



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0057773
(43) 공개일자 2020년05월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03H 1/22 (2006.01) B60Q 1/00 (2006.01)
G01S 17/89 (2020.01) G01S 7/481 (2006.01)
G01S 7/4863 (2020.01) G03H 1/00 (2006.01)
G03H 1/02 (2006.01) G03H 1/30 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03H 1/2294 (2013.01)
B60Q 1/0023 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7012565
- (22) 출원일자(국제) 2019년05월14일
심사청구일자 2020년04월29일
- (85) 번역문제출일자 2020년04월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2019/062373
- (87) 국제공개번호 WO 2019/224052
국제공개일자 2019년11월28일
- (30) 우선권주장
1808623.1 2018년05월25일 영국(GB)

- (71) 출원인
엔비직스 엘티디
영국 엠케이5 8페이지 밀튼 케인즈, 놀힐, 1에이 가
포스 플레이스
- (72) 발명자
크리스마스, 제미슨
영국 엠케이5 8페이지 밀튼 케인즈, 놀힐, 1에이 가
포스 플레이스, 엔비직스 엘티디 앞
휘팅, 폴
영국 엠케이5 8페이지 밀튼 케인즈, 놀힐, 1에이 가
포스 플레이스, 엔비직스 엘티디 앞
- (74) 대리인
이철희

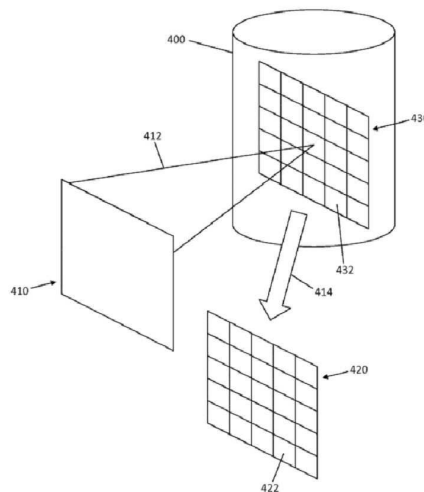
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 홀로그램 광 검출 및 거리 측정 시스템

(57) 요약

장면을 스캔하도록 배열된 광 검출 및 거리 측정 시스템이 제공된다. 광원은 제1 특성을 갖는 광을 출력한다. 공간 광 변조기는 광원으로부터 출력 광을 수신하고 그 위에 표현된 컴퓨터 생성 홀로그램에 따라 공간 변조 광을 출력한다. 광 검출기는 장면으로부터 제1 특성을 갖는 광을 수신하고 광 응답 신호를 출력한다. 홀로그램 제어기는 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 공간 광 변조기로 출력하도록 구성된다. 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 장면 내에 대응하는 패턴을 갖는 구조화된 광을 형성하도록 배열된다. 홀로그램 제어기는 또한 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램 중 적어도 하나에 의해 형성된 구조화된 광의 패턴을 변경 시키도록 배열된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G01S 17/89 (2013.01)

G01S 7/4817 (2013.01)

G01S 7/4863 (2013.01)

G03H 1/0005 (2013.01)

G03H 1/2249 (2013.01)

G03H 2001/0224 (2013.01)

G03H 2001/2263 (2013.01)

G03H 2001/2271 (2013.01)

G03H 2001/2284 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

장면을 측량하도록 배열된 광 검출 및 거리측정 시스템으로서,

제1 특성을 갖는 광을 출력하도록 배열된 광원;

공간 광 변조기(SLM)로서, 상기 공간 광 변조기에 표시된 컴퓨터 생성 홀로그램에 따라 상기 광원으로부터 광을 수신하고 공간 변조된 광을 출력하도록 배치된 공간 광 변조기;

복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 상기 공간 광 변조기로 출력하도록 구성된 홀로그램 제어기로서, 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 상기 장면 내의 재생 필드에서 대응하는 패턴을 갖는 구조화된 광을 형성하도록 배열되고, 상기 홀로그램 제어기는 추가로 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램 중 적어도 하나에 의해 재생 필드에 형성된 구조화된 광의 패턴을 변경하도록 배열되는, 홀로그램 제어기; 및

장면으로부터 제1 특성을 갖는 광을 수신하고 광 응답 신호를 출력하도록 배열된 광 검출기로서,

광 검출 소자의 어레이, 및

광 검출 요소들의 어레이와 연관된 광학 시스템으로서, 각각의 광 검출 요소가 장면 내의 재생 필드의 각각의 서브-영역으로부터 제1 특성을 갖는 광을 수신하도록 상기 광학 시스템이 배열되는, 광학 시스템을 포함하는 광 검출기

를 포함하는 광 검출 및 거리측정 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 구조화된 광의 패턴은 구조화된 광의 영역 내에서 광 및 광 특징의 형태, 형상 및/또는 패턴을 포함하는 광 검출 및 거리측정 시스템.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서, 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램은 순차적으로 공간 광 변조기에 출력되고, 선택적으로 각 홀로그램은 구조화된 광의 패턴을 포함하는 광 프로젝트를 형성하는 광 검출 및 거리측정 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램은 제1 컴퓨터 생성 홀로그램 및 제2 컴퓨터 생성 홀로그램을 포함하고, 상기 제1 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 상기 재생 필드에 형성된 구조화된 광의 패턴은 상기 제2 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 재생 필드에서 형성된 구조화된 광의 패턴과 상이한 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 시스템은 상기 광 검출 소자들의 어레이의 각각의 광 검출 소자가 개별 시야(IFOV)의 어레이의 개별 시야(IFOV)로부터 반사된 광을 검출하도록 배치되고, 개별 시야들의 어레이는 장면 내의 재생 필드에 대응하고, 선택적으로, 각각의 광 검출 요소는 대응하는 개별 시야에 대한 각각의 광 응답 신호를 출력하도록 배열되는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램 중 적어도 하나의 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 구조화된 광은 장면 내의 개별 시야(IFOV)들의 어레이의 개별 시야(IFOV)를 조명하기 위한 광점을 포함하는 패턴인 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 구조화된 광은 복수의 개별 광점을 포함하는 패턴이고, 상기 광점은 서로 공간적으로 분리되고 각각의 광점은 장면 내에서 대응하는 IFOV를 조명하도록 배치되는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 8

제7 항에 있어서, 복수의 불연속적 광점은 광점의 어레이를 포함하고, 광점의 개수는 장면 내의 개별 시야들의 어레이의 다수의 개별 시야에 대응하여 모든 개별 시야들이 조명되도록 하는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 9

제7 항에 있어서, 상기 복수의 불연속적 광점은 장면 내의 개별 시야들의 어레이에서 개별 시야의 제1 서브 세트를 조명하도록 패턴 또는 어레이로 배열되며, 광점의 개수는 장면 내 개별 시야의 어레이 내 다수의 개별 시야의 개수보다 작은 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 10

제9 항에 있어서, 개별 시야들의 어레이는 개별 시야들의 행 및 열의 어레이를 포함하고, 광점은 어레이의 각 행 또는 열 내의 모든 n번째 위치에 위치하며, 여기서 n은 1 보다 큰 정수이고, 인접한 행 또는 열의 광점들은 서로에 대해 오프셋 되며, 선택적으로 복수의 불연속적 광점들 체커보드 패턴으로 배열되는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 11

제 9 항 또는 제10 항에 있어서, 상기 홀로그램 제어기는 복수의 개별적인 홀로그램에 의해 형성된 상기 적어도 하나의 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 구조화된 광의 어레이 내 광점 중 적어도 하나를 재배치하도록 배열되어 장면 내의 개별 시야들의 어레이에서 개별 시야의 제2 서브 세트를 조명하기 위해 적어도 하나의 다른 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 구조화된 광의 어레이의 상이한 패턴 내에 복수의 불연속적 광점을 제공하고, 상기 제1 서브 세트는 상기 제2 서브 세트와 상이한 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 12

제7 항 내지 제11 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 홀로그램 제어기는 상기 적어도 하나의 컴퓨터 생성에 의해 형성된 구조화된 광의 복수의 광점 중 적어도 하나의 광점의 형상을 변경 시키도록 배열되어 적어도 하나의 다른 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 구조화된 광 내에 적어도 하나의 상이한 형상의 광점을 제공하는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 13

제5 항에 있어서, 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 구조화된 광을 포함하는 광 풋프린트를 형성하도록 배열되고, 제1 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 시퀀스로 형성된 광 풋프린트는 장면 내 IFOV 내 제1위치에 서브 풋프린트를 제공하고, 상기 홀로그램 제어기는 각각의 연속 홀로그램에 의해 시퀀스로 제공되는 개별 시야 내에 서브 풋프린트를 재배치하도록 배열되는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 14

제13 항에 있어서,

1 차원 또는 2 차원 형상을 갖는 불연속적 광 영역을 포함하는 서브 풋프린트;

홀로그램 제어기에 의해 출력된 컴퓨터 생성 홀로그램의 시퀀스로서, 서브 풋프린트를 개별 시야 내의 복수의 상이한 위치로 이동시켜 그 전체 영역을 스캔하고, 선택적으로, 상기 서브 풋프린트를 상기 개별 시야 내의 복수의 상이한 위치들로 재배치하는 컴퓨터 생성 홀로그램의 시퀀스 내 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 광 풋프린트는 상기 장면 내에서 상기 개별 시야들의 어레이의 하나 이상의 개별 시야 내의 위치들에 선택적으로 조명하기 위하여 하나 이상의 추가적인 서브 풋프린트를 포함하는, 컴퓨터 생성 홀로그램의 시퀀스; 및

개별 시야로서, 상기 개별 시야는 광 풋프린트에 의해 개별 시야의 이전의 조명에 응답하여 수신된 피드백에 기

초하여 선택되는 개별 시야

중 하나 이상을 포함하는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 15

제5 항 내지 제14 항 중 어느 한 항에 있어서, 광 감지 요소들의 어레이의 각각의 광 감지 요소 및 상기 장면 내의 개별 시야들의 어레이의 개별 시야 사이에는 일대일 상관 관계가 있는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 16

제5 항 내지 제15 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광 검출기는 :

전하 결합 장치("CCD") 소자의 어레이, 또는

단일 광자 애벌랜치 다이오드("SPAD") 광 검출 소자의 어레이와 같은 저해상도 광 검출 소자의 어레이를 포함하는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 17

제1 항 내지 제16 항 중 어느 한 항에 있어서, 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램의 제1 컴퓨터 생성 홀로그램에 대응하는 제1 공간적으로 변조된 광의 출력과 물체로부터 반사된 제1 공간적으로 변조된 광을 검출하는 것 사이의 시간 차이를 포함하는 전달 시간 측정을 수행함으로써, 상기 광 검출 및 거리 측정 시스템으로부터 장면 내 물체까지의 거리를 결정하도록 배치되는 프로세서를 더 포함하는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 18

제1 항 내지 제17 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 SLM 및 상기 광 검출기 중 적어도 하나는 휴대용 장치 또는 차량의 램프 유닛 내에 위치되는 광 검출 및 거리 측정 시스템.

청구항 19

제1 항 내지 제17 항 중 어느 한 항의 광 검출 및 거리 측정 시스템을 포함하는 램프 유닛.

청구항 20

제1 항 내지 제17 항 중 어느 한 항의 광 검출 및 거리 측정 시스템을 포함하는 차량.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 프로젝터에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 홀로그램 프로젝터, 홀로그램 프로젝션 시스템, 프로젝터를 제어하는 방법 및 홀로그램 프로젝션 시스템을 제어하는 방법에 관한 것이다. 실시예들은 광 검출 및 거리 측정 시스템에 관한 것이다. 일부 실시예는 광 검출 및 거리 측정 방법에 관한 것이다. 일부 실시예는 광 검출 및 거리 측정 시스템에서 광 포인트를 제어하는 방법에 관한 것이다. 일부 실시예는 컴퓨터로 제어되는 광 포인트로 장면을 조사하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 물체에서 산란된 광은 진폭 및 위상 정보를 포함한다. 이러한 진폭 및 위상 정보는 예컨대 잘 알려진 간섭 기술에 의해 감광성 플레이트 상에 캡처 되어 홀로그래픽 기록 또는 간섭 줄무늬를 포함하는 "홀로그램"을 형성할 수 있다. 홀로그램은 원 객체를 나타내는 2 차원 또는 3 차원 홀로그래픽 재구성(reconstruction) 또는 재생(replay) 이미지를 형성하기에 적절한 광을 조사함으로써 구성될 수 있다.

[0003] 컴퓨터 생성 홀로그래피(computer-generated holography)는 수치적으로 간섭 프로세스(interference process)를 시뮬레이션 할 수 있다. 컴퓨터 생성 홀로그램(CGH)는 프레넬(Fresnel) 또는 푸리에(Fourier) 변환과 같은 수학적 변환에 기초한 기술에 의해 계산될 수 있다. 이러한 유형의 홀로그램은 프레넬 또는 푸리에 홀로그램으로 지칭될 수 있다. 푸리에 홀로그램은 객체의 푸리에 도메인 표현 또는 객체의 주파수 도메인 표현으로 간주될 수 있다. CGH는 또한 예컨대 가간섭성 광선 추적(coherent ray tracing) 또는 포인트 클라우드 기법(point

cloud technique)에 의해 계산될 수 있다.

[0004] CGH는 입사광의 진폭 및/또는 위상을 변조하도록 형성된 공간 광 변조기(SLM) 상에 인코딩 될 수 있다. 광 변조는 예컨대 전기적으로 어드레스 가능한 액정, 광학적으로 어드레스 가능한 액정 또는 마이크로 미러를 사용하여 달성될 수 있다.

[0005] SLM은 셀들(cells) 또는 요소들(elements)로 지칭될 수 있는 복수의 개별적으로 어드레싱 가능한 픽셀들을 포함할 수 있다. 광 변조 방식은 이진(binary), 다중 레벨(multilevel) 또는 연속(continuous)일 수 있다. 대안적으로, 이 장치는 연속적일 수 있으며(즉, 픽셀로 구성되지 않은), 이에 따라 광 변조는 장치 전체에 걸쳐서 연속적일 수 있다. SLM은 변조 광이 SLM으로부터 반사되어 출력된다는 점에서 반사형(reflective)일 수 있다. SLM은 변조 광이 SLM을 투과하여 출력된다는 점에서 투과형(transmissive)일 수도 있다.

[0006] 상기 기술을 이용하여 화상을 투영하는 홀로그래픽 프로젝터가 제공될 수 있다. 이러한 프로젝터는 예컨대 헤드업 디스플레이(HUD) 및 근안 장치를 포함하는 헤드마운트 디스플레이(HMD)에 적용되고 있다. 홀로그램 프로젝터는 광 검출 및 거리 측정에 사용될 수 있다. 광 검출 및 거리 측정 시스템은 휴대용 장치 및 차량을 포함한 다양한 응용에 사용될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 광 검출 및 거리 측정 시스템의 개선하는 것에 관한 것이다. 특히, 이러한 개선은, 광 검출 및 거리 측정을 사용하여 관심 대상인 특징을 검출하기 위해 장면의 영역을 조사하기 위한 더 빠르고, 더 안정적이고 및 / 또는 더 정확한 기술을 포함할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 양태들은 첨부된 독립 청구항들에서 정의된다.

[0009] 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 공간 광 변조기로 출력함으로써 공간적으로 변조된 광으로 장면을 조명하는 단계 및 제1 특성을 갖는 광으로 공간 광 변조기를 조명하는 단계를 포함하는 광 검출 및 거리 측정 방법이 제공된다. 각각의 홀로그램은 장면 내의 재생 필드에서 대응하는 패턴을 갖는 구조화된 광을 형성하도록 배열된다. 실시예들에서, 구조화된 광은 재생 필드에서 광 풋프린트로 제공된다. 각각의 홀로그램에 의해 형성된 구조화된 광/풋프린트는 정의된 형태, 형상 및/또는 패턴을 가질 수 있다. 본 방법은 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램 중 적어도 하나에 의해 재생 필드에 형성된 구조화된 광의 패턴을 변경한다. 본 방법은 또한 광 검출기에 의해 장면으로부터 제1 특성을 갖는 공간적으로 변조된 반사된 광을 수신하고 광 응답 신호를 출력하는 단계를 포함할 수 있고, 광 검출기는 광 검출 요소의 어레이, 및 광 검출 요소의 어레이와 관련된 광학 시스템을 포함한다. 광학 시스템은 (오직) 각각의 광 검출 요소가 장면 내에서 재생 필드의 각각의(및 고유한) 서브 영역으로부터 광을 수신하도록 배열된다. 실시예들에서, 본 방법은 각각의 광 검출 요소에 의해 장면의 대응하는(및 고유한) 서브 영역으로부터 제1 특성을 갖는 광을 수신하고 각각의 광 응답 신호를 출력하는 단계를 포함한다.

