



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월20일
(11) 등록번호 10-2677519
(24) 등록일자 2024년06월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/10 (2020.01) G01S 17/89 (2020.01)
G01S 7/484 (2006.01) G01S 7/4863 (2020.01)
G01S 7/4865 (2020.01) G01S 7/487 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 17/10 (2021.01)
G01S 17/89 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7020461
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월17일
심사청구일자 2021년10월19일
- (85) 번역문제출일자 2020년07월15일
- (65) 공개번호 10-2020-0096828
- (43) 공개일자 2020년08월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2018/085353
- (87) 국제공개번호 WO 2019/115839
국제공개일자 2019년06월20일
- (30) 우선권주장
17207878.4 2017년12월15일
유럽특허청(EPO)(EP)
18165804.8 2018년04월04일
유럽특허청(EPO)(EP)
- (56) 선행기술조사문헌
EP03159711 A1

- (73) 특허권자
제노마틱스 엔브이
벨기에 비-3001 루벤 에스페란토란 4
- (72) 발명자
쥬엔스, 필립
벨기에 비-3220 홀스빅 베네덴스트라트 20
밴 덕, 더크
벨기에 비-2630 아르트세라르 클레인 그리페 37
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
양영준, 이민호, 백만기

전체 청구항 수 : 총 11 항

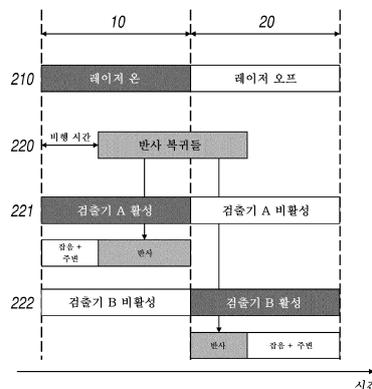
심사관 : 최희주

(54) 발명의 명칭 물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 고체 상태 광원, 복수의 화소를 포함하는 검출기, 및 검출된 광에 응답하여 화소들에 의해 생성된 노광 값들의 함수로서 물체까지의 거리를 계산하도록 구성된 처리 수단을 포함하는 물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템에 관한 것이며; 상기 화소들은 제1 시간 창 동안 반사된 광을 나타내는 제1 전하량과 제2의 미리 결정 (뒷면에 계속)

대표도 - 도3a



된 시간 창 동안 반사된 광을 나타내는 제2 전하를 축적함으로써 노출 값들을 생성하고; 각각의 화소는 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 상기 검출은 상기 2개의 전하 저장 우물에서 발생하고; 상기 시스템은 상기 화소들이 상기 검출과 상이한 기능에 사용되는 동안의 시간 창들을 상기 미리 결정된 시간 창들에 인터리빙하고/하거나 상기 화소들은 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출과 상이한 상기 기능을 수행하기 위해 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물을 포함한다.

(52) CPC특허분류

G01S 7/484 (2013.01)

G01S 7/4863 (2013.01)

G01S 7/4865 (2013.01)

G01S 7/487 (2013.01)

(72) 발명자

페이즌, 릭

벨기에 비-3590 디에펜빅 헬스트라트 82

벤 덴 보쉬, 조안

벨기에 비-3210 린덴 코르트리크스트라트 116

명세서

청구범위

청구항 1

물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템(200)으로서,

상기 물체를 향하는 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스에 투영하도록 배열되어 있는 반도체 광원(210);

복수의 CMOS 화소(picture elements)를 포함하는 검출기(220) - 상기 검출기(220)는 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 상기 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출하도록 구성되고, 상기 검출기(220)에는 협대역 필터가 제공됨 -; 및

상기 검출된 광에 응답하여 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 상기 물체까지의 상기 거리를 계산하도록 구성된 처리 수단(240)

을 포함하고;

상기 화소들은, 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(predetermined time window)(10) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하를 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하도록 구성되고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 이후에 발생하고;

상기 복수의 화소 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물(charge storage wells)(221, 222)을 포함하고, 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222) 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고;

상기 제1 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제1 전하 저장 우물(221)은 상기 제2 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제2 전하 저장 우물(222)보다 더 큰 전하 저장 용량을 갖고;

상기 복수의 화소 각각은 배경 광 값을 취득하는 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

적어도 2개의 연속적인 펄스들의 시퀀스에 대해 투영 및 검출을 수행하도록 추가로 구성되고, 시퀀스들 각각은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창 및 상기 제2의 미리 결정된 시간 창의 상이한 지속 시간으로 동작되는, 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1의 미리 결정된 시간 창 및 상기 제2의 미리 결정된 시간 창은 실질적으로 동일한 지속 시간을 갖고 연속적으로(back-to-back) 발생하는, 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 복수의 화소가 상기 배경 광 값을 취득하는데 사용되는 동안의 시간 창들을 상기 제1 및 제2의 미리 결정된 시간 창들에 인터리빙하도록 추가로 구성되는, 시스템.

청구항 5

운송 수단(vehicle)으로서,

상기 운송 수단을 둘러싸는 영역의 적어도 일부를 작동 가능하게 커버하도록 배열되어 있는 제1항 또는 제2항에 따른 시스템(100)을 포함하는, 운송 수단.

청구항 6

카메라로서,

제1항 또는 제2항에 따른 시스템(100)을 포함하고, 상기 시스템(100)은 상기 시스템으로부터 획득된 정보에 기초하여 카메라 이미지에 3D 정보를 부가하도록 적용되어 3D 이미지를 생성하는 것을 가능하게 하는, 카메라.

청구항 7

물체까지의 거리를 결정하기 위한 방법으로서,

반도체 광원(210)을 사용하여, 상기 물체를 향하는 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스에 투영(110)하는 단계;

복수의 CMOS 화소를 포함하는 검출기(220)를 사용하여, 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 상기 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출(120; 130)하는 단계 - 상기 검출기(220)에는 협대역 필터가 제공됨 -; 및

상기 검출된 광에 응답하여 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 상기 물체까지의 상기 거리를 계산하는 단계(140)

를 포함하고;

상기 화소들은, 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하량을 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 이후에 발생하고;

상기 복수의 화소 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고;

상기 제1 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제1 전하 저장 우물(221)은 상기 제2 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제2 전하 저장 우물(222)보다 더 큰 전하 저장 용량을 갖고;

상기 복수의 화소 각각은 배경 광 값을 취득하는 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는, 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1의 미리 결정된 시간 창 및 상기 제2의 미리 결정된 시간 창은 실질적으로 동일한 지속 시간을 갖고 연속적으로 발생하는, 방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 투영하는 단계(110), 상기 검출하는 단계(120; 130), 및 상기 계산하는 단계(140)는 주기적으로 반복되는, 방법.

청구항 10

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 제1 및 제2의 미리 결정된 시간 창들에는, 상기 복수의 화소가 상기 배경 광 값을 취득하는데 사용되는

동안의 시간 프레임들이 인터리빙되는, 방법.

청구항 11

프로세서로 하여금 제7항 또는 제8항에 따른 방법을 수행하게 하도록 구성되는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체 상에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템들, 특히 차량의 주변과 같은 장면 또는 그 일부의 특성화를 위해 사용될 능동 조명에 기초한 비행 시간 기반 감지 시스템들의 분야에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차 및 산업 환경, 게임 애플리케이션들, 및 매핑 애플리케이션들(mapping applications)과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 많은 제어 및 네비게이션 애플리케이션들에 사용되는 원격 감지 기술의 분야에서, 주로 주변 환경의 고해상도 지도들을 만드는 용도에서, 센서로부터의 물체들의 거리를 결정하기 위해 비행 시간 기반 감지를 사용하는 것이 알려져 있다. 비행 시간 기반 기법들은 RF 변조 소스들, 범위 게이팅 이미저들(range gated imagers), 및 직접 비행 시간(direct time-of-flight)(DToF)이미저들의 사용을 포함한다. RF 변조 소스들 및 범위 게이팅 이미저들의 사용을 위해, 변조 또는 펄스 소스들로 관심 있는 전체 장면을 밝게 하는 것이 필요하다. 대부분의 LIDAR들과 같은 직접 비행 시간 시스템들은 펄스 빔으로 관심 있는 영역을 기계적으로 스캔하고, 펄스 빔의 반사는 펄스 검출기로 감지된다.

[0003] 방출된 RF 변조 신호를 검출된 반사 신호와 상관시키는 것이 가능하기 위해서는, 방출된 신호가 다수의 제약 조건들을 충족시켜야 한다. 실제로, 이러한 제약 조건들은 RF 변조 시스템들이 운송 수단 시스템들에서의 사용에 매우 비실용적이게 한다는 것이 드러난다: 종래의 안전 한계들 내에 그리고 일반 운송 수단들(vehicles)의 전력 예산 내에 있는 신호 강도들에 대해 달성 가능한 검출의 범위는 매우 제한된다.

[0004] 대부분의 LIDAR 시스템들에서 사용되는 것과 같은 직접 TOF(direct TOF)(DToF) 이미저는 강력한 펄스 레이저(나노초 펄스 영역에서 작동), 1D 포인트 측정(point measurement)으로부터 3D 지도를 취득하는 기계적 스캐닝 시스템, 및 펄스 검출기를 포함한다. 이 유형의 시스템들은 현재 캘리포니아주 모건 힐(Morgan Hill)의 Velodyne

Lidar을 포함하는 판매사들로부터 이용 가능하다. 최신 시스템들의 예로서, Velodyne HDL-64E는 초당 5 내지 15 회전의 기계적으로 회전하는 구조에서 64개의 고출력 레이저 및 64개의 검출기(애벌런치 다이오드들)를 사용한다. 이러한 DToF LIDAR 시스템들에 의해 요구되는 광 전력은 너무 높아서 전력이 5 내지 6 자릿수 더 낮은 범위 내인 반도체 레이저들로는 취득될 수 없다. 추가로, 스캐닝 목적들을 위한 기계적으로 회전하는 요소들의 사용은 이러한 유형의 시스템의 소형화, 신뢰성, 및 비용 감소에 대한 전망들을 제한한다.

[0005] Trilumina 명의의 미국 특허 출원 공개 제2015/0063387호는 20ns의 펄스 폭을 갖는 펄스에서 50mW의 총 에너지를 전달하는 VCSEL을 개시한다. 상업적으로 이용 가능한 Optek OPV310 VCSEL은 10ns의 지속 시간을 갖는 펄스에서 60mW의 총 에너지를 전달하며 100mW의 최대 광 출력 전력(maximum optical output power)을 갖는 것이 외삽법으로 추정될 수 있다. 이 값은 열 문제들로 인한 불안정성을 피하기 위해 최적의 듀티 사이클(duty cycle) 및 짧은 펄스 폭을 의미하는 매우 엄격한 작동 조건들에서만 실현된다. Trilumina의 개시 내용 및 Optek 시스템 둘 다는 VCSEL 설계에 본질적으로 연결된 열 제약 조건들로 인해, 연속과 VCSEL 시스템들이 광 피크 전력 출력과 관련하여 그들의 물리적 한계들에 도달하고 있음을 예시한다. 이 펄스 에너지 레벨들에서, DToF 애플리케이션들에서 현재 사용되는 것과 같은 ns 펄스들을 사용하면, 200m의 거리에서 물체에 의해 유용하게 반사될 것으로 예상될 수 있는 광자들의 단순 개수가 너무 낮아서, 그것은 CMOS 또는 CCD 또는 SPAD 어레이와 같은 종래의 반도체 센서들에 의한 검출을 무력화한다. 따라서, 알려진 DToF 시스템들의 범위를 확장시키기 위해 요구되는 대로 VCSEL 전력 출력들을 5 또는 6 자릿수만큼 증가시키는 것은 물리적으로 불가능하다.

[0006] 적은 복귀 광자들을 캡처하기에 이론적으로는 충분히 민감한 애벌런치 다이오드들(AD 또는 SPAD)의 사용조차도 알려진 LIDAR 시스템 아키텍처들에 유용하게 배치될 수 없다. SPAD들의 어레이의 고체 상태 구현은 직렬로 판독되어야 한다. 원하는 정확도를 달성하기 위해 많은 수의 SPAD들이 요구된다. 고체 상태 구현의 직렬 판독 제약 조건들은 시스템의 대역폭을 제한하여, 원하는 정확도에 대해 그것을 부적절하게 만든다. Velodyne 시스템의 정확도(0.02m 내지 0.04m, 거리에 관계 없음)와 같은 정확도를 위해 요구되는 판독 데이터 속도는 오늘날의 IC 구현의 경우 실용적으로 달성할 수 있는 대역폭을 초과한다. 120m에서의 작동을 위해, 500x500 픽셀들의 SPAD 어레이가 요구되며, 이는 IC 기반 구현에서 직렬로 판독되어야 한다. 앞서 언급된 Velodyne 시스템과 동일한 정밀도의 경우, 그것은 밀리초당 1000 펄스를 필요로 하고 그러므로 밀리초당 1000 프레임을 필요로 하며, 이는 초당 250 기가픽셀의 판독 속도로 변환된다. 이것은 현재 SPAD IC 기술의 맥락에서 기술적으로 실현 불가능한 것으로 여겨진다.

[0007] Neil E. Newman 등에 의한 논문 "단범위 LIDAR 애플리케이션들에서의 하이 피크 파워 VCSEL들(High Peak Power VCSELS in Short Range LIDAR Applications)" (Journal of Undergraduate Research in Physics, 2013, <http://www.jurp.org/2013/12017EXR.pdf>)은 VCSEL 기반 LIDAR 애플리케이션을 기술한다. 이 논문은 기술된 프로토타입 시스템의 최대 출력 전력이 0.75m보다 큰 범위에서 와이드 필드 LIDAR를 수행할 만큼 충분히 크지 않다고 말한다. 저자들은 상대적으로 포커싱된 빔(1m 거리에서 0.02m 스폿 크기)을 사용하여, 최대 1m의 거리에서 표적 물체의 범위를 정할 수 있었다.

[0008] 위의 예들은 현재의 반도체 레이저들에 의해 방출된 광 전력이 자동차 애플리케이션들(예를 들어, 최대 200m의 범위들에 대해)에서 실용적인 사용을 위해 알려진 LIDAR 시스템들에서의 작동들에 필요한 전력 요건들을 충족시킬 수 없음을 명확하게 나타낸다.

[0009] Avago Technologies General IP (Singapore) Pte. Ltd. 명의의 미국 특허 번호 제7,544,945호는 더 컴팩트하고 비용 효과적인 LIDAR 기능성을 제공하기 위해 다수의 레이저들을 사용하는 운송 수단 기반 LIDAR 시스템들 및 방법들을 개시한다. 레이저들의 어레이 내의 각각의 레이저는 레이저들의 어레이에 대해 장착된 상응하는 광학 요소가 실질적으로 상이한 방향들로 각각의 질문 빔들(interrogation beams)을 생성하도록 순차적으로 활성화될 수 있다. 이러한 빔들로부터의 광은 운송 수단의 환경에 있는 물체들에 의해 반사되고, 운송 수단 운전자 및/또는 승객들에게 물체들에 대한 정보를 제공하기 위해 검출된다. 본 특허는 알려진 DToF LIDAR 시스템들에서 알려진 기계적 스캐닝을 대체하기 위해 개별 레이저들이 연속적으로 활성화되는 고체 상태 프로젝터를 제공한다.

[0010] 비행 시간 검출을 사용하지 않는 운송 수단들에 대한 고정확도 중거리 서라운드 감지 시스템은 본 출원인 명의의 국제 특허 출원 공개 WO 2015/004213 A1호로부터 알려진다. 그 공개에서, 물체들의 위치 파악은 펄스 복사 스폿들의 투영, 및 미리 결정된 참조 스폿 위치들을 참조하는 검출된 스폿들의 변위의 분석에 기초한다. 특히, 인용된 공개의 시스템은 삼각 측량을 사용한다. 그러나, 달성될 수 있는 정확도는 삼각 측량 기저와 관련이 있으며, 이는 달성될 수 있는 추가의 소형화를 제한한다.

- [0011] 미국 특허 출원 공개 US 2012/0038903 A1호는 장면의 조명을 적응적으로 제어하기 위한 방법들 및 시스템들을 개시한다. 특히, 장면이 조명되고, 장면으로부터 반사된 광이 검출된다. 장면 내의 상이한 영역들에 상응하는 다수의 픽셀 검출기의 상이한 픽셀들에 의해 수신된 광 강도의 레벨들에 관한 정보, 및/또는 장면 내의 영역에 대한 범위에 관한 정보가 수신된다. 다음으로, 그 정보는 장면 내의 조명의 레벨들을 제어하는 피드백 신호로 사용된다. 특히, 장면의 상이한 영역들은 피드백 신호에 응답하여 조명의 상이한 레벨들을 제공받을 수 있다. US 2012/0038903 A1호는 화소들이 제1의 미리 결정된 시간 창 동안에 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량과 제2의 미리 결정된 시간 창 -제2의 미리 결정된 시간 창은 제1의 미리 결정된 시간 창 이후에 발생함- 동안에 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하량을 축적함으로써 노출 값들을 생성하도록 구성되어 있다고 개시하고 있지 않다.
- [0012] 유럽 특허 출원 공개 EP 2 322 953 A1호는 거리 해상도를 감소시키지 않고 거리 측정 범위를 확대할 수 있는 거리 이미지 센서를 개시한다. 복사 소스(radiation source)는 시간 축 상에 순서대로 배열된 제1 내지 제5 프레임들에서 복사 펄스들로서 물체에 조사된 제1 내지 제5 펄스 열들을 제공한다. 각각의 프레임들에서, 각각의 프레임의 시작점으로부터 미리 결정된 시간의 지점들에서 이미징 시간들(imaging times)이 규정되며, 또한, 펄스들은 제1 내지 제5 프레임들의 시작점으로부터 서로 상이한 시프트 량만큼 각각 시프트된다. 픽셀 어레이는 5개의 프레임 각각에서 이미징 창들 A 및 B를 사용하여 서로 상이한 거리 범위들에서 물체의 거리 정보를 각각 갖는 요소 이미지 신호들을 생성한다. 처리 유닛은 요소 이미지 신호들을 결합함으로써 이미지 신호를 생성한다. 5회의 비행 시간 측정이 사용되기 때문에, 넓은 거리 범위에서 물체의 거리 정보를 획득하기 위해 복사 펄스의 폭이 증가될 필요가 없으며, 거리 해상도가 감소되지 않는다. EP 2 322 953 A1에 의해 제시된 해결책은 2개의 연속 시간 창에서 수신된 단일 펄스의 반사의 각각의 부분들을 나타내는 전하들을 측정하는 것으로 구성된다. 시간 창 A 및 B에서 단일 반사 펄스가 수신되자마자, 전하들은 "픽셀 이미지 신호"로의 변환을 위해 대응하는 플로팅 반도체 영역으로 송신된다.
- [0013] 유럽 특허 출원 공개 EP 2 290 402 A1호는 반도체 기판 상에 제공되는 범위 이미지 센서를 개시하며, 여기서 이미징 영역은 복수의 2차원적으로 배열된 유닛들로 구성되고, 그렇게 함으로써 유닛들로부터 출력되는 전하량들에 기초하여 범위 이미지를 획득한다. 유닛들 중 하나는 입사광에 응답하여 전하들이 생성되는 전하 생성 영역(전달 전극 외측 영역), 전하 생성 영역으로부터 전하들을 수집하기 위해 공간적으로 이격되어 배열된 적어도 2개의 반도체 영역들, 및 위상이 상이한 전하 전달 신호를 고려하여 반도체 영역의 각각의 주변에 설치되고 반도체 영역을 둘러싸는 전달 전극을 구비한다. EP 2 290 402 A1호는 레이저 광의 스폿들의 패턴과 함께 작동하도록 의도되지 않는다. 더욱이, EP 2 290 402 A1호에 의해 제시된 해결책은 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스를 사용하는 것을 개시하고 있지 않다.
- [0014] Shoji Kawahito 등에 의한 논문 "필드 산화물 상의 게이트들 구조를 갖는 CMOS 비행 시간 범위 이미지 센서(A CMOS Time-of-Flight Range Image Sensor With Gates-on-Field-Oxide Structure)"(IEEE Sensors Journal, Vol. 7, no. 12, p. 1578-1586)는 광 변환 및 전하 전달을 위해 필드 산화물 구조 상에 단일 층 게이트들을 사용하는 CMOS 비행 시간(time-of-flight)(TOF) 범위 이미지 센서의 한 유형을 개시한다. 이 구조는 표준 CMOS 프로세스에서 $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ 픽셀들을 갖는 조밀한 TOF 범위 이미징 어레이의 실현을 가능하게 한다. 고속 전하 전달에 필요한 n형 매립 층을 생성하기 위한 추가의 프로세스 단계만이 제조 프로세스에 추가된다. 센서는 능동 조명 광원으로부터 역 반사된 적외선 광 펄스들에 의해 유도된 광전하의 시간 지연 의존 변조에 기초하여 작동한다. 배경 광의 영향을 감소시키기 위해, 작은 듀티 사이클 광 펄스가 사용되며 전하 배출 구조들이 픽셀에 포함된다. 제조된 TOF 센서 칩은 초당 30 프레임에서 2.35cm의 범위 분해능, 100ns의 펄스 폭으로 초당 3 프레임에서 0.74cm로의 향상을 측정한다.
- [0015] Shoji Kawahito에 의한 미국 특허 출원 공개 US 2007/158770 A1호는 표준 CMOS 제조 절차들에 비해 감소된 제조 프로세스들로 광의 반사 시간의 측정에 기초하여 범위 발견 이미지 센서(range-finding image sensor)를 개시한다. 실리콘 기판 상에 산화막이 형성되고, 산화막 상에는 전하-전달을 위한 2개의 포토-게이트 전극이 제공된다. 플로팅 확산 층들은 전하들을 전자 전위로 변환하는데 사용되는데, 이는 전통적으로 CCD(Charged Coupled Devices)의 레거시 기술로부터 승계된 메커니즘이다. 트랜지스터들은 리셋을 위해 제공되고 확산 층은 주어진 리셋 전압을 제공하기 위해 제공된다.
- [0016] US 2007/158770 A1에 개시된 픽셀의 단점은 비표준 기술을 사용하고 픽셀 설계가 픽셀의 활성 표면적을 희생시키지 않으면 추가적인 우물들(wells)을 추가할 수 없다는 것이다. 이것은 큰 동작 범위를 요구하는 초저전력 레이저들을 갖는 센서 시스템들에서 사용하기 적합하지 않다. 사용된 프로세스는 표준 CMOS 프로세스들에서 일

반적으로 사용할 수 없으며, 이는 이러한 개념의 적용가능성 및 대량으로 저렴한 비용으로 생산할 수 있는 능력을 감소시킨다.

