



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월25일
(11) 등록번호 10-2425304
(24) 등록일자 2022년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 13/218 (2018.01) G02B 27/46 (2022.01)
G02B 3/00 (2022.01) G02B 30/27 (2020.01)
G02B 5/00 (2006.01) G02B 5/20 (2022.01)
(52) CPC특허분류
H04N 13/218 (2018.05)
G02B 27/46 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2021-7031355(분할)
(22) 출원일자(국제) 2017년06월26일
심사청구일자 2021년09월29일
(85) 번역문제출일자 2021년09월29일
(65) 공개번호 10-2021-0122905
(43) 공개일자 2021년10월12일
(62) 원출원 특허 10-2019-7011974
원출원일자(국제) 2017년06월26일
심사청구일자 2020년05월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/039306
(87) 국제공개번호 WO 2018/057084
국제공개일자 2018년03월29일
(30) 우선권주장
15/276,532 2016년09월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
W02011063347 A2
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 25 항

(73) 특허권자
아우스터, 인크.
미국 94110 캘리포니아주 샌 프란시스코 트리트
애비뉴 350
(72) 발명자
파칼라, 안구스
미국 94107 캘리포니아주 샌 프란시스코 클라라
스트리트 268
프릭틀, 마크
미국 94107 캘리포니아주 샌 프란시스코 클라라
스트리트 268
(74) 대리인
양영준, 김연송, 백만기

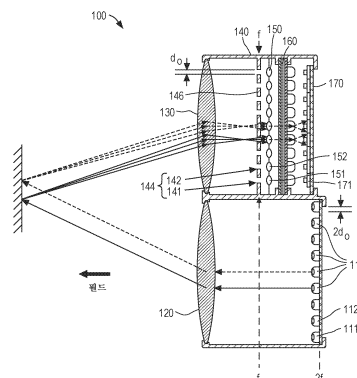
심사관 : 진민숙

(54) 발명의 명칭 필드 내에서 거리 정보를 수집하기 위한 광학 시스템

(57) 요약

필드 내에서 거리 정보를 수집하기 위한 광학 시스템이 제공된다. 광학 시스템은 필드로부터 광자를 수집하기 위한 렌즈를 포함할 수도 있고, 필드로 광자를 분배하기 위한 렌즈를 포함할 수도 있다. 광학 시스템은 개구에 의해 통과된 광자를 시준하는 렌즈, 동작 파장의 외부의 정상적으로 입사하는 광을 거부하는 광학 필터, 및 입사 광자를 검출하는 픽셀을 포함할 수도 있다. 광학 시스템은 동작 파장에서 광자를 출력하는 조명 소스를 더 포함할 수도 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02B 3/0056 (2013.01)

G02B 30/27 (2020.01)

G02B 5/005 (2013.01)

G02B 5/208 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

W02015037211 A1

KR1020130038388 A

KR1020120137432 A

KR1020150072439 A

명세서

청구범위

청구항 1

거리 정보를 수집하기 위한 광학 시스템으로서,

벌크 전송 광학계;

동작 파장을 갖는 복수의 이미터를 포함하는 이미터 어레이 - 상기 복수의 이미터 내의 각각의 이미터는 상기 동작 파장의 조명 빔을 상기 벌크 전송 광학계를 통해, 상기 복수의 이미터 내의 다른 이미터들로부터의 조명 빔들과 중첩하지 않는 상기 광학 시스템의 외부의 필드 내의 스폿을 향해 출력하도록 구성됨 -;

벌크 이미징 광학계;

상기 벌크 이미징 광학계의 후방에 배열된 복수의 픽셀을 포함하는 검출기 어레이 - 상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 상기 이미터 어레이로부터 방출되고 상기 필드 내의 표면들로부터 반사된 후에 상기 벌크 이미징 광학계를 통해 수신된 광자들을 검출하도록 동작 가능한 복수의 단일-광자 애벌런치 다이오드(SPAD)를 포함하고, 상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 카운터 및 레지스터를 포함하는 디지털 처리 전자 기기들에 전기적으로 결합됨 -; 및

상기 검출기 어레이와 상기 벌크 이미징 광학계 사이에 배치된 복수의 광학 요소 - 상기 복수의 광학 요소는 조리개 영역(stop region)에 의해 분리된 복수의 개구를 포함하는 개구층 및 상기 검출기 어레이에 대한 상기 복수의 이미터의 동작 파장을 포함하는 방사선 대역을 통과시키고 상기 대역 외부의 방사선을 차단하도록 구성되는 광학 필터층을 포함함 -

를 포함하고,

상기 복수의 픽셀은 제1 픽셀, 제2 픽셀, 제3 픽셀, 및 제4 픽셀을 포함하고;

상기 복수의 개구는 상기 벌크 이미징 광학계로부터 상기 제1 픽셀로 연장하는 제1 광학 경로 내에 배치된 제1 개구, 상기 벌크 이미징 광학계로부터 상기 제2 픽셀로 연장하는 제2 광학 경로 내에 배치된 제2 개구, 상기 벌크 이미징 광학계로부터 상기 제3 픽셀로 연장하는 제3 광학 경로 내에 배치된 제3 개구, 및 상기 벌크 이미징 광학계로부터 상기 제4 픽셀로 연장하는 제4 광학 경로 내에 배치된 제4 개구를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 개구층은 상기 벌크 이미징 광학계로부터 이격된 얇은 불투명 구조체를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 검출기 어레이 내의 각각의 픽셀은 상기 이미터 어레이 내의 이미터와 쌍을 이루어 상기 픽셀의 시야가 쌍을 이루는 이미터의 시야와 일치하도록 하고, 상기 검출기 어레이 내의 각각의 픽셀은 상기 검출기 어레이 내의 모든 다른 픽셀들의 시야들과 중첩하지 않는 시야를 갖는, 광학 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 이미터 어레이는 조명 패턴에 따라 조명 빔들을 상기 광학 시스템의 전방의 상기 필드로 투사하도록 구성되고, 상기 조명 패턴 내의 각각의 이산 빔은 상기 검출기 어레이 내의 하나의 픽셀의 시야와 정렬되는, 광학 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 복수의 개구 내의 각각의 개구는 대응하는 픽셀에 대한 시야를 규정하는, 광학 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 개구층은 상기 벌크 이미징 광학계의 초점 평면과 일치하는, 광학 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 벌크 전송 광학계 및 상기 벌크 이미징 광학계 각각은 다수의 이산 렌즈를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 검출기 어레이 내의 각각의 픽셀은 하나의 샘플링 주기 내에 상기 픽셀 상에 입사되는 광자들의 카운트에 대응하는 신호를 출력하도록 기능하는, 광학 시스템.

청구항 9

거리 정보를 수집하기 위한 광학 시스템으로서,

벌크 전송 광학계;

동작 파장의 전자기 방사선을 상기 광학 시스템의 전방의 필드 내로 출력하도록 구성된 복수의 이미터;

상기 벌크 전송 광학계와 인접하고 상기 벌크 전송 광학계로부터 측방향으로 오프셋되는 벌크 이미징 광학계 - 상기 벌크 이미징 광학계는 상기 필드와 대향하는 초점 평면을 갖고, 상기 광학 시스템의 외부로부터 상기 초점 평면을 향해 입사 광선들을 투사하도록 구성됨 -;

상기 벌크 이미징 광학계의 후방에 배열된 복수의 픽셀 - 상기 복수의 픽셀은 상기 복수의 이미터로부터 방출되고 상기 필드 내의 표면들로부터 반사된 후에 상기 벌크 이미징 광학계를 통해 수신된 광자들을 검출하도록 동작 가능하고, 상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 상기 복수의 픽셀 내의 모든 다른 픽셀들의 시야들과 중첩하지 않는 시야를 갖고, 상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 카운터 및 레지스터를 포함하는 디지털 처리 전자 기기들에 전기적으로 결합됨 -;

제1 개구, 제2 개구 및 상기 제1 개구와 상기 제2 개구 사이의 조리개 영역(stop region)을 포함하는 개구층; 을 포함하고,

상기 복수의 픽셀은 상기 제1 개구를 통해 연장하는 제1 광학 경로에 배치된 제1 픽셀 및 상기 제2 개구를 통해 연장하는 제2 광학 경로에 배치된 제2 픽셀을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 복수의 이미터는 조명 패턴에 따라 조명 빔들을 상기 광학 시스템의 전방의 상기 필드로 투사하도록 구성되고, 상기 조명 패턴 내의 각각의 빔은 상기 복수의 픽셀 내의 하나의 픽셀의 시야와 정렬되는, 광학 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 복수의 이미터는 상기 벌크 전송 광학계의 초점 평면을 따라 배열되고 상기 벌크 전송 광학계 및 상기 벌크 이미징 광학계 각각은 다수의 이산 렌즈를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 제1 개구 및 제2 개구 각각은 상기 복수의 픽셀 중 하나의 픽셀에 대한 이산 시야를 규정하는, 광학 시스템.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 복수의 이미터는 제1 배열로 배열되고, 상기 복수의 픽셀은 상기 제1 배열에 비례하는 제2 배열로 배열되는, 광학 시스템.

청구항 14

제9항에 있어서, 각각의 픽셀은 복수의 가이거(Geiger) 모드 애벌런치 다이오드를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 복수의 SPAD를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서, 각각의 픽셀 내의 상기 복수의 SPAD는 상기 픽셀의 감지 영역을 가로질러 분포된 어레이로서 배열되는, 광학 시스템.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 복수의 이미터 내의 각각의 이미터는 수직 공동 표면 발광 레이저(VCSEL)를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 18

제15항에 있어서, 각각의 픽셀은 하나의 샘플링 주기 내에서 상기 픽셀에 입사하는 광자들의 카운트에 대응하는 신호들의 스트림을 출력하도록 기능하는, 광학 시스템.

청구항 19

제15항에 있어서, 각각의 픽셀은 하나의 샘플링 주기 내에 상기 픽셀 상에 입사되는 광자들의 카운트에 대응하는 신호를 출력하도록 기능하는, 광학 시스템.

청구항 20

제9항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구층은 제3 개구 및 제4 개구를 더 포함하고, 상기 복수의 픽셀은 상기 제3 개구를 통해 연장되는 제3 광학 경로에 배치된 제3 픽셀 및 상기 제4 개구를 통해 연장되는 제4 경로에 배치된 제4 픽셀을 더 포함하는, 광학 시스템.

청구항 21

거리 정보를 수집하기 위한 광학 시스템으로서,

벌크 전송 광학계;

서로 이격되고 제1 축에 평행하게 정렬된 복수의 이미터 - 상기 복수의 이미터 내의 각각의 이미터는 동작 파장의 전자기 방사선을 상기 광학 시스템의 전방의 필드 내의 스폿을 향해 출력하도록 구성되고, 상기 복수의 이미터는 적어도 제1 이미터, 제2 이미터, 제3 이미터, 및 제4 이미터를 포함함 -;

상기 벌크 전송 광학계에 인접하고 상기 벌크 전송 광학계로부터 측방향으로 오프셋되는 벌크 이미징 광학계 - 상기 벌크 이미징 광학계는 상기 필드와 대향하는 초점 평면을 갖고, 상기 광학 시스템의 외부로부터 상기 초점 평면을 향해 입사 광선들을 투사하도록 구성됨 -;

상기 벌크 이미징 광학계의 후방에 배열되고, 서로 이격되고, 제1 축에 평행하게 정렬되는 복수의 픽셀 - 상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 복수의 단일-광자 애벌런치 다이오드(SPAD)를 포함하고, 상기 복수의 픽셀들은 적어도 임계 거리를 넘어 상이한 비증첩 시야를 각각 갖는 제1 픽셀, 제2 픽셀, 제3 픽셀, 및 제4 픽셀을 포함하고, 상기 복수의 픽셀 내의 각각의 픽셀은 카운터 및 레지스터를 포함하는 디지털 처리 전자 기기들에 전기적으로 결합됨 -;

상기 벌크 이미징 광학계와 상기 복수의 픽셀 사이에 배치되고 상기 동작 파장을 포함하는 광의 파장들의 세트가 하나 이상의 광학 필터를 통과하게 하면서 상기 세트 외부의 광이 상기 복수의 픽셀에 도달하는 것을 차단하도록 구성된 상기 하나 이상의 광학 필터;

조리개 영역(stop region)에 의해 서로 분리된 제1 개구, 제2 개구, 제3 개구, 및 제4 개구를 포함하는 복수의 개구;

를 포함하고,

상기 제1 픽셀은 상기 제1 이미터로부터 방출되어 상기 필드 내의 표면들로부터 반사되고 상기 제1 개구를 통과한 후에 상기 벌크 이미징 광학계를 통해 수신된 광자들을 검출하도록 동작 가능하고, 상기 제2 픽셀은 상기 제2 이미터로부터 방출되어 상기 필드 내의 표면들로부터 반사되고 상기 제2 개구를 통과한 후에 상기 벌크 이미징 광학계를 통해 수신된 광자들을 검출하도록 동작 가능하고, 상기 제3 픽셀은 상기 제3 이미터로부터 방출되어 상기 필드 내의 표면들로부터 반사되고 상기 제3 개구를 통과한 후에 상기 벌크 이미징 광학계를 통해 수신된 광자들을 검출하도록 동작 가능하고, 상기 제4 픽셀은 상기 제4 이미터로부터 방출되어 상기 필드 내의 표면들로부터 반사되고 상기 제4 개구를 통과한 후에 상기 벌크 이미징 광학계를 통해 수신된 광자들을 검출하도록 동작 가능한, 광학 시스템.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 하나 이상의 광학 필터는 실리카 기판 위에 형성된 코팅을 포함하는 광학 필터를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 23

제21항 또는 제22항에 있어서, 상기 복수의 이미터 내의 각각의 이미터는 수직 공동 표면 발광 레이저(VCSEL)를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 24

제1항 내지 제7항, 제9항 내지 제19항, 및 제21항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 시스템은 상기 복수의 이미터로부터의 조명 빔들의 전송과 상기 복수의 픽셀에 의한 상기 조명 빔들로부터의 광자들의 검출 사이의 시간들에 기초하여 3차원 거리 데이터를 수집하는, 광학 시스템.