[0010] 일부 실시예에서, 본 방법은 장면 내의 재생 필드에서 구조화된 광 / 광 풋프린트의 크기, 형상, 배향 및 / 또는 패턴을 동적으로 변경하는데 사용될 수 있다. 이는 동적 홀로그래피를 사용하여 구조화된 조명 / 풋프린트를 형성함으로써 달성된다.

[0011] 본 방법은 광 검출기로부터의 피드백이 다음 번 스캔 또는 측량을 수행하는 방법 및 장소를 결정하기 위해 사용되는 장면의 지능형 스캐닝 또는 측량을 추가로 포함할 수 있다. 이것은 메모리로부터 적어도 하나의 컴퓨터 생성 홀로그램을 선택하거나 수신된 신호에 기초하여 적어도 하나의 컴퓨터 생성 홀로그램을 실시간으로 계산하는 것을 포함하는 적어도 하나의 컴퓨터 생성 홀로그램을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] "홀로그램"이라는 용어는 객체에 대한 진폭 정보 또는 위상 정보, 또는 그들의 몇몇 조합들을 포함하는 기록물을 지칭하는 데 사용된다. "홀로그래픽 재구성(holographic reconstruction)"이란 용어는 홀로그램을 조사하여 형성되는 물체의 광학적 재구성을 가리키는 용어이다. "재생 평면(replay plane)"이라는 용어는 본 명세서에서 홀로그래픽 재구성이 완전히 형성된 공간 상의 평면을 가리키는데 사용된다. 용어 "재생 필드"는 공간 광 변조기로부터 공간적으로 변조된 광을 수신할 수 있는 재생 평면의 서브 영역을 지칭하기 위해 본 명세서에서 사용된다.

- [0013] "이미지" 및 "이미지 영역"이라는 용어는 홀로그래픽 재구성을 형성하는 광에 의해 조명되는 재생 필드의 영역을 지칭한다.
- [0014] 본 명세서에서 용어 "광 풋프린트(light footprint)"는 홀로그램의 재구성에 의해 장면에 형성된 조명 패턴을 지칭하는 것을 전반적으로 사용된다. 각각의 광 풋프린트는 장면(scene)에서의 홀로그래픽 재구성을 형성하는 것에 대응한다. 이에 광 풋프린트는 장면 내(특히 재생 필드 내)의 광이 있는 영역이다. 이 광은 펄스화될(pulsed) 수 있다. 재생 필드 내에서 그 영역에 걸쳐서 광은 일정한 밝기를 가질 수 있다. 실시예들에서, 광은 재생 필드 내의 그 영역에 걸쳐 불균일 한 밝기를 가질 수 있고 이로써 장면 내의 재생 필드에서 광 패턴을 형성할 수 있다. 광의 패턴은 어두운 영역에 의해 분리되는 다수의 개별 광 영역(본 명세서에서 "광점(light spot)"으로도 지칭됨)을 포함할 수 있거나, 등급이 있는 밝기 또는 강도를 갖는 광의 패턴 일 수 있다. 이러한 광의 패턴은 본 명세서에서 "구조화된 광(structured light)"으로 지칭된다. 광 풋프린트 / 구조화된 광은 그 형태, 형상 및/또는 패턴에 의해 특징지어질 수 있다. 본 명세서에 개시된 광 검출 및 거리 측정 시스템은 장면 내에서 다양한 광 풋프린트의 시간적 시퀀스(temporal sequence)를 형성하는데 사용될 수 있다. 바람직하게는, 본 명세서에 개시된 동적 재구성 가능한 홀로그래픽 기술은 실시간으로 광 풋프린트의 파라미터를 제어하는데 사용될 수 있다. 실시예들에서, 이 기술은 구조화된 광을 투영하고 구조화된 광을 실시간으로 변경하는데 사용된다. 예를 들어, 이 기술은 개별 광점의 크기 및 / 또는 형상을 변경하거나, 재생 필드 내에 형성된 광 풋프린트 / 구조화된 광 내의 광점의 분포를 실시간으로 변경할 수 있다.
- [0015] "인코딩(encoding)", "기록(writing)" 또는 "어드레싱(addressing)"이라는 용어는 각 픽셀의 변조 레벨을 각각 결정하는 복수의 제어 값에 대해 SLM의 복수의 픽셀을 제공하는 프로세스를 기술하는데 사용된다. SLM의 픽셀들은 복수의 제어 값을 수신하는 것에 응답하여 광 변조 분포(light modulation distribution)를 "표시(display)"하도록 구성 될 수 있다. 즉, SLM은 홀로그램을 "표시하는 것"으로 지칭될 수 있다.
- [0016] "스캐닝(scanning)" 및 "측량하는(surveying)"이라는 용어는 본 명세서에서 하나 이상의 광 풋프린트로 조명함으로써 장면의 영역을 검사(probing)하는 과정을 지칭하기 위한 것으로 동의어로 사용된다. 유사하게, "스캔" 또는 "측량"은 장면의 영역을 검사하는 프로세스에서 사용되는 단일 풋프린트 또는 복수의 풋프린트를 포함하는 시퀀스를 포함한다.
- [0017] "광"이라는 용어는 본 명세서에서 가장 넓은 의미로 사용된다. 실시예들은 가시 광선, 적외선 및 자외선, 및 이들의 임의의 조합에 동일하게 적용 가능하다.
- [0018] 실시예들은 단지 예시로서 단색인 광 풋프린트를 기술한다. 실시예들에서, 광 풋프린트는 다색 광 풋프린트다. 실시예들에서, 복합 컬러 광 풋프린트는 복수의 단일 컬러 광 풋프린트를 조합함으로써 제공된다. 실시예들에서, 복수의 단일 컬러 컴퓨터 생성 홀로그램이 각각의 합성 컬러 광 풋프린트를 형성하는데 사용될 수 있다. 이러한 과정의 다양성은 처리량을 증가시킬 수 있다.
- [0019] 실시예들은 단지 예시로서 1D 및 2D 광 풋프린트를 기술한다. 다른 실시예들에서, 광 풋프린트는 3D 광 풋프린트다. 즉, 실시예들에서, 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 3D 홀로그래픽 재구성을 형성한다.
- [0020] 허용 가능한 품질의 홀로그래픽 재구성은 본래의 객체와 관련된 위상 정보만을 포함하는 "홀로그램"으로부터 형성될 수 있다는 것이 알려져 있다. 이러한 홀로그래픽 기록은 위상-한정 홀로그램으로 지칭될 수 있다. 몇몇 실시예들은 단지 예시적으로 위상-한정 홀로그램에 관련되어 기술되었으나 본 발명은 진폭한정 홀로그램에도 동등하게 적용 가능하다.
- [0021] 본 발명은 또한 원래 객체와 관련된 진폭 및 위상 정보를 사용하여 홀로그래픽 재구성을 형성하는데 동일하게 적용 가능하다. 일부 실시예에서, 이것은 원래 객체와 관련된 진폭 및 위상 정보를 모두 포함하는 소위 완전-복소 홀로그램을 사용하는 복소 변조에 의해 달성된다. 이러한 홀로그램은 홀로그램의 각 화소에 할당된 값(그레이 레벨)이 진폭 및 위상 성분을 갖기 때문에 완전-복소 홀로그램으로 불릴 수 있다. 각 화소에 할당된 값(그레이 레벨)은 진폭 및 위상 성분을 갖는 복소수로 표현될 수 있다. 일부 실시예에서, 완전-복소 컴퓨터 생성 홀로그램이 계산된다. 예를 들어, 본 발명은 두 개의 어레이로 이루어진 위상-변조 픽셀이 이용되는 완전-복소 홀로그램에 적용될 수 있다.
- [0022] 위상 값, 위상 성분, 위상 정보, 또는 간단히, 컴퓨터 생성 홀로그램 또는 공간 광 변조기의 화소들의 위상을 "위상-지연"의 약자로서 참조할 수 있다. 즉, 기술된 임의의 위상 값은 사실 그 화소에 의해 제공된 위상 지연의 양을 나타내는 숫자(예를 들어, 0 내지 2π 범위인)이다. 예를 들어, 공간 광 변조기의 화소가 위상 값 $\pi/2$ 를 갖는 것으로 기술된다면, 이는 전달된 광의 위상을 $\pi/2$ 라디안만큼 변경할 것이다. 일부 실시예들에서, 공

간 광 변조기의 화소 각각은 복수의 가능한 변조 값들(예를 들어, 위상 지연 값들)에서 동작 가능하다. “그레이 레벨”이란 용어는 복수의 이용 가능한 변조 레벨을 지칭하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, “그레이 레벨”이란 용어는 상이한 위상 레벨들이 상이한 그레이 정도를 제공하지 않더라도, 편의상 위상-한정 변조기의 복수의 가용 위상 레벨을 지칭하는데 사용될 수 있다. “그레이 레벨”이란 용어는 또한 복소 변조기에서 복수의 가용 복소 변조 레벨을 지칭하는데 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 구체적인 실시예들은 다음의 도면을 참조하여 단지 예로서 설명된다:

도 1은 스크린 상에 홀로그래픽 재구성을 생성하는 반사형 SLM을 나타내는 개략도이다.

도 2a는 예시적인 Gerchberg-Saxton 타입 알고리즘의 첫 번째 반복을 도시한다.

도 2b는 Gerchberg-Saxton 형 알고리즘의 두 번째 및 후속 반복을 도시한다.

도 2c는 Gerchberg-Saxton 형 알고리즘의 대안적인 두 번째 및 후속 반복을 도시한다.

도 3은 반사형 LCOS SLM의 개략도이다.

도 4는, 실시예들에 따라, 장면 내의 재생 필드에서 홀로그래픽 재구성을 생성하는 SLM 및 장면 내의 재생 필드의 개별 시야(IFOV)의 어레이로부터의 광을 검출하도록 배열된 어레이 검출기를 포함하는 홀로그램 LIDAR 시스템을 도시하는 개략도이다.

도 5a는, 일 실시예에 따라, 홀로그래픽 스캔의 각각의 제1 및 제2 프레임에 의해 형성된 제1 및 제2 광 풋프린트를 도시하며, 각각의 풋프린트는 장면 내의 재생 필드의 IFOV의 어레이를 조명하기 위한 서브 풋프린트 또는 "광점"의 패턴을 갖는 구조화된 광을 포함하고, 광점들의 형상이 프레임들 사이에서 변경된다;

도 5b는, 다른 실시예에 따라, 홀로그래픽 스캔의 각각의 제1 및 제2 프레임에 의해 형성된 제1 및 제2 광 풋프린트를 도시하며, 각각의 풋프린트는 장면 내에서 재생 필드의 IFOV의 어레이의 IFOV의 서브 세트를 조명하기 위한 광점 패턴을 갖는 구조화된 광을 포함하고, 여기서, 광점들의 패턴은 IFOV의 상이한 서브 세트를 조명하도록 프레임들 사이에서 변경된다;

도 5c는, 또 다른 실시예에 따라, 도 5b의 실시예와 동등한 제1 및 제2 광 풋프린트를 도시하며, 여기서 광점들의 형상이 프레임들 사이에서 추가로 변경된다;

도 6은, 또 다른 실시예에 따라, 홀로그래픽 스캔의 프레임들의 시퀀스에 의해 형성된 광 풋프린트의 시퀀스를 도시하며, 각각의 풋프린트는 단일 서브-풋프린트(sub-footprint) 또는 "광점(light spot)"을 사용하여 장면 내 재생 필드의 IFOV 어레이의 IFOV를 개별적으로 스캐닝하기 위한 구조화된 광을 포함한다;

도 7은, 다른 실시예에 따라, 홀로그래픽 스캔의 프레임의 시퀀스에 의해 형성된 광 풋프린트의 시퀀스를 도시하며, 각각의 풋프린트는 1 차원 서브-풋프린트 또는 "라인"을 사용하여 장면 내에서 재생 필드의 IFOV를 개별적으로 스캐닝하기 위한 구조화된 광을 포함한다;

도 8은, 또 다른 실시예에 따라, 홀로그래픽 스캔의 대응하는 프레임들에 의해 형성된 n 번째 및 (n + 1) 번째 광 풋프린트를 도시하며, 각각의 풋프린트는 각각의 IFOV에 대한 상이한 서브 풋프린트를 사용하여 장면 내에서 재생 필드의 IFOV의 어레이를 조명하기 위한 구조화된 광을 포함한다;

도 9는, 다른 실시예에 따라, 홀로그래픽 스캔의 제1 내지 제5 프레임에 의해 형성된 제1 내지 제5 광 풋프린트를 도시하며, IFOV의 어레이 내의 열(column)에서 열에 대응하는 복수의 IFOV를 조명하기 위해 각각의 풋프린트가 라인의 복수의 광점을 갖는 구조화된 광을 포함하고, 여기서, 광점 라인이 프레임들 사이에서 재배치되는 된다;

도 10은 홀로그램 프로젝터가 시야를 갖는 검출기의 공간 해상도를 효과적으로 증가시키기 위해 어떻게 사용될 수 있는지를 도시한다.

도 11은 광 검출기로부터 수신된 신호에 기초하여 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정하기 위한 피드백 시스템을 도시한다.

도 12는 각도 확대 시스템의 예를 도시 한 도면이고 ; 그리고

도 13은 실시예들에 따른 물체의 검출 및 범위 결정 방법을 도시한다.