[0017] 이러한 설계에 기초한 센서의 범위는 또한, 투영된 광의 강한 반사에 의한 픽셀들의 포화에 의해 근단에서 제한된다.

[0018] 단거리 반사, 또는 교통 표지판, 번호판 등과 같은 반사성이 높은 물체를 감지할 때의 픽셀의 포화는 본 발명에 따른 픽셀의 목적으로 하는 바와 같이, 자동차 응용을 위한 센서들에 픽셀들이 사용될 때 특히 문제가 되는데, 이는 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 및 자율 주행차가 단거리에서 높은 정확도를 요구하기 때문이다. 더욱이, 이 응용 분야에서, 더 긴 범위의 정확도, 밝은 주변 광 조건들에서 작동하는 능력, 및 소형화의 요구(고체 상태 반도체 컴포넌트들의 사용을 요구함)는 단거리 정확도의 요구를 위해 희생되지 않아야 한다.

[0019] 미국 특허 출원 공개 US 2013/0148102 A1호는 장면에서 다수의 반사에 의해 야기되는 잘못된 측정들을 해결하는 것을 목표로 하는데, 이는 오늘날의 최신 비행 시간(TOF) 거리 카메라들에서의 모든 픽셀들에 대한 병렬 조명 및 취득으로 인한 것이다. US 2013/0148102 A1호는 전형적으로 하나는 가장 높은 가능한 측방향 해상도를 달성하기 위한 것이고, 두번째 것은 방출된 광을 구조화하는 것인, 2개의 공간적으로 상이한 조명 방식들을 적용함으로써 그리고 측방향 해상도를 낮추지만 다수의 반사의 영향을 제한함으로써 얻어진 결과들을 융합하여 다중 경로를 보상하는 것을 제안한다. 그러나, US 2013/0148102 A1호에 설명된 시스템은 글로벌 조명을 갖는 연속 모드 비행 시간 기반 센서이고, 그 문서에서 다루어지는 문제들은 글로벌 조명에 고유하다. 글로벌 조명 방식들의 단점은 범위 게이팅 모드에서 작동할 때 반도체 LIDAR의 성능 요건들을 실현할 수 없다는 것이다.

[0020] 대량 생산에 적합한 기술을 사용하여, ADAS(autonomous driving assistance system) 애플리케이션들 및 자율 주행 애플리케이션들과 같은 복잡한 운송 수단 서라운드 감지 애플리케이션들에서의 극단적인 소형화 및/또는 장거리를 합리적인 비용 및 컴팩트한 반도체 집적 폼 팩터에서 획득할 지속적인 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0021] 본 발명의 실시예들의 목적은 변위 기반 운송 수단 서라운드 감지 시스템들(displacement-based vehicular surround sensing systems)을 위한 더 소형화되고 더 장거리인 대안을 제공하는 것이다. 또한, 본 발명의 실시예들의 목적은 알려진 LIDAR 시스템들에 대한 완전한 고체 상태 대안, 특히, 반도체 부품들이 대량 생산을 위해 적합한 것을 제공하는 것이다.

[0022] 본 발명의 일 양태에 따르면, 물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템이 제공되고, 이 시스템은: 펄스들의 시퀀스로 물체를 향해 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 투영하도록 배열되어 있는 고체 상태 광원; 복수의 화소를 포함하는 검출기-검출기는 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 물체에 의해 반사된 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출하도록 구성됨-; 및 상기 검출된 광에 응답하여 물체까지의 거리를 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 계산하도록 구성된 처리 수단을 포함하고; 화소들은 상기 시퀀스의 각각의 펄스에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(predetermined time window) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하를 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하도록 구성되고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창 후에 발생하고; 복수의 화소의 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 제1 광량의 검출 및 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고; 복수의 화소의 각각은 제1 광량의 검출 및 제2 광량의 검출과 상이한 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는다.

[0023] 고체 상태 반도체 광원은 반도체 광원이 바람직하다. 검출기의 화소들(픽셀들)은 바람직하게는 CMOS 화소들이다. 검출기에는 바람직하게는 협대역 필터가 제공된다.

[0024] 용어 "전하 저장 우물(charge storage well)"은 반도체 기판에 제공되는 저장소, 예를 들어, 픽셀에 충돌하는

광자들의 변환에 의해 생성된 전하들을 저장하는 커패시터를 지칭한다.

- [0025] 본 발명은 직접 비행 시간 기반 범위 측정 시스템들과 동일한 물리적 원리들 즉, 광은 주어진 거리를 이동하기 위해 항상 특정한 양의 시간을 소비한다는 사실에 의존한다. 그러나, 본 발명은 표적 물체에 의해 전달되고 그 뒤에 반사된 광 펄스에 의해 이동된 거리를 결정하기 위해 범위 게이팅(range gating)을 사용한다.
- [0026] 자동차-등급 센서들은 작고, 저렴하고, 견고한 구성과 정확하고 신뢰성 있는 동작을 요구한다. 따라서, 대량 생산을 위해 반도체 기술에서 바람직한 임의의 이동 부품들을 회피하면서, 고체 상태 기술로 이러한 센서들을 구성하고자 한다. 통상적으로 원하는 정확도 및 신뢰성 수준은 최대 200m의 작동 범위, 초당 적어도 1백만 측정의 분해능, 및 적용가능한 눈 안전 표준들을 충족시키면서 $500W/m^2$ 의 광학 전력 밀도를 증가할 수 있는 실외 주변 광 조건들 하에서 정확하게 동작할 수 있는 능력으로서 정량화될 수 있다.
- [0027] 고체 상태 반도체 기술의 사용은 (전통적인 ToF LIDAR 시스템들에서 사용되는 레이저들에 비해) 이용가능한 광 전력에서 10^6 의 차이를 초래할 수 있는 비교적 저전력 레이저들을 의미하지만, 발명자들은 다수의 추가적인 특징들을 분별력있게 추가함으로써, 고체 상태 프로젝터의 저전력 예산으로 인해 발생하는 과제들이 해결될 수 있다는 것을 발견하였다.
- [0028] 본 발명은 그 중에서도 범위 게이팅, 적어도 부분적으로 동시적인 스폿 패턴 투영(새로운 조명 방식에 기초함), 및 저전력 반도체 광원을 분별력있게 결합함으로써, 실질적으로 소형화된 완전 고체 상태 및 에너지 효율적인 거리 검출 방법이 지금까지 도달할 수 없는 범위에서 획득될 수 있다는 본 발명자들의 통찰에 기초한다. 본 명세서에 사용된 용어 "패턴"은 동시에 투영된 스폿들의 공간 분포를 지칭한다. 3차원 공간에서 검출된 스폿 반사의 위치를 결정하기 위해, 범위 측정 단계(ranging step)로부터 획득된 거리 정보와, 나머지 2개의 공간 좌표를 고정시키기 위해 미리 교정된 각각의 빔으로부터의 각도 정보를 결합할 필요가 있다. 반사가 검출되는 픽셀을 식별함으로써, 추가적인 각도 정보를 제공하기 위해, 픽셀 어레이 및 적절하게 배열된 광학기(optics)를 포함하는 카메라가 사용될 수 있다.
- [0029] 본 발명의 실시예들은, 원하는 범위들에서 LIDAR 시스템 내의 고체 상태 반도체 광원들에 의해 생성된 스폿 패턴들을 사용할 수 있도록 하기 위해, 광 전력 제한들(optical power limitations)을 우회하기 위한 방법이 필요하다는 발명자들의 추가의 통찰에 기초한다. 본 발명자들은 펄스 지속 시간을 연장시킴으로써, 그리고 적어도 2개의 반도체 센서 우물 내에서 다수의 VCSEL 생성 광 펄스들의 반사된 에너지를 적분하고, 그에 후속하여 적분된 전하의 단일 판독(single read-out)을 행함으로써, 현재 고체 상태 구현들로 가능한 것보다 현저하게 더 큰 작동 범위를 갖는 고체 상태의 LIDAR 시스템이 획득될 수 있다는 것을 발견했다. 이하, "저장"이라는 용어는 광자들의 검출에 응답하여 전하가 축적되는 우물을 지칭하는데 사용될 것이다.
- [0030] 고체 상태 광원(프로젝터) 및 고체 상태 센서(특히, 이미지를 형성하기 위해 적절한 필터들 및 광학기와 조합되는 픽셀들의 어레이를 포함하는 CMOS 센서)는 동일한 반도체 기판 상에 집적될 수 있다는 점이 본 발명의 이점이다. 고체 상태 광원은 VCSEL 어레이, 또는 원하는 패턴을 생성하도록 적응된 격자를 갖는 레이저를 포함할 수 있다.
- [0031] 또한, 2개의 연속적인 시간 창에서 검출된 반사 광 에너지를 평가하고 2개의 연속적인 창에서 축적된 전체 전하를 정규화함으로써, 조사 중인 물체의 다양한 반사율의 영향 및 주변 광의 기여가 거리 계산 알고리즘에서 적절하게 설명될 수 있다.
- [0032] 화소들에서, 충돌 광을 나타내는 전하가 우물 레벨에서 또는 픽셀 레벨에서 축적될 수 있다. 우물 레벨에서의 전하 축적의 이점은 판독 잡음이 최소화된다는 것이며, 이는 더 좋은 신호 대 잡음비로 이어진다.
- [0033] 펄스들의 시퀀스의 송신 및 검출은 주기적으로 반복될 수 있다.
- [0034] 본 발명은 또한 범위 게이팅 기반 이미징 시스템들에서, 이중-우물 픽셀을 구비함으로써(추가 우물들의 존재를 배제하지 않음), 전하 저장 우물들 중 하나가 다른 전하 저장 우물보다 실질적으로 더 큰 전하 용량을 갖는다는 이점이 있다는 본 발명자들의 통찰에 기초한다. 용어 "우물"은 적절한 기술들에 의해 반도체 회로에서 생성된 단일 커패시턴스(전하 용량), 또는 예를 들어, 캐스캐이드로서 배열된 단일 저장 유닛으로서 공동으로 작용하는 다수의 상호접속된 용량을 지칭할 수 있다. 이러한 유형의 픽셀은 픽셀이 배치되는 상황의 물리학이 높은 정확도 및 큰 거리 범위를 요구하는 비행 시간 기반 측정 시스템에서의 경우와 같이, 상이한 우물들에 저장될 전하량의 예측가능한 비대칭성을 초래하는 경우에 특히 유용하다.

- [0035] 본 발명자들은 또한 각각의 화소에 제공되는 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물을 사용함으로써 상이한 기능들이 또한 수행될 수 있다는 통찰을 얻었다.
- [0036] 다른 우물들의 동작 타이밍을 고려한 타이밍 방식에 따라 동작되는 경우, 제3 우물은 다양한 기능들을 수행하도록 제공될 수 있다. 제1 우물 및 제2 우물이 기본 범위 게이팅을 수행하는 거리 감지 시스템에서, 제3 우물의 기능들은 장거리의 반사성이 높은 물체들(예를 들어, 제1 우물과 제2 우물이 활성화된 시간 슬롯들 외부의, 교통 표지판 또는 번호판)로부터 도달하는 광자들에 응답하여 생성되는 부가적인 전하들을 수신하는 것, (선택적으로 확산기를 갖는 VCSEL 어레이로 구성될 수 있는 풍경을 조명하기 위한 광각 플래시 광에 동기화하여, 투영된 광의 반사들이 도달하는 시간 슬롯들 외부에 있는) 풍경의 정규 2차원 이미지를 생성하는 것, 또는 (제1 우물 및 제2 우물에 축적된 전하 레벨들로부터, 투영된 광이 반사들이 도달하는 시간 슬롯들 외부의 제3 우물에 축적된 전하량을 감산함으로써) 배경 광 감산을 허용하는 배경 광 레벨의 판독들을 제공하는 것을 포함할 수 있다.
- [0037] 제3 전하 저장 우물은 제1 전하 저장 우물 및 제2 전하 저장 우물보다 상당히 더 작은 전하 저장 용량을 가질 수 있는데, 특히 그것이 배경 광을 캡처하기 위해서만 사용된다면, 픽셀 어레이에 도달하는 배경 광은 통상적으로, 바람직하게는 거리 감지 시스템에 제공되는, 주변 광 감소 필터들, 특히 협대역 필터들에 의해 강하게 감소되었을 것이다. 제3 전하 저장 우물이 (예를 들어, 플래시 광에 의해) 풍경의 추가적인 조명으로 2D 이미지들을 취득하기 위해 또는 범위 밖의 반사성이 높은 물체들로부터의 반사들을 캡처하기 위해 사용되도록 의도되는 경우, 제1 또는 제2 전하 저장 우물과 유사한 저장 용량으로 치수가 정해질 수 있다.
- [0038] 본 발명에 따른 시스템의 실시예에서, 상기 기능은 2차원 이미지를 취득하는 것을 포함한다.
- [0039] 범위 게이팅에 사용되지 않거나 화소들의 추가적인 우물에 의해 취득되지 않는 시간 창들 동안 취득된 2D 이미지들은 예를 들어, 3D 이미지들을 생성하기 위해 범위 게이팅 프레임들에서 획득된 노출 값들로부터 도출된 거리 정보와 결합될 수 있다.
- [0040] 본 발명에 따른 시스템의 실시예에서, 상기 기능은 배경 광 값들을 취득하는 것을 포함한다.
- [0041] 범위 게이팅에 사용되지 않거나 화소들의 추가 우물에 의해 취득되지 않는 시간 창들 동안 취득된 배경 광 값들은 계산된 거리의 정확도를 개선하기 위해 범위 게이팅 프레임들에서 획득된 노출 값들로부터 감산될 수 있다.
- [0042] 본 발명에 따른 시스템의 실시예에서, 상기 기능은 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제3의 미리 결정된 시간 창 동안 제3 광량을 나타내는 제3 전하량을 축적하는 것을 포함한다.
- [0043] 제2의 미리 결정된 시간 창 이후에 도착하는 반사들, 예를 들어, 제1의 미리 결정된 시간 창 및 제2의 미리 결정된 시간 창에 의해 커버되는 범위 밖에 위치한 반사성이 높은 물체들로부터의 반사들이 캡처될 수 있다는 점이 이 실시예의 이점이다. 대응하는 전하를 사용하여 범위를 벗어난 물체의 거리를 계산할 수 있다.
- [0044] 본 발명에 따른 시스템의 실시예에서, 제1 광량의 검출에 사용되는 제1 전하 저장 우물은 제2 광량의 검출에 사용되는 제2 전하 저장 우물보다 큰 전하 저장 용량을 갖는다.
- [0045] 본 발명자들은 (최저 검출가능 광 레벨과 포화가 발생하는 광 레벨 사이의) 유용한 작동 범위를 획득하기 위해, 제2 우물은 제1 우물보다 치수를 작게 할 수 있는데, 그 이유는 제2 우물이 수신할 반사된 광량이 항상 작기 때문이라는 것을 발견하였으며: 이는 반사 물체가 멀리 떨어져 있고, 그 거리로 인해 신호가 강하게 감소되거나, 반사 물체가 근처에 있고 반사들의 벌크가 제1 시간 창 동안에 도달하기 때문이다.
- [0046] 실시예에서, 본 발명에 따른 시스템은 적어도 2개의 연속적인 펄스들의 시퀀스에 대해 투영 및 검출을 수행하도록 추가로 구성되고, 시퀀스들 각각은 제1의 미리 결정된 시간 창 및 제2의 미리 결정된 시간 창의 상이한 지속 시간으로 동작된다.
- [0047] 이 실시예는 원하는 전체 범위의 다수의 하위 범위에 대한 다수의 연속적인 측정에 의존한다. 각각의 측정은 제1 전하 저장 우물이 활성화되는 동안의 각각의 제1 시간 창들, 이어서 제2 전하 저장 우물이 활성화되는 동안의 각각의 제2 시간 창들, 및 선택적으로 이어서 상이한 기능들을 수행하기 위한 각각의 추가 시간 창들에서 방출되는 펄스들의 시퀀스로 구성된다. 따라서, 그 연관된 시간 창들을 갖는 펄스들의 시퀀스는 측정 프레임들을 정의하고, 그 측정 범위는 펄스 폭에 의해 결정된다. 하나의 측정 프레임으로부터 다음 측정 프레임으로의 상이한 펄스 폭들(및 따라서 제1 시간 창 및 제2 시간 창의 상이한 지속 시간)을 사용함으로써, 상이한 하위 범위가 감지될 수 있다. 원하는 표적 범위 전체를 커버하도록 결합되는 프레임들의 패턴이 설계될 수 있다.
- [0048] 본 발명에 따른 시스템의 실시예에서, 제1의 미리 결정된 시간 창 및 제2의 미리 결정된 시간 창은 실질적으로

동일한 지속 시간을 갖고 연속적으로(back-to-back) 발생한다.