청구항 25

제1항 내지 제7항, 제9항 내지 제19항, 및 제21항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 시스템을 회전 축을 중심으로 회전시키도록 구성된 회전 메커니즘을 더 포함하고, 상기 복수의 이미터는 상기 회전 축에 평행한 하나 이상의 컬럼으로 배열되는, 광학 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 광학 센서의 필드에 관한 것으로, 더 구체적으로 광학 센서의 필드에서 거리 정보를 수집하기 위한 새로운 유용한 광학 시스템에 관한 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0002] 도 1은 시스템의 개략도이다.
- 도 2는 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 3은 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 4는 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 5는 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 6은 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 7은 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 8은 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.
- 도 9는 시스템의 일 변형예에 따른 흐름도이다.
- 도 10은 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.

도 11은 시스템의 일 변형예에 따른 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0003] 본 발명의 실시예의 이하의 설명은 본 발명을 이 실시예에 한정하도록 의도되는 것이 아니라, 오히려 통상의 기술자가 본 발명을 구성하고 사용할 수 있게 하는 것이다. 본 명세서에 설명된 변형, 구성, 구현예, 예시적인 구현예 및 예는 선택적이고, 이들이 설명하는 변형, 구성, 구현예, 예시적인 구현예 및 예에 배타적이지는 않다. 본 명세서에 설명된 발명은 이들 변형, 구성, 구현예, 예시적인 구현예 및 예의 임의의 및 모든 치환을 포함할 수 있다.

[0004] **1. 1차원 광학 시스템: 개구 어레이(Aperture Array)**

[0005] 도 1에 도시된 바와 같이, 필드 내의 거리 정보를 수집하기 위한 1차원 광학 시스템(100)은, 제1 축을 따라 배열된 조명 소스의 세트(110)로서, 조명 소스의 세트(110) 내의 각각의 조명 소스는 동작 파장의 조명 빔을 조명 소스의 전방의 필드 내의 이산 스폿을 향해 출력하도록 구성되는, 조명 소스의 세트(110); 필드에 대항하는 초점 평면에 의해 특징화되는 벌크 이미징 광학계(130); 초점 평면과 일치하고, 제1 축에 평행한 라인 어레이의 개구의 세트(144)를 형성하고, 개구의 세트(144)의 주위에 조리개 영역(stop region)(146)을 형성하는 개구층(140)으로서, 개구의 세트(144) 내의 각각의 개구는 조명 소스의 세트(110) 내의 대응 조명 소스에 의해 출력된 이산 스폿과 일치하는 필드 내의 시야를 규정하고, 조리개 영역(146)은 개구의 세트(144)에 의해 규정된 시야 외의 필드 내의 표면으로부터 반사되고 벌크 이미징 광학계(130)를 통과한 광선을 흡수하는, 개구층(140); 렌즈의 세트(150)로서, 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈는 제2 초점 길이에 의해 특징화되고, 제2 초점 길이만큼 벌크 이미징 광학계(130)에 대항하는 초점 평면으로부터 오프셋되고, 개구의 세트(144) 내의 개구와 정렬되고, 개구에 의해 통과된 광선을 시준하도록 구성되는, 렌즈의 세트(150); 개구층(140)에 대항하는 렌즈의 세트(150)에 인접하고 동작 파장에서 광선을 통과시키도록 구성된 광학 필터(160); 렌즈의 세트(150)에 대항하는 광학 필터(160)에 인접한 픽셀의 세트(170)로서, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈에 대응하고, 제1 축에 비평행한 제2 축을 따라 배열된 서브픽셀의 세트를 포함하는, 픽셀의 세트(170); 및 광학 필터(160)와 픽셀의 세트(170) 사이에 개재되고 픽셀의 세트(170) 내의 대응 픽셀의 서브픽셀의 세트를 가로질러 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈로부터 출력된 시준된 광을 확산하도록 구성된 확산기(180)를 포함한다.

[0006] **1.1 용례**

[0007] 일반적으로, 1차원 광학 시스템(100)("시스템")은 개구의 열(column)에 평행한 축 둘레로 회전될 때, 시스템에 의해 점유된 체적의 3차원 거리 데이터를 수집하는 이미지 센서로서 기능한다. 구체적으로, 1차원 광학 시스템(100)은 체적을 스캔하여 3차원 거리 데이터를 수집할 수 있는데, 이 3차원 거리 데이터는 이어서 예로서 조명 소스로부터의 조명 빔의 전송과 픽셀의 세트(170) 상에 입사된 광자 - 조명 소스로부터 발생할 가능성이 있음 - 의 검출 사이의 기록된 시간에 기초하여, 위상-기반 측정 기술에 기초하여, 또는 임의의 다른 적합한 거리 측정 기술에 기초하여, 체적의 가상 3차원 표현으로 재구성될 수 있다. 시스템(100)은 벌크 이미징 광학계(130)의 후방에 배열되고 벌크 이미징 광학계(130)의 전방의 필드에 이산 시야(즉, 시스템으로부터의 임계 거리를 넘는 비중첩 시야)를 규정하는 오프셋 개구의 열; 개구에 의해 규정된 시야 내로(실질적으로 단지 시야 내로만) 동작 파장에서 이산 조명 빔을 투사하는 조명 소스의 세트(110); 대응 개구를 통과한 광선을 시준하는 렌즈의 열; 및 동작 파장을 포함하는 협대역의 파장의 광(즉, 전자기 방사선)을 선택적으로 통과시키는 광학 필터(160); 및 입사 광자를 검출하는(예를 들어, 입사 광자를 카운트하고, 연속 입사 광자 사이의 시간을 트래킹함) 픽셀의 세트(170)를 포함한다. 따라서, 시스템은 개구의 시야와 실질적으로 정합하는 - 시스템으로부터 거리의 범위를 가로지르는 크기 및 기하학 구조에 있어서 - 조명 패턴에 따라 시스템의 전방의 필드 내로 조명 빔을 선택적으로 투사할 수 있다. 특히, 조명 소스는 시스템 내의 픽셀에 의해 검출될 수 있는 시스템 전방의 필드 내의 표면만을 실질적으로 조명하도록 구성되어, 시스템에 의해 출력된(조명 소스를 통해) 최소 전력이 픽셀이 블라인드인 필드 내의 조명 표면에 의해 낭비되게 된다. 따라서, 시스템은 입력 신호(즉, 픽셀 어레이 상의 입사부로부터 통과된 광자)에 대한 출력 신호(즉, 조명 빔 전력)의 비교적 높은 비를 달성할 수 있다. 더욱이, 렌즈의 세트(150)는 광학 필터(160)에 입사된 광선이 대략 0°의 입사각으로 광학 필터(160)와 만나도록 인접한 개구에 의해 통과된 광선을 시준할 수 있어서, 이에 의해 광학 필터(160)에 의해 통과된 비교적 협대역의 파장의 광을 유지하고 픽셀의 세트(170)에 도달하는 광선에 대해 비교적 높은 신호 대 노이즈비("SNR")를 달성한다.

[0008] 시스템은 열로 배열되고 개구와 정렬된 픽셀을 포함하고, 각각의 픽셀은 고정된 개구 피치 및 픽셀 열 높이에

대해 시스템의 감지 영역을 확장하기 위해 비-정사각형 기하학 구조(예를 들어, 짧고 넓은)일 수 있다. 시스템은 대응 픽셀의 영역을 가로질러 개구로부터 광학 필터(160)를 통해 통과된 광선을 확산하여 픽셀이 그 전체 폭 및 높이를 가로질러 입사 광자를 검출하여 이에 의해 시스템의 동적 범위를 증가시킬 수 있게 하는 확산기(180)를 또한 포함한다.

[0009] 시스템은 전자기 방사선을 필드 내로 투사하고 필드 내의 표면으로부터 재차 벌크 수신기 광학계로 반사된 전자기 방사선을 검출하는 것으로서 본 명세서에 설명된다. 본 명세서에 언급된 용어 "조명 빔", "광", "광선" 및 "광자"는 이러한 전자기 방사선을 칭한다. 본 명세서에 언급된 용어 "채널"은 개구층(140) 내의 하나의 개구, 렌즈의 세트(150) 내의 대응 렌즈, 및 픽셀의 세트(170) 내의 대응 픽셀을 칭한다.

[0010] **1.2 벌크 이미징 광학계**

[0011] 시스템은 필드에 대항하는 초점 평면에 의해 특징화되는 벌크 이미징 광학계(130)를 포함한다. 일반적으로, 벌크 이미징 광학계(130)는 시스템 외부로부터의 입사 광선을, 개구층(140)의 조리개 영역(146)에 입사된 광선이 거부되고(예를 들어, 경면 반사되거나 흡수됨) 개구층(140) 내의 개구 상에 입사된 광선이 초점 길이에 의해 특징화되고 초점 길이만큼 초점 평면으로부터 오프셋된 렌즈 내로 통과되는 초점 평면을 향해 투사하는 기능을 한다.

[0012] 일 구현예에서, 벌크 이미징 광학계(130)는, 시스템의 동작 과정에서 특정 초점 길이에 의해 특징화되는 양면-볼록 렌즈(도 2에 도시됨) 또는 평면-볼록 렌즈와 같은 수렴 렌즈를 포함한다. 벌크 이미징 광학계(130)는, 도 11에 도시된 바와 같이, 개구층(140)을 향해 광선을 투사하도록 협력하고, 필드에 대항하는 합성 초점 평면에 의해 특징화되는 다수의 이산 렌즈를 또한 포함할 수 있다. 그러나, 벌크 이미징 광학계(130)는 임의의 다른 적합한 유형의 렌즈 또는 임의의 다른 유형 또는 기하학 구조의 렌즈의 조합일 수 있다.

[0013] **1.3 개구층**

[0014] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 시스템은, 초점 평면과 일치하고, 조명 소스의 축에 평행한 라인 어레이의 개구의 세트(144)를 형성하고, 개구의 세트(144)의 주위에 조리개 영역(146)을 형성하는 개구층(140)을 포함하고, 개구의 세트(144) 내의 각각의 개구는 조명 소스의 세트(110) 내의 대응 조명 소스에 의해 출력된 이산 스폿과 일치하는 필드 내의 시야를 규정하고, 조리개 영역(146)은 개구의 세트(144)에 의해 규정된 시야의 외부의 필드 내의 표면으로부터 반사되고 벌크 이미징 광학계(130)를 통과하는 광선을 흡수하고 그리고/또는 반사한다. 일반적으로, 개구층(140)은 개방 영역의 어레이(즉, 렌즈당 하나의 개구를 포함하는 개구들) 및 인접한 개방부 사이의 폐쇄 영역("조리개 영역")을 형성한다. 개구층(140) 내의 각각의 개구는 그 대응 감지 채널에 대한 시야를 규정하고 그 시야 내에서 외부면으로부터 반사된 광을 그 대응 렌즈 내로 통과시키는 "핀홀(pinhole)"을 형성하고, 각각의 조리개 영역(146)은 도 6에 도시된 바와 같이, 초점 평면의 선택 영역 상에 입사된 광선이 렌즈 어레이 내로 통과하는 것을 차단할 수 있다.