도면에서, 동일한 참조 번호는 동일하거나 유사한 부분을 지칭한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명은 다음에 설명되는 구성에 제한되지 않으며, 첨부된 청구 범위의 전체 범위로 확장된다. 즉, 본 발명은 다른 형태로 실시될 수 있으며 설명을 위하여 제시된 기술 내용의 구성에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0025] 단수 형태의 용어는 달리 명시되지 않는 한 복수 형태를 포함 할 수 있다.
- [0026] 다른 구조물의 상부/하부 또는 상/하에 형성된 구조물이라고 기술된 경우, 구조물들이 서로 접촉하는 경우 및 제3의 구조물이 그 사이에 배치되는 경우를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0027] 시간 관계를 기술함에 있어서, 사건의 시간 순서가 예를 들어 "후", "후속", "다음", "전" 등으로 기술될 때, 본 개시는 별도로 규정하지 않는 한은 연속적 및 비연속적 사건을 포함하는 것으로 간주되어야 한다. 예를 들어, 그 기제가 "막(just)", "바로(immediate)" 또는 "직접(direct)"라는 기제가 사용되지 않는 한, 비연속적 경우를 포함하는 것으로 간주되어야 한다.
- [0028] "제1", "제2" 등의 용어는 다양한 요소를 설명하기 위해 본 명세서에서 사용될 수 있지만, 이러한 요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않는다. 이 용어는 하나의 요소를 다른 요소와 구별하기 위해서만 사용된다. 예를 들어, 제1요소는 제2요소로 지칭될 수 있고, 유사하게, 제2요소는 첨부된 청구 범위를 벗어남 없이 제1요소로 지칭될 수 있다.
- [0029] 상이한 구성의 특징들은 부분적으로 또는 전체적으로 서로 연결되거나 결합될 수 있으며, 다양한 형태로 서로 상호 작용할 수 있다. 어떤 구성은 서로 독립적으로 수행될 수도 있고, 서로 연계되어 함께 수행될 수도 있다. 이하의 상세한 설명에서 상이한 실시예가 개별적으로 개시될 수 있지만, 임의의 실시예들의 임의의 특징들은 임의의 다른 특징들 또는 임의의 다른 실시예들의 특징의 조합과 결합될 수 있다. 즉, 본 개시에 기술된 특징들의 모든 가능한 조합물 및 치환물이 고려될 수 있다.
- [0030] 광학 구성
- [0031] 도 1은 컴퓨터 생성 홀로그램이 단일 공간 광 변조기 상에 인코딩 되는 실시예를 도시한다. 컴퓨터 생성 홀로그램은 재구성을 위한 객체의 푸리에 변환이다. 따라서 홀로그램은 객체의 푸리에 도메인 또는 주파수 도메인 또는 스펙트럼 도메인 표현이라고 말할 수 있다. 일 실시예에서, 공간 광 변조기는 실리콘 장치, “” 상의 반사형 액정이다. 홀로그램은 공간 광 변조기 상에 인코딩 되고, 홀로그래픽 재구성은 재생 필드, 예컨대 스크린 또는 디퓨저와 같은 수광 부재 또는 스크린에 형성된다.
- [0032] 예컨대 레이저나 레이저 다이오드 같은 광원(110)은 콜리메이팅 렌즈(Collimating Lens, 111)를 통해 SLM(140)에 조사하도록 배치된다. 콜리메이팅 렌즈는 광이 SLM 상에 전체적으로 평면 파면으로 입사되도록 만든다. 파면의 방향은(예컨대, 투명층의 평면 대비 완전 직각으로부터 2*또는 3*정도 떨어진) 약간 오프노멀(Off-Normal)하다. 다른 실시예들에서, 전체적으로 평면 파면은 예를 들어 빔 스플리터를 사용하여 수직 입사 방식으로 제공된다. 도 1에 도시된 예시에서, 이러한 배치는, 광원으로부터 오는 광이 SLM의 후방면의 미러에 반사되며 출사 파면(Exiting Wavefront, 112)을 형성하기 위해 위상-변조층(phase-modulating layer)과 상호작용하게 한다. 출사 파면(112)은 스크린(125)에 초점이 맞춰진 푸리에 변환 렌즈(120)를 포함하는 광학계에 적용된다. 보다 구체적으로, 푸리에 변환 렌즈(120)는 SLM(140)으로부터 변조 된 광 빔을 수신하고 스크린(125)에서 홀로그래픽 재구성을 생성하기 위해 주파수 공간 변환을 수행한다.
- [0033] 특히, 이러한 유형의 홀로그램에서 홀로그램의 각 픽셀들이 전체 재구성에 관여한다. 재생필드 상의 특정 지점들(또는 이미지 픽셀들)과 특정 광 변조 요소들(또는 홀로그램 픽셀들) 간에는 일대일 상관 관계가 없다. 즉, 광 변조층으로부터 출사되는 변조된 광은 재생필드에 걸쳐서 분배된다.
- [0034] 이 실시예들에서, 공간 상에서의 홀로그래픽 재구성의 위치는 푸리에 변환 렌즈의 광 파워(optical power)에 의해 결정된다. 도 1에 도시된 실시예에서, 푸리에 변환 렌즈는 물리적 렌즈이다. 즉, 푸리에 변환 렌즈는 광학적 푸리에 변환 렌즈이며 푸리에 변환은 광학적으로 수행된다. 임의의 렌즈가 푸리에 변환 렌즈로 작동 할 수 있지만 렌즈의 성능은 푸리에 변환의 정확도를 제한할 것이다. 당업자라면 렌즈를 사용하여 광학 푸리에 변환을 수행하는 방법을 이해한다고 볼 것이다.

- [0035] 홀로그램 계산
- [0036] 일부 실시예에서, 컴퓨터 생성 홀로그램은 푸리에 변환 홀로그램, 또는 단순히 푸리에 홀로그램 또는 푸리에 기반 홀로그램이고, 여기서 이미지는 양의 렌즈의 푸리에 변환 특성을 이용하여 파-필드(far-field)에서 재구성된다. 푸리에 홀로그램은 재생면의 원하는 광 필드를 푸리에 변환하여 렌즈 평면에 오도록 계산된다. 컴퓨터 생성 푸리에 홀로그램은 푸리에 변환을 사용하여 계산될 수 있다.
- [0037] 푸리에 변환 홀로그램은 게르허버그-섹스톤(Gerchberg-Saxton) 알고리즘과 같은 알고리즘을 사용하여 계산될 수 있다. 또한, 게르허버그-섹스톤 알고리즘은 공간 도메인 내 진폭-한정 정보(예컨대, 사진)로부터 푸리에 도메인 내 홀로그램(예를 들어, 푸리에 변환 홀로그램)을 계산하는 데 사용될 수 있다. 즉, 객체에 관한 위상 정보는 공간영역 내의 진폭-한정 정보로부터 "얻어질(retrieved)" 수 있다. 몇몇 실시예들에서 컴퓨터 생성 홀로그램은 게르허버그-섹스톤 알고리즘 또는 그 다양한 변환 응용법들을 이용해 진폭-한정 정보로부터 계산된다.
- [0038] 게르허버그-섹스톤 알고리즘은, 각각의 평면 A와 B에서 광빔(light beam) $I_A(x, y)$ 및 $I_B(x, y)$ 의 강도 단면(intensity cross-sections)이 각각 단일 푸리에 변환으로 상호 연관되어 있는 상황을 고려한다. 주어진 강도 단면에서, 평면 A 및 B에서의 각각의 위상 분포에 대한 근사치인 $\Psi_A(x, y)$ 및 $\Psi_B(x, y)$ 가 구해진다. 게르허버그-섹스톤 알고리즘은 반복 프로세스(iterative process)를 따름으로써 이 문제에 대한 해결책을 찾는다. 게르허버그-섹스톤 알고리즘은 공간 영역과 푸리에(스펙트럼 또는 주파수) 영역 사이에서 $I_A(x, y)$ 및 $I_B(x, y)$ 를 대표하는 데이터 세트(진폭 및 위상)를 반복적으로 전달하면서(repeatedly transferring) 공간적 및 스펙트럼 제약(constraints)을 반복적으로 적용한다. 공간 및 스펙트럼 제약 조건은 각각 $I_A(x, y)$ 및 $I_B(x, y)$ 이다. 공간 또는 스펙트럼 영역의 제약 조건은 데이터 세트의 진폭에 부여된다. 해당 위상 정보는 일련의 반복을 통해 얻어진다.
- [0039] 몇몇 실시예들에서, 위상한정 홀로그램은 영국 특허 제2,498,170 호 또는 제2,501,112 호에 기술된 바와 같은 게르허버그-섹스톤 알고리즘에 기반한 알고리즘을 사용하여 계산되며, 이는 전체로서 원용되어 본 명세서에 통합된다. 다만, 본 명세서에 기술된 위상 한정 홀로그램을 계산하는 것은 단지 예시로서 기술된 것에 불과하다. 이 실시예들에서, 게르허버그-섹스톤 알고리즘은 알려진 진폭 정보 $T[x, y]$ 를 나타내는 데이터 세트에 푸리에 변환의 위상 정보 $\Psi[u, v]$ 를 획득하고, 여기서, 진폭 정보 $T[x, y]$ 는 대상 이미지(예컨대, 사진)를 나타낸다. 크기 및 위상은 푸리에 변환에 의해 본질적으로 결합되기 때문에, 변환된 크기 및 위상은 계산된 데이터 세트의 정확도와 관련된 유용한 정보를 내포한다. 이에, 이 알고리즘은 진폭 및 위상 정보 모두를 피드백 하는 방식으로 반복적으로 사용될 수 있다. 그러나, 이 실시예들에서, 위상 정보 $\Psi[u, v]$ 만이 이미지 평면에서 대상 이미지를 표현하는 홀로그램을 형성하기 위해 홀로그램으로서 사용된다. 홀로그램은 위상 값들의 데이터 세트(예, 2D 어레이)이다.
- [0040] 다른 실시예들에서, 게르허버그-섹스톤 알고리즘에 기반한 알고리즘이 완전 복소 홀로그램(fully-complex hologram)을 계산하기 위해 사용된다. 완전 복소 홀로그램은 크기 성분 및 위상 성분을 갖는 홀로그램이다. 홀로그램은 복소 데이터 값을 갖는 데이터 세트(예를 들어, 2D 어레이)이며, 여기서 각각의 복소 값은 크기 성분 및 위상 성분을 가진다.
- [0041] 몇몇 실시예들에서, 이 알고리즘은 복소 데이터를 처리하고 푸리에 변환은 복소 푸리에 변환이다. 복소 데이터는(i) 실수 성분 및 허수 성분 또는(ii) 크기 성분 및 위상 성분을 포함하는 것으로 간주될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 복소수 데이터의 2 개의 성분은 알고리즘의 여러 단계들에서 상이하게 처리된다.
- [0042] 도 2a는 위상-한정 홀로그램을 계산하기 위한 일부 실시예에 따른 알고리즘의 제1반복을 도시한다. 알고리즘에 대한 입력은 화소 또는 데이터 값의 2D 어레이를 포함하는 입력 이미지(210)이며, 여기서 각 화소 또는 데이터 값은 크기 또는 진폭 값이다. 즉, 입력 이미지(210)의 각 화소 또는 데이터 값은 위상 성분을 갖지 않는다. 따라서, 입력 이미지(210)는 크기-한정 또는 진폭-한정 또는 세기-한정 분포로 간주될 수 있다. 이러한 입력 이미지(210)의 일례는 프레임의 시간적 시퀀스를 포함하는 비디오 또는 사진의 한 프레임이다. 알고리즘의 제1반복은 랜덤 위상 분포(또는 랜덤 위상 시드)(230)를 사용하여, 초기 복소 데이터 세트(starting complex data set)의 각각의 데이터 요소가 크기 및 위상을 포함하도록, 입력 이미지의 각 화소에 랜덤 위상 값을 할당하는 단계를 포함하는 데이터 형성 단계(202A)에서 시작한다. 초기 복소 데이터 세트는 공간 도메인에서의 입력 이미지를 나타낸다고 말할 수 있다.
- [0043] 제1프로세싱 블록(250)은 초기 복소 데이터 세트를 수신하고 복소 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환된 복소

데이터 세트를 형성한다. 제2프로세싱 블록(253)은 푸리에 변환된 복소 데이터 세트를 수신하여 홀로그램(280A)을 출력한다. 일부 실시예에서, 홀로그램(280A)은 위상-한정 홀로그램이다. 이들 실시예에서, 제2프로세싱 블록(253)은 각각의 위상 값을 양자화하고 홀로그램(280A)을 형성하기 위해 각 진폭 값을 1로 설정한다. 각 위상 값은 위상-한정 홀로그램을 "표시"하는데 사용될 공간 광 변조기의 화소 상에 표현될 수 있는 위상 레벨에 따라 양자화된다. 예를 들어, 공간 광 변조기의 각 화소가 256 개의 상이한 위상 레벨을 제공하면, 홀로그램의 각 위상 값은 256개의 가능한 위상 레벨 중 하나의 위상 레벨로 양자화된다. 홀로그램(280A)은 입력 이미지를 나타내는 위상-한정 푸리에 홀로그램이다. 다른 실시예에서, 홀로그램(280A)은 수신된 푸리에 변환된 복소 데이터 세트로부터 유도된 복소 데이터 값(각각 진폭 성분 및 위상 성분을 포함함)의 어레이를 포함하는 완전-복소 홀로그램이다. 일부 실시예에서, 제2프로세싱 블록(253)은 홀로그램(280A)을 형성하기 위해 복수의 허용 가능한 복소 변조 레벨 중 하나로 각각의 복소 데이터 값을 제한한다. 제한 단계는 복소수 평면에서 각 복소 데이터 값을 가장 가까운 허용 복소수 변조 레벨로 설정하는 단계를 포함할 수 있다. 홀로그램(280A)은 스펙트럼 또는 푸리에 또는 주파수 도메인에서의 입력 이미지를 나타낸다고 말할 수 있다. 일부 실시예에서, 알고리즘은 이 시점에서 정지한다.

[0044] 그러나, 다른 실시예에서, 알고리즘은 도 2A의 점선 화살표로 나타낸 바와 같이 계속된다. 즉, 도 2A의 점선 화살표를 따르는 단계는 선택적이다(즉, 모든 실시예에 필수적인 것은 아님).

[0045] 제3프로세싱 블록(256)은 제2프로세싱 블록(253)으로부터 수정된 복소 데이터 세트를 수신하고, 역 푸리에 변환된 복소 데이터 세트를 형성하기 위해 역 푸리에 변환을 수행한다. 역 푸리에 변환된 복소 데이터 세트는 공간 도메인에서의 입력 이미지를 나타낸다고 말할 수 있다.

[0046] 제4프로세싱 블록(259)은 역 푸리에 변환된 복소 데이터 세트를 수신하고, 진폭 값(211A)의 분포 및 위상 값(213A)의 분포를 추출한다. 선택적으로, 제4프로세싱 블록(259)은 진폭 값들(211A)의 분포를 평가한다. 구체적으로, 제4프로세싱 블록(259)은 역 푸리에 변환된 복소 데이터 세트의 진폭 값(211A)의 분포를, 당연히 진폭 값의 분포인, 입력 이미지(510)와 비교할 수 있다. 진폭 값들(211A)과 입력 이미지(210)의 분포 사이의 차이가 충분히 작으면, 제4프로세싱 블록(259)은 홀로그램(280A)이 허용 가능한 것으로 결정할 수 있다. 즉, 진폭 값들(211A)의 분포와 입력 이미지(210)의 차이가 충분히 작으면, 제4프로세싱 블록(259)은 홀로그램(280A)이 입력 이미지(210)를 충분히 정확하게 나타내는 것으로 결정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 비교 과정에서 역 푸리에 변환된 복소 데이터 세트의 위상 값(213A)의 분포는 무시된다. 진폭 값들(211A) 및 입력 이미지(210)의 분포를 비교하기 위한 임의의 수의 상이한 방법들이 이용될 수 있으며, 본 개시는 임의의 특정 방법에 제한되지 않음을 이해할 것이다. 일부 실시예들에서, 평균 제곱 차이가 계산되고, 평균 제곱 차이가 임계 값 보다 작은 경우, 홀로그램(280A)은 수용 가능한 것으로 간주된다. 제4프로세싱 블록(259)이 홀로그램(280A)이 수용 가능하지 않다고 결정하면, 알고리즘의 추가 반복이 수행될 수 있다. 그러나, 이러한 비교 단계는 필수적인 것은 아니며, 다른 실시예에서, 수행된 알고리즘의 반복 횟수는 미리 결정되거나 미리 설정되거나 사용자 정의된다.

[0047] 도 2b는 알고리즘의 두 번째 반복 및 알고리즘의 임의의 반복을 나타낸다. 선행 반복의 위상 값(213A)의 분포는 알고리즘의 처리 블록을 통해 피드백 된다. 제1반복에서, 데이터 형성 단계(202A)는 입력 이미지(210)의 진폭 값들의 분포를 랜덤 위상 분포(230)와 결합하여 제1복소 데이터 세트를 형성한다. 그러나, 두 번째 및 후속 반복에서, 데이터 형성 단계(202B)는(i) 알고리즘의 이전 반복으로부터의 위상 값(213A)의 분포와(ii) 입력 이미지(210)의 진폭 값들의 분포를 합하여 복소 데이터 세트를 형성하는 단계를 포함한다.

[0048] 도 2b의 데이터 형성 단계(202B)에 의해 형성된 복소 데이터 세트는 도 2a를 참조하여 기술된 것과 동일한 방식으로 처리되어 제2반복 홀로그램(280B)을 형성한다. 따라서 여기에서 프로세스의 설명은 반복되지 않는다. 알고리즘은 제2반복 홀로그램(280B)이 계산되면 중단될 수 있다. 그러나, 알고리즘의 임의의 수의 추가 반복이 수행될 수 있다. 제3프로세싱 블록(256)은 제4프로세싱 블록(259)이 요구되거나 더 많은 반복이 요구되는 경우에만 요구된다는 것을 이해할 것이다. 출력 홀로그램(280B)은 일반적으로 반복마다 개선된다. 그러나 실제로는, 측정 가능한 개선이 관찰되지 않거나, 처리 시간의 증가라는 부정적 효과가 추가 반복을 수행하는 긍정적 이점 보다 커지는 시점이 도달한다. 따라서, 알고리즘은 반복적이고 수렴적으로 기술된다.