- [0049] 주위의 픽셀들로부터 평균낸 축적된 주변 광의 감산을 수행함으로써 거리 계산식에서의 주변 광의 기여가 쉽게 상쇄될 수 있다는 것이 이 실시예의 이점이다.
- [0050] 실시예에서, 본 발명에 따른 시스템은 상기 복수의 화소가 제1 광량의 상기 검출 및 제2 광량의 검출과 상이한 상기 기능에 사용되는 동안의 시간 창들을 제1 및 제2의 미리 결정된 시간 창에 인터리빙하도록 구성된다.
- [0051] 본 발명의 픽셀이 단거리 포화 문제를 해결하는 한, 짧은 단에서의 작동 범위를 확장하는 다른 해결책들이 필요하지 않다.
- [0052] 감지될 총 범위가 통상적으로 대응하여 선택된 펄스 폭들을 갖는 개별 프레임들에 의해 스페닝될 수 있는 몇몇 하위 범위들로 분할되기 때문에, 단일 프레임에서 수행되는 측정의 범위의 증가는 원하는 범위 전체를 커버하는데 필요한 프레임들의 수를 감소시킨다. 이러한 방식으로 자유롭게 되는 시간은 상이한 기능을 수행하는데 사용될 수 있는데; 즉, 통상적으로 제1의 미리 결정된 시간 창 및 제2의 미리 결정된 시간 창으로 이루어진 프레임들은, 상이한 기능을 수행하기 위한 하나 이상의 추가 시간 창들로 확장될 수 있다(그러나, 범위 게이팅 기능의 적절한 동작을 보장하기 위해, 제1의 미리 결정된 시간 창과 제2의 미리 결정된 시간 창 사이에는 추가적인 시간 창들이 삽입되지 않아야 한다). 따라서, 시스템은 제1 시간 창(레이저 온, 제1 전하 스토리지 우물 온), 제2 시간 창(레이저 오프, 제2 전하 저장 우물 온), 제3 시간 창(상이한 기능 또는 유희 시간), 및 제4 시간 창(상이한 기능 또는 유희 시간)으로 인해, 예를 들어, 25%의 듀티 사이클(프로젝터 "온" 시간)을 가질 수 있고, 모든 시간 창들은 동일한 지속 시간이다. 제1 시간 창 및 제2 시간 창 직후에 발생하는 제3 시간 창의 잠재적 사용은, 다음 투영된 펄스의 반사들의 측정에 악영향을 미치는 것을 피하기 위해, 반사성이 높은 범위 밖의 물체들의 반사들로 인해 생성될 수 있는 임의의 전하를 플러시하는 것이며; 이를 위해 전용 플러시 게이트가 제공될 수 있다.
- [0053] 이들 또는 다른 인터리빙된(비-범위 측정) 시간 프레임들은 또한 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(즉, 제3 및 임의의 후속 전하 저장 우물)의 전술한 기능들과 무관한 기능들을 수행하는데 사용될 수 있다는 점에 유의한다.
- [0054] 듀티 사이클의 감소는 또한 시스템에 의해 방출되는 평균 양의 광 전력을 감소시키는 데 기여하는데, 이는 시스템의 눈 안전 특성들을 향상시킨다. 시스템에 의해 방출되는 평균 양의 광 전력을 결정하는 추가 요소들은 펄스당 방출된 전력, 시퀀스 당 방출된 펄스들의 수, 및 시퀀스들의 반복 속도를 포함한다.
- [0055] 본 발명의 양태에 따르면, 운송 수단이 제공되며, 이 운송 수단은 상기 운송 수단을 둘러싸는 영역의 적어도 일부를 작동 가능하게 커버하도록 배열되어 있는 전술한 시스템을 포함한다.
- [0056] 본 발명에 따른 시스템은 특히, ECU(electronic control unit)과 같은, 그러나 이에 한정되지 않는 ADAS 또는 자율 주행 제어 유닛을 갖는 운송 수단에서 유리하다. 운송 수단은 시스템으로부터 측정 정보를 수신하고 ADAS 제어 또는 자율 주행 결정을 위해 그 정보를 사용하도록 적응된 운송 수단 제어 유닛을 추가로 포함할 수 있다. 운송 수단을 둘러싼 영역의 일부는 운송 수단의 앞, 옆, 또는 뒤의 노면을 포함할 수 있다. 따라서, 시스템은 능동 서스펜션 또는 반-능동 서스펜션을 위해 사용되는, 차량 전방의 표면의 도로 프로파일 정보, 및 보조 운전, ADAS, 및 자율 주행을 위한 운송 수단 주위의 물체들의 검출 및 추적을 제공할 수 있다.
- [0057] 본 발명의 양태에 따르면, 카메라가 제공되는데, 카메라는 전술한 바와 같은 시스템을 포함하며, 시스템은 시스템으로부터 획득된 정보에 기초하여 카메라 이미지에 3D 정보를 추가하여 3D 이미지를 생성하는 것을 가능하게 하도록 적응된다.
- [0058] 카메라는 알려진 방식으로 2D 이미지를 획득하도록 적응된다. 이를 위해, 카메라는 전용 센서(픽셀 어레이)를 포함할 수 있거나, 본 발명에 따른 범위 게이팅 시스템의 센서를 사용할 수 있다. 범위 게이팅 시스템의 센서가 사용되는 경우, 이것은 다양한 방식으로 수행될 수 있는데: 예를 들어, 범위 게이팅이 발생하는 시점들과 상이한 시점들에서(예를 들어, 별도의 프레임들에서, 선택적으로, 풍경을 조명하기 위해 플래시 광을 사용하여, 또는 동일한 프레임들에서, 그러나 상이한 시간 창들에서); 투영된 불연속 스폿들의 반사들이 수신되는 픽셀들을 제외한, 범위 게이팅과 동시에. 범위 게이팅 센서는 2D 이미지를 취득할 목적으로, 범위 게이팅에 사용되는 2개의 우물 외에도, 제3 우물이 제공될 수 있다.
- [0059] 본 발명의 양태에 따르면, 물체까지의 거리를 결정하기 위한 방법이 제공되고, 이 방법은: 펄스들의 시퀀스로 물체를 향해 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 투영하기 위해 고체 상태 광원을 사용하는 단계; 상기 펄스들

의 시퀀스와 동기화하여 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출하기 위해 복수의 화소를 포함하는 검출기를 사용하는 단계; 및 상기 검출된 광에 응답하여 물체까지의 거리를 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 계산하는 단계를 포함하고; 화소들은 상기 시퀀스의 각각의 펄스에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하를 축적함으로써 노출 값을 생성하고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창 후에 발생하고; 복수의 화소의 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 제1 광량의 검출 및 제2 광량의 검출은 적어도 2개의 전하 저장 우물 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고; 복수의 화소의 각각은 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출과 상이한 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는다.

- [0060] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 상기 기능은 2차원 이미지를 취득하는 것을 포함한다.
- [0061] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 상기 기능은 배경 광 값을 취득하는 것을 포함한다.
- [0062] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 상기 기능은 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제3의 미리 결정된 시간 창 동안 제3 광량을 나타내는 제3 전하량을 축적하는 것을 포함한다.
- [0063] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 제1의 미리 결정된 시간 창 및 제2의 미리 결정된 시간 창은 실질적으로 동일한 지속 시간을 갖고 연속적으로 발생한다.
- [0064] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 복수의 화소의 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 여기서 제1 광량의 검출 및 제2 광량의 검출은 적어도 2개의 전하 저장 우물 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생한다.
- [0065] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 투영하는 단계, 검출하는 단계, 및 계산하는 단계는 주기적으로 반복된다.
- [0066] 본 발명에 따른 방법의 실시예에서, 제1 및 제2의 미리 결정된 시간 창에는 복수의 화소가 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출과 상이한 상기 기능에 사용되는 동안의 시간 창들이 인터리빙된다.
- [0067] 본 발명의 양태에 따르면, 프로세서로 하여금 전술한 방법을 수행하게 하도록 구성된 코드 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품이 제공된다.
- [0068] 본 발명에 따른 카메라, 운송 수단, 방법, 및 컴퓨터 프로그램 제품의 실시예들의 기술적 효과들 및 이점들은, 필요한 부분만 약간 수정하여 본 발명에 따른 시스템의 대응하는 실시예들의 기술적 효과들 및 이점들에 상응한다.

도면의 간단한 설명

- [0069] 본 발명의 이러한 및 다른 양태들 및 이점들은 이제 첨부 도면들을 참조하여 더 상세하게 기술될 것이다.
 - 도 1은 본 발명에 따른 방법의 실시예의 흐름도를 나타내고;
 - 도 2는 본 발명에 따른 시스템의 실시예를 개략적으로 나타내고;
 - 도 3a 내지 도 3c는 범위 게이팅에 수반되는 2개의 우물들의 동작을 예시하기 위한, 본 발명의 실시예들에서의 광 투영 및 검출을 위한 타이밍도를 나타내고;
 - 도 4a 내지 도 4f는 추가적인 우물들의 동작을 설명하기 위한, 본 발명의 실시예들에서의 광 투영 및 검출을 위한 타이밍도를 나타내고;
 - 도 4g는 각각이 표적 범위의 일부를 커버하는, 도 3c의 시퀀스 내의 개별 프레임들이 어떻게 상이한 타이밍 파라미터들을 갖는 시퀀스들로 분할될 수 있는지를 개략적으로 예시하고;
 - 도 5는 대수 톤 매핑(위) 및 다중선형 톤 매핑(아래)에 의해 취득된 입사광 전력의 함수에서의 예시적인 픽셀 출력의 도면을 제공하고;
 - 도 6은 고 동적 범위 다중 출력 픽셀에 의해 취득된 입사광 전력의 함수에서의 예시적인 픽셀 출력들의 도면을 제공하고;
 - 도 7은 본 발명의 실시예들에서 사용하기 위한 픽셀을 개략적으로 나타내고;

도 8은 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 개별 전달 게이트를 각각 갖는 3개의 전하 우물(빈들(bins))을 갖는 픽셀 아키텍처의 실시예를 개략적으로 예시하고;

도 9는 우물들의 비대칭을 획득하는 제1 방식을 도시하는, 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 픽셀을 개략적으로 나타내고;

도 10은 우물들의 비대칭을 획득하는 제2 방식을 도시하는, 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 픽셀을 개략적으로 나타내고;

도 11은 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 제1 예시적인 광학 배열을 개략적으로 예시하고;

도 12는 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 제2 예시적인 광학 배열을 개략적으로 예시하고;

도 13은 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 제3 예시적인 광학 배열을 개략적으로 예시하고;

도 14는 제4 예시적인 광학 배열을 개략적으로 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0070] 자동차 애플리케이션들, 특히 ADAS(advanced driver assistance) 및 자율 자동차들의 거리 측정들을 위한 이상적인 시스템은 최대 200 미터까지 물체들을 신뢰성 있게 검출할 수 있는 초소형, 대량 생산가능한, 저비용 고체 상태 LIDAR이다. 센서가 움직이는 부품들이 없고 컴포넌트들이 반도체 기술(무어의 법칙)에 의해 대량 생산될 수 있다는 점에서, 센서가 "진정한 고체 상태"인 경우에만, 최적의 크기 및 비용 절감에 도달될 수 있다. 상기 언급된 목적을 달성하기 위해 조정되어야 하는 2개의 경쟁 요건이 있다: 광학 출력 전력은 가장 먼 거리에서 물체들을 조명하는 주변 광의 전력(최대 500 W/m²의 전력)을 초과해야만 하지만, 동시에, 엄격한(등급 1/M) 눈 안전 기준에 의해 부과되는 최대 전력 미만으로 유지되어야 한다.

[0071] 본 발명에 따른 시스템은 대형 레이저들의 어레이를 사용하여 장면의 평행 스폿-패턴 조명을 LIDAR에 제공함으로써 이러한 명백하게 상충되는 요건들을 조정한다. 이 목적을 위해 VCSEL 어레이들을 사용하는 것이 유리한데, 그 이유는 이들이 우수한 빔 품질(m2 팩터)을 가지고 있기 때문이며, 따라서 빔들은 (강한 일광(daylight)을 초과하기 위해) 매우 작은 이산 스폿들에 집중될 수 있고, 이들은 반도체 기술에 의해 대량 생산될 수 있다.

[0072] 현재까지도, VCSEL 어레이들과 같은 반도체 기반 광원들은 10mW 정도의, 각각의 개별 VCSEL에서의 매우 낮은 광 전력 때문에 병렬 조명을 갖는 LIDAR 시스템들에서 사용되지 않았다. 충분한 정밀도에 필요한 0.1 μJ의 에너지에 도달하기 위해, 거리 측정은 0.1 μJ/10 mW = 10 μsec로 확장되어야 한다.

[0073] 본 발명에서 사용되는 범위-게이팅 방법(간접 비행 시간(time-of-flight) 방법)에서, 펄스 지속시간은 광이 물체에 도달하고 복귀하는데 소요되는 시간의 정도(200m의 표적 범위를 고려하여, 이는 400m의 왕복까지 합산하다)이어야 하며, 이는 1μs 정도이다. 따라서 충분한 정밀도를 얻기 위해, 신호는 적어도 10, 바람직하게는 최대 100(또는 그 이상, 정밀도를 향상시키기 위해) 연속적인 펄스들에 걸쳐 축적되어야 한다. 그러나, 단지 몇 개의 전자들을 각각 야기하는 다수의 개별 측정들의 축적은 판독 잡음에서 원하는 신호를 삼켜 버리는 경향이 있다. 본 발명자들은 신호들의 축적이 커패시터들 상에서 행해지고 누적 후에만 판독되는 저잡음 CMOS 검출기를 개발함으로써 이러한 과제를 극복하였다.

[0074] 100μs의 측정의 결과적인 총 지속 시간은 움직이는 물체들을 검출하는데 필요한 시간 분해능보다 훨씬 아래에 있다.

[0075] 0.1μJ의 개별 측정을 위한 최소 광학 펄스 에너지를 (1초에 걸쳐 평균낸) 1mJ의 등급 1/M 눈 안전 기준과 결합하면, 눈 안전 기준이 (최대 200m의 거리 및 30° x30° 의 각도 범위라고 가정하면) 거리 측정들의 수를 초당 1백만 측정까지 제한한다는 결론을 얻는다.

[0076] 본 출원인 명의의 국제 특허 출원 공개 WO 2015/004213 A1호에 개시된 유형의 서라운드 감지 시스템들은 광범위한 장면을 다수의 불연속이고 잘 정의된 스폿들, 특히, 미리 정의된 스폿 패턴으로 동시에 또는 부분적으로 동시에 조명하면서, 그 장면을 관찰하는 이점을 갖는다. 탁월한 빔들 품질과 매우 협소한 출력 스펙트럼들을 가진 VCSEL 레이저들을 사용함으로써, 일광(daylight)이 존재하는 경우에도 제한된 양의 출력 전력으로 검출 범위를 획득하는 것이 가능하다. WO 2015/004213 A1호의 시스템에서 수행되는 실제 범위 측정은 변위 검출, 특히, 삼각 측량에 의존하는데, 이는 전력 예산의 관점에서 필요한 긴(준 정적(quasi-stationary)) 펄스 지속 시간들

의 맥락에서 실용적으로 이용 가능한 유일한 방법으로 이해되었다. 현재까지도, 컴팩트한 반도체 기반의 비행 시간 기반 시스템으로 동일한 전력/성능 특성을 달성하는 것이 가능하지 않았다.

[0077] 본 발명은 비행 시간 기반 시스템이 작동하는 방식을 근본적으로 변화시킴으로써 이러한 제한을 극복한다. 본 발명은 개별 펄스들의 지속 시간을 증가시킴으로써, 그리고 다수의 개별 펄스들의 시퀀스로 구성된 가상 "합성 펄스(composite pulse)"를 생성함으로써, 각각의 비행 시간 측정을 위해 방출되는 광 에너지의 총량(그리고 그에 따른, 각각의 비행 시간 측정을 위해 검출기에서 이용 가능한 광자들의 수)을 증가시킨다. 이러한 연장된 펄스들의 번들링은 발명자들이 저전력 VCSEL들로 원하는 작동 범위에 요구되는 광 에너지(광자들)의 양을 획득하는 것을 허용한다. 바람직하게는, VCSEL 레이저들은 일광의 존재시에도 제한된 양의 출력 전력을 갖는 긴 검출 범위를 획득하기 위해, 탁월한 번들 품질 및 매우 좁은 출력 스펙트럼을 갖는다. 바람직하게는, VCSEL 레이저들은 일관된 작동 특성들을 보장하기 위해 열적으로 안정화된다.

[0078] 이미 존재하는 LIDAR 시스템들의 개별 펄스가 1ns의 지속 시간을 가질 수 있는 데 반해, 본 발명에 따른 시스템들은 VCSEL들과 같은 반도체 레이저들의 상대적으로 낮은 전력 레벨을 부분적으로 보상하기 위해 실질적으로 더 긴 펄스 지속 시간으로부터 이익을 얻으며; 본 발명의 실시예들에서, 시퀀스 내의 개별 펄스들은 1 μ s의 예시적인 지속 시간을 가질 수 있다(이것은 설명을 명확하고 간단하게 하기 위해 본 명세서에서 선택된 하나의 가능한 값이며; 보다 일반적으로, 본 발명의 실시예들에서, 펄스 지속 시간은 예를 들어, 500ns 이상, 바람직하게는 750ns 이상, 가장 바람직하게는 900ns 이상일 수 있음). 본 발명에 따른 예시적인 시스템에서, 시퀀스는 1000 펄스 사이클로 구성될 수 있으며, 따라서 합산하여 1ms의 지속 시간으로 된다. 광이 100m의 거리에 있는 표적까지 이동하고 검출기로 되돌아가기 위해 대략 0.66 μ s를 필요로 할 수 있다는 사실을 고려할 때, 이 자릿수의 거리에서 범위 측정을 위해 이 지속 시간의 합성 펄스들을 사용하는 것이 가능하고; 통상의 기술자는 요구되는 펄스 사이클들의 수를 선택된 펄스 폭 및 원하는 범위의 함수로 조정할 수 있을 것이다. 시퀀스의 검출은 바람직하게는 VCSEL-기반 광원과 동기화하여 개별 펄스들을 검출하고, 판독 이전에 전체 시퀀스에 대해 픽셀 우물 레벨에서 들어오는 광자들에 응답하여 생성된 전자들을 축적하는 것을 포함한다. 이하에서, "노출 값"이라는 용어는 시퀀스에 대해 적분된 전하(그리고 그에 따른 픽셀에서 수신된 광량)를 나타내는 값을 지정하기 위해 사용된다. 시퀀스 방출 및 검출은 주기적으로 반복될 수 있다.

[0079] 본 발명은 범위 게이팅(range gating)을 사용함으로써 작동한다. 범위 게이팅 이미저들은 펄스의 지속 시간 동안 방출된 펄스의 반사의 검출된 전력을 적분한다. 펄스 방출 창과 반사된 펄스의 도달 사이의 시간적 중첩의 양은 광 펄스의 복귀 시간에 의존하고, 그에 따라 펄스에 의해 이동된 거리에 의존한다. 따라서, 적분된 전력은 펄스에 의해 이동된 거리와 상관된다. 본 발명은 상술한 펄스들의 시퀀스들에 적용된 바와 같이, 범위 게이팅의 원리를 사용한다. 이하의 설명에서, 전체 시퀀스의 측정을 획득하기 위한 화소 레벨에서의 시퀀스의 개별 펄스들의 적분이 암묵적으로 이해된다.

[0080] CMOS 센서에서의 화소들(픽셀들)은 정확도를 최대화하고, 표준 CMOS 파운드리에서 대량 생산하기에 적합한, 딥 미크론 CMOS 제조 기술과 호환되도록, 판독시 축적된 광전하들의 완전한 전달을 보장하기 위해 편형 다이오드들 및 전달 게이트 기술에 기초하는 것이 바람직하다.

[0081] 도 1은 본 발명에 따른 방법의 실시예의 흐름도를 나타낸다. 보편성을 잃지 않고, 범위 측정 방법이 범위 게이팅 알고리즘을 참조하여 기술된다. 제1 시간 창(10)에서, 방법은 고체 상태 광원(210)을 포함하는 광원으로부터 풍경의 표적 영역 내의 임의의 물체 상으로 레이저 광의 스폿들의 패턴(예를 들어, 스폿들의 규칙적 또는 불규칙적 공간 패턴)을 투영하는 단계(110)를 포함한다. 공간 패턴은 펄스들의 시퀀스로 반복적으로 투영된다.

[0082] 위에서 나타난 바와 같이, 고체 상태 광원은 VCSEL 어레이 또는 원하는 패턴을 생성하도록 적용된 격자를 갖는 레이저를 포함할 수 있다. 시스템이 장거리들 및 높은 레벨의 주변 광(예를 들어, 일광)에서도 최적으로 작동하기 위해서는, 본 발명의 실시예들에서의 사용을 위한 VCSEL은 바람직하게는 단위 면적 당 스폿 당 최대 광 전력을 방출하도록 배열된다. 따라서, 좋은 빔 품질(낮은 M2-팩터)을 갖는 레이저들이 선호된다. 보다 바람직하게는, 레이저들은 최소 파장 확산(minimal wavelength spread)을 가져야 하고; 모노모드 레이저들(monomode lasers)로 특히 낮은 파장 확산이 달성될 수 있다. 따라서, 실질적으로 동일한 것이 필요한 공간적 및 시간적 정확도를 가지며 재현 가능하게 생성될 수 있다.

[0083] 펄스가 방출되는 동일한 시간 창 동안, 또는 실질적으로 중첩되는 시간 창 내에서, 관심 있는 물체에 의해 반사된 스폿들의 패턴을 나타내는 제1 광량은 검출기에서 검출되고(120), 검출기는 바람직하게는 가능한 한 광원에 가깝게 배치된다. 스폿 패턴의 투영(110)과 그것의 반사의 제1 검출(120) 사이의 동시성 또는 근사 동시성은 이러한 단계들의 나란한 배열에 의해 흐름도에 예시된다. 후속하는 제2의 미리 결정된 시간 창(20)에서, 반사

된 광 스폿을 나타내는 제2 광량이 검출기에서 검출된다(130). 이 제2 창(20) 동안, 고체 상태 광원은 비활성이다. 다음으로, 물체까지의 거리는 제1 반사 광량 및 제2 반사 광량의 함수로서 계산될 수 있다(140).

