양한 실시예와 관련하여 설명하였지만, 출원인의 교시를 그러한 실시예들로 한정하고자 하는 것이 아니다. 반대로, 출원인의 교시는 통상의 기술자가 인식할 수 있는 바와 같이 다양한 대안, 수정, 및 등가물을 포함하며, 이는 본 교시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 이루어질 수 있다.

도면

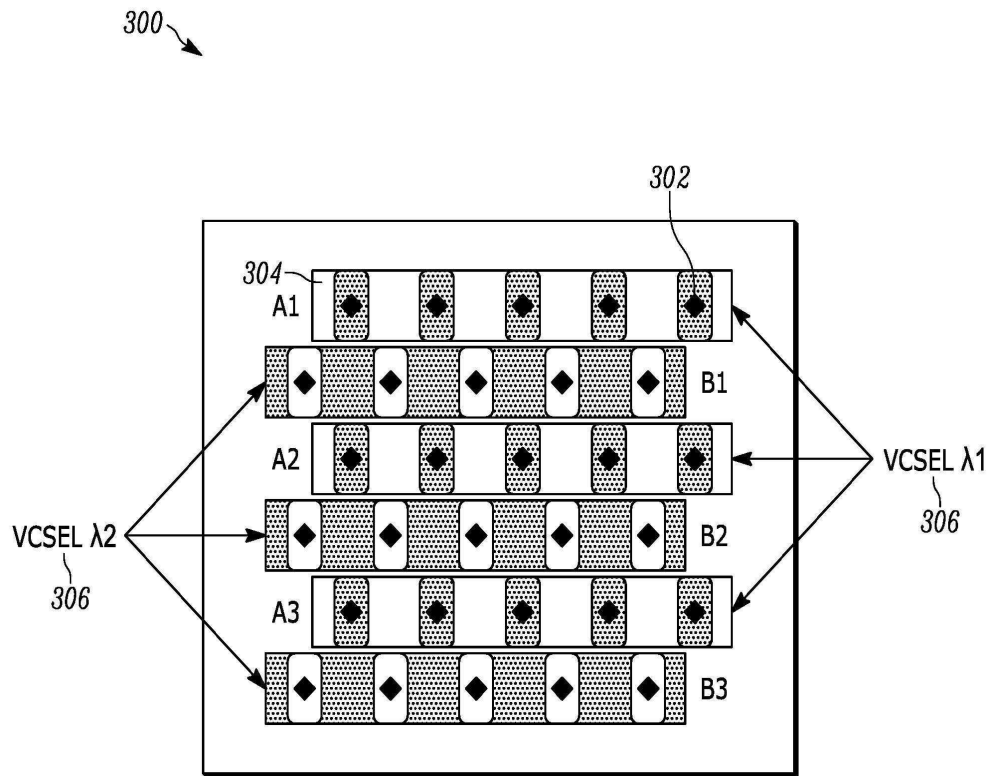
도면1



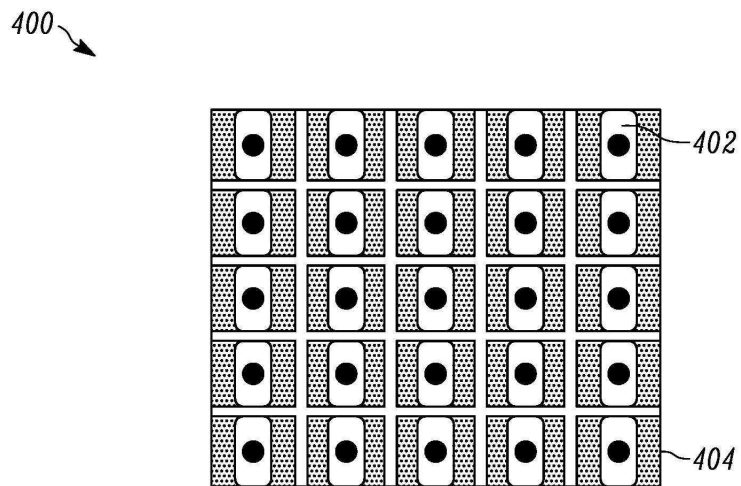
도면2



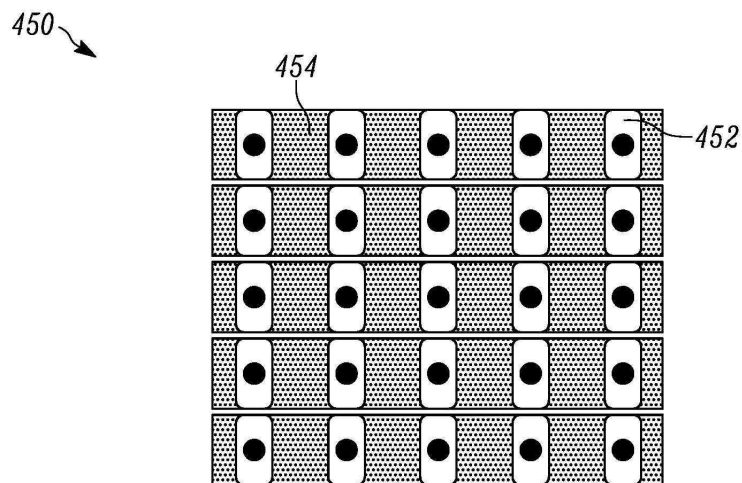
도면3



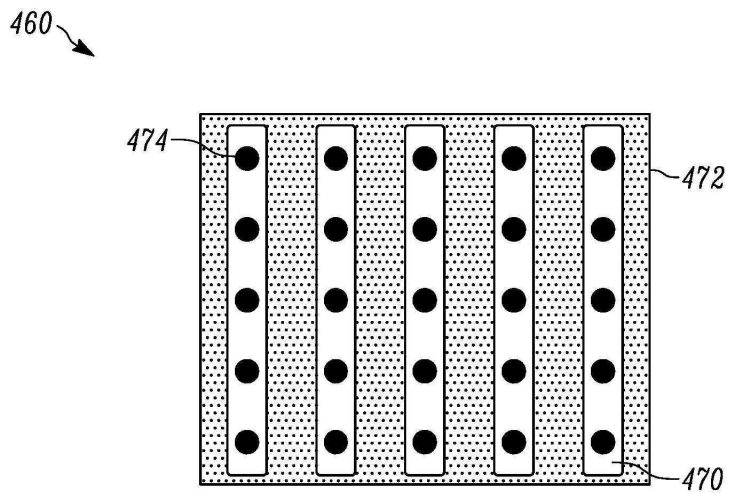
도면4a