[0015] 개구층(140)은 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 벌크 이미징 광학계(130)의 초점 평면과 일치하는(예를 들어, 그를 따라 배열된) 비교적 얇은 불투명 구조체를 포함한다. 예를 들어, 개구층(140)은 광경화성 투명 폴리머 위에 침착되고(예를 들어, 도금됨) 이어서 선택적으로 에칭되어 개구의 어레이를 형성하는 10 마이크로미터 두께의 구리, 은 또는 니켈 필름을 포함할 수 있다. 유사한 예에서, 반사 금속화 층 또는 광 흡수 포토폴리머(예를 들어, 광 흡수 염료와 혼합된 포토폴리머)가 유리 웨이퍼 상에 침착될 수 있고 포토마스크로 선택적으로 경화되어 개구층(140) 및 개구의 세트(144)를 형성한다. 대안적으로, 개구층(140)은, 개구의 어레이를 형성하도록 기계적으로 또는 화학적으로 천공되고, 렌즈 어레이에 접합되고, 이어서 초점 평면을 따라 벌크 이미징 광학계(130) 위에 설치되는 이산 금속 필름을 포함할 수 있다. 그러나, 개구층(140)은 벌크 이미징 광학계(130)의 초점 평면을 따라 개구의 어레이를 형성하도록 임의의 다른 방식으로 형성되는 임의의 다른 반사(예를 들어, 경면 반사) 또는 광 흡수 재료를 포함할 수 있다.

[0016] 1차원 광학 시스템(100)에서, 개구층(140)은 실질적으로 균일한 직경의 다수의 이산 원형 개구의 단일 열을 형성할 수 있고, 각각의 개구는 도 3에 도시된 바와 같이, 렌즈 어레이 내의 하나의 렌즈에 실질적으로 평행하고 정렬된 축을 규정한다. 인접한 개구는 개구 직경보다 크고 렌즈 피치 거리와 실질적으로 유사한 개구 피치 거리만큼 오프셋되고, 개구층(140)은 인접한 개구 사이에 조리개 영역(146)(즉, 불투명 또는 반사 영역)을 형성하여 개구가 그 대응 감지 채널에 대한 이산의 비중첩 시야를 규정하게 된다. 회절-한계 직경까지 점점 더 작은 직경 - 입사광의 파장과 벌크 이미징 렌즈의 개구수의 함수임 - 에서, 개구는 더 좁은 시야(즉, 더 작은 직경의 시야)를 규정하고, 더 선명(sharper)하지만 더 낮은 강도의(감쇠된) 신호를 벌크 이미징 광학계(130)로부터 그

대응 렌즈 내로 통과시킨다. 따라서, 개구층(140)은 조명 소스(예를 들어, 900 nm)에 의해 출력된 광의 파장에 대한 회절-한계 직경보다 크고; 개구층(140)의 두께보다 실질적으로 더 크고; 렌즈 피치 거리 및 픽셀 피치 거리와 실질적으로 동등한 개구 피치 거리보다 작은, 직경의 개구를 형성할 수 있다. 일 예에서, 개구층(140)은 각각의 감지 채널의 시야의 기하학적 선택도를 최대화하기 위해 회절-한계 직경에 근접하는 직경의 개구를 형성할 수 있다. 대안적으로, 개구는 조명 소스에 의해 출력된 광의 파장에 대한 회절-한계 직경보다 작은 직경일 수 있다. 일 예에서, 개구층(140)은 각각의 샘플링 주기 내에 각각의 픽셀 상에 입사된 목표 수의 광자를 달성하도록, 시스템 내의 조명 소스의 전력 출력 및 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀에서 서브픽셀 광검출기의 수 및 광자 검출 능력에 정합된 직경의 개구를 형성할 수 있다. 본 예에서, 각각의 개구는 샘플링 주기 동안 대응 조명 소스로부터 발생하여 벌크 이미징 광학계(130) 상에 입사하는 픽셀에 대한 목표 감쇠 범위를 달성하는 특정 직경을 규정할 수 있다. 특히, 개구층(140) 내의 개구는 그 대응 렌즈에 그리고 그 대응 픽셀 상에 통과된 신호를 감쇠하기 때문에, 개구의 직경은 그 대응 픽셀의 동적 범위에 정합될 수 있다.

[0017] 일 구현예에서, 개구층(140) 내의 제1 개구(141)는 광선 - 벌크 이미징 광학계(130)의 전방의 필드(감지 채널의 시야) 내의 표면의 이산 영역으로부터 반사된 - 을 그 대응 렌즈 내로 통과시키고; 제1 개구(141)와 개구층(140) 내의 인접한 개구 사이에 개재된 조리개 영역(146)은 광선 - 제1 개구(141)의 시야 외부의 표면의 영역에서 반사된 - 이 제1 개구(141)에 대응하는 렌즈 내로 통과하는 것을 차단한다. 1차원 광학 시스템(100)에서, 따라서, 개구층(140)은 도 2에 도시된 바와 같이, 실질적으로 무한 피사계 심도(depth of field)의 다수의 이산의 비중첩 시야를 규정하는 개구의 열을 형성한다.

[0018] 이 구현예에서, 개구층(140) 내의 제1 개구(141)는 도 2에 도시된 바와 같이, 별개이고 개구층(140) 내의 다른 개구에 의해 규정된 시야와 교차하지 않는 시야를 규정한다. 조명 소스의 세트(110)는, 제1 개구(141)와 쌍을 이루고 벌크 이미징 광학계(130)의 전방의 필드 내의 제1 개구(141)의 시야와 실질적으로 정렬된(즉, 중첩함) 조명 빔을 투사하도록 구성된 제1 조명 소스(111)를 포함한다. 더욱이, 제1 조명 소스(111) 및 벌크 전송 광학계(120)는 제1 개구(141)의 시야의 단면과 실질적으로 유사한(및 약간 더 큰) 단면의 조명 빔을 벌크 이미징 광학계(130)로부터 다양한 거리로서 투사하도록 협력할 수 있다. 따라서, 제1 조명 소스(111) - 제1 개구(141)와 쌍을 이룬 - 에 의해 출력되고 제1 개구(141)의 시야 내로 투사된 광은 개구층(140) 내의 다른 개구의 시야의 실질적으로 외부에 잔류할 수 있다.

[0019] 일반적으로, 제1 조명 소스(111)에 의해 필드 내로 투사된 광자는 제1 감지 채널의 시야 내의 필드 내의 표면(또는 다수의 표면)의 특정 영역을 조명하고 표면(들)에 의해 반사되고(예를 들어, 산란됨); 표면의 특정 영역에 의해 반사된 이들 광자 중 적어도 일부는, 이들 광자를 초점 평면을 향해 지향하는 벌크 이미징 광학계(130)에 도달할 수도 있다. 이들 광자는 제1 개구(141)의 시야 내의 표면의 영역에 의해 반사되었기 때문에, 벌크 이미징 광학계(130)는 이들 광자를 제1 개구(141)로 투사할 수도 있고, 제1 개구(141)는 이들 광자를 제1 렌즈(151) 내로 통과시킬 수도 있다(또는 이들 광자의 서브세트는 임계각 미만의 제1 개구(141)의 축에 대한 각도에서 미리결정된 각도로 입사함). 그러나, 개구층(140) 내의 제2 개구(142)는 제1 개구(141)로부터 오프셋되기 때문에, 그리고 제1 조명 소스(111)를 통해 조명된 필드 내의 표면의 특정 영역은 제2 개구(142)의 시야와(실질적으로) 일치하지 않기 때문에, 도 2에 도시된 바와 같이, 표면의 특정 영역에 의해 반사되고 벌크 이미징 광학계(130)에 도달하는 광자는 제2 개구(142) 내로 투사되고 제2 개구(142) 후방의 제2 렌즈(152)로 통과되고, 그 반대도 마찬가지이다. 또한, 제1 및 제2 개구(142) 사이의 조리개 영역(146)은 벌크 이미징 광학계(130)에 의해 반사된 제1 및 제2 개구(142) 사이의 초점 평면을 향해 지향된 광자를 차단할 수 있어, 이에 의해 제1 및 제2 감지 채널 사이의 누화를 감소시킨다.

[0020] 조명 소스의 세트(110) 내의 제1 조명 소스(111)와 쌍을 이루는 개구층(140) 내의 제1 개구(141)에 대해, 개구층(140)의 제1 개구(141)는 제1 시야를 규정하고 제1 시야와 일치하는 필드 내의 표면에서 발생하거나 그로부터 반사된 입사 광선을 - 제1 렌즈(151) 내로 - 통과시킨다. 제1 조명 소스(111)는 제1 개구(141)에 의해 규정된 시야와 실질적으로 일치하는(그리고 실질적으로 동일한 크기 또는 최소로 더 큰) 조명 빔을 투사하기 때문에(도 4에 도시된 바와 같이), 개구층(140) 내의 제1 개구(141)에 의해 제1 렌즈(151) 내로 통과된 신호는 시스템 내의 다른 조명 소스로부터 발생하는 광선에 대한 제1 조명 소스(111)로부터 발생하는 광선의 비교적 높은 비를 나타낼 수 있다. 일반적으로, 시스템 내의 다양한 조명 소스는 동작 중에 특정 시간에 상이한 주파수, 듀티 사이클 및/또는 전력 레벨 등으로 조명 빔을 출력할 수도 있기 때문에, 벌크 이미징 광학계(130)로부터 픽셀의 세트(170) 내의 제1 픽셀(171) 내로 통과되지만 제1 픽셀(171)과 쌍을 이루는 제1 조명 소스(111) 이외의 조명 소스로부터 발생하는 광선은 제1 픽셀(171)에서 노이즈를 구성한다. 개구층(140) 내의 비교적 작은 직경의 개구는 벌크 이미징 광학계(130)로부터 렌즈의 세트(150) 내로 통과된 총 광 신호를 감쇠시킬 수도 있지만, 개구층

(140) 내의 각각의 개구는 시스템 내의 다른 조명 소스로부터보다 그 대응 조명 소스로부터 발생하는 광자의 비교적 높은 비율을 통과시킬 수도 있는데; 즉, 특정 개구 및 그 대응 조명 소스의 기하학 구조에 기인하여, 특정 개구는 비교적 높은 SNR을 나타내는 신호를 그 대응 렌즈에 그리고 따라서 그 대응 픽셀 내로 통과시킬 수도 있다. 더욱이, 개구층(140) 내의 더 작은 개구 직경 - 및 따라서, 대응 채널의 더 작은 시야 - 에서, 시스템은 태양 복사선 또는 다른 주변 광원으로부터의 픽셀의 세트(170)로 더 적은 노이즈를 통과시킬 수 있다.

[0021] 일 변형예에서, 시스템은 렌즈 어레이와 광학 필터(160) 사이에 개재된 제2 개구층을 포함하며, 제2 개구층은 전술된 바와 같이, 렌즈의 세트(150) 내의 대응 렌즈와 각각 정렬된 제2 개구의 세트(144)를 형성한다. 이 변형예에서, 제2 개구층(140) 내의 개구는 전술된 바와 같이, 대응 렌즈에 의해 통과된 잘못된 광선을 흡수 또는 반사하여 채널들 사이의 누화를 더 감소시켜, 이에 의해 시스템 내의 SNR을 개선시킬 수 있다. 유사하게, 시스템은 부가적으로 또는 대안적으로 광학 필터(160)와 확산기(들)(180) 사이에 개재된 제3 개구층을 포함할 수 있고, 제3 개구층은 전술된 바와 같이, 렌즈(150)의 세트 내의 대응 렌즈와 각각 정렬된 제3 개구의 세트(144)를 형성한다. 이 변형예에서, 제3 개구층 내의 개구는 전술된 바와 같이, 광 필터에 의해 통과된 잘못된 광선을 흡수 또는 반사하여 채널들 사이의 누화를 다시 감소시켜, 이에 의해 시스템 내의 SNR을 개선시킬 수 있다.

[0022] **1.4 렌즈 어레이**

[0023] 시스템은 렌즈의 세트(150)를 포함하고, 여기서 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈는 제2 초점 길이에 의해 특징화되고, 제2 초점 길이만큼 벌크 이미징 광학계(130)에 대항하는 초점 평면으로부터 오프셋되고, 개구의 세트(144) 내의 대응 개구와 정렬되고, 대응 개구에 의해 통과된 광선을 시준하도록 구성된다. 일반적으로, 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈는 그 대응 개구에 의해 통과된 광선을 시준하고 이들 시준된 광선을 광학 필터(160) 내로 통과시키는 기능을 한다.

[0024] 1차원 광학 시스템(100)에서, 렌즈는 단일 열로 배열되고, 인접한 렌즈는 도 3에 도시된 바와 같이, 균일한 렌즈 피치 거리(즉, 인접한 픽셀 사이의 중심간 거리)만큼 오프셋된다. 렌즈의 세트(150)는 개구층과 광학 필터(160) 사이에 개재된다. 특히, 각각의 렌즈는 제2 초점 길이에 의해 특징화되고 벌크 이미징 광학계(130)의 초점 평면 - 벌크 이미징 광학계(130)에 대항하는 - 으로부터 제2 초점 길이만큼 오프셋되어 벌크 이미징 광학계(130)의 개구를 보존하고 벌크 이미징 광학계(130) 상에 입사되어 대응 개구를 통과한 광을 시준하는 수렴 렌즈를 포함할 수 있다. 렌즈의 세트 내의 각각의 렌즈는 비교적 짧은 초점 길이(즉, 벌크 이미징 광학계(130)의 초점 길이보다 작음) 및 비교적 큰 주변 광선 각도(예를 들어, 비교적 높은 개구수 렌즈)에 의해 특징화될 수 있어, 렌즈가 벌크 이미징 광학계(130)의 범위에 의해 렌즈를 향해 투사된 고도로 각형성된 광선을 캡처할 수 있게 된다. 즉, 렌즈의 세트 내의 각각의 렌즈는 벌크 이미징 광학계(130)의 광선 원추와 실질적으로 정합되는 광선 원추에 의해 특징화될 수 있다.