- [0084] 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 검출된 양들 중 하나를 다른 것으로부터 감산함으로써 잡음 및 주변 광 소거를 용이하게 하기 위해, 바람직하게는 실질적으로 동일한 지속 시간의 연속적(back-to-back) 창들이다. 예시적인 타이밍 방식은 도 3과 관련하여 이하에서 더 상세히 기술될 것이다.
- [0085] 검출기는 복수의 화소를 포함하는데, 즉, 화소 상에 풍경의 이미지(조명된 스폿들을 포함함)를 투영하도록 배열된 적절한 광학기를 갖는 화소 어레이로 구성된다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 "화소"라는 용어는 픽셀의 개별 감광 영역 또는 우물, 또는 전체 픽셀(이는 다수의 우물을 포함할 수 있음, 아래 참조)을 지칭할 수 있다. 모든 주어진 투영된 스폿에 대해, 제1 광량의 검출(120) 및 제2 광량의 검출(130)은 복수의 화소 중 동일한 것 또는 동일한 그룹에서 발생한다.
- [0086] 보편성을 잃지 않고, 각각의 화소는 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)을 포함하는 픽셀일 수 있고, 그에 의해, 제1 광량의 검출(120) 및 제2 광량의 검출(130)은 동일한 픽셀 또는 픽셀 그룹의 각각의 전하 저장 우물들(221, 222)에서 발생할 수 있게 된다.
- [0087] 도 2는 관심 있는 풍경 내의 물체(99)와 관련하여, 본 발명에 따른 시스템의 실시예를 개략적으로 나타낸다. 시스템(200)은 주기적으로 반복될 수 있는 스폿들의 시퀀스의 패턴을 물체(99) 상에 투영하기 위한 고체 상태 광원(210)을 포함한다. 검출기(220)는 광원 근처에 배치되고 물체에 의해 반사된 광을 검출하도록 구성된다.
- [0088] 물체(99)로부터 튀어 나오는 광 빔은 점선들에서 화살표로 예시되고, 광원(210)으로부터 물체(99)로 이동하여 검출기(220)로 되돌아간다. 이 표현은 엄밀하게 개략적이며, 임의의 실제 상대 거리들 또는 각도들을 표시하도록 의도되지 않는다는 것이 주목되어야 한다.
- [0089] 종래의 클럭 회로(clock circuit) 또는 발진기를 포함할 수 있는 동기화 수단(230)은 제1의 미리 결정된 시간 창들(10) 동안 물체 상에 스폿들의 패턴을 투영하기 위해 고체 상태 광원(210)을 작동시키고, 실질적으로 동일한 시간에 물체(99)에 의해 반사된 광 스폿(들)을 나타내는 제1 광량을 검출하기 위해 검출기(220)를 작동시키도록 구성된다. 또한, 그것은 각각의 후속하는 제2의 미리 결정된 시간 창들(20) 동안 물체(99)에 의해 반사된 광 스폿들을 나타내는 제2 광량을 검출하기 위해 검출기(220)를 작동시킨다. 적절한 처리 수단(240)은 물체까지의 거리를 제1 반사 광량 및 제2 반사 광량의 함수로서 계산하도록 구성된다.
- [0090] 도 3은 본 발명의 실시예들에서의 광 투영 및 검출을 위한 타이밍도를 나타낸다. 명확성을 이유로, 도 1의 주기적으로 반복되는 펄스 시퀀스의 단일 펄스만이 예시되며, 이는 제1 시간 창(10) 및 제2 시간 창(20)으로 구성된다.
- [0091] 도 3a에서 알 수 있는 바와 같이, 제1 시간 창(10) 동안, 고체 상태 광원(210)은 광 스폿들의 패턴을 풍경 상에 방출하는 그것의 "온(ON)"상태에 있다. 제2 시간 창(20) 동안, 고체 상태 광원(210)은 그것의 "오프(OFF)"상태에 있다.
- [0092] 검출기(220)에서의 반사광의 도달은 투영의 시작에 비해 이동된 거리에 비례하는 시간 량(자유 공간에서 약 3.3ns/m)만큼 지연된다. 이 지연으로 인해, 반사광의 일부만이 제1 시간 창(10) 동안에만 활성화되는 검출기(220)의 제1 우물(221)에서 검출될 것이다. 따라서, 제1 우물의 활성화 기간(제1 시간 창(10)) 동안 이 제1 우물에 축적된 전하는 반사된 펄스의 도달 이전에 픽셀 상에 충돌하는 잡음 및 주변 광만을 나타내는 부분, 및 잡음, 주변 광, 및 반사된 펄스의 앞 가장자리(leading edge)를 나타내는 부분으로 구성된다.
- [0093] 반사된 펄스의 후자의 부분은 제2 시간 창(20) 동안에만 활성화되는 검출기(220)의 제2 우물(222)에서 검출되며, 제2 시간 창은 바람직하게는 제1 시간 창(10)의 바로 뒤에 위치한다. 따라서, 제2 우물의 활성화 기간(제2 시간 창(20)) 동안 이 제2 우물에 축적된 전하는 잡음, 주변 광, 및 반사된 펄스의 끝 가장자리(trailing edge)를 나타내는 부분, 및 반사된 펄스의 도달 후에 픽셀 상에 충돌하는 주변 광 및 잡음만을 나타내는 부분으로 구성된다.
- [0094] 반사하는 물체(99)와 시스템(200) 사이의 거리가 멀수록, 제1 우물(221)에서 검출될 펄스의 비율은 작아지고, 제2 우물(222)에서 검출될 펄스의 비율은 더 커진다.
- [0095] 반사된 펄스의 앞 가장자리가 제1 우물(221)의 폐쇄 후에(즉, 제1 시간 창(10)의 종료 후에) 도달하는 경우, 제2 우물(222)에서 검출될 수 있는 반사된 펄스의 비율은 비행 시간 지연이 증가함에 따라 다시 감소할 것이다.

- [0096] 물체(99)의 다양한 거리들에 대한 각각의 우물들(221, 222)의 각각에서의 전하의 결과적인 양(A, B)은 도 3b에 도시된다. 표현을 단순화하기 위해, 역제곱 법칙에 따른, 거리에 따른 광의 감쇠 효과는 도면에서 고려되지 않았다. 제1 시간 창(10)과 제2 시간 창(20)의 결합된 지속 시간까지의 비행 시간 지연들에 대해, 비행 시간 지연은 원칙적으로 A 및 B의 값들로부터 명백하게 도출될 수 있음이 명백하다:
- [0097] - 제1 시간 창(10)의 지속 시간까지의 비행 시간 지연들에 대하여, B는 물체(99)의 거리에 비례한다. 절대 거리의 결정에 쉽게 도달하기 위해, 정규화된 값 $B/(B+A)$ 가 사용될 수 있고, 검출된 물체의 비 완전 반사율(non-perfect reflectivity) 및 역제곱 법칙의 영향을 제거한다.
- [0098] - 제1 시간 창(10)의 지속 시간을 초과하는 비행 시간 지연들에 대해, A는 일광 및 잡음 기여들로부터 구성되며(예시되지 않음), C-B는(역제곱 법칙을 보정한 후) 물체(99)까지의 거리에 실질적으로 비례하고, 여기서 C는 오프셋 값이다.
- [0099] 도 3a 및 도 3b는 시간 창(10)에서 방출된 단일 펄스와 관련하여 본 발명의 원리를 예시하지만, 예시된 펄스는 위에서 정의된 바와 같이 펄스들의 시퀀스의 일부임이 이해되어야 한다. 도 3c는 그러한 시퀀스의 예시적인 타이밍 특성들을 개략적으로 예시한다. 예시된 바와 같이, 조명 방식(40)은 개별 펄스들(10)의 시퀀스(30)의 반복된 방출로 구성된다. 개별 펄스들(10)의 폭은 최대 작동 범위에 의해 결정된다. 전체 시퀀스는 예를 들어, 60Hz의 주파수에서 반복될 수 있다.
- [0100] 본 발명자들은 본 명세서에 설명된 것과 같은 시스템들에서, 짧은 거리에 있는 물체들에 의한 광의 반사들이 픽셀 포화를 야기할 가능성이 더 많은데, 그 이유는 그러한 반사의 감쇠가 (거리에 대한 광 감쇠의 역제곱 법칙으로 인해) 더 먼 물체로부터 발생하는 반사의 감쇠보다 훨씬 더 작을 것이기 때문이다. 자동차 애플리케이션들과 같은 특정 애플리케이션들에서는 비교적 긴 거리들까지 정확한 시스템 동작이 요구되기 때문에, 가장 가까운 작동 거리와 가장 먼 작동 거리 사이에서 큰 광자 스펙이 커버되어야 한다. 이러한 제약 조건들에 의해, 단거리에서의 픽셀 포화는 특히 (단거리에서의 반사의 벌크를 수신하는) 제1 우물에서 매우 실제 위험하다. 본 발명자들은 주어진 총 픽셀 공간에 대해, 포화 문제는 제1 우물로 표현된 광자 용량이 증가되고, 제2 우물로 표현된 광자 용량은 감소되는 비대칭 우물 배열을 사용함으로써 완화될 수 있다는 것을 발견하였다. 증가 및 감소가 균형을 이루면, 동적 범위의 증가는 추가적인 픽셀 표면 비용없이 획득될 수 있다.
- [0101] 픽셀은 픽셀이 충전 모드와 방전 모드 사이에서 스위칭할 수 있게 하는 회로를 추가로 포함할 수 있다. 충전 모드에서, 상기 픽셀에 충돌하는 광은 (조명 방식의 현재 단계에 따라) 제1 전하 저장 우물 또는 제2 전하 저장 우물로 하여금 저장된 전하량을 증가시키게 한다. 바람직하게는, 동일한 시간량 동안 충전 모드 이후에 활성화되는 방전 모드에서는, 상기 픽셀에 충돌하는 광이 상기 제1 전하 저장 우물 또는 상기 제2 전하 저장 우물로 하여금 저장된 전하량을 감소시키게 한다. 이 스위칭 방식은 배경 광에 대응하는 전하량이 전하 저장 우물로부터 제거될 수 있게 한다.
- [0102] 본 발명의 실시예들은 우물들의 용량과 관련된 열 잡음("kTC 잡음"이라고도 함)에 대한 샘플들을 보정하기 위해 상관 이중 샘플링을 채택할 수 있다. 이를 위해, 픽셀의 전자 기기들은 예를 들어, 프레임의 시작에서 V_{reset} 를 측정하고 프레임의 끝에서 V_{signal} 를 측정함으로써, 리셋 전압(V_{reset})과 신호 전압(V_{signal}) 사이의 차동 측정(differential measurement)을 수행하도록 설계될 수 있다. 전자 기기(픽셀 내) 구현에 대한 대안으로서, 상관 이중 샘플링은 또한 프로세서에서 판독 신호들을 디지털 방식으로 감산($V_{signal} - V_{reset}$)함으로써 구현될 수 있다.
- [0103] 픽셀 구조에서 감광성 소자들(특히, 다이오드들)에 도달하는 광량을 증가시키기 위해, 본 발명의 실시예들은 후면 조명을 사용할 수 있고; 그 경우, 픽셀 회로는 감광성 층 뒤에 있으며, 따라서 감광성 소자들을 판독하기 위해 충돌하는 광자들이 횡단되어야 하는 층들의 수를 감소시킨다.
- [0104] 본 발명에 따른 범위 측정 시스템은 WO 2015/004213 A1호에 따른 삼각 측량 기반 시스템과 통합될 수 있다. 소형화를 목표로 하는 경우, 삼각 측량 기반 시스템은 결국 그것의 프로젝터와 그것의 검출기 사이의 비교적 짧은 거리를 갖게 될 것이고, 그에 따라 그것을 감소된 작동 범위로 남겨 둔다. 그러나, 삼각 측량 기반 시스템은 비행 시간 기반 시스템이 충분히 정확하게 작동할 수 없는 거리들을 커버할 수 있기 때문에, 조합이 그것의 이점을 제시하는 것은 정확하게는 근거리에서이다.
- [0105] 전체 범위 측정 프로세스는 시간에 걸쳐 검출된 물체 또는 물체들까지의 거리를 모니터링하기 위해 반복적으로 반복될 수 있다. 따라서, 이 방법의 결과는 물체 검출 및 추적, 보조 운전, 진보된 운전자 보조 시스템들, 능동 서스펜션을 갖는 운송 수단들, 또는 자율 운송 수단들과 같은, 계속적으로 검출된 물체들까지의 거리에 관한

정보를 필요로 하는 프로세스들에서 사용될 수 있다. 반복적으로 반복되는 범위 게이팅 시퀀스는 도 4a의 타이밍도에 개략적으로 표현되어 있으며, 여기서 각각의 프레임은 프로젝터(P)의 펄스들의 시퀀스(펄스들의 타이밍은 소문자 'p'로 표시됨)에 대응하고, 이는 이미지(I)의 활성화들에 동기화된다(제1 우물에서의 전하들의 축적은 소문자 'a'로 표시되는 반면, 제2 우물에서의 전하들의 축적은 소문자 'b'로 표시된다). 보편성을 잃지 않고, 2개의 연속적인 프레임만이 예시되어 있다.

[0106] 도 4b는 모든 투영 펄스에 대한 2개의 추가적인 시간 슬롯을 포함하는 수정된 타이밍 방식을 나타낸다. 이러한 추가적인 시간 슬롯들은 투영된 광의 반사가 수신되지 않을 때 픽셀에 충돌하는 광의 강도에 비례하는 속도로 각각의 우물들을 방전시키는데 사용된다. 펄스의 부재 시에 수신된 광은 펄스 반사가 수신되는 시점에 비해 작은 시간 오프셋만을 갖는 배경 광을 나타내기 때문에, 이 방식은 각각의 프로젝터 펄스마다, 제1 우물 및 제2 우물에 축적된 전하로부터 배경 광 성분을 효과적으로 제거한다.

[0107] 상술한 방전 단계를 구현하기 위해, 픽셀은 적절한 전달 게이트들에 의해 포토다이오드에 결합되는, 전하를 저장하기 위한 커패시터를 포함할 수 있다. 그 후, 축적 단계는 커패시터의 제1 측에 전하들을 전달하는 단계를 포함하고, 감소시키는 단계는 커패시터의 제2 측에 전하들을 전달하는 단계를 포함한다.

[0108] 본 발명에 따른 시스템은 바람직하게는 추가적인 우물들 및 전달 게이트들을 포함한다.

[0109] 도 4c는 모든 투영 펄스에 대한 하나의 추가적인 시간 슬롯을 포함하는 수정된 타이밍 방식을 나타낸다. 이러한 추가적인 시간 슬롯은 제3 우물에 광 전하들을 축적하는데 사용된다(제3 우물에서의 전하들의 축적은 소문자 'c'로 표시된다). 제3 우물에서 수신된 광은 펄스의 부재시에 도달하기 때문에, 펄스 반사가 수신되는 시점에 비해 작은 시간 오프셋만을 갖는 배경 광을 나타낸다. 따라서, 제3 우물에 축적된 전하는 제1 우물 및 제2 우물 내의 전하들로부터 감소되어, 후자의 전하들로부터 배경 광 성분을 효과적으로 제거할 수 있다.

[0110] 도 4d는 동일한 수의 프로젝터 펄스들의 완료 후에 다수의 시간 슬롯들 동안 제3 우물이 활성화되는, 도 4c의 타이밍 방식의 변형을 나타낸다. 이와 같이 제3 우물에서 수신된 광은 펄스의 부재시에 도달하기 때문에, 펄스 반사가 수신되는 시점들에 비해 약간 더 큰 시간 오프셋만을 갖는 배경 광을 나타낸다. 따라서, 제3 우물에 축적된 전하는 제1 우물 및 제2 우물 내의 전하들로부터 감소되어, 후자의 전하들로부터 배경 광 성분을 효과적으로 제거할 수 있다.

[0111] 도 4e는 프로젝터와 제1 및 제2 우물이 범위 게이팅을 위해 활성화되는 프레임의 완료 후에, 제1 우물이 별도의 프레임에서 활성화되는, 도 4c의 타이밍 방식의 또 다른 변형을 나타낸다. 이와 같이 제1 우물에서 수신된 광은 펄스의 부재시에 도달하기 때문에, 펄스 반사가 수신되는 시점들에 비해 약간 더 큰 시간 오프셋을 다시 갖는 배경 광을 나타낸다. 따라서, 별도의 프레임에서 제1 우물에 축적된 전하는 제1 우물 및 제2 우물 내의 전하들로부터 감소되어, 후자의 전하들로부터 배경 광 성분을 효과적으로 제거할 수 있다.

[0112] (200m 정도의) 원하는 큰 작동 범위와 원하는 높은 정확도(가장 먼 지점에서 1000개의 광자만을 정확하게 검출함)의 조합은 (단거리에서의 반사들의 경우) 하나의 프레임에서 하나의 우물에서 수신될 수 있는 광자들의 가장 큰 수와 하나의 프레임에서 하나의 우물에서 수신될 수 있는 가장 낮은 수 사이의 큰 범위이다.

[0113] 도 4f는 단일 시간 슬롯의 지속 시간이 슬롯마다 달라지는 도 4a의 방식과 상이한 수정된 타이밍 방식을 나타낸다. 이러한 방식으로, 상이한 프레임들에 대한 검출 임계값 및 포화점은 상이한 거리에서 발생할 것이고, 다수의 연속적인 프레임들로부터 획득된 정보는 결합되어 근처 물체들 및 먼 물체들 모두에 대한 정확한 거리 측정들을 획득할 수 있다.

[0114] 도 4g는 거리의 표적 범위 전체 $[Z_{min}, Z_{max}]$ 를 N_{max} (픽셀을 포화시키지 않고 저장될 수 있는 최대 전자 수) 및 N_{min} (정확한 관독에 필요한 최소 픽셀 수)만큼 부과된 제약 조건들의 결과로서 커버하지 못할 수 있는, 도 3c의 시퀀스에서 개별 프레임들이, 어떻게 각기 광자들의 수에 대해 동일한 제약 조건들 내에서 보다 쉽게 커버될 수 있는 표적 범위 $[z_{min}(i), z_{max}(i)]$ 의 일부를 커버하는, 상이한 타이밍 파라미터들을 갖는 시퀀스들로 분할될 수 있는지를 개략적으로 예시한다.

[0115] 위에서 소개되고 도 4g에서 사용되는 심볼들을 참조하여, 하위 범위들의 대응하는 전자량 $n_{min}(i)$ 및 $n_{max}(i)$ 은 다음과 같이 정의된다:

[0116] - (추가 용량이 없는 경우에 전체 우물 용량에 대응하는 전체 픽셀 용량에 대한 "FPC"를 사용하는) 최대 허용 전자 수는:

[0117]
$$n_{\max} = N_{\min} \times \left(\frac{z(i)}{z(i+1)} \right) \leq \text{FPC}, \text{ with } z(0) = z_{\max}$$

[0118] - 필요한 최소 정확도 레벨: $n_{\min} = N_{\min}$

[0119] - $z_{\max}(i) = z_{\min}(i-1)$

[0120] 추가적으로, 펄스 특성들은 다음과 같이 결정될 수 있다:

[0121] - 펄스 폭은
$$\tau(i) = \frac{z_{\max}(i)}{c}$$

[0122] - 총 "온" 시간은 전체 픽셀 용량 및 정확도 레벨에 의해 부과되는 한계들을 고려하기 위해 $\frac{N_{\max}}{N_{\min}}$ 에 비례하여 감소된다.

[0123] 상기 원리들은 다음의 비제한적인 수치 예에 의해 더 명확하게 될 수 있다.

[0124] 150m의 거리에서 10% 반사율을 갖는 램버시안(Lambertian) 반사 표면은 1,6%의 정확도를 획득하기 위해 1000개의 전자를 제공해야 한다. 동일한 거리에서, 100% 반사 표면은 10000개의 전자를 생성할 것이다. 200000개의 전자의 전체 우물 용량을 사용하면, 다음과 같은 다중-프레임 해결책이 제안된다:

	하위 범위	펄스 폭	총 "온" 시간
프레임 1	150m - 33m	1 μ s	1 ms
프레임 2	7.4m - 33m	22 ns	50 μ s
프레임 3	1.65m - 7.4m	4.9 ns	2.5 μ s
프레임 4	0.37m - 1.65m	1.1 ns	0.125 μ s

[0125] 견고성 때문에, 하위 범위들에서 중첩을 제공하는 것이 유리할 수 있다는 점에 유의해야 한다.

[0127] 동일한 3D 해상도를 보장하기 위해, 더 빠른 카메라를 사용하는 것이 유리할 수 있다: 예를 들어, 3-프레임 인터리빙으로 180Hz에서 작동하는 카메라는 단일 프레임 작동으로 60Hz와 동일한 데이터 속도를 제공한다.

[0128] (도 7a 내지 도 7g에 예시된 바와 같이) 본 발명에 따른 시스템이 사용되는 모드에 따라, 듀티 사이클이 변할 것이다. 일부 프레임들이 범위를 벗어난 반사들을 캡처하거나 2D 이미지를 취득하는데 사용될 때, 실제 범위 측정에 더 작은 부분의 시간이 이용 가능하다는 것을 쉽게 알 수 있다. 여러 기능들이 동시에 수행될 수 있고, 따라서 범위 게이팅 기능의 듀티 사이클을 증가시킨다는 점은 본 발명에 따른 3-우물 또는 4-우물 픽셀의 사용의 이점이다.

[0129] 블루밍은 픽셀 내의 전하가 (단거리 반사들 또는 교통 표식판 또는 번호판과 같은 반사성이 높은 표면으로부터의 반사들의 경우에서와 같이) 그 특정 픽셀의 포화 레벨을 초과할 때 발생하는 현상이다. 결과적으로, 전하는 오버플로우하기 시작하고 인접 픽셀들에서 방해를 일으킨다. 이것은 이웃하는 픽셀들에서 부정확한 데이터를 생성한다.