[0049] 도 2c는 두 번째 및 후속 반복의 대안적인 실시예를 나타낸다. 선행 반복의 위상 값(213A)의 분포는 알고리즘의 프로세싱 블록을 통해 피드백 된다. 진폭 값(211A)의 분포는 대안적인 진폭 값의 분포를 위해 소거된다. 이 대안적인 실시예에서, 대안적인 진폭 값의 분포는 이전 반복의 진폭 값(211)의 분포로부터 도출된다. 특히, 프로세싱 블록(258)은 이전 반복의 진폭 값들(211)의 분포로부터 입력 이미지(210)의 진폭 값들의 분포를 감산하고, 그 차이를 이득 계수 α 만큼 스케일링하고, 입력 이미지(210)로부터 스케일링 된 차분을 감산한다. 이는 다음의

방정식에 의해 수학적으로 표현되며, 아래 첨자 텍스트 및 숫자는 반복 횟수를 나타낸다.

$$R_{n+1}[x, y] = F'\{\exp(i\psi_n[u, v])\}$$

$$\psi_n[u, v] = \angle F\{\eta \cdot \exp(i\angle R_n[x, y])\}$$

$$\eta = T[x, y] - \alpha(|R_n[x, y]| - T[x, y])$$

[0050]

[0051]

[0052]

[0053]

[0054]

[0055]

[0056]

[0057]

[0058]

[0059]

[0060]

[0061]

[0062]

[0063]

[0064]

여기서:

F'는 역 푸리에 변환이고;

F는 순방향 푸리에 변환이고;

R[x, y]는 제3프로세싱 블록(256)에 의해 출력된 복소 데이터 세트이고;

T[x, y]는 입력 또는 대상 이미지이고;

∠는 위상 성분이고;

ψ는 위상-한정 홀로그램(280B)이고;

n은 진폭 값(211B)의 새로운 분포이며;

α는 이득 계수이다.

이득 계수 α는 고정되거나 가변적일 수 있다. 일부 실시예에서, 이득 계수 α는 입력 목표 이미지 데이터의 크기 및 속도(rate)에 기초하여 결정된다. 일부 실시예에서, 이득 계수 α는 반복 횟수에 의존한다. 일부 실시예에서, 이득 계수 α는 단지 반복 횟수의 함수이다.

도 2c의 실시예는 다른 모든 면에서 도 2a 및 도 2b의 실시예와 동일하다. 위상-한정 홀로그램 ψ(u, v)는 주파수 또는 푸리에 도메인에서의 위상 분포를 포함한다고 말할 수 있다.

일부 실시예들에서, 푸리에 변환은 홀로그램 데이터 내 렌즈 데이터(lensing data)를 포함함으로써 컴퓨터로 수행된다. 즉, 홀로그램은 객체를 나타내는 데이터뿐만 아니라 렌즈를 나타내는 데이터를 포함한다. 이러한 실시예에서, 도 1의 물리적 푸리에 변환 렌즈(120)는 생략된다. 컴퓨터 생성 홀로그램 분야에서 렌즈를 나타내는 데이터를 계산하는 방법은 알려져 있다. 렌즈를 나타내는 데이터는 소프트웨어 렌즈로 지칭될 수 있다. 예를 들어, 위상-한정 홀로그래픽 렌즈는 그 굴절률 및 공간적으로 변하는 광 경로 길이로 인해 렌즈의 각각의 포인트에 의해 야기되는 위상 지연을 계산함으로써 형성될 수 있다. 예를 들어, 볼록 렌즈 중심에서의 광 경로 길이는 렌즈 가장자리에서의 광 경로 길이보다 길다. 진폭-한정 홀로그래픽 렌즈는 프레넬 존 플레이트(Fresnel zone plate)에 의해 형성될 수 있다. 또한, 컴퓨터 생성 홀로그램의 기술 분야에서, 렌즈를 나타내는 데이터를 홀로그램과 결합함으로써 그 홀로그램의 푸리에 변환이 물리적 푸리에 렌즈의 필요없이 수행될 수 있는 방법이 알려져 있다. 일부 실시예에서, 렌즈 데이터는 간단한 벡터 합산과 같은 단순 합산에 의해 홀로그래픽 데이터와 결합된다. 일부 실시예에서, 푸리에 변환을 수행하기 위해 소프트웨어 렌즈와 함께 물리적 렌즈가 사용된다. 대안적으로, 다른 실시예들에서, 홀로그래픽 재구성이 파-필드(far-field)에서 발생하도록 푸리에 변환 렌즈는 모두 생략된다. 다른 실시예에서, 홀로그램은 그레이팅(grating) 데이터, 즉 빔 스티어링(beam steering)과 같은 그레이팅의 기능을 수행하도록 형성된 데이터를 포함할 수 있다. 다시, 컴퓨터 생성 홀로그래픽의 분야에서 그러한 홀로그래픽 데이터를 계산하고 이것을 객체를 나타내는 홀로그래픽 데이터와 결합시키는 방법은 알려져 있다. 예를 들어, 위상-한정 홀로그래픽 그레이팅은 블레이즈된(brazed) 그레이팅의 표면 상의 각 포인트에 의해 야기된 위상 지연을 모델링함으로써 형성될 수 있다. 진폭-한정 그레이팅은 객체를 나타내는 진폭-한정 홀로그램에 간단히 중첩(superimposed)되어 진폭-한정 홀로그램의 각도 스티어링(angular steering)을 제공할 수 있다.

일부 실시예에서, 푸리에 변환은 물리적 푸리에 변환 렌즈 및 소프트웨어 렌즈에 의해 공동으로 수행된다. 즉, 푸리에 변환에 기여하는 일부 광 파워는 소프트웨어 렌즈에 의해 제공되고, 푸리에 변환에 기여하는 나머지 광 파워는 물리적 광학 또는 광학들에 의해 제공된다.

일부 실시예에서, 이미지 데이터를 수신하고 알고리즘을 사용하여 실시간으로 홀로그램을 계산하도록 구성된 실

시간 엔진이 제공된다. 일부 실시예에서, 이미지 데이터는 일련의 이미지 프레임을 포함하는 비디오이다. 다른 실시예에서, 홀로그래프는 사전 계산되고, 컴퓨터 메모리에 저장되며, SLM 상에 디스플레이하기 위해 필요에 따라 호출된다. 즉, 일부 실시예에서, 소정의 홀로그래프의 저장소가 제공된다.

[0065] 실시예는 푸리에 홀로그래피 및 게르히버그-색스톤 타입 알고리즘에 관한 것이다. 본 개시는 포인트 클라우드 방법에 기초한 것과 같은 다른 기술에 의해 계산된 프레넬 홀로그래피 및 홀로그래프에도 동등하게 적용 가능하다.

[0066] 광 변조

[0067] 공간 광 변조기는 컴퓨터 생성 홀로그래프를 디스플레이 하는 데 사용될 수 있다. 홀로그래프가 위상-한정 홀로그래프인 경우, 위상을 변조하는 공간 광 변조기가 필요하다. 홀로그래프가 완전-복소 홀로그래프인 경우, 위상 및 진폭을 변조하는 공간 광 변조기가 사용될 수 있거나 위상을 변조하는 제1공간 광 변조기 및 진폭을 변조하는 제2공간 광 변조기가 사용될 수 있다.

[0068] 일부 실시예에서, 공간 광 변조기의 광 변조 소자(즉, 화소)는 액정을 포함하는 셀이다. 즉, 일부 실시예에서, 공간 광 변조기는 광학 능동 소자가 액정인 액정 장치이다. 각각의 액정 셀은 복수의 광 변조 레벨을 선택적으로 제공하도록 구성된다. 즉, 각 액정 셀은 어느 한 시점에서 복수의 가능한 광 변조 레벨들로부터 선택된 하나의 광 변조 레벨에서 동작하도록 구성된다. 각각의 액정 셀은 복수의 광 변조 레벨 중에서 다른 광 변조 레벨로 동적으로 재구성 가능하다. 일부 실시예에서, 공간 광 변조기는 실리콘(LCOS) 공간 광 변조기 상의 반사형 액정이지만, 본 발명은 이러한 유형의 공간 광 변조기에 한정하지 않는다.

[0069] LCOS 장치는 작은 개구(예를 들어, 폭이 수 센티미터) 내의 조밀한 어레이의 광 변조 소자 또는 화소를 제공한다. 화소는 통상 약 10미크론 이하이어서 수 도 수준의 회절각을 가지며, 이는 광학 시스템이 콤팩트 할 수 있다는 것을 의미한다. LCOS SLM의 작은 개구를 적절하게 조광하는 것은 다른 액정 장치의 큰 개구를 조광하는 것보다 용이하다. LCOS 장치는 통상 반사형이므로 LCOS SLM의 화소를 구동하는 회로를 반사 표면 아래에 둘 수 있다. 결과적으로 개구율이 높아진다. 즉, 화소는 밀집되어 있어 화소 간에 낭비되는 공간(dead space)이 거의 없음을 의미한다. 이는 재생 필드에서의 광학 노이즈를 감소시키므로 유리하다. LCOS SLM은 화소가 광학적으로 편평하다는 이점을 갖는 실리콘 후면을 사용한다. 이 점은 위상 변조 장치에서 특히 중요하다.

[0070] 단지 예시로서, 적합한 LCOS SLM이 도 3을 참조하여 아래와 같이 기술된다. LCOS 소자는 단결정 실리콘 기판(302)을 사용하여 형성된다. 이는 간극(301a)에 의해 이격되며 기판의 상부 표면에 배치된 사각 평면형 알루미늄 전극(301)의 2차원 어레이를 가진다. 전극(301) 각각은 기판(302)에 매설된 회로(302a)를 통해 형성될 수 있다. 각각의 전극들은 각각의 평면 미러를 형성한다. 배향층(Alignment Layer, 303)이 전극 어레이 상에 배치되고, 액정층(304)은 배향층(303)에 배치된다. 제2배향층(305)은 액정층(304)에 배치되고, 예컨대, 유리로 된 평면 투명층(306)은 제2배향층(305)에 배치된다. 예컨대 ITO로 된 단일 투명 전극(307)은 투명층(306)과 제2배향층(305) 사이에 배치된다.

[0071] 전극(301) 각각은, 투명전극(307) 영역 상부와 중간에 개재되는 액정물질과 함께, 종종 화소로 지칭되는 제어 가능한 위상 변조 소자(308)를 형성한다. 유효 화소 영역, 즉 충전율은 화소(301a) 사이의 공간까지 고려하여 광학적으로 활성인 총 화소의 비율이다. 각각의 전극(301)에 인가된 투명전극(307)에 대한 전압을 제어함으로써, 위상 변조된 요소의 액정 물질의 특성은 변화될 수 있고, 따라서 그에 입사되는 입사광에 가변 지연을 제공한다. 이렇게 함으로써 파면(wavefront)에 위상-한정 변조가 가해지는 한편 어떤 진폭 효과도 발생하지 않는다.

[0072] 전술한 LCOS SLM는 공간적으로 변조된 광을 반사에 의해 출력한다. 반사형 LCOS SLM은 신호 라인, 게이트 라인 및 트랜지스터가 거울 면 아래에 있으며, 높은 충전율(일반적으로 90 % 이상) 및 고해상도를 얻을 수 있는 이점이 있다. 반사형 LCOS 공간 광 변조기를 사용하는 또 다른 이점은 투과형 장치가 사용되는 경우에 필요한 것보다 요구되는 액정 층 두께가 절반일 수 있다는 것이다. 이것은 액정의 스위칭 속도를 크게 향상시킨다(움직이는 비디오 이미지의 투영을 위한 주요 이점). 그러나, 본 발명의 개시 내용은 투과형 LCOS SLM을 사용하여 동일하게 구현될 수 있다.

[0073] 광 검출 및 거리 측정(“LiDAR” 또는 “LIDAR”) 시스템

[0074] 본 발명자는 본 발명의 홀로그래픽 기술을 사용하여 개선된 이미지 프로젝션을 제공하기 위한 다양한 방법들을 이전에 개시한 바 있다. 본 발명자는 이러한 홀로그래픽 기술이 또한 개선된 LIDAR 시스템의 근간을 이루는 것에 사용될 수 있다는 것을 인지 하였다. 구체적으로, 본 발명자는 이러한 기술이 LIDAR에 대해 장면(scene)에 걸

쳐 홀로그래픽으로 형성된 광 풋프린트를 스캔하는데 사용될 수 있음을 인식하였다. 예를 들어, 본 발명자의 초기 특허 출원 GB 2,560,491은 스캐닝 가능한 LIDAR 시스템을 개시하며, 여기서, 회전 프리즘과 같은 물리적 광학계 대신에 가변 격자 기능(variable grating function)에, 장면에 걸쳐 광 풋프린트의 연속 스캐닝을 수행하기 위해, 재생 필드(이는 광 풋프린트가 있는 영역을 정의함)를 이동시키는 것이 제공된다.

[0075] 본 명세서에 개시된 추가적인 개선 사항에 따르면, 장면 내에서의 광 풋프린트의 위치 및 그 형태, 형상 및/또는 패턴과 같은 광 풋프린트의 다른 파라미터들은 컴퓨터 생성 홀로그램을 변경함으로써 변경될 수 있다. 홀로그램 프로젝션 분야의 당업자는 홀로그램을 변경하는 것과 디스플레이하기 전에 홀로그램에 수학적으로 추가되는 단순 격자 함수(simple grating function)를 변경하는 것의 차이를 이해할 것이다. 홀로그래픽 프로젝션 분야의 당업자는 또한 재생 필드의 광량을 변경하는 것과(홀로그래픽) 재생 필드를 재생 평면 주위에서 이동시키는 것의 차이를 이해할 것이다. 일부 실시예에서, 컴퓨터 생성 홀로그램에 대한 변경은 실시간 LIDAR 시스템의 개선을 용이하게 하기 위해 실시간으로 이루어진다.

[0076] 실시예들에서, 홀로그래픽 프로젝터는 공간 해상도를 갖는 광 검출기와 결합된다. 실시예들에서, 홀로그램 프로젝터는 광 검출기의 공간 해상도에 일치되는(또는 조정되는) 공간 해상도를 갖는 복수의 광점들(예를 들어, 어레이 또는 패턴)을 투사하는데 사용된다. 이러한 광 검출기가, 장면 내의 복수의 지점들과 동시에 그러한 광점들을 검사하기 위하여, 어떻게 광원 및 공간 광 변조기에 동기화될 수 있는 지는 이해될 수 있다. 보다 구체적으로, 적절한 동기화에 의해, 복수의 전달시간 측정(time-of-flight measurements) 측정이 동시에 이루어질 수 있다고 이해될 것이다. 광은 제1 특성 또는 속성을 가지며, 이는 검출기에 의해 수신된 다른 광과 구별될 수 있음을 의미한다. 광은 펄스화되고 홀로그램 시퀀스와 시간적으로 동기화될 수 있다. 실시예에서, 제1 특성 또는 속성은 제1 주파수에서의 진폭 변조이다. 그러나, 광은 임의의 다른 방식으로 특징지어질 수 있다. 실시예들에서, 제1 주파수는 무선 주파수(radio frequency)이다.

[0077] 본 발명자는, 장면 내 재생 필드의 개별 서브 영역과 일대일 상관 관계를 갖도록 배열된 광 검출 소자들의 어레이를 포함하는 광 검출기를 사용함으로써, "구조화된 광(structured light)" -다수의 광 특징들을 포함하는 광의 패턴-을 형성하는 컴퓨터 생성 홀로그램(이는 재생 필드 내의 상이한 영역들을 동시에 조명할 수 있음)을 사용할 수 있다는 것을 인식하였다. 따라서, 재생 필드의 다수의 서브 영역들은, 측량 효율을 향상시키기 위해, 홀로그램에 의해 형성된 광 풋프린트의 대응하는 광 특징들(예를 들어, 광점들) 또는 "서브 풋프린트"에 의해 동시에 측량(surveyed) 또는 검사(probed)될 수 있다. 또한, 본 발명자는 동일한 재생 필드 내에 있는 연속적인 컴퓨터 생성 홀로그램에 의해 형성된 광 특징들 또는 서브 풋프린트들의 형태, 형상, 크기, 배향 및 / 또는 패턴을 변경함으로써, 재생 필드 영역에 대한 보다 상세한 정보를 도출할 수 있음을 인식 하였다.