[0025] 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈는 실질적으로 유사할 수 있다. 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈는 벌크 이미징 광학계(130)에 의해 그 대응 개구 내로 포커싱된 광선을 시준하도록 구성된다. 예를 들어, 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈는 그 대응 개구의 크기(예를 들어, 직경) 및 시스템의 동작 파장에 기초하여 선택된 초점 길이에 의해 특징화되는 양면-볼록 또는 평면-볼록 렌즈를 포함할 수 있다. 본 예에서, 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈의 초점 길이(f)는 이하의 공식에 따라 계산될 수 있고:

[0026]
$$f = \frac{d^2}{2\lambda}$$

[0027] 여기서, d 는 개구층 내의 대응 개구의 직경이고, λ 는 조명 소스에 의해 출력된 광의 동작 파장(예를 들어, 900 nm)이다. 따라서, 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈의 기하학 구조는 개구층 내의 대응 개구의 기하학 구조에 정합될 수 있어, 렌즈가 광선의 실질적으로 선명한 이미지를 - 동작 파장에서 또는 그 부근에서 - 광학 필터(160) 내로 그리고 따라서 픽셀 어레이에 상에 통과시키게 된다.

[0028] 그러나, 렌즈의 세트(150)는 개구층에 인접하여 임의의 방식으로 배열된 임의의 다른 기하학 구조의 렌즈를 포함할 수 있다.

[0029] **1.5 광학 필터**

[0030] 도 3에 도시된 바와 같이, 시스템은 개구층에 대항하는 렌즈의 세트(150)에 인접하고 동작 파장에서 광선을 통

과시키도록 구성된 광학 필터(160)를 포함한다. 일반적으로, 광학 필터(160)는 렌즈의 세트(150)로부터의 스펙트럼을 가로질러 전자기 방사선을 수용하고, 비교적 협대역의 전자기 방사선 - 동작 파장에서 방사선을 포함하는 - 을 픽셀 어레이로 통과시키고, 대역외의 전자기 방사선을 차단한다. 특히, 픽셀의 세트(170)의 픽셀 상에 입사된 조명 소스 - 주변 광과 같은 - 에 의해 출력된 전자기 방사선 이외의 전자기 방사선은 시스템 내에 노이즈를 구성한다. 따라서, 광학 필터(160)는 동작 파장의 외부의, 또는 더 실용적으로 좁은 파장 대역 외부의 전자기 방사선을 거부하여, 이에 의해 시스템 내의 노이즈를 감소시키고 SNR을 증가시키는 기능을 한다.

[0031] 일 구현예에서, 광학 필터(160)는 시스템의 동작 파장에서 실질적으로 중앙에 위치한 협대역의 전자기 방사선을 통과시키는 광학 대역 통과 필터를 포함한다. 일 예에서, 조명 소스는 (주로) 900 nm의 동작 파장에서 광을 출력하고, 광학 필터(160)는 899.95 nm 내지 900.05 nm의 광을 통과시키고 이 대역 외부의 광을 차단하도록 구성된다.

[0032] 광학 필터(160)는 광학 필터(160) 상의 입사각의 함수로서 광의 파장을 선택적으로 통과시키고 거부할 수도 있다. 일반적으로, 광학 대역 통과 필터는 광학 대역 통과 필터 상의 그 입사각에 반비례하는 광의 파장을 통과시킬 수도 있다. 예를 들어, 0.5 nm-폭 광학 대역 통과 필터를 포함하는 광학 필터(160)에 대해, 광학 필터(160)는 899.75 nm 내지 900.25 nm의 선명한 대역에 걸쳐 95% 초과와 전자기 방사선을 통과시킬 수도 있고, 대략 0°의 입사각으로 광학 필터(160) 상에 입사하는 광선에 대해 899.70 nm 미만 및 900.30 nm 초과와 대략 100%의 전자기 방사선을 거부할 수도 있다. 그러나, 본 예에서, 광학 필터(160)는 899.5 nm 내지 900.00 nm의 협대역에 걸쳐 95% 초과와 전자기 방사선을 통과시킬 수도 있고, 대략 15°의 입사각으로 광학 필터(160) 상에 입사하는 광선에 대해 899.50 nm 미만 및 900.30 nm 초과와 훨씬 더 광대역에 걸쳐 대략 100%의 전자기 방사선을 거부할 수도 있다. 따라서, 광학 필터(160)의 입사 평면은 렌즈의 축에 실질적으로 수직일 수 있고, 렌즈의 세트(150)는 대응 개구를 통해 수용된 광선을 시준할 수 있고 광학 필터(160)의 입사 평면에 실질적으로 수직으로(즉, 광학 필터 상에 대략 0°의 입사각으로) 이들 광선을 출력할 수 있다. 구체적으로, 렌즈의 세트(150)는, 광학 필터(160)에 의해 통과된 실질적으로 모든 전자기 방사선이 시스템의 동작 파장에 있거나 그 매우 부근에 있도록 0°에 근사하는 입사각으로 광학 필터(160)를 향해 광선을 출력할 수 있다.

[0033] 1차원 광학 시스템(100)에서, 시스템은 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈의 열에 걸쳐 있는 단일 광학 필터(160)를 포함할 수 있다. 대안적으로, 시스템은 렌즈의 세트(150) 내의 단일 렌즈 또는 렌즈의 서브세트에 각각 인접한 다수의 광학 필터(160)를 포함할 수 있다. 그러나, 광학 필터(160)는 임의의 다른 기하학 구조를 형성할 수 있고, 광의 파장의 제한된 대역만을 통과시키도록 임의의 다른 방식으로 기능할 수 있다.

[0034] **1.6 픽셀 어레이 및 확산기**

[0035] 시스템은 렌즈의 세트(150)에 대항하는 광학 필터(160)에 인접한 픽셀의 세트(170)로서, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈에 대응하고, 제1 축에 비평행한 제2 축을 따라 배열된 서브픽셀의 세트를 포함하는 픽셀의 세트(170)를 포함한다. 일반적으로, 픽셀 세트(170)는 렌즈(150)의 세트에 대항하는 광학 필터(160)로부터 오프셋되고, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 하나 이상의 샘플링 주기 이내에 픽셀 상에 입사된 광자의 카운트에 대응하는 단일 신호 또는 신호의 스트림을 출력하도록 기능하고, 각각의 샘플링 주기는 피코초, 나노초, 마이크로초, 또는 밀리초 기간일 수도 있다.

[0036] 시스템은, 광학 필터(160)와 픽셀의 세트(170) 사이에 개재되고 픽셀의 세트(170) 내의 단일 대응 픽셀의 서브 픽셀의 세트를 가로질러 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈로부터 출력된 시준된 광 출력을 확산시키도록 구성된 확산기(180)를 또한 포함한다. 일반적으로, 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈에 대해, 확산기(180)는 대응 픽셀 내의 감지 영역의 폭 및 높이를 가로질러 광선 - 렌즈에 의해 미리 시준되고 광학 필터(160)에 의해 통과된 - 을 확산시키는 기능을 한다. 확산기(180)는 렌즈(150)의 세트에 걸쳐 있는 단일 광학계 요소를 형성할 수 있거나, 또는 확산기(180)는 시스템 내의 각각의 채널과 정렬된 하나의 광학 확산기 요소를 포함하는 것과 같은 다수의 이산 광학 요소를 포함할 수 있다.

[0037] 일 구현예에서, 픽셀의 세트(170) 내의 제1 픽셀(171)은 단일-광자 애벌런치 다이오드 검출기(single-photon avalanche diode detectors)(이하, "SPAD")의 어레이를 포함하고, 확산기(180)는 도 3, 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 픽셀(171)의 영역을 가로질러 광선 - 대응 제1 렌즈(151)에 의해 시준된 대응하는 제1 개구(141)에 의해 미리 통과되고, 광학 필터(160)에 의해 통과된 - 을 확산시킨다. 일반적으로, 인접 개구는 정렬되고 개구 피치 거리만큼 수직으로 오프셋될 수 있고, 인접 렌즈는 정렬되고 개구 피치 거리와 실질적으로 동일한 렌즈 피치 거리만큼 수직으로 오프셋될 수 있고, 인접 픽셀은 정렬되고 렌즈 및 개구 피치 거리에 실질적으로 동일한 픽셀 피치만큼 수직으로 오프셋될 수 있다. 그러나, 픽셀 피치 거리는 비교적 적은 수의(예를 들어,

2개의) 수직으로 적층된 SPAD만을 수용할 수도 있다. 따라서, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 1:1 초과
 의 중형비를 형성할 수 있고, 확산기(180)는 픽셀당 더 큰 감지 영역을 수용하기 위해 대응 픽셀의 기하학 구조
 에 따라 광학 필터(160)에 의해 통과된 광선을 확산할 수 있다.

[0038] 일 예에서, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 이미지 센서 상에 배열되고, 픽셀의 세트(170) 내의 제1 픽셀
 (171)은 개구 및 렌즈의 열을 양분하는 수직축에 수직인 횡축을 따라 이격된 16개의 SPAD의 단일의 행(row)을
 포함한다. 본 예에서, 제1 픽셀(171) 내의 단일 SPAD의 높이는 제1 렌즈(151)의 높이(예를 들어, 직경)보다 작
 을 수 있지만, 16개의 SPAD의 총 길이는 제1 렌즈(151)의 폭(예를 들어, 직경)보다 클 수 있고; 따라서, 확산기
 (180)는 제1 렌즈(151)로부터 출력된 광선을 제1 픽셀(171)의 평면에서 SPAD의 높이에 대응하는 높이로 수렴시
 킬 수 있고, 제1 렌즈(151)로부터 출력된 광선을 제1 픽셀(171)의 평면에서 16개의 SPAD의 폭에 대응하는 폭으
 로 발산시킬 수 있다. 본 예에서, 픽셀의 세트(170) 내의 나머지 픽셀은 SPAD의 유사한 행을 포함할 수 있고,
 확산기(180)는 유사하게 대응 개구에 의해 통과된 광선을 대응 픽셀 상에 수렴 및 발산시킬 수 있다.

[0039] 상기 예에서, 개구층은 16개의 유사한 개구의 열을 포함할 수 있고, 렌즈의 세트(150)는 개구층의 후방에 배열
 된 16개의 유사한 렌즈의 열을 포함할 수 있고, 픽셀의 세트(170)는 렌즈의 세트(150) 후방에 배열된 16개의 유
 사한 픽셀의 세트 - SPAD 유사한 어레이를 각각 포함함 - 를 포함할 수 있다. 6.4 mm 폭, 6.4 mm 높이의 이미
 지 센서에 대해, 각각의 픽셀은 16개의 SPAD의 단일 행을 포함할 수 있고, 여기서 각각의 SPAD는 원격 아날로그
 프론트 엔드 처리 전자 기기/디지털 처리 전자 회로(240)에 전기적으로 결합된다. 각각의 SPAD는 400 μm 폭,
 400 μm 높이의 SPAD 영역에 배열될 수 있고 400 μm 직경에 근접하는 능동 감지 영역을 형성할 수 있다. 인접한
 SPAD는 400 μm 의 SPAD 피치 거리만큼 오프셋될 수 있다. 본 예에서, 개구의 수직 열을 따른 개구 피치 거리,
 렌즈의 수직 열을 따른 렌즈 피치 거리, 및 픽셀의 수직 열을 따르는 픽셀 피치 거리는 이에 따라 각각 대략
 400 μm 일 수 있다. 시스템 내의 제1 감지 채널(즉, 제1 개구(141), 제1 렌즈(151), 및 제1 픽셀(171) 등)에
 대해, 제1 확산기(180)는 제1 렌즈(151)로부터 광학 필터(160)를 통해 통과된 광선의 원통형 열 - 1:4의 개구층
 중형비에 대해 대략 100 μm 의 직경의 광의 열과 같은 - 을 제1 픽셀(171) 내의 SPAD의 행과 수직으로 정렬된 대
 약 400 μm 의 높이로 발산할 수 있다. 제1 확산기는 유사하게 광학 필터(160)를 통해 제1 렌즈(151)로부터 통과
 된 광선의 원통형 열을 제1 픽셀(171) 내의 SPAD의 행을 가로질러 수평으로 중앙에 위치된 대략 6.4 μm 의 폭으
 로 발산할 수 있다. 시스템 내의 다른 확산기(180)는 유사하게 픽셀의 세트(170) 내의 대응 픽셀을 가로질러
 대응 렌즈에 의해 통과된 시준된 광을 발산(또는 수렴)할 수 있다. 따라서, 본 예에서, 각각의 SPAD(또는 각각
 의 픽셀)를 원격 아날로그 프론트 엔드 처리 전자 기기/디지털 처리 전자 회로(240)에 연결함으로써 그리고 대
 응 픽셀의 너비 및 높이를 가로질러 광학 필터(160)에 의해 통과된 광을 확산하는 확산기(180)를 함체함으로써,
 시스템은 이미징 센서를 가로질러 비교적 높은 감지 영역 충전 인자(fill factor)를 달성할 수 있다.