[0130] 바람직하게는, 본 발명에 따른 시스템의 픽셀들에는 특히 상술한 제3 우물 또는 심지어 제4 우물을 포함할 수 있는 안티-블루밍 전자 기기가 제공되어, 관련 우물을 포화시키고 인접 픽셀들의 우물들로 유출하기 전에 과잉 전하를 블리드 오프(bleed off)시킨다. 특히, 이웃하는 스폿들로부터의 정보가 배경 광의 제거를 위해 사용될 때, 이웃하는 픽셀들로부터 독립적으로(및 오염없이) 획득되는 배경 광의 정확한 추정을 갖는 것이 매우 중요하다. 마찬가지로, 스폿 반사를 수신하지 않는 픽셀들이 정규 2D 이미지를 동시에 생성하는데 사용될 때, 스폿 반사를 수신하는 픽셀들에 인접한 픽셀들은 후자의 픽셀들로부터의 전하 유출에 의해 영향을 받지 않는 것이 매우 바람직하다.

[0131] 진술한 바와 같은 안티-블루밍 배열은 근단에서 시스템의 범위를 증가시키는 데에도 기여할 수 있다. 짧은 거리들에서, 반사된 스폿의 주요 부분을 수신하는 픽셀들은 포화되기 쉽다. 안티-블루밍 배열을 적용함으로써, 이러한 포화된 픽셀들로부터 이웃하는 픽셀들로의 전하들의 유출이 방지된다. 따라서, 이웃하는 픽셀들은 정상적으로 계속 작동할 수 있다. 반사된 스폿에 의해 조명되는 영역은 전형적으로 단지 하나의 픽셀보다 많은 것

을 커버할 것이기 때문에, 이웃하는 픽셀들 중 일부는 포화를 피하기에는 충분히 작지만, 범위 게이팅을 수행하는데 사용가능한 반사된 스폿의 일부를 수신할 것으로 예상될 수 있다.

[0132] 기술된 바와 같은 시스템의 모든 요소들이 최적으로 작동하기 위해, 시스템이 열적으로 안정적이어야 한다. 열적 안정성은 다른 것들 중에서도, 광학 요소들의 원하지 않는 파장 시프트들(열 드리프트)을 회피하고, 그러한 파장 시프트들은 회피되지 않으면 광학 필터들 및 광학 체인의 다른 요소들의 적절한 기능을 손상시킬 것이다. 본 발명에 따른 시스템의 실시예들은 그들의 설계에 의해 열 안정성을 달성하거나, PID 유형 제어기를 갖는 온도 제어 루프에 의한 능동 조절에 의해 열 안정성을 달성한다.

[0133] WO 2015/004213 A1호는 검출 간격들 동안 픽셀들에 도달하는 주변 광의 양을 최소화하고, 그에 따라 패턴화된 레이저 스폿들의 검출의 정확도를 향상시키는 다양한 기법들을 개시한다. 이러한 기법들이 LIDAR 시스템의 맥락에서 개시되지는 않았지만, 본 발명의 발명자들은 수 개의 그러한 기법들이 본 발명의 실시예들과 결합할 때 우수한 결과들을 산출한다는 것을 발견했다. 이는 검출기에서의 협대역 통과 필터들(narrow bandpass filters)의 사용, 및 반사된 광이 필터들 상에 거의 수직으로 입사하는 것을 보장하는 적절한 광학적 배열들의 사용에 대해 특히 그러하다. WO 2015/004213 A1호에 나타난 바와 같은 이러한 배열들의 세부 사항은 본원에 참조로 포함된다. 추가의 특징들 및 세부 사항은 이하에 제공된다.

[0134] WO 2015/004213 A1호로부터 알려진 다양한 기법들이 검출 간격들 동안 픽셀들에 도달하는 주변 광의 양을 최소화하기 위해 본 발명의 실시예들에 적용될 수 있지만, 특정 양의 주변 광은 피할 수 없다. 다중 픽셀 시스템에서, 픽셀들 중 일부만이 반사된 스폿들에 의해 조명될 것인 한편, 다른 픽셀들은 잔류 주변 광에 의해서만 조명될 것이다. 후자의 픽셀 그룹의 신호 레벨들은 관심 있는 픽셀들에서 신호들에 대한 주변 광의 기여를 추정하고, 이에 따라 그 기여도를 감산하기 위해 사용될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 배경 광 또는 주변 광은 픽셀 레벨에서 검출된 신호로부터 감산될 수 있다. 이것은 2회의 노출, 즉 레이저 펄스의 도달 동안의 1회의 노출, 및 펄스의 부재시의 1회의 노출을 필요로 한다.

[0135] 일부 실시예들에서, 검출기는 고 동적 범위 검출기, 즉 적어도 90dB, 바람직하게는 적어도 120dB의 동적 범위를 갖는 검출기일 수 있다. 고 동적 범위 센서, 즉 장면의 가장 어두운 부분에서 강도 레벨들의 충분한 식별을 유지하면서 포화 없이 많은 양의 광자들을 취득할 수 있는 센서의 존재는 이러한 센서의 사용의 이점이고; 그것은 매우 긴 범위를 가지면서도 포화를 겪지 않고서 짧은 거리(반사광이 상대적으로 강한 곳)에 있는 물체들을 검출할 수 있는 채로 남아있는 센서를 허용한다. 본 발명자들은 진정한 고 동적 범위 센서의 사용이 톤 매핑(tonemapping)을 적용하는 센서의 사용보다 이롭다는 것을 발견했다. 톤 매핑에서, 센서 선형 범위는 더 높은 해상도를 향해 압축된다. 문헌에서, 대수 압축 또는 다중선형 압축과 같은 수 개의 압축 방법들이 문서화되어 있다(도 5 참조). 그러나, 이러한 비선형 압축은 릴리프 정보(relief information)를 추출하기 위해 캡처된 장면에 대한 논리적 또는 산술적 연산들을 수행하기 전에 신호들의 재선형화(relinearisation)를 필요하게 만든다. 따라서, 본 발명에 따른 해결책은 계산 요구 사항들을 증가시키지 않고 검출 정밀도를 증가시킨다. 도 6에 제시된 바와 같이 완전 선형 고 동적 범위 센서를 사용하는 것이 일부 실시예들의 추가의 이점이다. 원하는 동적 범위 특성들을 제공할 수 있는 픽셀 아키텍처 및 광학 검출기가 미국 특허 출원 공개 US 2014/353472 A1호, 특히 65-73 및 88 단락들에 개시되며, 그것의 내용은 통상의 기술자가 본 발명의 이 양태를 실시하는 것을 허용하기 위해 참조로 포함된다.

[0136] 본 발명의 실시예들은 고 동적 범위 픽셀을 사용한다. 이것은 전하 저장소(charge reservoir)의 상당한 전체-우물 용량(sizeable full-well capacity)에 의해, 또는 픽셀 당 전자 잡음을 제한하는 설계에 의해, 또는 전하 전달에 잡음을 추가하지 않는 CCD 게이트들의 사용에 의해, 또는 (예를 들어, 전방 조명의 경우 50%, 후방 희석(back thinning)이라고도 알려진 후방 조명의 경우 90%의 범위에 있는) 큰 검출 양자 효율(detection quantum efficiency)(DQE)을 갖는 설계를 통해, 또는 나열된 개선들의 임의의 조합에 의해 획득될 수 있다. 또한, 동적 범위는 픽셀의 전방 측에 있는 오버레이에서 오버플로우 용량을 픽셀에 부가함으로써 더 확대될 수 있다(이 구현은 후방 희석을 필요로 함). 바람직하게는, 픽셀 설계는 전술한 바와 같은 안티-블루밍 메커니즘을 구현한다.

[0137] 도 7은 CMOS 기술에 사용되는 예측된 픽셀의 가능한 이중-우물 또는 이중-빈(dual-bin) 구현을 나타낸다. 충돌 신호는 2개의 전하 저장소에 분산된다. 각각의 저장소는 레이저 소스들의 펄스들과 동기화되는 외부 펄스에 의해 제어되는 별도의 전달 게이트를 갖는다.

[0138] 안티-블루밍 회로를 포함하는, 본 발명에 따른 예시적인 비대칭 3-우물 픽셀이 도 8에 개략적으로 제시되어 있다. 전하 저장 우물들(221, 222, 223)(SN A, SN B, SN C)은 전술한 바와 같이 2개의 전하 저장 우물의 활성

상태들을 투영 펄스들의 송신과 동기화시키도록 제어되는 전달 게이트들(TG A, TG B, TG C)에 의해 광활성 영역(PH)에 접속된다. 광활성 영역(PH)은 바람직하게는 핀형 포토다이오드로서 구현되며, 이는 전달 게이트들을 통해 광활성 영역에서 생성된 전하들의 전체 공핍을 허용한다.

- [0139] 3개의 전하 저장 우물의 용량들이 C1(제1 반사 광량 → SN A), C2(제2 반사 광량 → SN B), 및 C3(배경 광 → SN C)으로 표시되는 경우, 치수는 바람직하게는 다음과 같다: $C1 > C2 > C3$.
- [0140] C2는 바람직하게는 C1의 2/3 이하, 더 바람직하게는 C1의 50% 이하이다.
- [0141] C3은 바람직하게는 C2의 90% 이하, 더 바람직하게는 C2의 70% 이하, 가장 바람직하게는 C2의 50% 이하이다.
- [0142] 본 발명자들은 (최저 검출가능 광 레벨과 포화가 발생하는 광 레벨 사이의) 유용한 작동 범위를 획득하기 위해, C2가 C1보다 치수를 더 작게 할 수 있는데, 그 이유는 제2 우물이 수신할 반사된 광량이 항상 작기 때문이라는 것을 추가로 발견하였으며: 이는 반사 물체가 멀리 떨어져 있고 (반사된 광의 벌크는 거리로 인해 제2 시간 창 동안에 SN B에 도달하더라도) 그 거리로 인해 신호가 강하게 감소되거나, 반사 물체가 근처에 있고 반사들의 벌크가 제1 시간 창 동안에 SN A에 도달하기 때문이다.
- [0143] 배경 감산에 사용될 때, C3는 치수를 3개의 우물 중 가장 작은 것으로 할 수 있으며, 이는 (바람직하게는, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 입사광을 필터에 대해 거의 수직으로 만들기 위해 광학기 또는 다른 수단을 사용하여) 배경 광이 협대역 필터에 의해 강하게 감소되기 때문이다. 협대역은 최대 20 nm, 바람직하게는 최대 10 nm, 더 바람직하게는 최대 5 nm의 예시적인 통과대역 대역폭을 가질 수 있다.
- [0144] 전달 게이트들은 바람직하게는 광활성 영역의 하나의 에지(특히, 핀형 포토다이오드) 상에 배치되어, 광이 픽셀 내에 떨어지는 곳에 관계없이 각각의 우물 수집에 대해 동일한 양의 지연을 달성한다.
- [0145] 바람직한 구성에서, 데이터는 포토다이오드 소자, 보다 구체적으로는 핀형 포토다이오드에 의해 캡처되고, 데이터는 전달 게이트를 통해, (고밀도 커패시터로서 작용하는) MOSFET의 상부 플레이트 상에 바로 저장되고, 그 하부 플레이트들은 접지로 참조된다. 이러한 방식으로, 데이터는 전압 도메인에 유지된다. 이것은 도 8을 참조하여, 전달 게이트 TG A 및 저장 노드 SN A의 동작을 살펴봄으로써 이해될 수 있는데: 포토다이오드는 광자들을 전자들로 변환하고, TG A의 역할을 하는 트랜지스터는 개방되고, 이에 따라 전자들은 SN A에 저장되고, 이는 관독 측의 전압을 직접 증가시킨다.
- [0146] 전압 도메인에서 작업함으로써, 구현이 더욱 컴팩트하게 될 수 있고 감도와 센서 분해능 사이에서 보다 양호한 트레이드-오프를 허용하는 이러한 구성은 발명자들의 통찰에 기초한다.
- [0147] 따라서, 본 명세서에 개시된 바람직한 구성은 전하 도메인에 정보를 축적하기 위해 포토 감지 소자들로서 포토 게이트들을 사용하고 저장 소자들로서 MOSFET 채널들을 사용하는 당업계에서 알려진 구성들과는 상당히 다르다. 이러한 알려진 구성들은 2개의 위험을 가지고 있다: 첫째로, 필요한 게이트들 및 트랜지스터의 수가 커지고, 이는 센서의 분해능을 제한한다. 둘째로, 전하 도메인에서의 정보 축적은 한 노드에서 다른 노드로, 또는 한 노드에서 관독 증폭기로 전하들을 송신하는 문제가 발생하며; 송신이 불완전하면, 저장 노드들에 남겨진 임의의 데이터는 다음 프레임에 나타나는 고스트 이미지를 생성할 것이다. 그 문제(핀형 트랜지스터, 매립형 MOSFET의 사용)에 대한 알려진 해결책은 비행 시간 센서의 제조를 매우 특정한 제조 프로세스로 제한한다.
- [0148] CMOS 기술을 사용하여 고해상도 시간 비행 센서들의 생성을 가능하게 하여, CMOS 처리의 이점들을 (딥 서브미크론 디지털 처리 및 온-칩 시퀀싱을 포함하는) 제출된 본 출원에 접목한다는 점이 본 명세서에 개시된 구성의 이점이다.
- [0149] 도 9는 우물들의 비대칭을 획득하는 제1 방식을 도시하는, 본 발명에 따른 픽셀의 실시예를 개략적으로 나타낸다. 도 9에 도시된 바와 같이, 반도체 제조 프로세스 동안 제1 우물(221)(A-신호측의 공핍 구역)은 제2 우물(222)(B-신호 측의 공핍 구역)보다 크게 만들어졌다.
- [0150] 도 10은 우물들의 비대칭을 획득하는 제2 방식을 도시하는, 본 발명에 따른 픽셀의 실시예를 개략적으로 나타낸다. 이 경우, 반도체 우물들(221, 222) 양쪽 모두는 동일한 크기이지만, 제1 우물(221)의 유효 용량을 증가시키기 위해 A 신호측에 추가적인 커패시터가 제공된다.
- [0151] 본 발명에 따른 시스템들에서, 범위 측정 노드들(221(SN A), 222(SN B))의 관독들은 바람직하게는 단일 단계 관독들이다. 관독 트랜지스터들은 바람직하게는 저장 용량(감지 노드)에 직접 접속되고, 병렬로 관독될 수 있다. 이러한 배열은 2 단계 관독에 비해 더 높은 속도 및 더 낮은 잡음 또는 기생 용량을 초래하고; 또한, 충전율이

개선되는데, 이는 반도체 레이저 프로젝터로부터 획득될 수 있는 낮은 수의 범위 측정 광자들로 인해 중요하다.

- [0152] 제3 감지 노드(223(SN C)) 및 그것과 연관된 전달 게이트(TG C)는 안티-블루밍 배열에서 사용될 수 있다. 감지 노드들(221, 222)이 가득차면(포화되면), 안티블루밍 게이트(TG C)는 위에서 설명된 바와 같은 다른 기능들(예를 들어, 범위 게이팅, 배경 감산을 위한 배경 광 감지, 삼각 측량, ...)을 수행하기 위해 사용될 수 있는, 주위의 픽셀들을 오염시키지 않기 위해 플러딩 전자들을 인출하는데 사용될 수 있다. 추가적으로, 이제 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 안티-블루밍 게이트(TG C)는 감지 노드 B를 개방하기 전에 감지 노드 A로 아직 확산되지 않은 전자들을 인출하는데 사용될 수 있다.
- [0153] 본 발명의 실시예들의 목적은 감지 노드들을 향한 전자들의 확산 지연을 감소시키는 것이다. 과도한 지연은 잔류 전자들이 SN A 및 SN B의 기록들 사이에서 포토다이오드 상에 남겨지게(즉, 완전히 확산되지 않게) 할 수 있고; 따라서, 감지 노드 A(SN A, 221)로부터의 나머지 전자들은 전달 게이트 A(TG A)가 폐쇄될 때 감지 노드 B(SN B, 222)로 확산되어, 제2 신호를 오염시킬 수 있다. 본 발명의 실시예들은 지속 시간 T_p 를 갖는 플러시 펄스를 제공함으로써 이 효과를 감소시키거나 회피하여, 안티-블루밍 게이트(TG C)를 활성화함으로써 안티-블루밍 게이트 위의 나머지 전자들을 내쫓는다. 안티-블루밍 게이트(TG C)에 (전압을 인가함으로써) 전력을 공급할 때, 그러한 나머지 전자들이 떼어 놓아진다. 펄스 T_p 후에, 반사된 신호들의 제2 부분을 기록하기 위해 전달 게이트 B(TG B)를 활성화함으로써 감지 노드 B(SN B)가 개방된다. T_p 는 반도체 재료의 확산 특성 및 범위 측정 신호의 펄스 지속 시간의 함수로 치수가 정해진다. 관독 B의 오염을 피하는 것과 범위 측정 계산식에 필요한 너무 많은 유용한 반사된 광자들을 누락하는 것 사이에서 최적의 방법을 찾아야만 한다. 바람직하게는, T_p 는 10 ns 내지 200 ns이다.
- [0154] 도 11 내지 도 13은 본 발명의 실시예들에 사용될 수 있는 카메라들을 예시하며, 광 복사 소스는 단색광을 방출하고, 적어도 하나의 검출기는 대응하는 협대역 통과 필터, 및 상기 협대역 통과 필터로의 입사각을 수정하고 상기 입사각을 상기 협대역 통과 필터의 주 표면의 법선 주위의 미리 결정된 범위로 한정하도록 되어 있는 광학기를 구비하며, 상기 광학기는 이미지-공간 텔레센트릭 렌즈(image-space telecentric lens)를 포함한다. "카메라"라는 용어는 본 명세서에서 센서 및 관련 광학기(렌즈들, 렌즈 어레이들, 필터)의 조합으로서 사용된다. 특히, 도 12에서, 광학기는 이미지-공간 텔레센트릭 렌즈와 적어도 하나의 검출기 사이에 배치된 미니렌즈 또는 마이크로렌즈 어레이를 추가로 포함하며, 그에 의해, 미니렌즈 어레이의 개별 미니렌즈들은 입사광을 적어도 하나의 검출기의 개별 픽셀들의 각각의 감광 영역들 상에 포커싱하게 된다. 이러한 픽셀 당 1 미니렌즈(또는 픽셀 당 1 마이크로렌즈) 배열의 이점은 픽셀들의 감광 부분에 모든 입사광을 광학적으로 안내함으로써, 기본 센서의 충전율로 인한 손실이 감소될 수 있다는 것이다.
- [0155] 이 예들 모두에서, 방사는 필터 매체를 통해 실질적으로 같은 길이를 진행하고, 환언하면, 입사 방사가 필터 표면에 실질적으로 직교이고, 즉, 방사가 필터 표면의 법선을 중심으로 미리 결정된 범위 내의 입사각으로 한정되고, 따라서, 예를 들어, 일광, 태양광을 필터링하기 위해 그리고 스포츠들이 일광을 증가하기 위해 협대역폭 내에서의 정확한 필터링을 가능하게 한다.
- [0156] 입사각의 보정은 운송 수단 주위의 전체 공간이 제한된 수의 센서들, 예를 들어, 8개의 센서로 모니터링되며, 그에 의해 입사 광선들이 예를 들어, 1xrad의 입체각에 걸쳐 확장되는 본 발명의 실시예들에서 특히 중요하다.
- [0157] 도 11은 이 유형의 제1 광학 배열을 개략적으로 도시한다. 그것은 이미지 공간 텔레센트릭 구성에서 대략 동일한 초점 거리(f)를 갖는 제1 렌즈(1030) 및 제2 렌즈(1040)를 포함한다. 그것은 모든 주 광선들(구경 조리개의 중심을 통과하는 광선들)이 이미지 평면에 수직이라는 것을 의미한다. 0.16의 예시적인 개구수는 9.3° 의 원추각(반 원추각)에 대응한다. 그에 따라, 렌즈 시스템(1030-1040)과 센서(102) 사이에 배치된 협대역 필터(1060) 상의 최대 입사각은 9.3° 일 것이다.
- [0158] 도 12에 예시된 바와 같이, 바람직한 설계는 이미지-공간 텔레센트릭 구성(구성은 또한 임의적으로(optionally) 물체-공간 텔레센트릭(object-space telecentric)임)에서, 대략 동일한 초점 거리(f)를 갖는 2개의 렌즈(1130, 1140)의 탠덤(tandem), 미니렌즈 어레이의 평면 스택(planar stack)(1150), 스펙트럼 필터(1160), 및 CMOS 검출기(102)로 구성된다. 제1 렌즈(1130)의 중심(O)이 제2 렌즈(1140)의 초점에 있기 때문에, O를 가로지르는 모든 광선은 광축에 평행한 방향으로 제2 렌즈(1140)에 의해 굴절될 것이다. 이하에서는, 제1 렌즈(1130)의 초점 거리에 비교하여 매우 긴 거리에 위치한 특정 레이저 스폿(S)(1110)을 고찰하기로 한다. 따라서, 제1 렌즈(1130)에 의한 이 스폿(1110)의 이미지는 이 렌즈의 초점 평면에 가깝게 위치되고 그에 따라 정확하게 제2 렌즈(1140)의 중앙 평면에 있는 지점 P이다. 스폿(S)(1110)으로부터 방출되어 제1 렌즈(1130)에 의해 캡처된 광선들은 제2 렌즈(1140)의 지점 P를 향해 수렴하는 광 원추를 형성한다. 이 광 원추의 중앙 축은 지점(O)을 가로

지르고 광축에 평행하게 굴절되고 그에 따라 스펙트럼 필터(1160)에 수직하게 굴절되어, 최적의 스펙트럼 감도를 달성한다. 따라서, 제2 렌즈(1140)는 입사광 빔의 각도에 대해 보정하는 렌즈로서 작용한다. 원추의 다른 광선들은 또한 지점 P가 미니렌즈(1150)의 초점에 위치되도록 하는 방식으로 제2 렌즈(1140) 뒤에 작은 볼록 미니렌즈(1150)를 사용함으로써 광축에 평행한 광선들의 번들로 구부러질 수 있다. 이러한 방식으로, 스폿(S)(1110)의 모든 이미징 광선들은 스펙트럼 필터에 거의 수직한 방향으로 구부러진다. 이것은 이제 CMOS 검출기의 모든 픽셀 앞에 위치한 미니렌즈들의 어레이를 사용함으로써 모든 픽셀 앞에서 별도로 수행될 수 있다. 이러한 구성에서, 미니렌즈들은 이미지 텔레센트릭 기능을 갖는다. 주된 이점은 미니렌즈(1150) 내의 국소 보정 광학기에 의한 구면 수차의 증가를 보상하면서 제1 렌즈(1030)의 동공이 확대될 수 있거나 조리개가 제거될 수 있다는 것이다. 이러한 방식으로, 센서 어셈블리의 감도가 향상될 수 있다. 제2 미니렌즈 어레이(도 12에 도시되지 않음)는 충전율을 최대화하도록 평행 광선들을 픽셀들의 포토다이오드들로 다시 포커싱하기 위해 스펙트럼 필터(1160)와 CMOS 픽셀들(102) 사이에 추가될 수 있다.