[0078] 이전에 제안된 홀로그램 "스캐닝 LIDAR"시스템에서, 단일 광 검출기는 전형적으로 광 풋프린트로부터의 광 리턴 신호를 검출하는데 사용된다. 광 풋프린트는 일정하게 유지되며(예 : 모양, 크기 및 형태) 전형적으로 해당 영역에서 균일한 밝기를 가진다. 광 풋프린트의 위치는 "빔 조향(beam steering)"에 의해 변경되고(예 : 격자 함수(grating function)를 사용함) 이로써 SLM에 표시된 홀로그램을 순차적으로 그리고 시간적으로 변경함으로써 장면의 다른 영역들을 조명한다. 본 발명에 따라 후술할 실시예들에서, 어레이 검출기가 사용된다. 어레이 검출기는 공간 분해능을 갖는 검출기이다. 어레이 검출기를 사용하면 동시에 여러 개의 광 리턴 신호를 감지할 수 있다. 보다 복잡한 광 풋프린트, 예를 들어 복수의 광점 또는 "서브 풋프린트"를 포함하는 광 패턴은 장면 내 복수의 지점들을 동시에 조명하기 위해 사용될 수 있다. 광 풋프린트는 "구조화된 광"을 포함하는 것으로 볼 수 있다. 후술할 실시예들에서, 광 풋프린트/구조화된 광은 SLM 상에 표시된 홀로그램을 순차적으로 그리고 시간적으로 변경함으로써 변경된다. 중요한 것은, 홀로그래픽 "스캐닝 LIDAR" 시스템과 달리, SLM 상에 표시된 2 개 이상의 홀로그램 시퀀스는 동일한 재생 필드 내에 광 풋프린트 / 구조화된 광을 형성하는데(즉, "빔 스티어링" 없이) 사용된다.

[0079] 도 4는 본 개시에 따른 홀로그래픽 LIDAR 시스템의 실시예를 도시한다. 홀로그래픽 LIDAR 시스템은 장면(400)으로 광을 지향 시키도록 배열된 홀로그램 프로젝터의 공간 광 변조기(Spatial Light Modulator, "SLM")(410) 및 장면(400)으로부터 반사된 광(414)을 수집하도록 배열된 광 검출기(420)를 포함한다. 도 1을 참조하여 전술한 바와 같이, SLM(410)은 SLM(410) 상에 표현되거나 "디스플레이된(displayed)" 동적 가변 컴퓨터 생성 홀로그램에 따라 광원(미도시)으로부터 광을 수신하며 공간적으로 변조된 광(412)을 출력하도록 배열된다. SLM(410)은, 장면(400) 내에서 상응하는 광 풋프린트들의 시간적 시퀀스들을 형성하기 위해, 홀로그램 제어기(미도시)로부터 컴퓨터 생성 홀로그램의 시퀀스를 수신한다. SLM(410)은 장면(400) 내에서 재생 평면 상의 재생 필드(430)에 각각의 광 풋프린트를 형성한다. 광 풋프린트는 "구조화된 광", 예를 들어 복수의 개별(discrete) 광 특징들의

광 패턴 또는 재생 필드(430)의 상응하는 복수의 개별 서브 영역들을 형성하는 서브 풋프린트를 포함한다.

[0080] 광 검출기(420)는 어레이로 배열된 복수의 개별 광 검출기(422)("광 검출 소자들"이라고도 함)를 포함하는 어레이 검출기이다. 각각의 개별 광 검출기(422)는 장면(400)에서 대응하는 개별 시야(Individual Field of View, "IFOV")(432)로부터 광을 수신하도록 배열된다. 광 검출기(420)는 광 풋프린트가 형성되어 있는 재생 필드(430)로부터 반사된 광(414)을 수집하도록 구성된다. 따라서, 각각의 개별 검출기(422)의 IFOV는 재생 필드(430)의 서브-영역(432)이며, 이는 재생 필드(430) 내에서 검출기 어레이(420) 내의 개별 검출기(422)의 위치에 대응하거나 연관되는 위치를 가진다. 이에, 재생 필드(430)는 장면(400) 내의 개별 시야(IFOV) (432)의 배열을 포함하며, 여기서 각각의 IFOV(432)는 다른 IFOV(432)와 겹치지 않는 것으로 볼 수 있다. 따라서, 각각의 광 검출기(422)는 대응하는 IFOV(432) 내에서 객체(들)에 의해 반사된 광을 수신하도록 배열된다. 비록 상이한 크기를 가질 수는 있지만, 개별 검출기(422) 및 장면 내에서 그 대응하는 IFOV(432) 사이에는 일대일 상관 관계가 있다고 볼 수 있다. 따라서, 어레이 검출기(420)의 각각의 검출기(422)는 장면(400)의 고유한 서브 영역(IFOV)으로부터 광을 수신하고, 장면(400)의 다른 서브 영역(IFOV) 중 어느 것으로부터도 광을 수신하지 않는다.

[0081] 실시예들에서, 어레이 검출기(420)는, 진술한 바와 같이, 각각의 개별 광 검출기(또는 광 검출 요소)(422)가 오직 재생 필드(430)의 대응하는 IFOV(432)로부터만 광을 수신하고 다른 IFOV(432)로부터는 광을 수신하지 않도록 배열된 연관된 광학 시스템(도 4에 미도시)을 갖는다. 도 4에 도시된 바와 같이, 광학 시스템은 재생 필드(430)(공간 내)를 복수의 IFOV(432)(비-중첩 서브-영역)로 분할하여, 재생 필드(430)의 고유한 서브 영역들(IFOV) 및 개별 광 검출기(422) 사이에 일대일 맵핑을 제공한다고 볼 수 있다. 당업자는 다양한 유형의 광학 시스템이 개별 검출기(422)와 장면 내에서 그에 대응하는 IFOV(432) 사이의 일대일 상관을 제공하기 위해 사용될 수 있다고 이해할 것이다. 실시예들에서, 광학 시스템은(카메라에서와 같이) 단일 렌즈, 또는 각각의 마이크로 렌즈가 개별 검출기(422)와 연관되는 마이크로 렌즈 어레이를 포함할 수 있다.

[0082] 실시예들에서, 어레이 검출기(420)는 CCD(charge-coupled device) 카메라를 포함할 수 있으며, 여기서 각각의 검출기(422)는 CCD 소자들의 어레이로 된 개별 CCD이다. 다른 실시예들에서, 어레이 검출기(420)는 SPAD(Single-Photon Avalanche Diode) 요소들의 어레이를 포함하는 SPAD(Single-photon Avalanche Diode) 어레이 일 수 있다. 광 감지 요소들의 어레이를 포함하는 다른 적합한 형태의 임의의 광 검출기가 본 실시예에 대해 적용 가능한 것으로 고려된다.

[0083] 실시예들에서, 광 검출 요소들의 어레이(422)를 포함하는 광 검출기(420)는 각각의 광 검출 요소(422)로부터의 광 응답 신호를 출력한다. 따라서, 재생 필드(430)의 각 서브-영역 또는 IFOV(432)에 대한 전달시간 값(a time of flight value)이 계산될 수 있다. 이에, 재생 필드(430)에 대응하는 IFOV들(432)의 어레이의 하나 이상의 IFOV들(432) 내에서 검출되는 객체(들)에 대한 전달시간 값이 동시에 계산될 수 있다.

[0084] 따라서, 장면을 스캔(즉, 측량)하도록 배열된 광 검출 및 거리 측정, "LIDAR"시스템이 제공되며, 상기 시스템은 : 제1 특성 또는 속성을 갖는 광을 출력하도록 배열된 광원; 상기 광원으로부터 광을 수신하고 상기 공간 광 변조기에 표시된 컴퓨터 생성 홀로그램에 따라 공간적으로 변조된 광을 출력하도록 구성된 공간 광 변조기; 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 상기 공간 광 변조기로 출력하도록 구성된 홀로그램 제어기로서, 상기 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 상기 장면 내의 재생 필드에서 대응하는 패턴을 갖는 구조화된 광을 형성하도록 배열되고, 상기 홀로그램 제어기는 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램 중 적어도 하나에 의해 재생 필드에 형성된 구조화된 광의 패턴을 변경하도록 추가로 배열되는, 홀로그램 제어기; 장면으로부터 제1 특성 또는 속성을 갖는 광을 수신하고 광 응답 신호를 출력하도록 배열된 광 검출기로서, 광 검출기는 광 검출 소자의 어레이, 및 광 검출 소자의 어레이와 관련된 광학 시스템을 포하고, 상기 광학 시스템은 각각의 광 검출 요소가 장면 내에서 재생 필드의 각각의(및 고유 한) 서브 영역으로부터 제1 특성을 갖는 광을 수신하도록 배열되는 광 검출기를 포함한다.

[0085] 실시예들에서, 구조화된 광의 패턴은 재생 필드 내의 영역에 걸친 광 및 광 특징들의 형태, 형상 및 / 또는 패턴을 포함한다. 본 개시에서, 형태, 형상 및 / 또는 패턴을 변경하는 것은, 이에 한정되는 것은 아니나, 재생 필드의 영역 내에서 구조적 광의 영역 및 또는 개별 특징들의 크기, 형상, 방향, 패턴, 주기성 및 밝기의 변화를 포함한다. 광은 적용 요건에 따라 적외선(IR) 광, 가시광 또는 자외선일 수 있다. 실시예들에서, 본 LIDAR 시스템은 IR 광을 사용한다.

[0086] 도 5a는, 실시예의 각각의 제1 및 제2 홀로그램을 표시하는 SLM에 의해 형성된 광 풋프린트들 또는 이미지들에 대응하는 제1 및 제2 프레임을 도시한다. 각각의 프레임은 불연속적인(discrete) 광 영역의 패턴을 포함하는 구조화된 광 형태의 광 풋프린트 또는 이미지를 제공한다. 특히, 광 풋프린트는 특정 형상을 갖는 균일한 밝기의 불연속적인 영역 또는 "광점"의 규칙적인 어레이를 포함한다. 각각의 광점은 광 풋프린트의 "서브 풋프린트"이

고 장면 내의 재생 필드에 대응하는 영역(IFOV의 어레이)의 서브 영역(즉, IFOV)을 조명한다고 볼 수 있다. 광 풋프린트는 SLM에 의해 홀로그래픽으로 투영되어 그 홀로그래픽 재구성의 광점은 장면 내에서 재생 필드의 대응하는 IFOV를 조명한다. 홀로그램 "LIDAR 스캐닝"에서와 같이 광 풋프린트는 프레임들 사이에서 이동하는 것은 아니나 대신 광점들의 형상이 프레임들 사이에서 변경된다. 본 예시에서, 광 풋프린트는 장면 내에서 동일한 재생 필드(IFOV의 배열)의 동일한 서브 영역(IFOV)을 조명하지만, 상이한 프레임들의 광 풋프린트들은 상이한 형상, 형태 또는 구조의 빛을 사용한다고 볼 수 있다. 본 예시에서, 각각의 광점의 형상은 제2 프레임에서 변경되지만, 이것은 본 개시에 따라 이루어질 수 있는 구조화된 광을 변경하는 것에 대한 단지 하나의 예일 뿐이라고 이해될 것이다. 의심의 여지가 없도록, 본 개시는 각각의 광점의 형상만 변경하는 것으로 제한되지 않으며 구조화된 광의 특성에 대하여 하나의 프레임에서 다음 프레임으로의 변경을 포함하는 첨부된 청구 범위의 전체 범위로 확장된다. 도 5a는, 광 풋프린트의 광점의 형상이 제1 프레임의 정사각형 광점에서 제2 프레임의 원형 광점으로 변경되는, 제1 및 제2 프레임의 시퀀스를 도시한다. 따라서, 제1 및 제2 프레임은 장면 내의 동일한 IFOV 내의 상이한 형상의 영역 또는 광점을 조명한다. 도 5a는 2 개의 상이한 형상의 광점들을 도시하지만, 광점의 형상은, 추가 프레임(존재한다면)을 포함하는 스캔 또는 측량 중에, 다른 형상을 사용하여 복수 회, 예컨대 3회 이상 변경될 수 있다.

[0087] 도 5a의 실시예에서, 광 풋프린트/이미지는 어레이의 IFOV의 개수(즉, 어레이 검출기의 광 검출 요소의 수)에 대응하는 다수의 균일하게 조명된 불연속적인 영역들 또는 "광점"을 포함하고, 각 광점은 상대적으로 크다. 결과적으로, SLM의 광의 출력은 비교적 넓은 영역에 걸쳐 분포되고, 광점의 밝기는 전술 한 바와 같이 홀로그래픽 프로세스로 인해 상대적으로 낮다. 이는, 특히 이에 한정되는 것은 아니나 CCD 카메라와 같은 종래의 광 검출기 어레이를 사용할 때, 결과 "이미지"의 해상도와 같은 측량 품질에 악영향을 줄 수 있다.

[0088] 따라서, 일부 실시예에서, SPAD 어레이(또는 이와 유사한 것)와 같은 보다 민감한 광 검출기의 어레이가 사용될 수 있다. 그러나, SPAD 어레이 검출기를 사용할 때, 프레임들/홀로그램 이미지들 사이의 시간은 SPAD 요소의 "복구 시간(recovery time)"을 고려해야한다. 일부 실시예에서, 프레임 레이트(frame rate)는 선택적으로 SPAD 요소의 복구 시간에 기초하여 변경 가능하다. 일부 실시예에서, 하나 이상의 광점의 광 파워는 선택적으로 하나 이상의 상응하는 SPAD 요소의 복구 시간을 기초로 변경 가능하다. 일부 실시예들에서, 광점들의 광 파워, 또는 광점들의 선택된 서브 세트(subset)는 공간 광 변조기에 입사되는 광의 세기를 감소 시키거나 홀로그램 패턴을 변경함으로써 변경된다. SPAD 어레이에서, 연속적 또는 순차적 프레임로부터 모든 SPAD 요소에 의한 반복적으로 광자를 감지하는 것은 포화상태로 귀결될 수 있다. 결과적으로, 광자 검출에 필요한 바이어스 전압으로 복구되기 위해 어벌랜치 복구 기술(avalanche recovery technique)이 수행되어야 한다. 어벌랜치 복구 과정 중에, SPAD 요소는 광자를 감지할 수 없다. 따라서 어벌랜치 복구를 위하여 충분한 프레임 사이의 시간이 필요하다.

[0089] 도 5b는, 다른 실시예의 각각의 제1 및 제2 홀로그램을 표시하는 SLM에 의해 형성된 광 풋프린트 또는 이미지에 대응하는 제1 및 제2 프레임을 도시한다. 각 프레임은 광 풋프린트 또는 이미지를 광 영역 또는 서브 풋프린트의 형태로 제공한다. 특히, 광 풋프린트는 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV의 어레이에 대응하는 어레이에서 주기적 간격으로 배열된 균일한 밝기의 불연속적인 정사각형 영역 또는 "광점"의 패턴을 포함한다. 보다 구체적으로, 도시된 광 풋프린트에서, 어레이 내 각각의 행(row) 내의 광점들은, 주기적 패턴이 교번하는 밝은 영역과 어두운 영역을 포함하도록, 두 IFOV 마다 (즉, 하나의 IFOV 간격) 위치된다. 광점은 소위 "체커 보드(checkerboard)" 패턴으로 배열되어 있다고 볼 수 있다. 광 풋프린트/이미지는 SLM에 의해 홀로그래픽으로 투영되어 광점이 장면 내에서 재생 필드의 대응하는 IFOV를 동시에 조명한다. 각각의 광점 또는 서브 풋프린트는 대응하는 IFOV를 조명하므로, 광 풋프린트는 "체커 보드" 패턴으로 IFOV 어레이의 IFOV 중 교번적으로 하나씩을 포함하는 서브 세트를 동시에 조명한다. 도 5b는 홀로그래픽 "LIDAR 스캐닝"에서와 같이 프레임들 사이에서 광 풋프린트가 이동되는 것은 아니나, 동일한 재생 필드를 조명하여 제1 프레임의 광 풋프린트의 체커보드 패턴이 제2 프레임에서 반전되는 제1 및 제2 프레임의 시퀀스를 도시한다. 광 풋프린트에 의해 조명되거나 검사된 IFOV의 서브 세트는 제1 및 제2 프레임 사이에서 변경된다고 볼 수 있다.

[0090] 도 5b의 실시예의 광 풋프린트/이미지는 도 5a의 실시예와 비교하여 더 적은 수의 불연속적 광점들 또는 서브 풋프린트를 포함한다. 따라서, 특히 이에 한정되는 것은 아니나 CCD 어레이를 포함하는 광 검출기를 사용할 때, 광점의 밝기가 증가되고 결과 "이미지"의 해상도와 같은 측량 품질이 개선된다. 더욱이, 도 5b의 실시예는 교대로 배치되는 명암 영역 또는 광점들의 주기적인 패턴을 포함하는 광 풋프린트를 포함하고, 어레이 검출기의 개별 요소들은 다른 프레임마다(또는 두 프레임마다) 반사된 광만을 수신한다. 따라서, 포화상태에 대한 추가 복구 시간이 SPAD 어레이 검출기에 제공된다.