[0040] 따라서, 1차원 광학 시스템(100)에서, 픽셀의 세트(170) 내의 픽셀은 1:1을 초과하는 중형비로 배열된 다수의
 SPADs의 어레이를 포함할 수 있고, 확산기(180)는 도 3에 도시된 바와 같이, 픽셀당 단일의 SPAD를 갖는 이미지
 센서보다 이미지 센서를 가로질러 더 큰 동적 범위를 달성하기 위해 비교적 많은 수의 SPAD가 단일의 픽셀을 가
 로질러 경사질 수 있게 하는 대응 비-정사각형 픽셀을 가로질러 광선을 확산할 수 있다. 특히, 픽셀당(즉, 감
 지 채널당) 다수의 SPAD를 함체함으로써, 시스템 내의 제1 감지 채널은 SPAD의 데드 타임(dead time) 특성의 범
 위 내에서 다수의 입사 광자 - 제1 개구(141)에 의해 규정된 시야에 의해 경계 형성된 필드 내의 표면으로부터
 발생함 - 를 검출할 수 있다. 따라서, 제1 감지 채널은 그 시야 내의 "더 밝은" 표면을 검출할 수 있다. 부가
 적으로 또는 대안적으로, 제1 픽셀(171) 내의 SPAD의 제1 서브세트가 제1 샘플링 주기 중에 입사 광자의 수집에
 기인하여 제1 샘플링 기간 중에 다운(또는 "데드")될 수도 있더라도, 제1 픽셀(171) 내의 다른 SPAD는 남아 있
 고(즉, "얼라이브") 따라서 후속의 샘플링 주기 동안 입사 광자를 수집할 수 있기 때문에, 제1 감지 채널 내의
 제1 픽셀(171)은 제1 픽셀(171)의 SPAD의 데드 타임 특성보다 더 빠르게 샘플링될 수 있다. 더욱이, 비교적 높
 은 중형비의 광검출기에 의해 특징화되는 픽셀을 함체함으로써, 이미지 센서는 비교적 작은 픽셀 피치만큼 오프
 셋된 픽셀을 포함할 수 있지만, 시스템(100)은 비교적 높은 동적 범위 픽셀을 여전히 달성할 수 있다.

[0041] 그러나, 픽셀의 세트(170) 내의 픽셀은 64×1 그리드 어레이(전술된 바와 같이), 32×2 그리드 어레이 또는 16
 ×4 그리드 어레이에서와 같이 임의의 다른 어레이로 배열된 임의의 다른 수의 SPAD를 포함할 수 있고, 확산기
 (180)는 시준된 광선을 임의의 다른 적합한 방식으로 이에 따라 대응 픽셀 상에 수렴 및/또는 발산시킬 수
 있다. 더욱이, SPAD 대신에(또는 그에 추가하여), 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 하나 이상의 선형 애
 벌런치 포토다이오드, 게이저(Geiger) 모드 애벌런치 포토다이오드, 광전 증폭관, 공진 공동 포토다이오드, 퀀
 텀닷(QUANTUM DOT) 검출기, 또는 전술된 바와 같이 배열된 다른 유형의 광검출기를 포함할 수 있고, 확산기
 (들)(180)는 유사하게 본 명세서에 설명된 바와 같이, 대응 픽셀을 가로질러 광학 필터(들)(160)에 의해 통과된

신호를 수렴 및 발산시킬 수 있다.

[0042] **1.7 조명 소스**

[0043] 시스템은 제1 축을 따라 배열된 조명 소스의 세트(110)를 포함하고, 조명 소스의 세트(110) 내의 각각의 조명 소스는 조명 소스의 전방의 필드 내의 이산 스폿을 향해 동작 파장의 조명 빔을 출력하도록 구성된다. 일반적으로, 각각의 조명 소스는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 개구의 세트(144) 내의 대응 개구에 의해 규정된 시야와 일치하는 조명 빔을 출력하도록 기능한다.

[0044] 일 구현예에서, 조명 소스의 세트(110)는 벌크 송신기 광학계 및 감지 채널당 하나의 이산 이미터를 포함한다. 예를 들어, 조명 소스의 세트(110)는 이산 이미터의 세트를 포함하는 모놀리식 VCSEL 어레이를 포함할 수 있다. 이 구현예에서, 벌크 송신기 광학계는 재료, 기하학 구조(예를 들어, 초점 길이), 열적 격리 등에서 벌크 이미징 광학계(130)와 실질적으로 동일할 수 있고, 벌크 송신기 광학계는 벌크 이미징 광학계(130)로부터 인접하고 측방향 및/또는 수직 방향으로부터 오프셋된다. 제1 예에서, 조명 소스의 세트(110)는 인접 이미터가 개구 피치 거리와 실질적으로 동일한 이미터 피치 거리만큼 오프셋된 상태로 열로 배열된 이산 이미터를 포함하는 레이저 어레이를 포함한다. 이 제1 예에서, 각각의 이미터는 개구층 내의 대응 개구의 직경과 실질적으로 동일하거나 약간 더 큰 직경의 조명 빔을 출력하고, 도 4에 도시된 바와 같이, 이미터의 열은 벌크 송신기 광학계의 초점 평면을 따라 배열되어 벌크 송신기 광학계로부터 필드 내로 투사된 각각의 조명 빔은 교차하고 대응 감지 채널의 시야와 실질적으로 동일한 크기 및 기하학 구조를 갖는다. 따라서, 조명 소스의 세트(110) 내의 각각의 이미터에 의한 실질적으로 모든 전력 출력은 감지 채널의 시야 외부의 필드에서 비교적 최소의 전력 낭비된 조명 표면으로 그 대응 감지 채널의 시야 내로 투사될 수 있다.

[0045] 제2 예에서, 이산 이미터는 도 2에 도시된 바와 같이, 인접 이미터가 개구 피치 거리의 2배의 이미터 피치 거리만큼 오프셋된 상태로 열로 유사하게 배열된다. 이 제2 예에서, 각각의 이미터는 개구층 내의 대응 개구의 직경의 대략 2배(또는 약간 더 큰)의 직경의 조명 능동 영역(또는 개구)에 의해 특징화되고, 이미터의 열은 벌크 송신기 광학계의 초점 길이의 2배만큼 벌크 송신기 광학계의 후방으로 오프셋되어, 전술된 바와 같이 벌크 송신기 광학계로부터 필드 내로 투사된 각각의 조명 빔이 교차하고 대응 감지 채널의 시야와 실질적으로 동일한 크기 및 기하학 구조를 갖게 된다. 더욱이, 동일한 조명 빔 전력 밀도에 대해, 이 제2 예의 이미터에 의해 출력된 조명 빔은 전술된 제1 예에서 이미터에 의해 출력된 조명 빔의 전력의 4배를 포함할 수도 있다. 따라서, 시스템은, 이미터 피치 거리에 따라 배열되고, 직경의 조명 빔을 출력하도록 구성되고, 스케일 팩터(예를 들어, 2.0 또는 3.0) 및 1) 개구층 내의 개구 피치 거리, 2) 개구층 내의 개구의 직경, 및 3) 벌크 송신기 광학계의 초점 길이의 함수로서 오프셋 거리만큼 벌크 송신기 광학계의 후방에 오프셋된 이미터의 세트를 포함할 수 있다. 따라서, 시스템은 수신기 서브시스템 내의 대응 채널의 동일한 빔 각도 및 시야 내에서 더 큰 총 출력 조명 전력을 달성하기 위해 대응 수신기 서브시스템보다 비례적으로 더 큰 조명 서브시스템을 포함할 수 있다.

[0046] 시스템은 다수의 이산 조명 소스의 세트를 또한 포함할 수 있고, 각각의 조명 소스의 세트(110)는 벌크 이미징 광학계(130)에 인접한 이산 벌크 송신기 광학계와 쌍을 이룬다. 예를 들어, 시스템은 벌크 이미징 광학계(130)의 중심으로부터 균일한 반경방향 거리에서 벌크 이미징 광학계(130) 둘레에 반경방향으로 패터닝되고 120°의 각도 거리만큼 이격되어 있는 제1 벌크 송신기 광학계, 제2 벌크 송신기 광학계, 및 제3 벌크 송신기 광학계를 포함할 수 있다. 본 예에서, 시스템은 제1, 제2 및 제3 벌크 송신기 광학계의 각각의 후방에 하나의 이미터 - 전술된 바와 같이 - 를 갖는 레이저 어레이를 포함할 수 있다. 각각의 이산 레이저 어레이 및 그 대응 벌크 송신기 광학계는 따라서 개구층 내의 개구에 대응함으로써 규정된 시야 내로 조명 빔의 세트를 투사할 수 있다. 따라서, 본 예에서, 3개의 이산 레이저 어레이 및 3개의 대응 벌크 송신기 광학계는 단일 레이저 어레이 및 하나의 벌크 송신기 광학계와 비교할 때, 시스템의 감지 채널의 시야 상에 3배의 전력을 투사하도록 협력할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 시스템은 1) 감지 채널당 다수의 저전력 이미터를 갖는 수신기 서브시스템 내의 각각의 감지 채널의 시야 내로 목표 조명 전력 출력을 달성하고; 2) 육안으로 임계 허용 가능 광학 에너지 밀도보다 작은 광학 에너지 밀도를 달성하기 위해 근거리장 내의 더 큰 영역에 광학 에너지를 분배하기 위한 다수의 이산 층 어레이 및 벌크 송신기 광학계를 포함할 수 있다.

[0047] 그러나, 시스템은 감지 채널에 의해 규정된 시야를 조명하도록 구성된 임의의 다른 수 및 구성의 조명 소스 세트 및 벌크 송신기 광학계를 포함할 수 있다. 조명 소스의 세트(110)는 단일 레이저 다이오드, 측면 발광 레이저 다이오드 어레이, LED 어레이, 또는 퀴텀닷 LED 어레이 등에 의해 전력 공급되는 1×16 광학 스플리터와 같은 임의의 다른 적합한 유형의 광학 송신기를 또한 포함할 수 있다.

[0048] **1.8 제조**

[0049] 일 구현예에서, 벌크 수신기 렌즈, 개구층, 렌즈의 세트(150), 광학 필터(160), 및 확산기(180)가 제조되고 이어서 이미지 센서와 정렬되고 그 위에 장착된다. 예를 들어, 광학 필터(160)는 용융 실리카 기판을 코팅함으로써 제조될 수 있다. 광활성 광학 폴리머는 이어서 광학 필터(160) 위에 침착될 수 있고, 렌즈 몰드는 광활성 광학 폴리머 위에 배치될 수 있고, UV 광원은 광학 필터(160)를 가로질러 패터닝된 렌즈의 형태로 광활성 광학 폴리머를 경화하도록 활성화된다. 스탠드오프(standoff)가 포토리소그래피 기술을 통해 광학 필터(160)를 가로질러 유사하게 형성되거나 형성될 수 있고, 선택적으로 경화된 금속화된 유리 웨이퍼에 의해 형성된 개구층이 이어서 개구층을 형성하도록 스탠드오프에 접합되거나 다른 방식으로 장착될 수 있다. 조립체는 이어서 반전될 수 있고, 이산 확산기 및 스탠드오프의 세트는 광학 필터(160)의 대향 측면을 가로질러 유사하게 제조될 수 있다. 이산 이미지 센서는 이어서 스탠드오프와 정렬되고 그에 접합될 수 있고, 벌크 이미징 광학계(130)가 개구층 위에 유사하게 장착될 수 있다.

[0050] 대안적으로, 포토리소그래피 및 웨이퍼 레벨 접합 기술이 제조를 단순화하고, 비용을 절감하고, 감소된 픽셀 수화를 위해 광학 스택 높이를 감소시키기 위해, 검출기 칩을 포함하는 비-다이싱된 반도체 웨이퍼 상에 직접 벌크 이미징 광학계, 개구층, 렌즈의 세트(150), 광학 필터(160) 및 확산기(180)를 제조하도록 구현될 수 있다.