[0159] 제1 렌즈(1130) 및 제2 렌즈(1140)에는, 상업적으로 이용 가능한 렌즈들이 사용될 수 있다. 통상의 기술자는 다른 스마트폰 카메라들 또는 비교 가능한 품질의 웹캠들에서 통상적으로 사용되는 렌즈들이 또한 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 앞서 언급된 iSight 카메라는 8메가픽셀, 1.5 μ m 픽셀 크기, f/2.2의 매우 큰 조리개, 약 f=7mm의 대물렌즈 초점 거리, 및 약 3.2mm의 동공 지름을 갖는 6x3mm CMOS 센서를 갖는다. 시야각은 1radx1rad 정도이다. 우리가 카메라의 해상도가 대략 픽셀 크기(1.5 μ m)라고 가정하는 경우, 우리는 렌즈의 수차들이 조리개에 의해 선택된 시야각의 모든 광선들에 대해 보정된다고 결론을 내릴 수 있다(Abbe의 법칙으로부터).

[0160] 도 13은 단일 리소그래피 프로세스에서의 제조를 위해 최적화된 도 12의 배열의 변형을 예시한다. 제1 렌즈(1230)는 이전 실시예의 제1 렌즈(1130)와 유사하지만, 각도 보정 제2 렌즈(1140)는 동일한 초점 거리(f)를 갖는 프레넬 렌즈(Fresnel lens)(1240)로 대체되고, 미니렌즈 어레이들(1150)은 프레넬 렌즈 어레이들(1250)로 대체된다. 이점은 그들이 완전히 평탄하고 나노 전자 기술(불연속 위상 구역들이 있음)에 의해 생산될 수 있다는 것이다. 제2 미니렌즈 어레이(1270)는 충전율을 최대화하도록 평행 광선들을 픽셀들의 포토다이오드들로 다시 포커싱하기 위해, 스펙트럼 필터(1260)와 CMOS 픽셀들(102) 사이에 추가될 수 있다. 따라서, 카메라는 본질적으로 iSight와 같은 표준 카메라이지만, CMOS 센서는 모든 구성 요소들이 동일한 리소그래피 프로세스 내에서 하나의 통합된 블록으로 생성되는 특수 설계된 다층 센서로 대체된다. 이 다층 센서는 대량 생산이 저렴하고 컴팩트하며 견고하며 정렬될 필요가 없다. 이들 5개 층(1240, 1250, 1260, 1270, 102)의 각각은 본 발명에 의해 부과된 요구 사항들을 충족시키는 자체 기능을 갖는다.

[0161] 직경 d의 렌즈에 의해 생성된 원추의 최소 각은 λ/d 정도이며, λ 는 광의 파장이고, 미니렌즈 직경 $d=8.5\mu$ m 및 $\lambda=850$ nm에 대해 최소 원추 각은 1/10 라디안이다. 좋은 품질의 스펙트럼 간섭 필터를 사용하면, 이것은 약 3nm의 스펙트럼 창에 대응한다.

[0162] 도 14는 돔(1310)(예를 들어, 굽은 유리판)을 포함하는 대안적인 광학 배열을 예시하며, 협대역 통과 필터(1320)는 돔의 내부(예시된 바와 같이) 또는 외부(예시되지 않음) 상에 배치된다. 돔(1310)의 내부에 필터(1320)를 배치하는 것의 이점은 돔(1310)이 외부 힘들로부터 필터(1320)를 보호한다는 것이다. 돔(1310)과 필터(1320)는 입사광이 돔의 표면에 실질적으로 수직인 방향을 따라 필터(1320)를 통과하는 것을 보장하기 위해 광학적으로 협동한다. 어안 렌즈 광학기(Fish-eye optics)(1330)는 돔-필터 어셈블리와 CMOS 또는 CCD 센서 또는 SPAD 어레이일 수 있는 센서(102) 사이에 제공된다. 어안 렌즈 광학기(1330)는 돔-필터 어셈블리를 통과한 광을 센서의 감지 영역을 향해 안내하도록 배치된다.

[0163] 임의적으로, 프로젝터에 추가 어안 광학기가 제공된다. 특정 실시예에서, 복수의 VCSEL이 1 x n 또는 m x n 구성으로 장착됨으로써, 레이저 빔의 출사 각은 mx1rad의 높이 및 nx1rad의 폭의 공간 각에 걸쳐 실현될 수 있다.

[0164] 본 발명의 일부 실시예들에서, 검출기에서 단계적 또는 가변 감쇄 필터를 적용하는 것에 의해, 스폿들의 강도가 전체 깊이 범위에 걸쳐 실질적으로 일정하게 유지될 수 있다. 대안적으로 또는 그에 부가하여, 또한, 검출기로부터 더 멀리 떨어진 스폿들의 강도가 전체 강도로 수광되면서 검출기에 더 가까운 스폿들의 강도를 약화시키기 위해 비대칭 렌즈 동공이 제공될 수 있다. 이러한 방식으로, 검출기의 클리핑(clipping)이 방지되고, 평균 강도가 모든 스폿들에 대해 실질적으로 동일하게 될 수 있다.

[0165] 일부 실시예들에서, 복사 소스는 상이한 구역들에서 분할될 수 있으며, 이에 따라 레이저 온 시간(laser ON time)이 상이한 영역들에 대해 제어되는 VCSEL일 수 있다. 따라서, 스폿들의 이미지들은 일정한 강도, 예를 들어, A/D 범위의 2/3를 갖도록 제어될 수 있다. 대안적으로, 다시 말하지만 일정한 강도를 획득하기 위해, 구동

전압이 스폿들의 어레이에 걸쳐 높이의 함수로서 구동될 수 있다. 이러한 제어는 포화 방지 서보 루프(saturation avoidance servoing loop)라고 지칭될 수 있다. 어레이 내의 상이한 VCSEL들은 강도에 대해 개별적으로 제어될 수 있으며, 패턴의 개별 VCSEL들이 동시에 투영되는 동안 그것들의 강도를 변경한다.

- [0166] 본 발명의 일부 다른 실시예들에서, 마이크로 프리즘 매트릭스가 협대역폭 필터 전방에서 사용될 수 있고, 따라서 방사가 +9° 와 -9° 사이의 입사각 내에서 필터에 입사한다. 이것은 협대역폭 필터링을 달성할 수 있게 한다. 프리즘 매트릭스는 예를 들어, 플라스틱 몰딩(plastic moulding)에 의해 만들어질 수 있다.
- [0167] 도 11 내지 도 14의 배열들에서, 광학기의 특성들은 비평면 초점 평면을 초래할 것이다. 이 효과를 보상하기 위해, 검출기의 화소들은 광학기의 초점 평면을 뒤따르는 곡률을 갖는 기관 상에 배열될 수 있다. 결과적으로, 반사 및 필터링된 스폿들은 이들이 검출기에 도달하는 곳에 관계없이 초점이 맞춰질 것이다. 검출기의 기관의 원하는 곡률은 플렉스-칩 기술을 사용함으로써, 또는 상이하게 배향된 타일들을 조합하여 기관을 구성함으로써 획득될 수 있다. 이 해결책은 도 15에 개략적으로 예시되어 있으며, 도 15는 텔레센트릭 광학기(1330), 이어서 협대역 통과 필터(1360), 및 곡면 픽셀 층(102)을 도시하며, 이들의 곡률은 텔레센트릭 광학기(1330)의 초점 평면의 형상을 따르도록 적응된다.
- [0168] 상이한 경로들을 따르는 광선들 모두가 동일한(수직) 각도 하에서 협대역 통과 필터를 통과하는 것을 보장하는 방식으로 광학기를 배열하는 것이 가능하지 않을 때(또는 바람직하지 않을 때), 상이한 입사각들을 갖는 상이한 필터 특성들을 갖는 문제가 소스에서 해결될 수 있다. 특히, VCSEL 어레이는 상이한 스폿들이 상이한 각각의 파장들을 갖도록 구성될 수 있다. 이러한 구성은 타일형 레이저 어레이를 사용함으로써, 또는 VCSEL 어레이에서 개별 VCSEL들의 파장을 변조하기 위한 수단을 제공함으로써 획득될 수 있다. 이 해결책은 광학기(1430) 및 센서 어레이(102) 앞에 배열된 협대역 통과 필터(1460)를 도시하는 도 16에 개략적으로 예시되어 있다. 명확성을 위해 그리고 보편성을 잃지 않고, 상이한 각각의 파장들(λ_1 , λ_2)을 갖는 2개의 상이한 입사각들이 도면에 표시되어 있다. 광원들의 상이한 파장들(λ_1 , λ_2)은 그들 각각의 입사각 하에서 협대역 통과 필터의 통과대역의 최대치에 대응하도록 선택된다.
- [0169] 본 발명의 일부 실시예들에서, 검출기에서 단계적 또는 가변 감쇄 필터를 적용하는 것에 의해, 스폿들의 강도가 전체 깊이 범위에 걸쳐 실질적으로 일정하게 유지될 수 있다. 대안적으로 또는 그에 부가하여, 또한, 검출기로부터 더 멀리 떨어진 스폿들의 강도가 전체 강도로 수광되면서 검출기에 더 가까운 스폿들의 강도를 약화시키기 위해 비대칭 렌즈 동공이 제공될 수 있다. 이러한 방식으로, 검출기의 클리핑(clipping)이 방지되고, 평균 강도가 모든 스폿들에 대해 실질적으로 동일하게 될 수 있다.
- [0170] 일부 실시예들에서, 복사 소스는 상이한 구역들에서 분할될 수 있으며, 이에 따라 레이저 온 시간(laser ON time)이 상이한 영역들에 대해 제어되는 VCSEL일 수 있다. 일부 실시예들에서, 복사 소스는 VCSEL 어레이일 수 있고, 그에 의해 레이저 온 시간은 개별 레이저 레벨에서 제어된다. 따라서, 스폿들의 이미지들은 일정한 강도, 예를 들어, A/D 범위의 2/3를 갖도록 제어될 수 있다. 대안적으로, 다시 말하지만 일정한 강도를 획득하기 위해, 구동 전압이 스폿들의 어레이에 걸쳐 높이의 함수로서 구동될 수 있다. 이러한 제어는 포화 방지 서보 루프(saturation avoidance servoing loop)라고 지칭될 수 있다. 어레이 내의 상이한 VCSEL들은 강도에 대해 그룹들로 또는 개별적으로 제어될 수 있으며, 패턴의 개별 VCSEL들이 동시에 투영되는 동안 그것들의 강도를 변경한다.
- [0171] 본 발명의 일부 다른 실시예들에서, 마이크로 프리즘 매트릭스가 협대역폭 필터 전방에서 사용될 수 있고, 따라서 방사가 +9° 와 -9° 사이의 입사각 내에서 필터에 입사한다. 이것은 협대역폭 필터링을 달성할 수 있게 한다. 프리즘 매트릭스는 예를 들어, 플라스틱 몰딩(plastic moulding)에 의해 만들어질 수 있다.
- [0172] 예를 들어, 능동 서스펜션 운송 수단 애플리케이션들이 고려되는 본 발명의 실시예들에서, 스폿 패턴의 투영은 유리하게 아래쪽으로, 즉 길을 향해 지향된다.
- [0173] 본 발명에 따른 시스템은 전용 하드웨어(예를 들어, ASIC), 구성 가능한 하드웨어(예를 들어, FPGA), 프로그램 가능한 구성 요소들(예를 들어, 적절한 소프트웨어를 갖는 DSP 또는 범용 프로세서), 또는 이들의 임의의 조합으로 위에서 기술된 방법들의 단계들의 구현을 포함할 수 있다. 동일한 구성 요소(들)는 다른 기능들을 포함할 수도 있다. 또한, 본 발명은 위에서 기술된 방법들의 단계들을 구현하는 코드 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품에 관한 것이고, 그러한 제품은 광학, 자기, 또는 고체 상태 캐리어와 같은 컴퓨터 판독가능 매체 상에 제공될 수 있다.

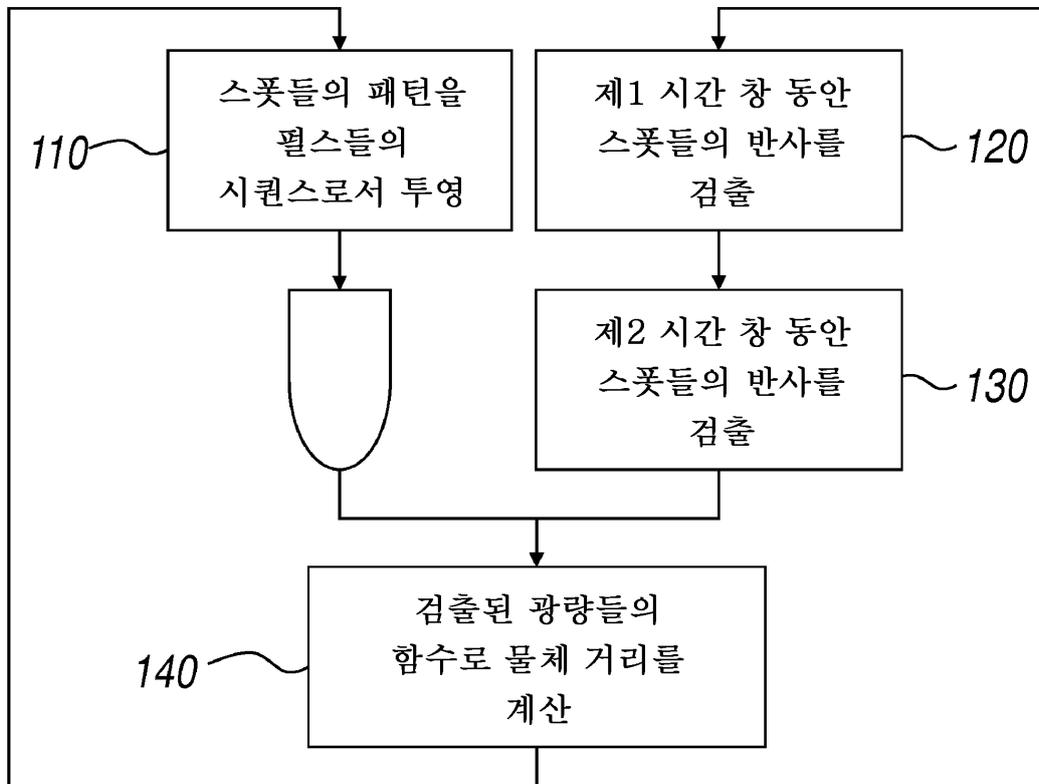
[0174] 본 발명은 또한 위에서 기술된 시스템을 포함하는 운송 수단에 관한 것이다.

[0175] 본 발명의 실시예들은 실내 및 실외 둘 다, 단거리 또는 장거리에서, 자동차 애플리케이션들, 산업 애플리케이션들, 게임 애플리케이션들 등을 포함하지만 그에 한정되지는 않는 매우 다양한 애플리케이션들에 유리하게 사용될 수 있다. 일부 애플리케이션들에서, 본 발명의 실시예들에 따른 상이한 센서들은 바람직하게는 완전한 원형(360°의 시야)에 걸쳐 파노라마 적용 범위를 생성하도록 결합(예를 들어, 데이지 체인(daisy-chained))될 수 있다.

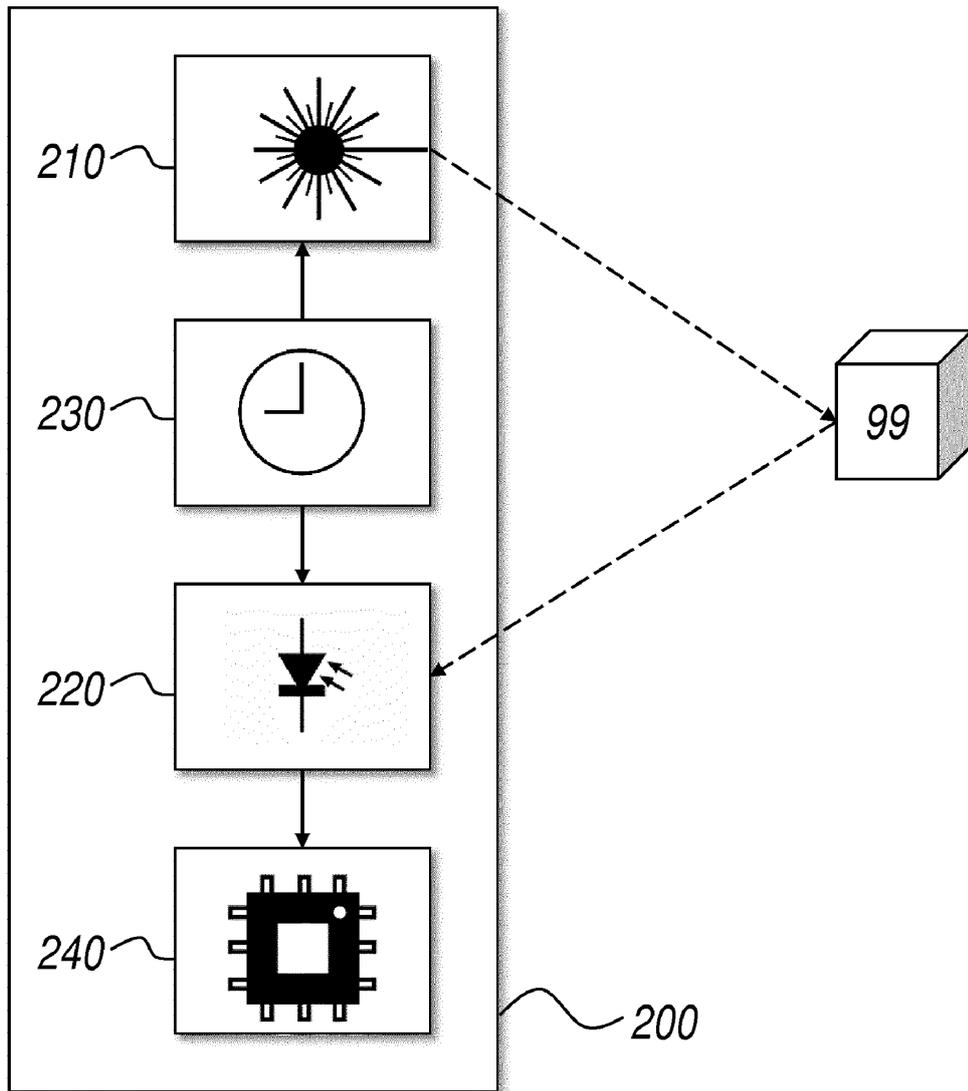
[0176] 본 발명은 별개의 시스템 및 방법의 실시예들을 참조하여 위에서 기술되었지만, 이는 단지 명확하게 하기 위한 목적으로 행해졌다. 통상의 기술자는 시스템에만 관련하여 기술되거나 방법에만 관련하여 기술된 특징들이 또한 동일한 기술적 효과들 및 이점들을 갖고서 방법 또는 시스템 각각에 적용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 또한, 본 발명의 범위는 이들 실시예들로 제한되는 것이 아니라, 첨부된 청구항들에 의해 정의된다.