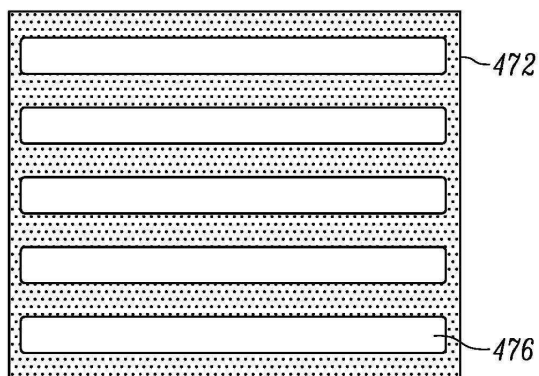
도면4b



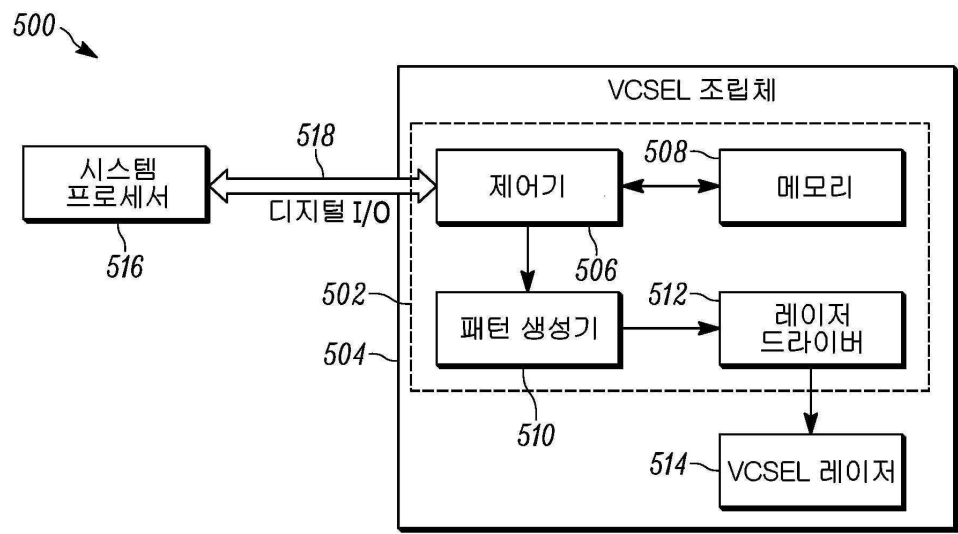
도면4c



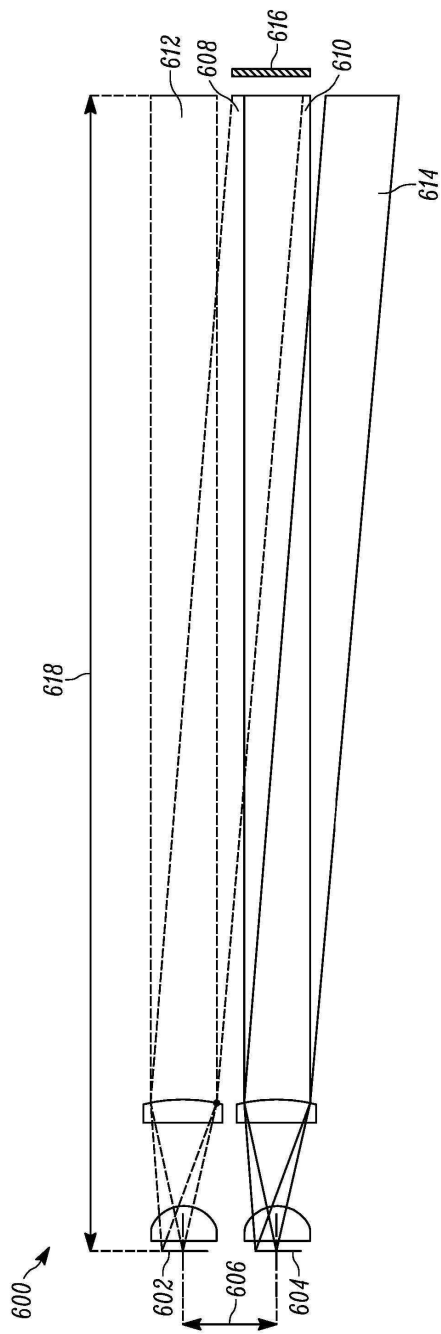
도면4d



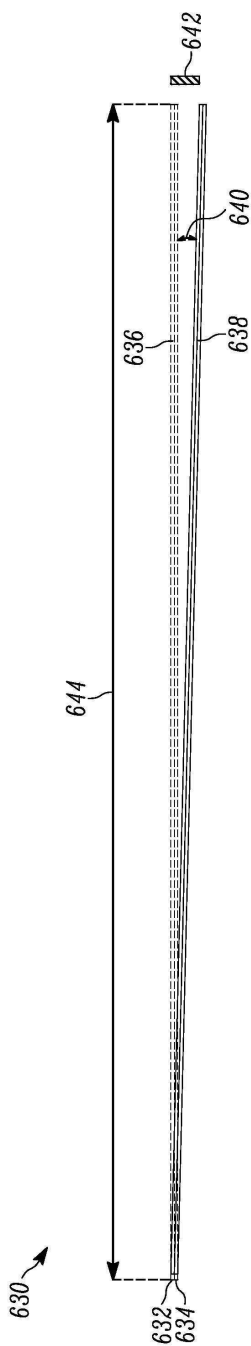
도면5



도면6a



도면6b



도면6c