[0051] **2. 1차원 광학 시스템: 렌즈 튜브**

[0052] 시스템의 일 변형예는, 제1 축을 따라 배열된 조명 소스의 세트(110)로서, 조명 소스의 세트(110) 내의 각각의 조명 소스는 조명 소스의 전방의 필드 내의 이산 스폿을 향해 동작 파장의 조명 빔을 출력하도록 구성되는, 조명 소스의 세트(110); 필드에 대항하는 초점 평면에 의해 특징화되는 벌크 이미징 광학계(130); 제1 축에 평행한 라인 어레이로 배열된 렌즈 튜브의 세트(210)로서, 렌즈 튜브의 세트(210) 내의 각각의 렌즈 튜브는, 초점 길이에 의해 특징화되고, 초점 길이만큼 초점 평면으로부터 오프셋되고, 광학계의 세트 내의 대응 조명 소스에 의해 조명된 필드 내의 이산 스폿으로부터 벌크 이미징 광학계(130) 내로 반사된 광선을 벌크 이미징 광학계(130) 내로 시준하도록 구성된 렌즈를 포함하는, 렌즈 튜브의 세트(210); 및 초점 평면에 대항하는 렌즈로부터 연장하고, 제1 축에 실질적으로 수직인 장축을 형성하고, 대응 조명 소스에 의해 조명된 이산 스폿 외부의 필드 내의 영역으로부터 벌크 이미징 광학계(130) 내로 반사된 입사 광선을 흡수하도록 구성된 원통형 벽(218)을 포함한다. 이 변형예에서, 시스템은, 초점 평면에 대항하는 렌즈 튜브의 세트(210)에 인접하고 동작 파장에서 광선을 통과시키도록 구성된 광학 필터(160); 렌즈의 세트(150)에 대항하는 광학 필터(160)에 인접한 픽셀의 세트(170)로서, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈에 대응하고, 제1 축에 수직인 제3 축을 따라 정렬된 서브픽셀의 세트를 포함하는, 픽셀의 세트(170); 및 광학 필터(160)와 픽셀의 세트(170) 사이에 개재되고 픽셀의 세트(170) 내의 대응 픽셀의 서브픽셀의 세트를 가로질러 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈로부터 출력된 시준된 광을 확산하도록 구성된 확산기(180)를 또한 포함한다.

[0053] 일반적으로, 이 변형예에서, 시스템은 전술된 각각의 개구 및 렌즈 쌍 대신에(또는 그에 추가하여) 렌즈 튜브를 포함한다. 이 변형예에서, 전술된 바와 같이 그리고 도 5 및 도 7에 도시된 바와 같이, 각각의 렌즈 튜브는 제2 (짧은) 초점 길이에 의해 특징화될 수 있고 벌크 이미징 광학계(130)의 개구를 보존하고 벌크 이미징 광학계(130)로부터 수용된 입사광을 시준하기 위해 제2 초점 길이만큼 벌크 이미징 광학계(130)의 초점 평면으로부터 오프셋될 수 있다.

[0054] 각각의 렌즈 튜브는 또한 도 5에 도시된 바와 같이, 인접한 광학 필터(160)의 입사 평면에 수직인 축을 규정하고 입사 광선을 흡수하도록 구성된 불투명한 원통형 벽(218)을 형성한다. 일반적으로, 더 큰 축방향 길이에서, 렌즈 튜브의 원통형 벽(218)은 렌즈 튜브의 축에 대해 더 얇은 각도에서 렌즈 튜브를 통과하는 광선을 흡수하여, 이에 의해 렌즈 튜브의 시야를 감소시키고(전술된 바와 같이, 개구층 내의 개구의 직경을 회절-한계 직경까지 감소시키는 것과 유사할 수도 있음) 광학 필터(160)의 입사 평면에 수직인 것에 더 가깝게 시준된 광선의 출력 신호를 생성할 수도 있다. 따라서, 각각의 렌즈 튜브는 목표 시야를 달성하고 임계각 미만의 렌즈 튜브의 축에 대해 최대 각도로 시준된 광선을 통과시키기 예 충분한 길이의 세장형 원통형 벽(218)을 형성할 수 있다. 이 변형예에서, 렌즈 튜브는 따라서 좁은 시야를 형성하고 실질적으로 시준된 광을 인접한 광학 필터(160)로 출력하기 위해 전술된 개구-감지 쌍으로서 기능할 수 있다.

[0055] 렌즈 튜브의 원통형 벽(218)은 도 5에 도시된 바와 같이, 투명한(또는 반투명한) 렌즈 재료에 대한 거친 또는 패터닝된 불투명한 계면을 형성하여 원통형 벽(218) 상에 입사된 광선의 흡수를 증가시키고 반사를 감소시킬 수 있다. 각각의 렌즈 튜브(및 전술된 각각의 렌즈)는 또한 반사 방지 코팅으로 코팅될 수 있다.

[0056] 도 9에 도시된 바와 같이, 이 변형예에서, 렌즈 튜브의 세트(210)는 광학 필터(160) 상에(예를 들어, 광학 필터를 형성하는 실리콘 웨이퍼 상에) 광활성 광학 폴리머(예를 들어, SU8)를 패터닝하기 위해 포토리소그래피 기술을

을 구현함으로써 제조될 수 있다. 광 흡수 폴리머는 이어서 렌즈 튜브 사이에 부어져서 경화될 수 있다. 렌즈의 세트(150)는 이어서 개별적으로 제조(예를 들어, 성형)되고 이어서 렌즈 튜브 위에 접합될 수 있다. 대안적으로, 렌즈는 포토리소그래피 기술에 의해 렌즈 튜브 상에 직접 제조될 수 있다. 또한 대안적으로, 렌즈용 몰드는 렌즈 튜브 위에 배열된 몰드 내에 폴리머를 주입함으로써 렌즈 튜브 상으로 직접 주조될 수 있다. 단일 확산기(180) 또는 다수의 이산 확산기(180)가 렌즈 튜브에 대향하는 광학 필터(160) 상에 유사하게 제조 및/또는 조립될 수 있다. 광학 필터(160)로부터 연장하는 스탠드오프는 확산기(들)(180) 주위에 유사하게 제조되거나 설치될 수 있고, 이미지 센서는 광학 필터(160)에 대향하는 스탠드오프와 정렬되고 접합될 수 있다. 시스템 내의 다른 광학 요소(예를 들어, 벌크 이미징 렌즈, 벌크 전송 렌즈 등)는 유사한 기술에 따라 유사한 재료로 제조될 수 있다.

[0057] **3. 2차원 광학 시스템**

[0058] 시스템의 다른 변형예는, 제1 직선형 그리드 어레이로 배열된 조명 소스의 세트(110)로서, 조명 소스의 세트(110) 내의 각각의 조명 소스는 조명 소스의 전방의 필드 내의 이산 스폿을 향해 동작 파장의 조명 빔을 출력하도록 구성되는, 조명 소스의 세트(110); 필드에 대향하는 초점 평면에 의해 특징화되는 벌크 이미징 광학계(130); 초점 평면과 일치하고, 제1 직선형 그리드 어레이에 비례하는 제2 직선형 그리드 어레이의 개구의 세트(144)를 형성하고, 개구의 세트(144)의 주위에 조리개 영역(146)을 형성하는 개구층으로서, 개구의 세트(144) 내의 각각의 개구는 조명 소스의 세트(110) 내의 대응 조명 소스에 의해 출력된 이산 스폿과 일치하는 필드 내의 시야를 규정하고, 조리개 영역(146)은 개구의 세트(144)에 의해 규정된 시야 외의 필드 내의 표면으로부터 반사되고 벌크 이미징 광학계(130)를 통과한 광선을 흡수하는, 개구층; 렌즈의 세트(150)로서, 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈는 제2 초점 길이에 의해 특징화되고, 제2 초점 길이만큼 벌크 이미징 광학계(130)에 대향하는 초점 평면으로부터 오프셋되고, 개구의 세트(144) 내의 개구와 정렬되고, 개구에 의해 통과된 광선을 시준하도록 구성되는, 렌즈의 세트(150); 개구층에 대향하는 렌즈의 세트(150)에 인접하고 동작 파장에서 광선을 통과시키도록 구성된 광학 필터(160); 렌즈의 세트(150)에 대향하는 광학 필터(160)에 인접한 픽셀의 세트(170)로서, 픽셀의 세트(170) 내의 각각의 픽셀은 렌즈의 세트(150) 내의 렌즈의 서브세트와 정렬되는, 픽셀의 세트(170); 및 광학 필터(160)와 픽셀의 세트(170) 사이에 개재되고 픽셀의 세트(170) 내의 대응 픽셀을 가로질러 렌즈의 세트(150) 내의 각각의 렌즈로부터 출력된 시준된 광을 확산하도록 구성된 확산기(180)를 포함한다.

[0059] 일반적으로, 이 변형예에서, 시스템은 채널의 2차원 그리드 어레이(즉, 개구, 렌즈 및 픽셀 세트 또는 렌즈 튜브 및 픽셀 세트)를 포함하고, 2차원에서 시스템에 의해 점유된 체적을 이미징하도록 구성된다. 시스템은 2차원 필드를 가로질러 1차원 거리 데이터 - 필드 내의 공지된 시야에 대응하는 공지된 위치의 픽셀 상에 입사된 연속적인 광자들 사이의 샘플링 주기 및/또는 시간 내의 입사 광자의 카운트와 같은 - 를 수집할 수 있다. 1차원 거리 데이터는 이어서 시스템 내의 각각의 채널을 위한 시야의 공지된 위치와 병합될 수 있어 시스템의 전방의 필드의 가상 3차원 표현을 재구성한다.

[0060] 이 변형예에서, 개구층은 개구의 그리드 어레이를 형성할 수 있고, 렌즈의 세트(150)는 하나의 렌즈가 개구층 내의 하나의 개구와 정렬된 상태로 유사한 그리드 어레이에 배열될 수 있고, 픽셀의 세트(170)는 전술된 바와 같이, 개구 및 렌즈 쌍당 하나의 픽셀을 포함할 수 있다. 예를 들어, 개구층은 300 μm의 개구 피치 거리만큼 수직으로 그리고 측방향으로 오프셋된 200 μm 직경의 개구의 24×24 그리드 어레이를 형성할 수 있고, 렌즈의 세트(150)는 유사하게 300 μm의 렌즈 피치 거리만큼 수직으로 그리고 측방향으로 오프셋된 24×24 그리드 어레이를 형성할 수 있다. 본 예에서, 픽셀의 세트(170)는 300-μm 정사각형 픽셀의 24×24 그리드 어레이를 포함할 수 있고, 여기서 각각의 픽셀은 9개의 100 μm 정사각형 SPAD의 3×3 정사각형 어레이를 포함한다.

[0061] 대안적으로, 이 변형예에서, 픽셀의 세트(170)는 다수의 개구 및 렌즈 쌍의 그룹당 하나의 픽셀을 포함할 수 있다. 상기 예에서, 픽셀의 세트(170)는 대안적으로 600 μm 정사각형 픽셀의 12×12 그리드 어레이를 포함할 수 있고, 각각의 픽셀은 36개의 100 μm 정사각형 SPAD의 6×6 정사각형 어레이를 포함하고, 여기서 각각의 픽셀은 정사각형 그리드 내의 4개의 인접한 렌즈의 그룹과 정렬된다. 본 예에서, 4개의 인접한 렌즈의 각각의 그룹에 대해, 도 8에 도시된 바와 같이, 확산기(180)는 정사각형 그리드 내의 (1, 1) 위치에서 렌즈로부터 출력된 시준된 광선을 상향으로 그리고 우측으로 편향하여 대응 픽셀의 전체 너비 및 폭을 가로질러 (1, 1) 렌즈를 통과하는 광선을 확산시킬 수 있고; 정사각형 그리드 내의 (2, 1) 위치에서 렌즈로부터 출력된 시준된 광선을 상향으로 그리고 좌측으로 편향하여 대응 픽셀의 전체 너비 및 폭을 가로질러 (2, 1) 렌즈를 통과하는 광선을 확산시킬 수 있고; 정사각형 그리드 내의 (1, 2) 위치에서 렌즈로부터 출력된 시준된 광선을 하향으로 그리고 우측으로 편향하여 대응 픽셀의 전체 너비 및 폭을 가로질러 (1, 2) 렌즈를 통과하는 광선을 확산시킬 수 있고; 정사각형 그리드 내의 (2, 2) 위치에서 렌즈로부터 출력된 시준된 광선을 하향으로 그리고 좌측으로 편향하여 대응

픽셀의 전체 너비 및 폭을 가로질러 (2, 2) 렌즈를 통과하는 광선을 확산시킬 수 있다.