도면

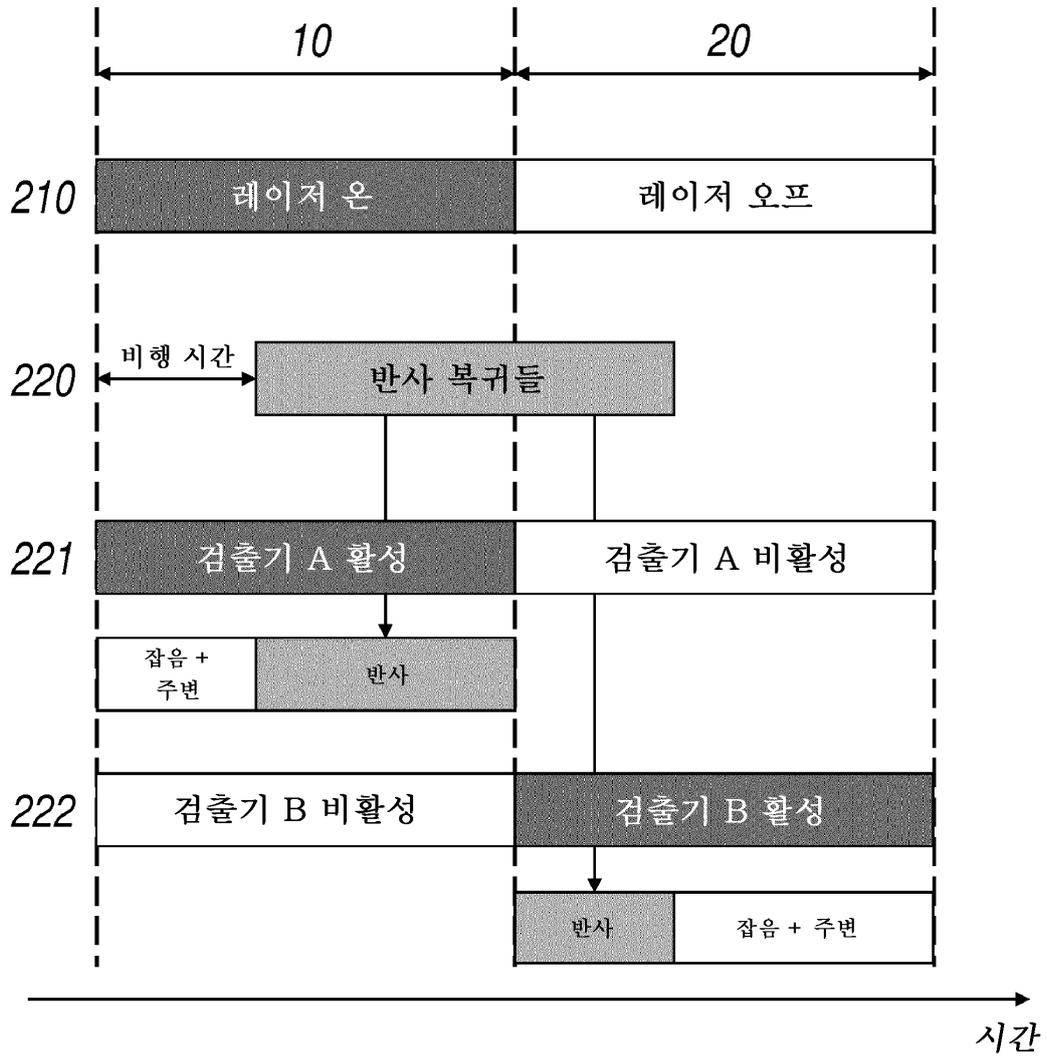
도면1



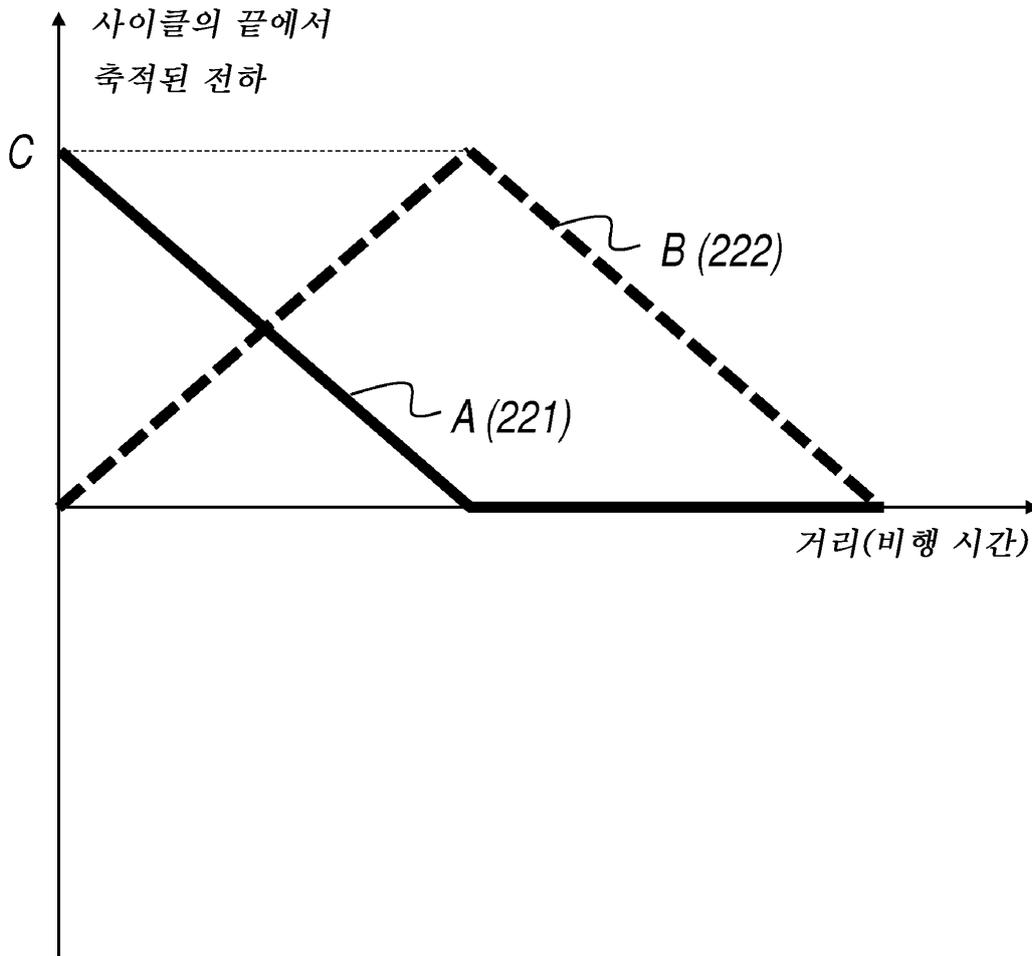
도면2



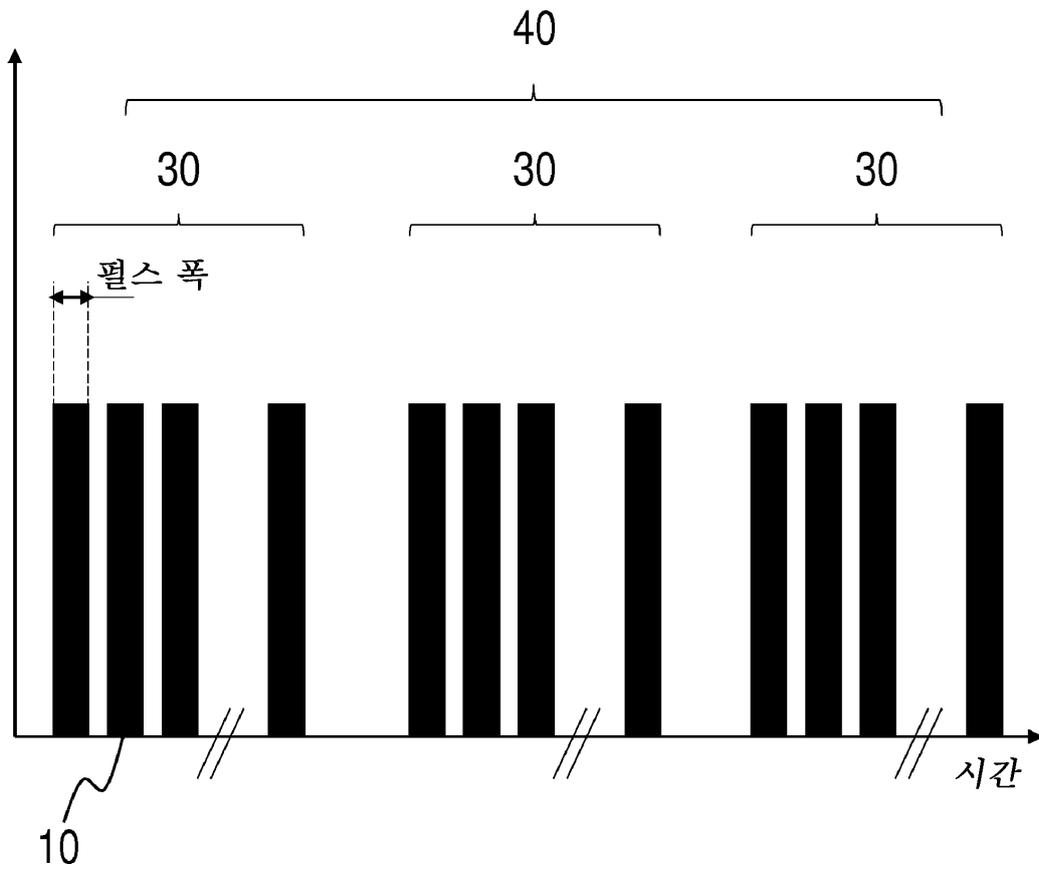
도면3a



도면3b



도면3c



도면4a

	프레임 1					프레임 2				
P	P	P	P	P		P	P	P	P	
I	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

도면4b

	프레임 1					프레임 2				
P	P		P			P		P		
I	A	A	A-	A	A-	A	A-	A	A-	
B	B	B	B-	B	B-	B	B-	B	B-	

도면4c

		프레임 1										프레임 2										
P		P		P		P						P		P		P						
I		A	A		A		A					A		A		A						
		B		B		B		B				B		B		B		B				
		C		C		C		C					C		C		C					

도면4d

		프레임 1										프레임 2											
P		P		P		P						P		P		P							
I		A	A		A		A					A		A		A							
		B		B		B		B				B		B		B							
		C								C	C	C									C	C	C

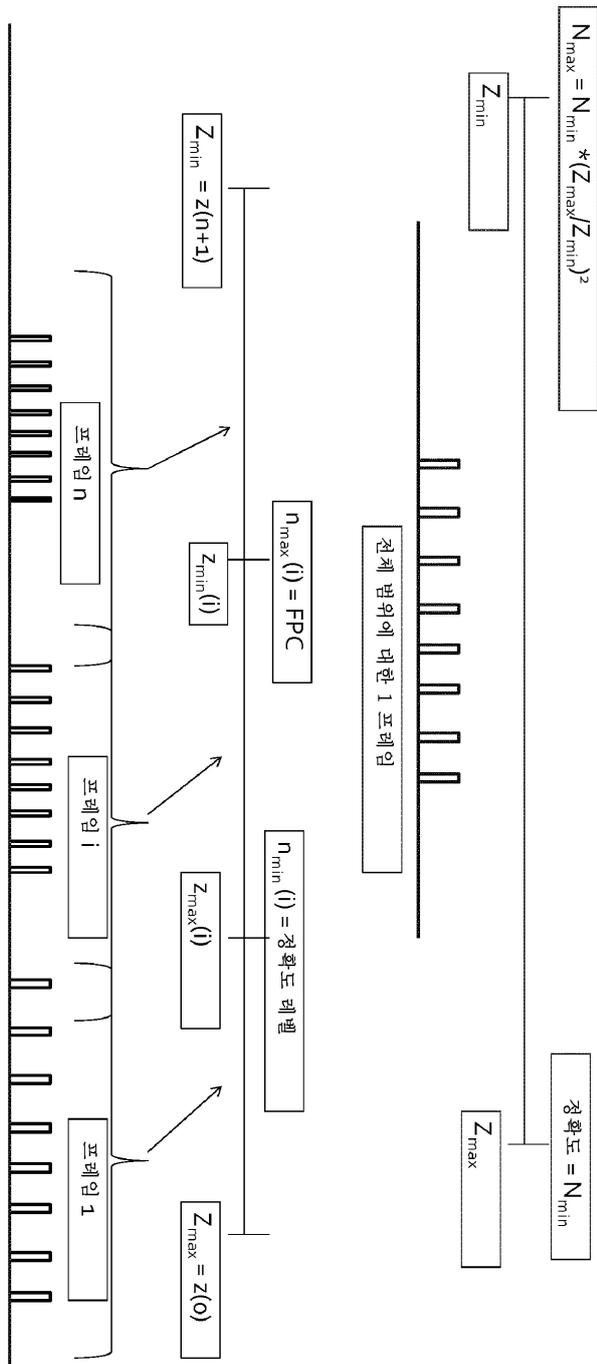
도면4e

		프레임 1										프레임 2										
P		P		P		P		P														
I		A	A		A		A		A			A	A	A	A	A	A	A				
		B		B		B		B		B												

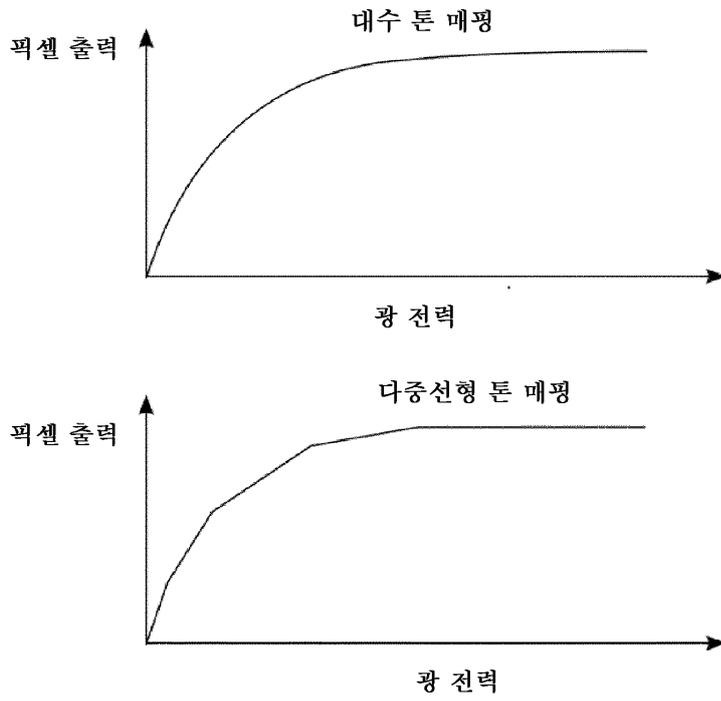
도면4f

		프레임 1, τ_1										프레임 2, τ_2										
P		P		P		P		P				P		P		P		P				
I		A	A		A		A		A			A		A		A		A				
		B		B		B		B		B		B		B		B		B				