[0091] 한편, 도 5b의 광 풋프린트/이미지가 교대로 배치되는 명암점들의 체커보드 패턴(즉, 매 두 IFOV마다 배열된 광

점들)과 같이, 상이한 주기적인 패턴도 가능하다. 예를 들어, IFOV 어레이 내 광점들은, 광점들 사이의 간격(즉, $n-1$)을 증가시키는 것에 대응하여, 행 및/또는 열 내에서 3 (즉, n 번째) IFOV마다 배열될 수도 있다. 광점들 사이의 간격을 증가시키고, 따라서 광점들의 주기성을 감소 시키려면, 장면 내의 IFOV의 어레이를 조명하기 위해 프레임의 수를 대응하여 증가시킬 필요가 있다. 이는, 예를 들어 후술하는 도 5c에 도시된 바와 같이, 광점의 형상을 변경하는 것과 함께 사용될 때, 광 검출 요소들(예를 들어, SPAD 요소들)에 대한 더 많은 복구 시간을 허용한다. 주기성이 증가하는 것에 따라 프레임 내 전체 광점의 수가 감소하며 이에 광점의 밝기가 증가하므로 스캔 품질이 더욱 향상될 수 있다.

[0092] 도 5c는, 도 5a 및 5b의 실시예의 기술들을 결합한 다른 실시예의 각각의 제1 및 제2 홀로그램을 표시하는 SLM에 의해 형성된 광 풋프린트 또는 이미지에 대응하는 제1 및 제2 프레임을 도시한다. 특히, 각 프레임은 특정 형상(즉, 서브 풋프린트)이며 균일한 밝기를 갖는 불연속적 영역 또는 "광점"의 바둑판 패턴의 형태로 광 풋프린트 / 이미지를 제공한다. 광 풋프린트/이미지는 SLM에 의해 홀로그래픽 방식으로 투영되고 이에 광점/서브 풋프린트는 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV 어레이의 대응하는 IFOV를 동시에 조명한다. 홀로그램 "LIDAR 스캐닝"에서와 같이 광 풋프린트는 프레임들 사이에서 이동하는 것은 아니지만, 광점의 형상 및 체커보드 패턴이 프레임 간에 변경된다. 도 5c는, 광점들의 형상이 정사각형에서 삼각형으로 변경되고, 체커보드 패턴이 제2프레임에서 제1 프레임로부터 반전되는, 제1 및 제2 프레임의 시퀀스를 도시한다. 따라서, 제1 및 제2 프레임은 장면 내에서 동일한 재생 필드의 교번하여 배치되는 IFOV 내의 상이한 형상의 영역을 조명한다. 제3 및 제4 프레임은 제1 및 제2 프레임의 광 풋프린트의 체커보드 패턴을 반복할 수 있지만, 광점의 형상을 역전시켜, 어레이 내의 모든 IFOV가 제1 내지 제4 프레임의 시퀀스에 의해 동일한 광점들에 의해 조명된다. 다시, 의심의 여지 없도록, 각 광점은 임의의 개수의 측면들을 갖는 원형, 타원형 또는 다각형을 포함하는 임의의 형상을 가질 수 있다.

[0093] 도 5a 내지 5c의 실시예들에서, 광 풋프린트는 복수의 불연속적인 영역 또는 "광점"을 포함한다. 그러므로, 광점은 홀로그램에 의해 형성된 홀로그램 이미지 내의 개별 "서브 풋프린트"로 간주될 수 있다. 서브 풋프린트는 장면 내 상응하는 IFOV를 동시에 비추거나 "검사(probe)"한다. 이는 초기 정보를 (예를 들어, 비교적 조약한/저질의 스캐닝을 제공하여) 빠른 스캔 또는 측량하는 것에 유용할 수 있고, 이는, 도 11을 참조하여 후술될 지능형 스캐닝(예를 들어, 잠재적 관심대상인 영역들에 대한 상대적으로 세밀하고/고품질의 스캐닝 또는 측량을 가능케 함)을 위한 피드백으로 사용될 수 있다.

[0094] 추가의 실시예들에서, 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV의 어레이의 하나 이상의 IFOV가 개별적으로 스캐닝 되도록 광 풋프린트들의 시퀀스가 배열될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 하나 이상의 IFOV는 동시에 스캐닝된다. IFOV를 개별적으로 스캔하는 실시예는 도 6 및 7을 참조하여 아래에 설명된다.

[0095] 도 6은 일 실시예의 장면 내에서 IFOV를 스캐닝하기 위한 프레임 시퀀스를 도시한다. 특히, 도 6은 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV의 어레이 내에서 단일 IFOV를 스캐닝하기 위한 16 개의 프레임들의 시퀀스를 도시한다. 도시된 프레임들은, 16 개의 홀로그램을 표시하는 SLM에 의해 형성되고, 단일 IFOV에 대응하는 영역 내에 속하는, 이미지의 적어도 일부에 대응한다. 다른 IFOV에 대응하는 영역 내에 속하는, 홀로그램 이미지의 다른 영역들은 후술하는 바와 같이 상이할 수 있다. 각 프레임은, 단지 하나의 IFOV 만 비추기 때문에, 광의 "서브 풋프린트" 를 제공한다. 도 6의 실시예에서, 서브 풋프린트는 단일 정사각형 영역 또는 균일한 밝기를 갖는 불연속적인 "광점"이며, 이는 프레임들 사이의 IFOV 내에 재배치된다. 서브 풋프린트는 홀로그래픽 방식으로 투영되어 장면 내 대응하는 IFOV(재생 필드의 서브 영역)의 전체 영역의 단지 일부만 조명한다. 도 6에서, 각 광점은 IFOV 전체 면적의 16 분의 1($1/16$)을 비춘다. 첫 번째 프레임(프레임 1)에서, 광점은 IFOV의 왼쪽 상단 모서리에 위치하여 장면 내 IFOV의 대응하는 영역을 조명한다. 스캐닝하는 각 연속 프레임에서, 프레임 2 내지 15에 표시된 것처럼, IFOV 내에서 광점이 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래로 이동한다. 최종적으로, 마지막 프레임(프레임 16)에서, 광점은 IFOV의 오른쪽 하단에 위치된다. 도 16의 예시에서, 광점은 IFOV 내에서 4×4 어레이의 16 개 위치로 이동되는 것이나, 대응하는 수의 프레임들을 갖는 다른 크기의 어레이에도 가능할 것이다. 또한, 광점은 래스터 스캔 순서(raster scan order)와 같은, 임의의 다른 순서로 16 개의 위치로 이동될 수 있다.

[0096] 도 6의 실시예의 일부 구현예에서, 장면 내의 IFOV 어레이의 단일 IFOV는 프레임의 시퀀스를 사용하여 개별적으로 스캔될 수 있다. 단일 IFOV는 무작위 또는 다른 방식으로 피드백에 기초하여 선택될 수 있다. 나머지 IFOV는, 적용 요건에 따라 임의의 원하는 형상, 크기 또는 배향을 갖는 광점으로 조명 되거나, 프레임 1 내지 16 중 하나 이상에서 조명이 제공되지 않을 수 있다. 다른 구현예에서, 장면(모든 IFOV들을 포함할 수 있음) 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV들의 어레이의 선택된 서브 세트의 각각의 IFOV는, 프레임의 시퀀스를 사용하여

동시에 개별적으로 그리고 독립적으로 스캔될 수 있다.

- [0097] 도 6의 실시예에서, 단일 광점 /서브 풋프린트는 IFOV 영역의 16 분의 1만을 조명하며, 이에 광점의 밝기가 증가될 수 있고, 따라서 측량 품질이 향상된다. 그러나, 장면 내에서 각 IFOV의 스캐닝을 수행하기 위해서는 비교적 많은 수인 16 프레임/홀로그램이 필요하며, 이는 SLM에 연관된 시간 및 자원을 소모한다.
- [0098] 도 7은 다른 실시예의 장면 내에서 IFOV를 스캐닝하기 위한 프레임들의 시퀀스를 도시하며, 여기서 프레임/홀로그램의 수는 도 6의 실시예에 비해 감소된다. 특히, 도 7은, 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV의 어레이 내에서 단일 IFOV를 스캐닝하기 위한 여덟 개(8) 프레임들의 시퀀스를 도시한다. 도시된 프레임들은, 8 개의 홀로그램을 표시하는 SLM에 의해 형성되고, 단일 IFOV에 대응하는 영역 내에 속하는 이미지의 적어도 일부에 대응한다. 각 프레임은, 단지 하나의 IFOV 만 비추기 때문에, 광의 "서브 풋프린트"를 제공한다. 도 7의 실시예에서, 서브 풋프린트는 균일한 밝기를 갖는 1 차원 영역 또는 "라인(line)"이며, 이는 프레임들 사이의 단일 IFOV로서 재배치된다. 따라서, "라인"은 다른 실시예의 "광점"에 대응하는 1 차원 서브 풋프린트로 간주될 수 있다. 서브 풋프린트는 홀로그래픽 방식으로 투영되어 장면 내 대응하는 IFOV의 전체 영역의 일부만 조명한다. 특히, 라인/서브 풋프린트는 장면 내 IFOV의 수직인 또는 수평인 영역을 조명한다. 예시된 예에서, 라인은 IFOV의 전체 영역의 4 분의 1(1/4)을 조명한다. 특히, 프레임 1 내지 4에서, 라인은 IFOV의 왼쪽에 있는 수직인 영역을 조명하고, 도 7과 같이 프레임들 사이에서 왼쪽에서 오른쪽으로 수평으로 이동한다. 유사하게, 도 5 내지 도 8에서, 라인은 IFOV의 상단에서 수평인 영역을 조명하며, 이는 도 7에 도시된 바와 같이 프레임들 사이에서 상단에서 하단으로 수직으로 이동한다. 도 7의 예시는 두 방향으로 라인 스캐닝(수평 및 수직)을 수행하는 것이나 이는 필수적인 것은 아니다. 장면 내 IFOV의 단일 라인 스캐닝은 한 방향으로만 라인을 이동시키는 것, 예를 들어, 프레임 1 내지 4(수평 스캐닝) 또는 프레임 5 내지 8(수직 스캐닝)하는 것일 수 있다.
- [0099] 따라서, 도 7의 실시예에서 서브 풋프린트의 형상은 단일 IFOV의 부분(예를 들어 1/4)를 조명하는 라인을 포함한다. 라인은 수평/ 수직하게 배향될 필요는 없고, 라인은 예를 들어 대각선으로 연장될 수도 있다. 도 6의 실시예의 단일 광점에 비교하여, 라인의 밝기는 감소된다(그러나, 그럼에도 불구하고 다른 실시예보다는 더 밝다). 그렇지만, 장면 내에서 IFOV 어레이의 IFOV 스캐닝을 수행하기 위해서는 프레임/홀로그램 수가 감소해야 하며, 이는 필요한 SLM의 시간과 자원을 감소시킨다.
- [0100] 도 7의 실시예의 일부 구현예에서, 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV 어레이의 선택된 단일 IFOV는 프레임의 시퀀스를 사용하여 개별적으로 스캐닝될 수 있다. 단일 IFOV는 무작위 또는 다른 방식으로 피드백에 기초하여 선택될 수 있다. 나머지 IFOV는, 적용 요건에 따라, 임의의 원하는 형상, 크기 또는 배향을 갖는 광점으로 조명될 수 있거나, 프레임 1 내지 8 중 하나 이상에서 조명되지 않을 수 있다. 다른 구현예에서, 장면 내의 재생 필드(모든 IFOV를 포함할 수 있음)에 대응하는 IFOV의 어레이의 선택된 서브 세트의 각각의 IFOV는, 도 7의 프레임의 시퀀스를 사용하여, 동시에 독립적으로 스캔될 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 IFOV는 동시에 스캔 되고, 선택적으로 상이한 방향 또는 배향으로 스캔된다. 실시예는 도 8을 참조하여 아래에 설명된다.
- [0101] 도 8은 다른 실시예의 프레임 시퀀스의 2 개의 연속적인 프레임을 도시한다. 특히, 각각의 도시된 프레임은, 각각이 대응하는 IFOV를 조명하기 위한, 복수의 서브 풋프린트의 형태로 광 풋프린트/이미지를 제공한다. 광 풋프린트/이미지는 홀로그래픽 방식으로 투영되어, 광의 서브 풋프린트는 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV 어레이의 대응하는 IFOV를 동시에 조명한다. 이 실시예에서, 개별 IFOV는, 선택된 복수의 IFOV에서, 도 7의 실시예에 따라 "라인" 또는 1 차원 서브 풋프린트를 사용하여 스캔 된다. 특히, 라인 스캔은, IFOV 어레이의 좌측 상단 IFOV에서, 도 7의 프레임 1 내지 8을 사용하여 수행된다. 도 8에서, 프레임 N은, 광 풋프린트가 왼쪽 상단 IFOV 내의 하나의 프레임 위치에서 수직인 영역을 비추는 라인/서브 풋프린트를 포함하는 것을 보여주고, 프레임 N + 1은, 왼쪽 상단 IFOV내에서 인접한 프레임 위치에서 수직인 영역을 조명하는 라인/서브 풋프린트를 보여준다. 이에, 좌측 상단 IFOV(즉, 장면 내의 IFOV의 5 x 5 어레이에서 위치(1, 1))를 정밀 스캐닝하는 것이 프레임 시퀀스를 사용하여 수행된다. 어레이 내에서 선택된 다른 IFOV(즉, 위치(2, 2),(3, 3) 및 (2, 4))도 라인으로 스캔된다. 나머지 IFOV는 필요에 따른 형상과 크기를 갖는 광점으로 조명된다(예 : 정사각형 광점이 도시됨). 전술한 바와 같이, 나머지 IFOV는 프레임 1 내지 8 중 선택된 프레임 동안에만 조명될 수 있다.
- [0102] 개별 스캔을 위하여 IFOV를 선택하는 것은, 예를 들어 이전 스캔으로부터의 피드백에 기초하여 수행될 수 있다. 스캐닝을 위한 광 풋프린트 및/또는 영역의 시퀀스 및/또는 광 풋프린트를 결정 또는 선택하기 위해 피드백을 사용하는 것은 도 11에 연관되어 아래에서 더 설명된다.
- [0103] 예를 들어, 도 6과 같은 광점 또는 도 7 및 도 8과 같은 라인을 사용하여, IFOV 내에서 스캐닝하는 것은 전술한 SPAD 어레이와 같은 민감하거나 저해상도 검출기와 함께 시너지 효과를 발휘한다. 특히, 종래의 LIDAR 및 유사

한 응용분야에서, SPAD 어레이의 공간 해상도는 일반적으로 너무 낮은 것으로 간주되었다. 상기 도 6 내지 도 8의 실시예들에 따라, 각각의 IFOV에 대한 홀로그래픽 스캐닝을 사용함으로써 이를 보상할 수 있다. 홀로그래픽 프로젝터의 시간적 해상도 및/또는 성능에 의해, SPAD 어레이가 사용될 수 있는 범위까지 더 높은 공간 해상도를 제공될 수 있다고 볼 수 있다.

[0104] 도 9는, 다른 실시예에 따른, 각각의 제1 내지 제15 컴퓨터 생성 홀로그램을 표시하는 SLM에 의해 형성된 광 풋프린트 또는 이미지에 대응하는 다섯 개(5)의 프레임 시퀀스를 도시한다. 각각의 프레임은, 균일한 밝기를 가지며 정사각형인 불연속적인 영역의 열(column) 또는 "광점"을 포함하는 광 풋프린트 또는 이미지를 제공하며, 이들은 (수직) 라인과 유사하다. 광점 또는 서브 풋프린트 라인은 "슈도 라인(pseudo line)"으로 간주될 수 있다. 광 풋프린트/이미지는 홀로그래픽 방식으로 투영되어 광점은 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV 어레이의 열에서 대응하는 IFOV를 조명한다. 따라서, 장면 내의 IFOV 열(column)은 광 풋프린트에 의해 동시에 조명된다. 도 9는 5 개의 프레임의 시퀀스를 보여주고, 여기서 서브 풋프린트의 광 풋프린트/열(column)은 연속된 프레임 사이의 장면 내에서 재배치되어 인접한 IFOV 열(column)을 조명한다. 슈도 라인은 장면 내에서 재생 필드의 IFOV의 어레이를 가로 질러 수평으로 이동한다고 볼 수 있다. 따라서, 프레임 1은 IFOV의 첫 번째(왼쪽 편) 열을 비추고, 프레임 2는 IFOV의 두 번째 열을 비추고, 이는 프레임 5가 IFOV의 다섯 번째(오른쪽편) 열을 비추는 때까지 계속된다.