[0062] 상기 예에서, 정사각형 그리드 내의 4개의 렌즈의 하나의 그룹에 대응하는 정사각형 그리드 내의 4개의 조명 소스의 각각의 그룹에 대해, 시스템은 임의의 주어진 시간 순간에 4개의 조명 소스의 그룹 내의 하나의 조명 소스를 작동시킬 수 있다. 특히, 픽셀의 세트(170)의 하나의 픽셀에 대응하는 정사각형 그리드 내의 4개의 조명 소스의 각각의 그룹에 대해, 시스템은 제1 샘플링 주기 동안 (1, 1) 위치에서 제1 조명 소스(111)를 작동시켜 대응하는 4개의 렌즈의 그룹 내의 (1, 1) 위치에서의 렌즈에 대응하는 제1 개구(141)에 의해 규정된 시야를 조명할 수 있고, 시스템은 제1 샘플링 주기 동안 대응 픽셀 내의 모든 36개의 SPAD를 샘플링할 수 있다. 시스템은 이어서 제1 조명 소스(111)를 셧다운하고 후속 제2 샘플링 주기 동안 (1, 2) 위치에서 제2 조명 소스(112)를 작동시켜 대응하는 4개의 렌즈의 그룹 내의 (1, 2) 위치에서의 렌즈에 대응하는 제2 개구(142)에 의해 규정된 시야를 조명할 수 있고, 시스템은 제2 샘플링 주기 동안 대응 픽셀 내의 모든 36개의 SPAD를 샘플링할 수 있다. 그 후에, 시스템은 이어서 제1 및 제2 조명 소스(112)를 셧다운하고 후속 제3 샘플링 주기 동안 (2, 1) 위치에서 제3 조명 소스를 작동시켜 대응하는 4개의 렌즈의 그룹 내의 (2, 1) 위치에서의 렌즈에 대응하는 제3 개구에 의해 규정된 시야를 조명할 수 있고, 시스템은 제3 샘플링 주기 동안 대응 픽셀 내의 모든 36개의 SPAD를 샘플링할 수 있다. 마지막으로, 시스템은 제1, 제2 및 제3 조명 소스를 셧다운하고 제4 샘플링 주기 동안 (2, 2) 위치에서 제4 조명 소스를 작동시켜 대응하는 4개의 렌즈의 그룹 내의 (2, 2) 위치에서의 렌즈에 대응하는 제4 개구에 의해 규정된 시야를 조명할 수 있고, 시스템은 제4 샘플링 주기 동안 대응 픽셀 내의 모든 36개의 SPAD를 샘플링할 수 있다. 시스템은 그 동작 전체에 걸쳐 이 프로세스를 반복할 수 있다.

[0063] 따라서, 상기 예에서, 시스템은 7.2 mm의 폭 및 7.2 mm의 길이로 이미지 센서를 가로질러 배열된 픽셀의 세트(170)를 포함할 수 있고, 시스템 내의 각각의 채널이 그렇지 않으면 실질적으로 더 큰 이미지 센서(예를 들어, 14.4 mm×14.4 mm 이미지 센서)를 필요로 하는 다수의 SPAD에 액세스할 수 있도록(그 위에 광선을 투사할 수 있도록) 스케닝 스키마(schema)를 구현할 수 있다. 특히, 시스템은 조명 소스의 그룹마다 직렬 스케닝 스키마를 구현하여 시스템 내의 각각의 채널의 동적 범위의 지수함수적 증가를 달성할 수 있다. 특히, 이 변형예에서, 시스템은 시스템의 이미징 해상도를 증가시키기 위해 상기 이미징 기술을 구현할 수 있다.

[0064] 상기 구현예에서, 시스템은 각각의 채널과 이미지 센서 사이에 셔터(182)를 또한 포함할 수 있고, 시스템은 대응 채널을 위한 조명 소스가 각각 작동 및 비활성화될 때 각각의 셔터(182)를 선택적으로 개폐할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 각각의 렌즈 사이에 개재된 하나의 독립적으로 동작 가능한 일렉트로크로믹 셔터(182)를 포함할 수 있고, 시스템은 4개의 렌즈의 정사각형-그리드형 그룹 내의 (1, 1) 렌즈 위의 일렉트로크로믹 셔터(182)를 개방하고, (1, 1) 조명 소스가 활성화될 때 (1, 2), (2, 1) 및 (2, 2) 렌즈 위의 일렉트로크로믹 셔터(182)를 폐쇄할 수 있어, 이에 의해 (1, 2), (2, 1) 및 (2, 2) 렌즈를 통과하는 노이즈가 이미지 센서 상의 대응 픽셀에 도달하는 것을 거부한다. 따라서, 시스템은 각각의 채널과 이미지 센서 사이에서 셔터(182)를 선택적으로 개폐하여 동작 중에 채널당 SNR을 증가시킬 수 있다. 대안적으로, 시스템은 도 8에 도시된 바와 같이, 각각의 픽셀의 선택 영역 위에 배열된 하나의 독립적으로 동작 가능한 일렉트로크로믹 셔터(182)를 포함할 수 있고, 각각의 일렉트로크로믹 셔터(182)는 단일 채널과(즉, 렌즈의 세트 내의 단일 렌즈와) 정렬된다. 시스템은 대안적으로 MEMS 기계적 셔터 또는 렌즈의 세트(150)와 이미지 센서 사이에 개재된 임의의 다른 적합한 유형의 셔터를 포함할 수 있다.

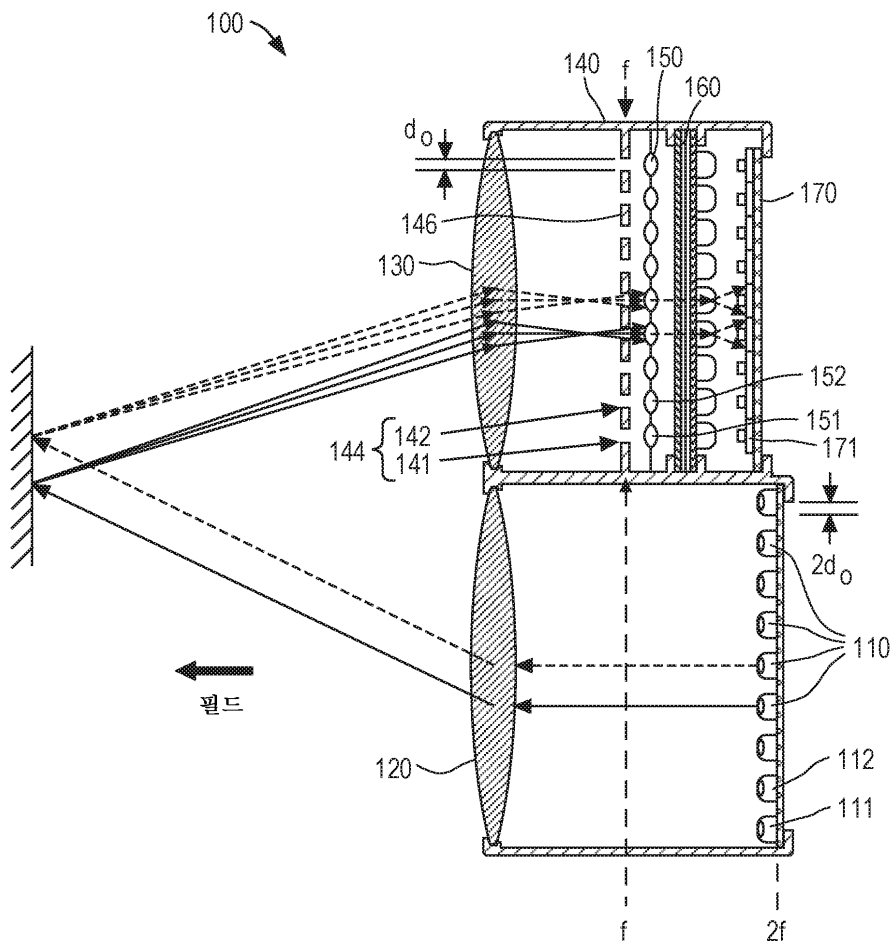
[0065] 이 변형예에서, 시스템은 제1(예를 들어, X) 축을 따르는 제1 피치 거리 및 제2(예를 들어, Y) 축을 따르는 제2 피치 거리 - 제1 피치 거리와는 상이한 - 에 의해 특징화되는 개구, 렌즈, 확산기 및/또는 픽셀의 2차원 그리드 어레이를 형성할 수 있다. 예를 들어, 이미지 센서는 25 μm 수평 피치 및 300 μm 수직 피치만큼 오프셋된 픽셀을 포함할 수 있고, 각각의 픽셀은 12개의 서브픽셀의 단일 행을 포함한다.

[0066] 그러나, 이 변형예에서, 2차원 광학 시스템은 임의의 다른 개수 및 패턴의 채널(예를 들어, 개구, 렌즈(또는 렌즈 튜브) 및 확산기) 및 픽셀의 어레이를 포함할 수 있고, 이미지 센서의 원시 픽셀 해상도보다 채널당 더 높은 공간 해상도를 달성하기 위해 임의의 다른 적합한 스케닝 스키마를 실행할 수 있다. 시스템은 부가적으로 또는 대안적으로, 대응 픽셀의 너비를 가로질러 채널로부터 통과된 광을 확산시키기 위한 수렴 광학계, 발산 광학계, 및/또는 임의의 다른 적합한 유형의 광학 요소를 포함할 수 있다.

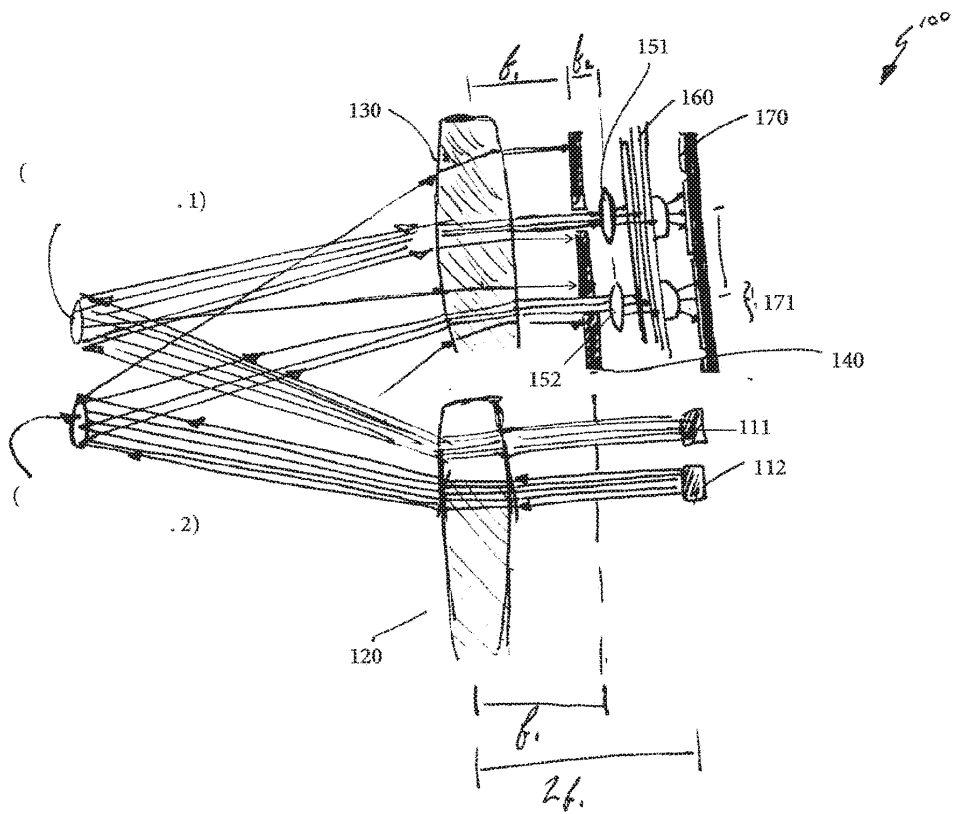
[0067] 통상의 기술자는 상기 상세한 설명 및 도면 및 청구범위로부터, 이하의 청구범위에 정의된 바와 같은 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 본 발명의 실시예에 대한 수정 및 변경이 이루어질 수 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