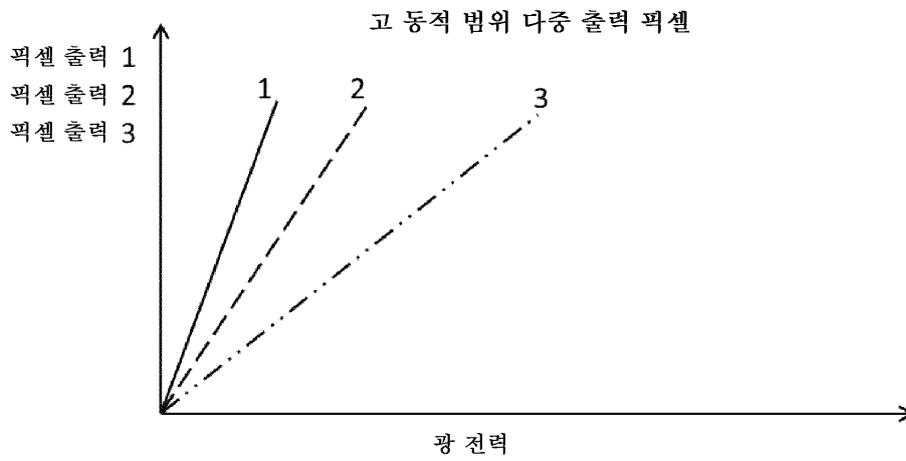
도면4g



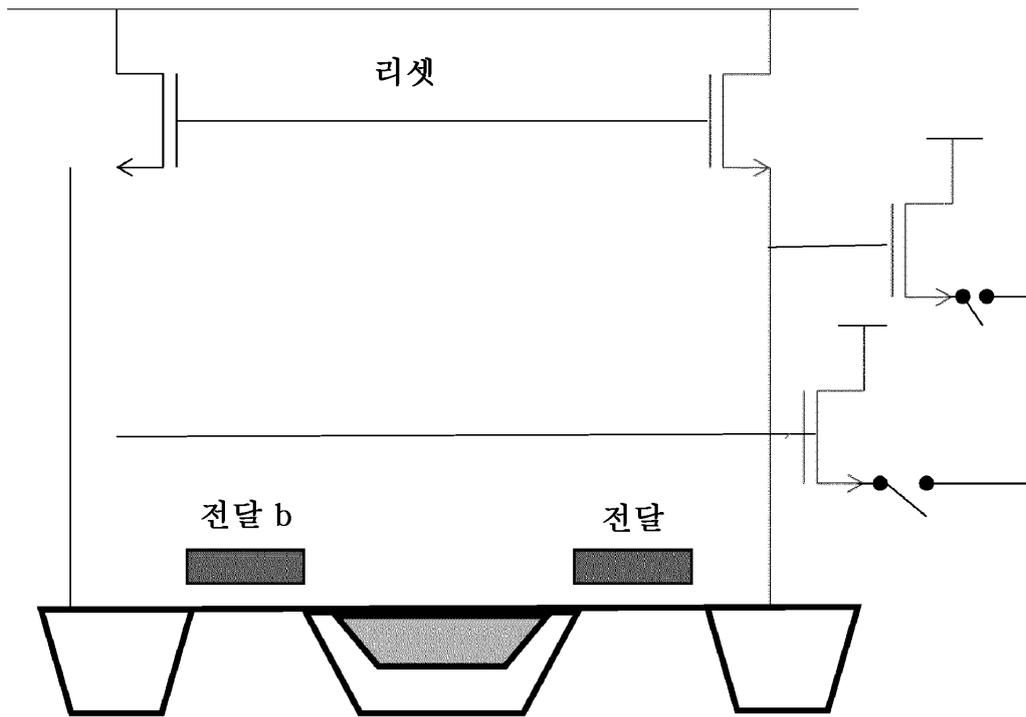
도면5



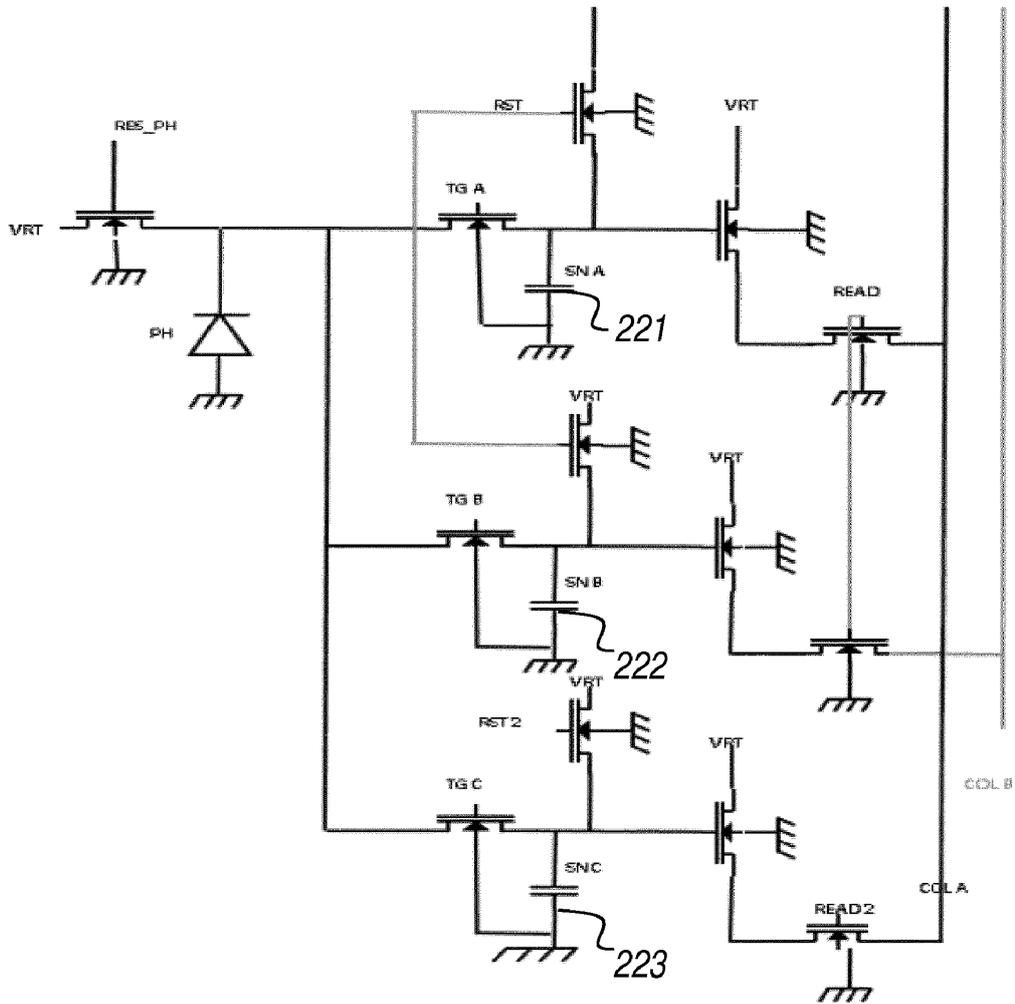
도면6



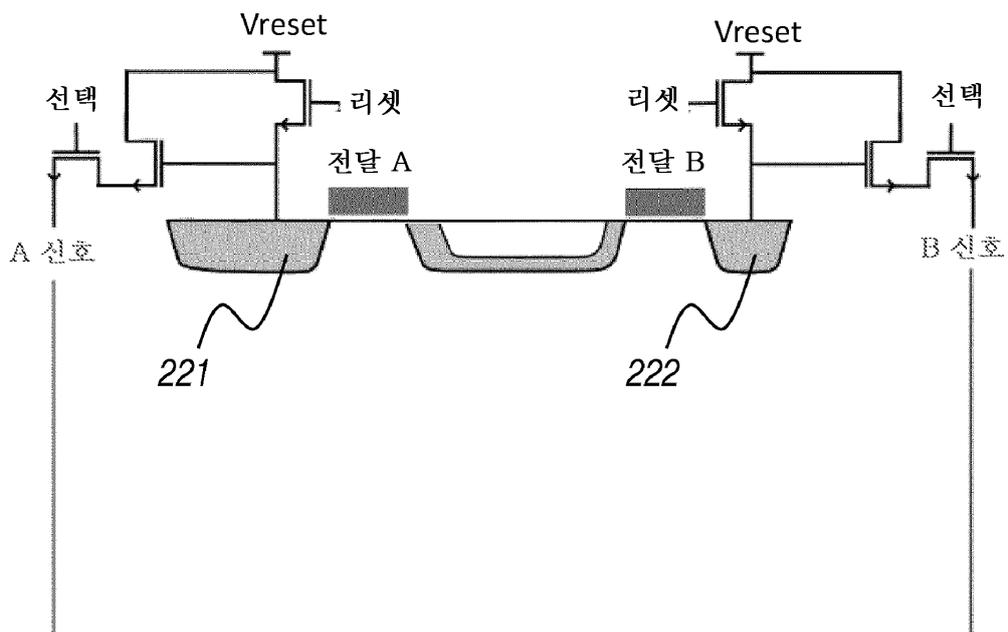
도면7



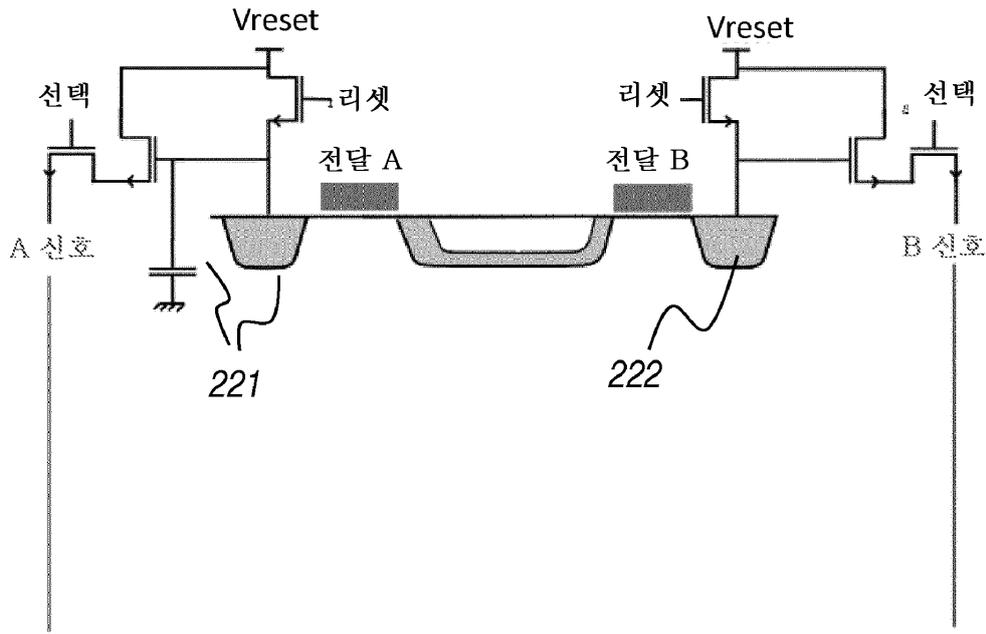
도면8



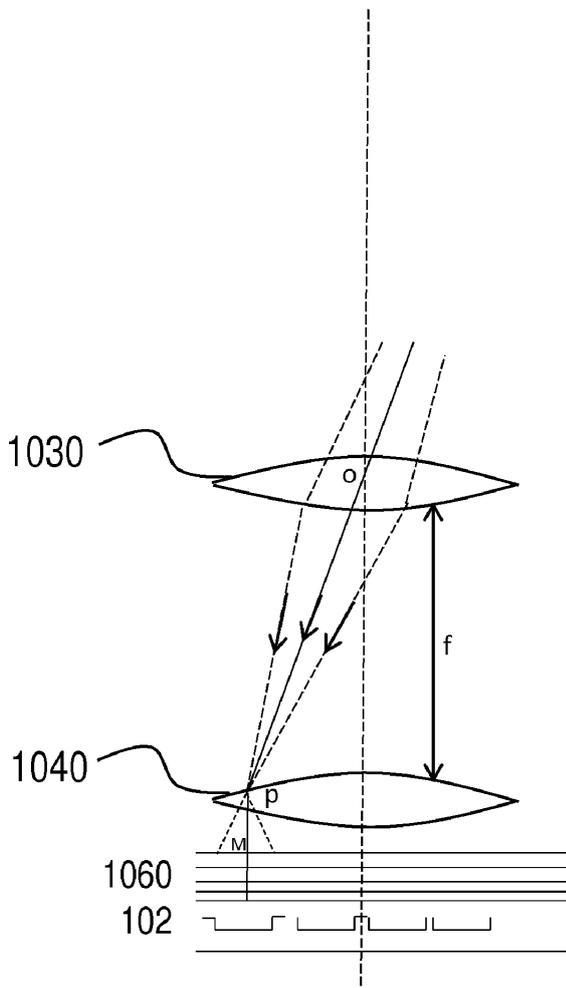
도면9



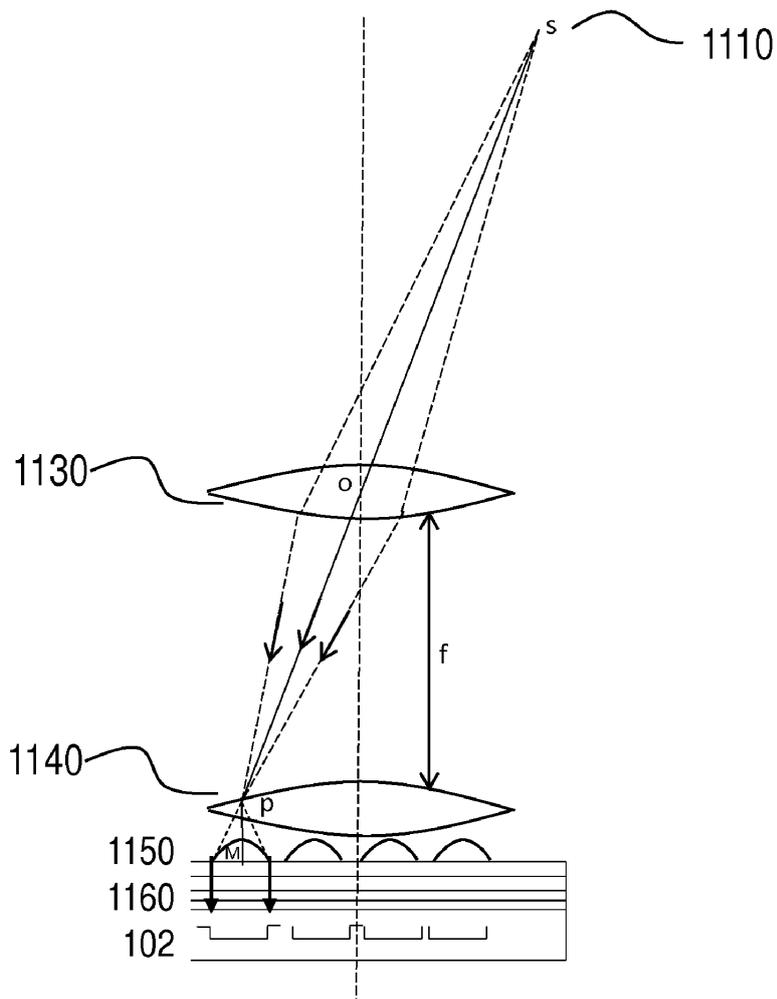
도면10



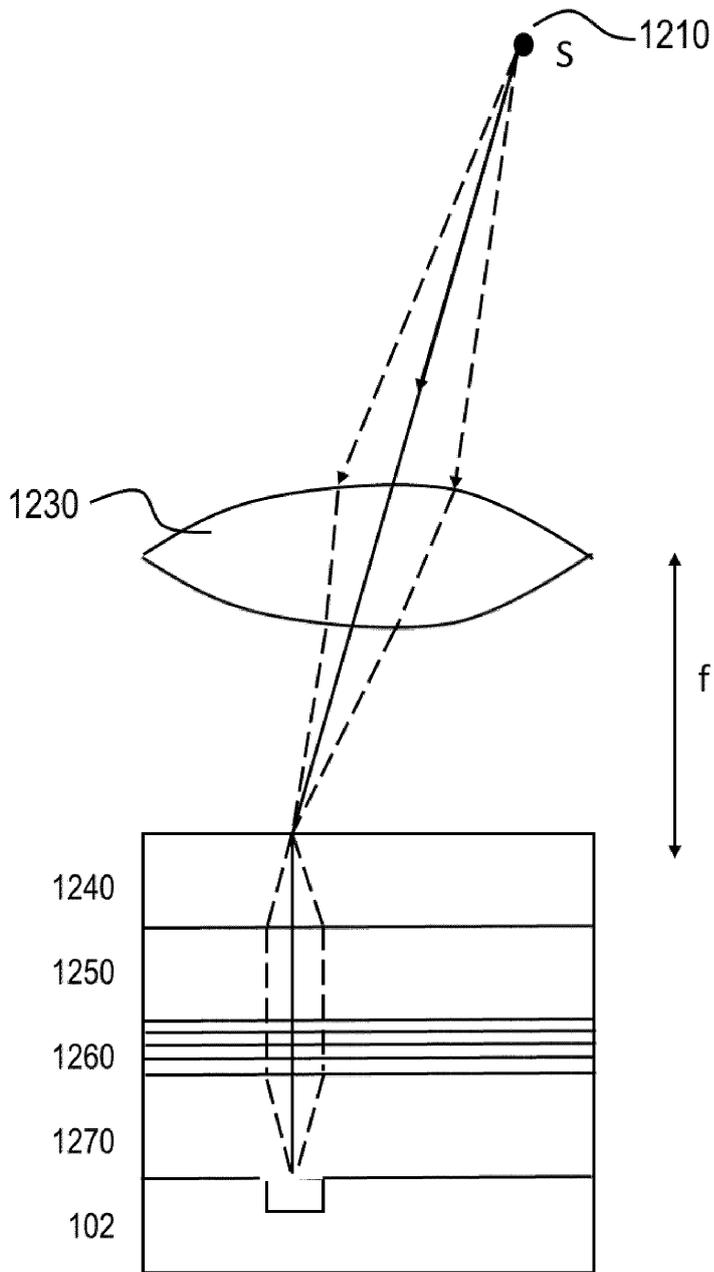
도면11



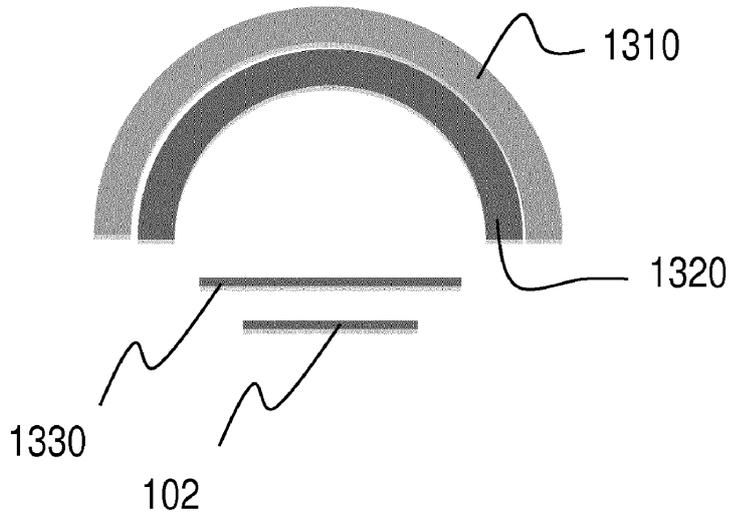
도면12



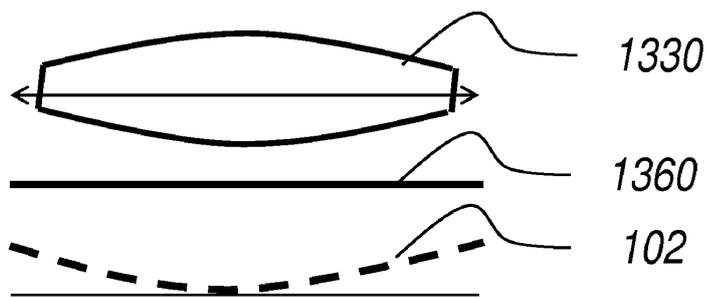
도면13



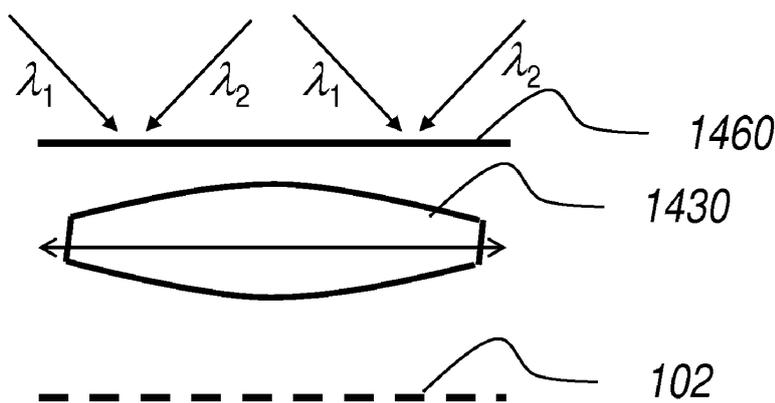
도면14



도면15



도면16



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템(200)으로서,

상기 물체를 향하는 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스에 투영하도록 배열되어 있는 반도체 광원(210);

복수의 CMOS 화소(picture elements)를 포함하는 검출기(220) - 상기 검출기(220)는 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 상기 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출하도록 구성되고, 상기 검출기(220)에는 협대역 필터가 제공됨 -; 및

상기 검출된 광에 응답하여 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 상기 물체까지의 상기 거리를 계산하도록 구성된 처리 수단(240)

을 포함하고;

상기 화소들(220)은, 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(predetermined time window)(10) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하를 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하도록 구성되고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 이후에 발생하고;

상기 복수의 화소 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물(charge storage wells)(221, 222)을 포함하고, 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222) 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고;

상기 제1 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제1 전하 저장 우물(221)은 상기 제2 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제2 전하 저장 우물(222)보다 더 큰 전하 저장 용량을 갖고;

상기 복수의 화소 각각은 배경 광 값들을 취득하는 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는, 시스템.

【변경후】

물체까지의 거리를 결정하기 위한 시스템(200)으로서,

상기 물체를 향하는 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스에 투영하도록 배열되어 있는 반도체 광원(210);

복수의 CMOS 화소(picture elements)를 포함하는 검출기(220) - 상기 검출기(220)는 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 상기 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출하도록 구성되고, 상기 검출기(220)에는 협대역 필터가 제공됨 -; 및

상기 검출된 광에 응답하여 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 상기 물체까지의 상기 거리를 계산하도록 구성된 처리 수단(240)

을 포함하고;

상기 화소들은, 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(predetermined time window)(10) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하를 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하도록 구성되고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 이후에 발생하고;

상기 복수의 화소 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물(charge storage wells)(221, 222)을 포함하고, 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222) 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고;

상기 제1 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제1 전하 저장 우물(221)은 상기 제2 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제2 전하 저장 우물(222)보다 더 큰 전하 저장 용량을 갖고;

상기 복수의 화소 각각은 배경 광 값들을 취득하는 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는, 시스템.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 7

【변경전】

물체까지의 거리를 결정하기 위한 방법으로서,

반도체 광원(210)을 사용하여, 상기 물체를 향하는 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스에 투영(110)하는 단계;

복수의 CMOS 화소를 포함하는 검출기(220)를 사용하여, 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 상기 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출(120; 130)하는 단계 - 상기 검출기(220)에는 협대역 필터가 제공됨 -; 및

상기 검출된 광에 응답하여 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 상기 물체까지의 상기 거리를 계산하는 단계(140)

를 포함하고;

상기 화소들(220)은, 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하량을 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 이후에 발생하고;

상기 복수의 화소 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고;

상기 제1 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제1 전하 저장 우물(221)은 상기 제2 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제2 전하 저장 우물(222)보다 더 큰 전하 저장 용량을 갖고;

상기 복수의 화소 각각은 배경 광 값들을 취득하는 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는, 방법.

【변경후】

물체까지의 거리를 결정하기 위한 방법으로서,

반도체 광원(210)을 사용하여, 상기 물체를 향하는 레이저 광의 불연속 스폿들의 패턴을 주기적으로 반복되는 펄스들의 시퀀스에 투영(110)하는 단계;

복수의 CMOS 화소를 포함하는 검출기(220)를 사용하여, 상기 펄스들의 시퀀스와 동기화하여 상기 물체에 의해 반사된 상기 불연속 스폿들의 패턴을 나타내는 광을 검출(120; 130)하는 단계 - 상기 검출기(220)에는 협대역 필터가 제공됨 -; 및

상기 검출된 광에 응답하여 상기 화소들에 의해 생성된 노출 값들의 함수로서 상기 물체까지의 상기 거리를 계산하는 단계(140)

를 포함하고;

상기 화소들은, 상기 시퀀스의 펄스들 전부에 대해, 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제1 광량을 나타내는 제1 전하량, 및 제2의 미리 결정된 시간 창(20) 동안 상기 물체에 의해 반사된 제2 광량을 나타내는 제2 전하량을 축적함으로써 상기 노출 값들을 생성하고, 상기 제2의 미리 결정된 시간 창(20)은 상기 제1의 미리 결정된 시간 창(10) 이후에 발생하고;

상기 복수의 화소 각각은 적어도 2개의 전하 저장 우물을 포함하고, 상기 제1 광량의 상기 검출 및 상기 제2 광량의 상기 검출은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물 중 각각의 전하 저장 우물에서 발생하고;

상기 제1 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제1 전하 저장 우물(221)은 상기 제2 광량의 상기 검출에 사용되는 상기 제2 전하 저장 우물(222)보다 더 큰 전하 저장 용량을 갖고;

상기 복수의 화소 각각은 배경 광 값들을 취득하는 기능을 수행하도록 구성된 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 추가 전하 저장 우물(223)은 상기 적어도 2개의 전하 저장 우물(221, 222)의 전하 저장 용량보다 더 작은 전하 저장 용량을 갖는, 방법.