[0105] 일부 실시예에서, 광 풋프린트는 자동차 도로를 포함하는 실제 장면을 검사하는데 사용된다. 특히 이들 실시예에서, 광 풋프린트의 상부에 있는 광점은, 광 풋프린트의 바닥에 있는 광점에 대응하는 물체보다 더 멀리 있는 객체, 예컨대 차량과 같은 물체에 대응될 것으로 이해될 수 있다. 마찬가지로, 패턴의 왼쪽에 있는 광점은 고속 도로의 1 차선에 있는 물체에 대응하고, 중간에 있는 광점은 2 차선에 대응하고, 오른쪽에 있는 광점은 3 차선에 대응할 수 있다. 동적으로 변하는 광 풋프린트에 의해 다양한 범위(거리) 탐지되는 것으로 볼 수 있다. 도 9는 수직 라인(슈도 라인)을 수평 스캐닝하는 것을 도시한다. 다른 실시예들에서, 수평 라인은 수직으로 스캐닝된다. 일부 실시예들에서, 수평 라인을 수직 스캐닝하는 것은 유리하게는 장면의 하단(가장 가까운 거리)에서 시작하여 장면의 상단(가장 먼 거리)으로 이동한다. 이러한 개념, 즉 가장 가까운 거리에 대응하는 영역에 대한 스캔을 시작하고 각각의 연속 프레임으로 거리를 증가시키는 것은 상술한 IFOV의 스캐닝으로 확장될 수 있다. 보다 일반적으로, 일부 실시예들에서, 장면 또는 IFOV를 스캐닝 하는 것은 가장 즉각적인 충돌 위험을 포함하거나 나타내는 것으로 식별되는 장면 또는 IFOV의 영역으로 시작한다.

[0106] 도 4, 도5a 내지 도 5c, 도 8 및 도 9의 실시예는, 단지 예시적 목적으로, 재생 필드에 대응하는 5 x 5 어레이의 IFOV를 도시한다. 광 검출기 어레이(예를 들어, SPAD 어레이)는, 재생 필드의 대응하는 IFOV를 가지며, 임의의 원하는 구성(예를 들어, 직사각형 어레이)에서 임의의 수의 광 검출 요소(예를 들어, SPAD 요소)를 포함할 수 있다. 따라서, 실시예들에 도시된 프레임들의 시퀀스는 광 검출기 어레이의 광 검출기의 수 및 배치에 따라 변할 수 있다.

[0107] 도 10은 SPAD 어레이의 예시적인 SPAD 요소(1095)를 도시한다. SPAD 요소(1095)는 솔리드 앵글 콘(solid angle cone)(1096)에 의해 정의된 시야(즉, 개별 시야(IFOV))를 갖는다. 솔리드 앵글 콘(1096)은 공간 해상도의 척도이다. SPAD 요소(1095)는 시야 내의 광만을 검출한다. 시야가 크면 공간 해상도가 작아진다. 즉, 시야 내에서 검출된 광의 소스는 예를 들어 낮은 정밀도로만 - 예를 들어 가장 가깝게는 100cm까지 식별될 수 있다. 시야가 작으면 공간 해상도가 높아진다. 즉, 시야 내에서 검출된 광의 소스는 더 높은 정밀도로, 예를 들어, 가장 가깝게는 1cm까지, 식별될 수 있다. SPAD 어레이는 일반적으로 저해상도(공간) 분해능 어레이 검출기로 여겨진다. 어레이 검출기는 각 검출기의 데이터를 병렬로 제공하는 개별 검출기들의 그룹이다. 즉, 어레이 검출기는 검출기 요소들로부터 병렬형 데이터를 제공한다. 본 명세서에서, 높은 프레임 레이트(예를 들어, 비디오 프레임 레이트 또는 그 이상)를 갖는 홀로그램 프로젝터가 SPAD 어레이와 같은 시야를 갖는 어레이 검출기의 공간 해상도를 효과적으로 증가시키기 위해 사용되는, LIDAR 시스템이 기술된다.

[0108] 이는, 예를 들어 도 6 및 도 7과 관련하여 전술한 바와 같이, SPAD 요소(1095)의 시야를 개별적으로 스캐닝함으로써 달성된다. 제1 디스플레이 프레임에서, 광점 또는 서브 풋프린트는 시야(IFOV)의 제1 영역(1091)으로 지향된다. 즉, 제1 광점은 제1 영역(1091) 내에서 홀로그래픽으로 방식으로 재구성된다. 제1 물체(1097)는 제1 영역(1091)에 존재한다. 제1 물체(1097)는 SPAD 요소들의 어레이의 SPAD 요소(1095)를 향해 광을 반사시킨다. 이 광은 SPAD 요소(1095)에 의해 검출되고 전달시간(time of flight) 측정값은 제1 물체(1097)까지의 거리를 나타내기 위해 사용될 수 있다. 홀로그램 프로젝터 및 어레이 검출기는 본 시스템이 제1 물체(1097)가 제1 영역에 있음을 식별하도록 동기화되는데, 이는 그 영역이 조명되어진 시야(IFOV)의 유일한 서브 영역이기 때문이다. 제1 디스플레이 프레임보다 나중에(시간적으로) 디스플레이되는 제2 디스플레이 프레임에서, 제2 광점 또는 서브

풋프린트는 시야(IFOV)의 제2 영역(1092)으로 지향된다. 물체가 제2 영역(1092)에 존재하지 않기 때문에, 어떠한 광도 SPAD 요소(1095)로 다시 반사되지 않으며, 시스템은 물체가 제2 영역(1092)에 존재하지 않다는 것을 식별한다. 마찬가지로, 제2 디스플레이 프레임 이후의 제3 디스플레이 프레임에서, 광은 제2 객체(1098)를 포함하는 제3 영역(1093)으로 홀로그래픽 방식으로 지향되고, 제3 디스플레이 프레임 이후의 제4 디스플레이 프레임에서, 광은 제3 객체(1099)를 포함하는 제4 영역(1094)으로 홀로그래픽 방식으로 지향된다. 본 시스템에서, SPAD 요소는 시야각(IFOV) 내에서 물체의 위치를 $*? * 4$ 배 더 정확하게 식별할 수 있다. 디스플레이 시스템의 높은 시간 속도는 검출기의 공간 해상도를 증가시키는 데 사용된다. 시야(IFOV)의 네 개의 영역들은 단지 예시로서 설명되는 것이며 SPAD 어레이와 같은 어레이 검출기의 효과적인 공간 분해능을 증가시키기 위해 시야(field of view)는 임의의 수의 영역으로 분할될 수 있음을 이해할 것이다. 설명된 방법은 전체 시야에서 전체 어레이 검출기의 공간 해상도를 증가시키기 위해 SPAD 어레이의 각 SPAD 요소에 적용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0109] 이에, 제1 컴퓨터 생성 홀로그램이 제1 구조화된 광 패턴을 형성하고 제2 컴퓨터 생성 홀로그램이 제2 구조화된 광 패턴을 형성하는 LIDAR 시스템이 기술되며, 여기서 제1 구조화된 광 패턴은 검출기 요소들의 어레이의 검출기 요소의 개별 시야의 제1 영역 내의 제1 광점을 포함하고, 제2 구조화된 광 패턴은, 검출기 요소의 공간 해상도를 증가시키기 위해, 개별 시야의 제2 영역 내의 제2 광점을 포함한다. 이는, 홀로그램 이미지가 비디오 레이트 또는 그 이상으로 리프레시(즉, 변경)될 수 있고 홀로그래픽 프로젝터에 의해 디스플레이될 수 있는 가장 작은 특징이 검출기 요소의 개별 시야보다 작기 때문에 달성될 수 있다.

[0110] 실시예들은, 제1 스캔 또는 측량 결과가 제2 스캔 또는 측량을 위한 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정하는데 사용되는 피드백 시스템을 제공한다. 제2 측량을 위한 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정하는 단계는 홀로그램의 저장소로부터 홀로그램을 선택하거나 홀로그램을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0111] 도 11은 장면(1100)으로 광을 지향 시키도록 배열된 홀로그래픽 프로젝터의 공간 광 변조기(1110) 및 상기 장면으로부터 반사된 광을 수집하도록 배열된 광 검출기(1120)를 포함하는 실시예를 도시한다. 공간 광 변조기(1110)는 광원(미도시)으로부터 광을 수신하며 공간 광 변조기(1110) 상에 표현되거나 "디스플레이된" 동적 가변 컴퓨터 생성 홀로그램(dynamically-variable computer-generated hologram)에 따라 공간 변조 광을 출력하도록 배열된다. 도 11은, 공간 광 변조기(1110) 상에 표현된 제1 컴퓨터 생성 홀로그램(미도시)에 따라 장면(1100) 내의 재생 필드에서 제1 광 풋프린트(1151)를 형성하는 제1 공간 변조 광(1131)을 출력하는 광 변조기(1110)를 도시한다. 본 명세서에서 기술되는 바와 같이, 검출기(1120)는 어레이 검출기를 포함할 수 있고, 여기서 어레이 내의 각각의 검출 요소는 장면(1100) 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV의 어레이의 개별 시야(IFOV)를 갖는다. 제1 광 풋프린트는 제1 측량의 일부일 수 있고, 이는, 예컨대 도 5a 내지 도 5c에서와 같이 장면 내에서 복수의 IFOV를 조명하기 위해 복수의 광점 또는 서브 풋프린트를 포함한다.

[0112] 도 11은 제1 광 풋프린트(1151)에 의해 조명된 장면(1100)의 영역으로부터 반사된 광(1141)을 수신하는 광 검출기(1120)를 도시한다. 예를 들어, 광은 장면의 물체에서 반사될 수 있다. 실시예들에서, 광 검출기(1120)는 복수의 광 검출 요소를 포함한다. 도 11은 광 검출 요소와 관련된 광학 시스템(1118)을 추가로 도시한다. 광학 시스템(1118)은 실시예들의 광 검출기(1120)의 광 검출 요소와 재생 필드의 서브-영역 사이에 일대일 상관 관계를 제공하도록 배열된다. 일부 실시예에서, 광학 시스템(1118)은 마이크로 렌즈와 같은 일 렌즈 또는 렌즈들의 어레이이다. 당업자는 기술된 기능을 갖는 광학 시스템을 어떻게 제공해야 하는 지 알고 있다. 예를 들어, 광학 시스템은, 개별 CCD 픽셀과 장면의 서브 영역 사이에 일대일 상관 관계를 제공하기 위해 CCD 카메라와 함께 사용되는 렌즈들과 유사할 수 있다. 반사된 광(1141)을 수신하는 것에 응답하여, 광 검출기(1120)는 광 응답 신호(1174)를 출력한다. 홀로그램 제어기(1170)는 광 응답 신호(1174)를 수신하며 제2 측량을 위한 제2 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정하도록 배치된다. 예를 들어, 후술되는 바와 같이, 제2 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램은, 예를 들어 도 6 또는 도 7에서와 같이, 장면 내 물체를 포함하는 IFOV를 개별적으로 스캐닝하기 위한 광 풋프린트의 시퀀스를 출력할 수 있다.

[0113] 홀로그램 제어기(1170)는, 제2 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정하기 위해, 광 응답 신호(1174)의 특성을 평가할 수 있다. 실시예들에서, 홀로그램 제어기(1170)는, 제1 광 풋프린트에 의해 조명되거나 "검색된" 재생 필드(예를 들어, IFOV의 어레이)의 영역(예를 들어, IFOV)에 물체가 존재 하는지를 광 응답 신호(1174)가 나타내는 지 여부를 결정한다. 일부 실시예에서, 광 응답 신호(1174)의 특성은 광 응답 신호(1174)의 최대(또는 피크) 강도 또는 평균(average)(또는 평균(mean)) 강도이다. 다른 실시예에서, 광 응답 신호(1174)의 특성은 광 응답 신호(1174)의 강도의 변화 또는 광 응답 신호(1174)의 강도 변화율이다. 광 응답 신호의 특성은 광 응답 신호(1174)에 대한 임의의 특성, 또는 광 응답 신호(1174)의 임의의 특성 일 수 있고, 이는 제1 광 풋프린트(1151)에 의해 검사되는 영역(들) 내 임의의 객체들 또는 검사되는 영역(들)에 대한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들

어, 홀로그램 제어기(1170)는, 광 응답 신호(1174)의 크기가 임계 값을 초과하는지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서, 홀로그램 제어기(1170)는, 제1 광 포토프린트(1151)에 의해 검사된 재생 필드(예를 들어, IFOV의 어레이)의 서브 영역(예를 들어, IFOV)에 물체가 존재한다고 결정하고 서브 영역(예를 들어, IFOV)를 스캐닝하도록 배열된 제2 복수의 컴퓨터 생성을 결정하고, 여기서, 물체는 다시 고 해상도로 존재한다. 예를 들어, 다른 실시예들에서, 홀로그램 제어기(1170)는, 광 응답 신호(1174)가 결정적이지 않은 것으로(예를 들어, 비교적 노이즈가 있는 것으로) 결정하고 장면의 동일한 영역(재생 필드)을 다른 방향으로 다시 측량하도록 배열된 제2 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정한다.

[0114] 따라서, 실시예에서, 예를 들어, 도 6 및 도 7을 참조하여 전술한 바와 같이, 프레임/서브 포토프린트의 시퀀스는 장면 내의 재생 필드에 대응하는 IFOV 어레이 중에서 선택된 IFOV를 개별적으로 스캔하거나 측량할 수 있다. 프레임/서브 포토프린트의 시퀀스를 사용하는 개별 스캐닝을 위한 하나 이상의 IFOV를 선택하는 것은, 예를 들어 상대적으로 조악하고/저품질의 스캐닝 또는 측량을 사용하여, 장면 내 IFOV(재생 필드)의 어레이의 제1 스캔 또는 조사로부터의 피드백에 기초하여 수행될 수 있다.

[0115] 따라서, 제1 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램은 IFOV의 어레이를 포함하는 영역(재생 필드)에 대한 제1 측량을 제공하도록 배열될 수 있다. 홀로그램 제어기는 제1 측량에 응답하여 광 응답 신호를 수신하며, 개체가 존재할 가능성이 있는 IFOV와 같은 관심있는 IFOV 어레이의 하나 이상의 IFOV를 식별하기 위해 광 응답 신호의 특성을 평가하도록 구성될 수 있다(예를 들어, 비교적 세밀한/고품질 스캔 또는 측량). 홀로그램 제어기는, IFOV의 어레이를 포함하는 동일한 영역(재생 필드)의 제2 측량으로서, 식별된 IFOV(들)를 개별적으로 스캐닝하기 위한 서브 포토프린트를 포함하는, 광 포토프린트의 시퀀스를 제공하기 위해 제2 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램을 결정 또는 선택할 수 있다.

[0116] 실시예의 변형들

[0117] 실시예들에서, 공간 광 변조기는 위상-한정 공간 광 변조기(phase-only spatial light modulator)이다. 이들 실시예들은 진폭을 변조함으로써 광학 에너지가 손실되지 않기 때문에 유리하다. 따라서, 효율적인 홀로그래픽 LIDAR 시스템이 제공된다. 그러나, 본 개시는 진폭-한정 공간 광 변조기 또는 진폭 및 위상 변조기에서 동일하게 구현될 수 있다. 홀로그램은 그에 따라 위상-한정, 진폭-한정 또는 완전 복소인 것임을 이해할 수 있다.