도면

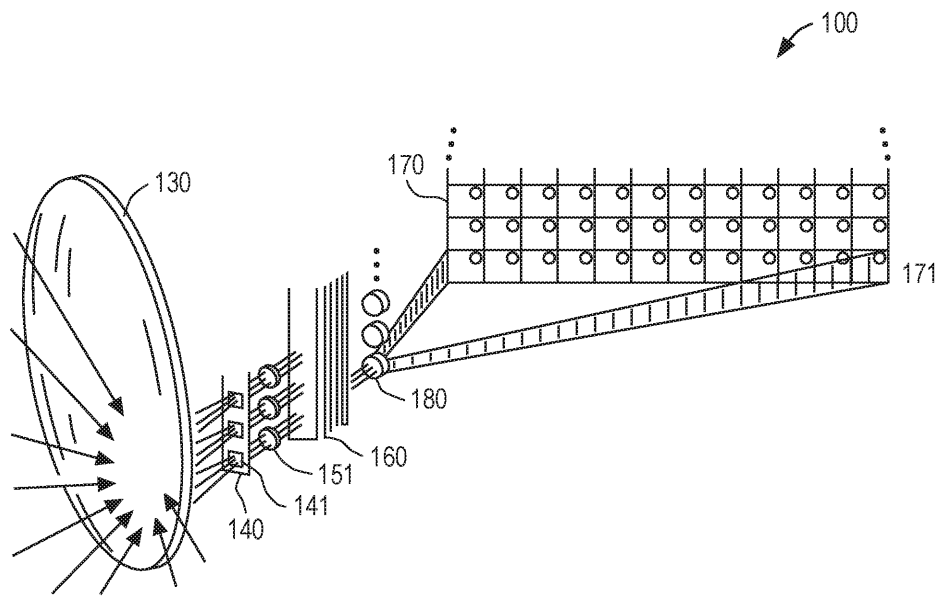
도면1



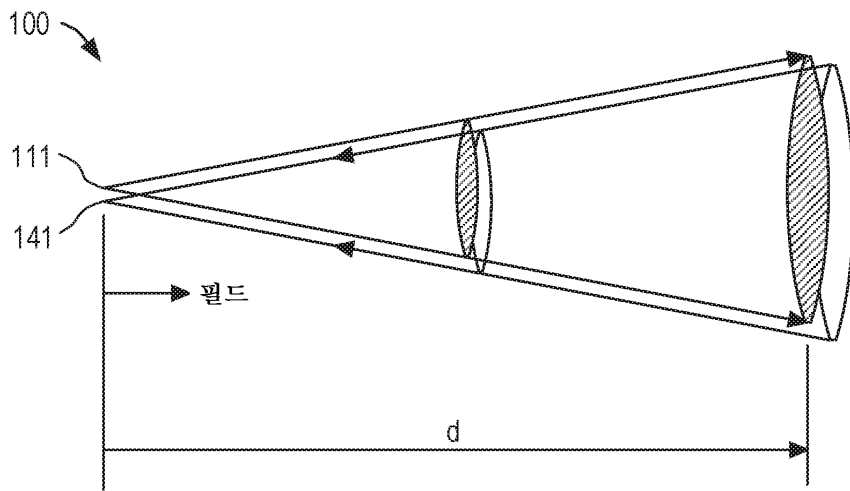
도면2



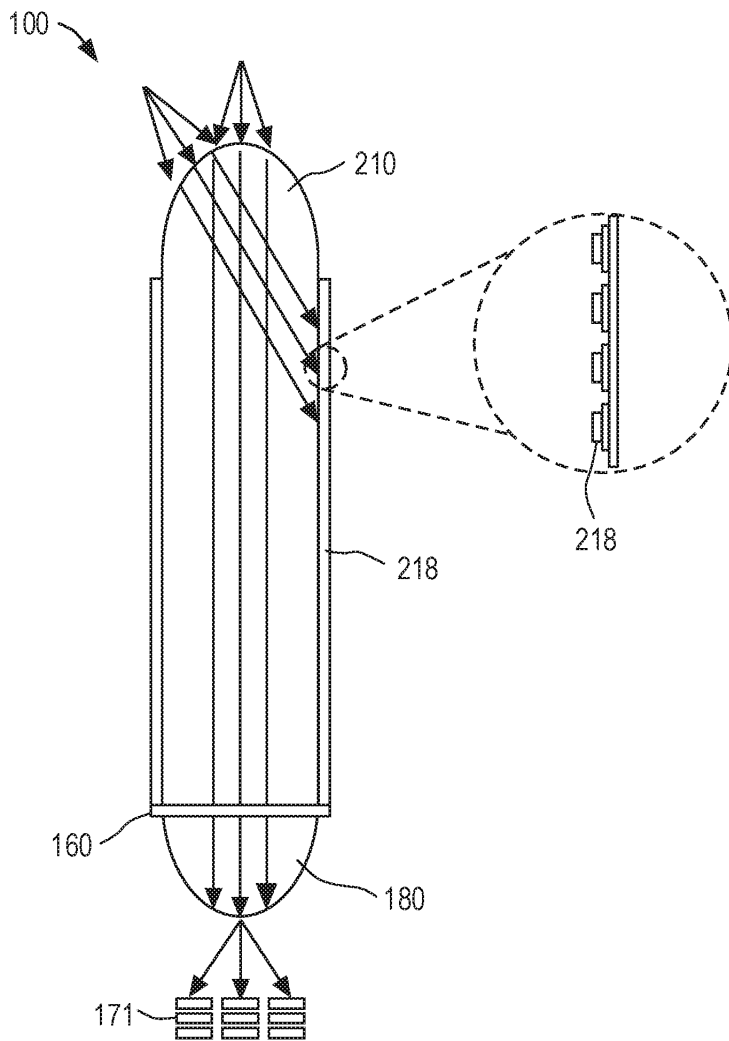
도면3



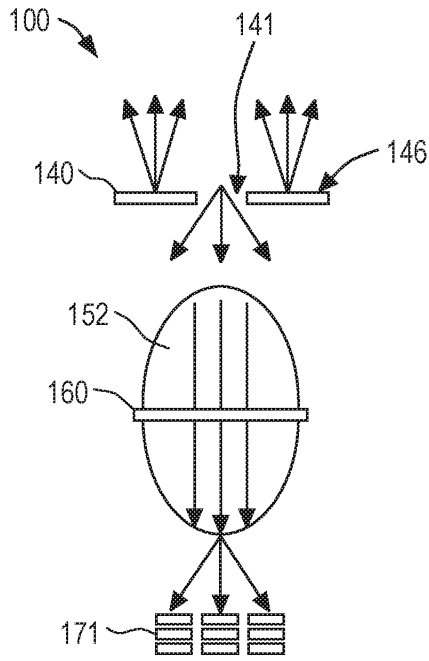
도면4



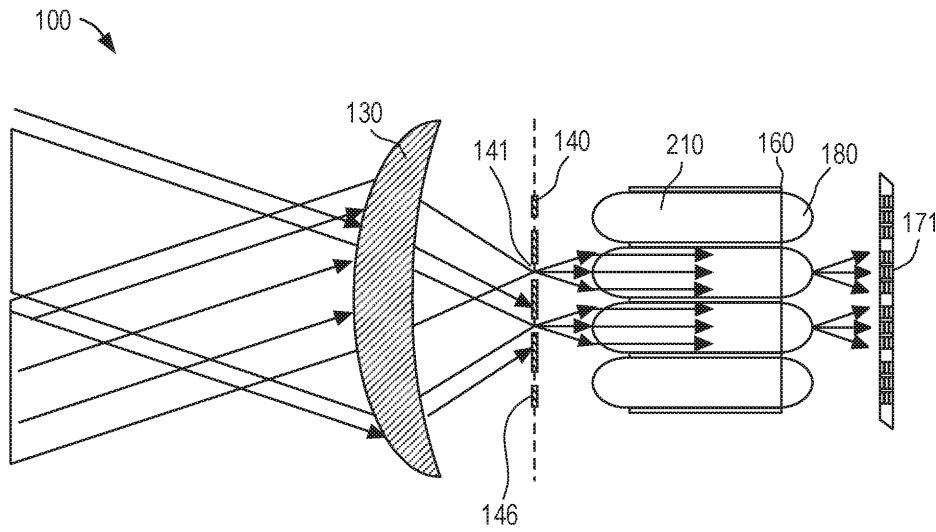
도면5



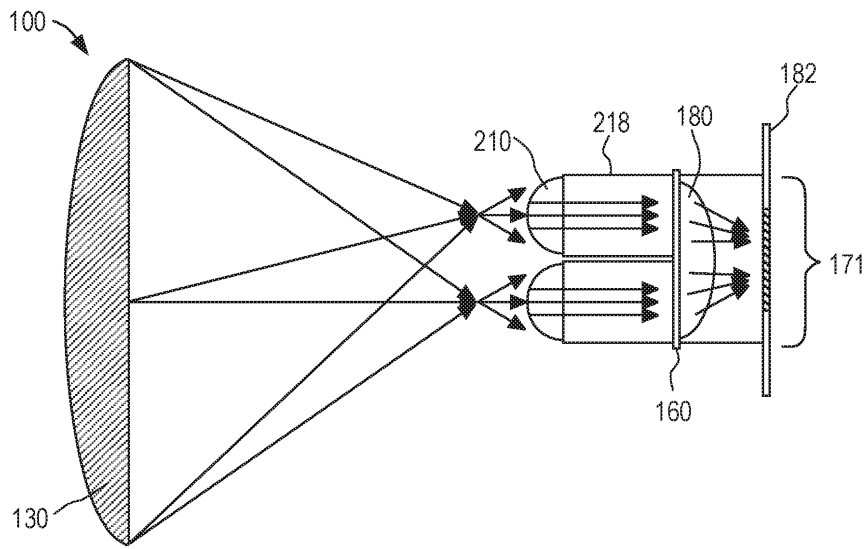
도면6



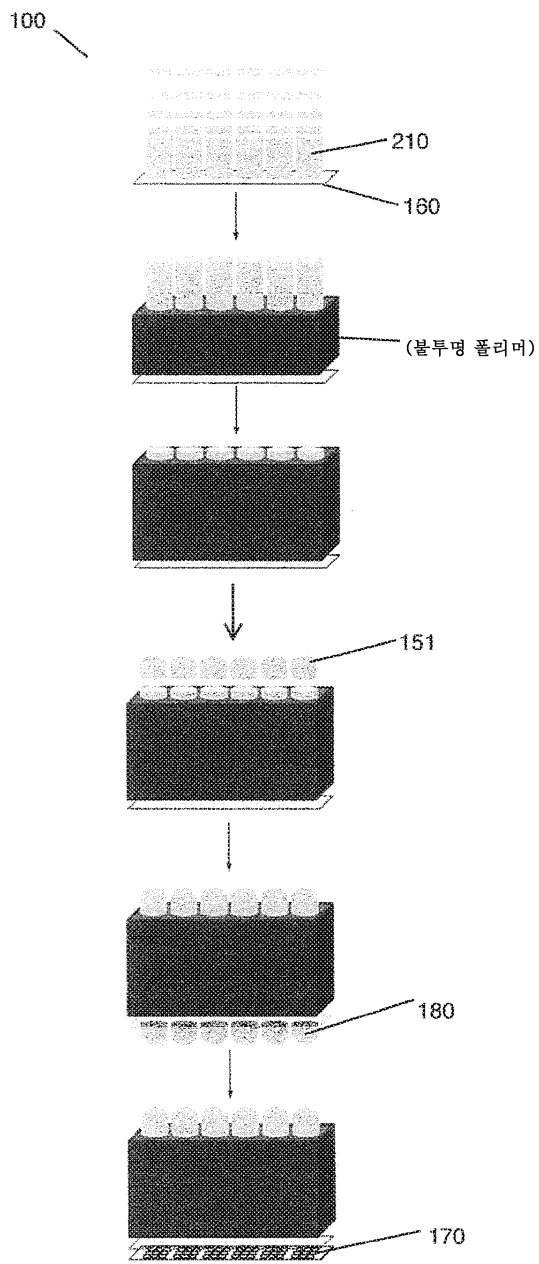
도면7



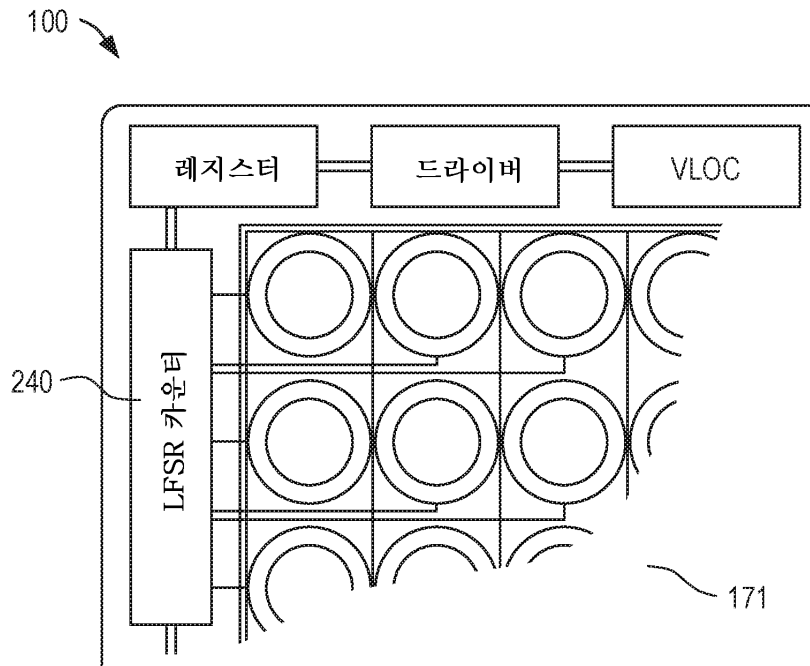
도면8



도면9



도면10



도면11