[0118] 실시예는 시스템의 시야를 증가시키기 위해(즉, 재생 필드의 크기를 증가시키기 위해) 각도 확대 시스템을 포함한다. 도 12는 공간 광 변조기(1210)로부터 공간적으로 변조된 광을 제1 각도로 수신하도록 배열된 각도 확대 시스템(1225)을 도시한다. 각도 확대 시스템(1225)은 제1 각도보다 큰 제2 각도에서 공간적으로 변조된 광을 출력하고, 이는 장면(1200) 내의 재생 필드를 조명한다. 도 12는 각도 확대 시스템(1225)이 제1 각도에서 광(1222)을 수신하도록 배열되고 제1 각도보다 큰 제2 각도에서 출력 광(1224)을 출력한다. 각도 확대 시스템은 공간적으로 변조된 광의 광 각도를 확대한다고 말할 수 있다. 즉, 실시예들에서, LIDAR 시스템은 공간 광 변조기로부터 공간적으로 변조된 광의 각도 편향을 확대하도록 배열된 각도 확대 시스템을 더 포함한다. 실시예에서, 각도 확대는 굴절에 의해 제공된다. 즉, 실시예에서, 각도 확대 시스템은 공간적으로 변조된 광을 굴절 시키도록 배열된다. 실시예들에서, 각도 확대 시스템은 제1 각도로 공간적으로 변조된 광을 수신하고 제2 각도로 공간적으로 변조된 광을 출력하도록 구성되며, 여기서 제2 각도는 제1 각도보다 크다. 일부 실시예들에서, 각도 확대 시스템(1225)은(광 검출기의) 각각의 광 검출 요소가 재생 필드의 대응 / 고유 한 서브 영역으로부터만 광을 수신하도록 배열된 광학 시스템이다. 재생 필드의 각각의 서브-영역의 크기는 대응하는 광 검출 요소의 크기보다 클 수 있다.

[0119] 실시예들에서, 광은 펄스화된다. 따라서, 실시예들에서, 시스템은 다음 광 포토프린트가 장면을 조사하기 전에 임의의 반사된 신호가 검출기에 의해 수신되도록 구성된다. 따라서, 시스템은 다음 광 포토프린트 이전에 임의의 리턴 신호를 처리할 수 *?*있고, 어떠한 포토프린트가 리턴 신호를 발생시키는 지에 대한 혼동이 발생하지 않을 수 있다. 당업자는, 이러한 기능을 제공하기 위해, 광원, 홀로그램 제어기, 공간 광 변조기, 광 검출기 및 임의의 필요한 프로세서를 동기화하는 방법을 이해하고 있을 것이므로 상세한 설명은 본 명세서에 제공되지 않는다.

[0120] 각각의 광 포토프린트는 상응하는 컴퓨터 생성 홀로그램을 사용하여 형성된다. 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 공간 광 변조기에 제공된 홀로그래픽 데이터에 따라 공간 광 변조기 상에 표시된다. 각각의 컴퓨터 생성 홀로그램은 상이한 데이터 구성요소(component)로 구성될 수 있다. 데이터는 공간 광 변조기의 각각의 광 변조 픽셀을 개별적으로 처리하는(addressing) 공간 광 변조기에 대한 명령어를 제공한다. 구체적으로, 데이터는 얼마나 많은 광을 변조할 것인지에 대한 명령어를 각 픽셀에 제공할 수 있다. 실시예들에서, 컴퓨터 생성 홀로그램은 광 포토프린트의 크기 및 형상을 정의하는 제1 홀로그램 데이터 및 장면에서 광 포토프린트의 위치를 *?*정의하는 제2

홀로그래프 데이터를 포함한다. 제1 홀로그래픽 데이터는 광학 효과를 제공하는 홀로그래픽 데이터를 포함할 수 있다. 실시예들에서, 제1 홀로그래픽 데이터는 렌즈화 기능(lensing function)을 포함한다. 전술한 바와 같이, 제2 홀로그래픽 데이터는 가변 "빔 스티어링(beam steering)"정보를 제공한다. 실시예들에서, 제2 홀로그래픽 데이터는 격자 기능(grating function)을 포함한다.

[0121] 도 13은 공간 광 변조기(1310) 및 광 검출기(1320)와 통신하는 프로세서(1370)를 포함하는 실시예를 도시한다. 동작에서, 프로세서(1370)는 광 검출기(1320)로부터 광 응답 신호(1374) 및 공간 광 변조기로부터 동기화 정보(1372)를 수신하도록 구성된다. 공간 광 변조기(1310)는 장면의 위치에서 광 풋프린트(도시되지 않음)을 형성하는 공간 변조 광(1351)을 출력하도록 배열된다. 장면의 위치에 있는 물체(1305)는 공간적으로 변조된 광(1351)을 반사하고 반사된 광(1341)은 광 검출기(1320)에 의해 검출된다. 예를 들어, 광 검출기(1320)는 단일 광 검출 소자(예를 들어 단일 광 다이오드)를 포함할 수 있거나, 또는 광 풋프린트 및 / 또는 설계 요건에 따라 광 검출 소자의 어레이(예를 들어, 1 차원 또는 2 차원 포토 다이오드 어레이). 광 검출기(1320), 또는 어레이 검출기의 경우에, 각각의 광 검출 요소는 장면 내에 시야를 갖도록 구성된다. 전술한 바와 같이, 시스템의 구성요소들 사이의 광 펄스 및 동기화는 공간 변조된 광이 물체(1305)를 통해 공간 광 변조기(1310)로부터 광 검출기(1320)로 진행함에 따라 공간적으로 변조된 광에 대한 비행 시간을 결정하는데 사용된다. 비행 측정은 공간 광 변조기(1310)로부터 물체(1305)까지의 직선 거리(1376)를 결정하는데 사용될 수 있다. 따라서, 광 검출 및 거리 측정(LIDAR) 시스템이 제공된다. 실시예들에서, 공간 광 변조기(1310) 및 광 검출기(1320)를 포함하는 LIDAR 수신기를 포함하는 LIDAR 송신기(예를 들어, 홀로그래픽 프로젝터) 중 적어도 하나는 램프 유닛 또는 차량의 헤드 램프 유닛과 같은 휴대용 장치 또는 차량 내에 위치될 수 있다. 프로세서(1370)는 LIDAR 이미터 및 / 또는 LIDAR 검출기와 함께 위치될 수 있거나 원격으로 위치될 수 있다.

[0122] 실시예들에서, 광원은 레이저 다이오드와 같은 레이저 또는 코히어런트 광을 제공하는 다른 광원이다. 실시예들에서, 광 검출기는 CCD 또는 SPAD 어레이와 같은 광 검출기이다. 실시예들에서, LIDAR 시스템을 포함하는 차량이 제공된다.

[0123] 실시예들에서, 광원으로부터의 레이저 광은 LIDAR 시스템에 고유한 코드로 변조될 수 있다. 이러한 코딩(coding)은 다른 LIDAR 시스템에 연관된 광과의 간섭 또는 혼동을 피하기 위해 사용될 수 있다(예를 들어 도로 상의 다른 차량 내). 그러한 실시예들에서, LIDAR 수신기는 수신된 광에서 코드(code)를 찾고, 대응하는 코드로 변조된 수신된 광만을 처리한다. 예를 들어, 고유한 이진수 패턴을 갖는 광 진폭의 이진 변조는 고유 코드를 제공하기 위해(예를 들어, 소정의 코드 또는 패턴으로 광원을 켜고 끄는 것에 의해) 수행될 수 있다. 레이저 광의 다른 유형의 변조 또는 인코딩이 이용될 수 있다.

[0124] 일부 실시예에서, 둘 이상의 광원이 사용될 수 있다. 예를 들어, 상이한 파장(예를 들어, IR 범위 내)을 갖는 2 개 이상의 레이저가 LIDAR 시스템에 포함될 수 있고, 상이한 시간에 SLM에 광을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 광원으로서 사용되는 레이저 및 따라서 광 풋프린트를 형성하기 위해 사용되는 광의 파장은 안개 또는 다른 악천후 조건이 검출될 때와 같은 주변 조건에 따라 변경되어 개선된 광 침투를 제공할 수 있다.

[0125] 피드백을 이용하는 실시예에서, 제1 측량의 제1 광 풋프린트(및 임의의 다른 광 풋프린트)은 제1 파장의 광으로 형성될 수 있고 제2 측량의 광 풋프린트의 시퀀스는 제2 파장의 광으로 형성될 수 있다. 실시예들에서, 제1 및 제2 파장은 상이한 색상의 가시광이다. 실시예들에서, 제1 및 제2 파장 중 하나 또는 둘 모두는 상이한 적외선 파장이다.

[0126] 전술한 바와 같이, 본 발명자의 이전에 제안된 홀로그래프 "스캐닝 LIDAR" 시스템은 빔 스티어링에 의해 장면을 가로 질러 단일 광 풋프린트를 이동하는데, 이는 재생 필드의 위치를 **변경시키거나, 광 풋프린트의 형태, 크기 및 형태는 변경되지 않은 채로 둔다. 본 발명은 재생 필드가 빔 스티어링에 의해 재배치되지 않으나 광 풋프린트가 변경되는 홀로그래픽 LIDAR 시스템을 제안한다. 특히, 광 풋프린트는 구조화된 광의 패턴을 제공하고, 구조화된 광의 패턴이 변경된다. 실시예들에서, 광 풋프린트/구조화된 광은 복수의 광점 또는 "서브 풋프린트"의 패턴을 포함하고, 재생 평면을 다르게 조명하도록 패턴이 변경되고(예를 들어, 광 풋프린트 내의 서브 풋프린트의 형상 또는 위치가 변경됨) 따라서 장면에서 다른 정보가 도출된다.

[0127] 본 개시의 홀로그래픽 LIDAR 시스템은 적용 요건에 기초하여 이전에 제안된 홀로그래프 "스캐닝 LIDAR" 시스템의 양태와 결합될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 바와 같은 재생 필드(IFOV의 어레이)의 스캔 또는 측량 후에, 재생 필드는 빔 스티어링에 의해 재배치될 수 있고 스캔 또는 측량은 새로운 재생 필드(IFOV의 어레이)에 대해 반복될 수 있다. 예를 들어, 재생 필드는 장면 내에서 인접한 IFOV 어레이로 재배치될 수 있고, 재배치된 재생 필드에 대해 스캔 또는 측량이 수행될 수 있다. 장면 전체 또는 원하는 영역을 측량하기 위해 인접한 재생

필드에 대해 프로세스가 반복될 수 있다.

[0128] 본 개시의 홀로그래픽 LIDAR 시스템은 상이한 거리 범위를 스캐닝 또는 측량하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에서, LIDAR 시스템의 홀로그램 제어기는 각각의 거리 범위에 대한 장면을 스캐닝 또는 측량하기 위해, 본 명세서에 설명된 바와 같이, 홀로그램의 상이한 시간적 시퀀스들을 SLM에 제공할 수 있다. 특히, SLM에 제공된 홀로그래픽 데이터는 광 풋프린트가 요구된 거리 또는 범위에 대응하는 재생 평면에서 포커싱되도록 결정될 수 있다(예를 들어, 컴퓨터 생성 홀로그램 홀로그램을 재구성하는데 사용되는 푸리에 변환 렌즈에 대응하는 렌즈화 기능(lensing function)을 조정함으로써 또는 전술한 바와 같이 상응하는 렌즈화 데이터를 변경함으로써). 다른 실시예들에서, 물리적 푸리에 변환 렌즈는 필요한 거리 또는 범위에 대응하는 재생 평면에서 광 풋프린트를 포커싱하도록 선택될 수 있다. 따라서, 실시예들에서, 광 풋프린트, 또는 광 풋프린트를 형성하는 복수의 컴퓨터 생성 홀로그램과 관련된 파라미터 또는 요소는 거리 범위에 기초하여 결정된다고 볼 수 있다. 특히, 결정하는 것은 광 풋프린트가 거리 범위에 대응하는 거리에서 포커싱되도록하는 것이다.

[0129] 특정 범위에 대한 적절한 렌즈 기능/데이터는 범위 선택 신호에 응답하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 범위 선택 신호는 사용자에게 의해 수동으로 제공되거나, 미리 정해진 조건이 검출될 때 자동으로 제공될 수 있다. 거리 범위의 선택은 차량 속도, 교통 밀도 또는 다른 구동 계수 또는 조건에 기초할 수 있다. 차량이 더 빠른 속도로 주행하는 경우 장거리 스캔을 선택하는 것이 좋다. 예를 들어, 고속도로 주행에는 장거리가 바람직하고, 교통량이 많은 도시 주행에는 단거리가 바람직할 수 있다. 따라서, 실시예들에서, 거리 범위는 수신된 신호에 기초하여 선택된다. 실시예들에서, 거리 범위는 차량 속도; 주변 조건; 기상 조건; 교통 상황 및 기타 운전 매개 변수 중 하나 이상을 기초로 결정된다.

[0130] 본 발명의 홀로그램 LIDAR 시스템은 본 발명자가 제안한 "인터리빙 스캐닝(interleaved scanning)"과 함께 사용될 수 있다. 특히, 제1 및 제2 인터리빙된 스캔 또는 측량은 장면의 동일하거나 상이한 영역과 관련될 수 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 상이한 광 풋프린트(예를 들어, 조약하거나 저해상도 스캔에 대응하는 제1 스캔/측량의 광 풋프린트 및 세밀하거나 고해상도 스캔에 대응하는 제2 스캔/측량의 광 풋프린트)를 사용하여 장면의 동일 영역(예를 들어, 재생 필드 또는 재생 필드의 서브 영역)을 동시에 스캐닝 또는 측량하는 것은 장면의 영역에 대한 상이한 정보를 제공할 수 있다. 동일하거나 상이한 광 풋프린트를 사용하여 장면의 상이한 영역들을 동시에 스캐닝 하는 것은 장면의 다른 영역에 대한 정보를 얻을 수 있다. 제1 스캔 및 제2 스캔이 인터리빙되어 동시에 수행되기 때문에, 두 스캔에 의해 획득된 정보는 실질적으로 동일한 시점에서의 장면에 관련된다.

[0131] 광 풋프린트가 전술한 도 5c의 실시예와 같은 구조화된 광을 포함하는 실시예에서, 제1 스캔/측량을 구성하는 제1 패턴(예를 들어, 형상, 형태 및 / 또는 패턴)을 갖는 구조화된 광을 포함하는 광 풋프린트를 형성하는 제1 프레임 시퀀스는 제2 스캔/측량을 구성하는 제2 패턴(예를 들어, 형상, 형태 및/또는 패턴)을 갖는 구조화된 광을 포함하는 광 풋프린트를 형성하는 제2 프레임 시퀀스와 인터리빙될 수 있다. 인터리빙 된 제1 및 제2 프레임 시퀀스/풋프린트는, 장면 내의 상이한 IFOV의 어레이에 대응하여, 장면의 상이한 영역(재생 필드)에서 반복될 수 있다. 이러한 실시예들의 구현예에서, 저해상도 SPAD 어레이 등과 같은 도 4에 도시된 바와 같은 어레이 검출기(420)는, 전술한 바와 같이 응용 분야의 요구 사항에 따라, 스캔 시간, 스캔 품질 및/또는 스캔 해상도 등과 같은 파라미터를 최적화하기 위해 사용될 수 있다.

[0132] 실시예들에 따르면, 제1 스캔/측량은 확률적 스캔(stochastic scan)을 포함할 수 있고, 이는 장면 주위에서 랜덤하게 이동되는 (예를 들어, 차량 주위의 상이한 영역들로) 광 풋프린트를 (예를 들어, 도 5A의 실시예에서와 같이) 투사한다. 장면 내의 특징이 확률적 스캔으로부터 (예를 들어, 제1 스캔에 응답하여 광 응답 신호로부터) 식별되거나 식별되지 않을 때, 식별된 특징을 포함하는 영역의 제2 스캔/측량이 (예를 들어, 도 5b, 도 5c 또는 도 6 내지 도 8의 실시예에서와 같이 더 높은 해상도에서) 수행될 수 있다. 실시예들에서, 확률적 스캔은 연속적이며, 하나 이상의 제2(예를 들어, 더 높은 해상도) 스캔/검사가 확률적 스캔과 인터리빙 된다. 특히, 고분해능 제2 스캔 / 조사는 확률론적 스캔과 동시에 수행될 수 있다. 따라서, 확률적 스캔이 연속적으로 수행될 수 있고, 필요에 따라 제한된 기간의 제2 스캔 / 측량이 확률적 스캔에 삽입될 수 있다. 예를 들어, 특정 영역의 제2의 고해상도 스캔/측량이 추가되고, 영역 내에서 특징이 검출될 때 확률적 스캔과 인터리빙 된 후, 고해상도 스캔 / 측량이 완료될 때 제거될 수 있다. 따라서, 새로운 타겟들은 연속 확률적 스캔에 의해 지속적으로 식별되고, 그러한 식별된 타겟의 추가 세부 사항은 후속적으로 제2 스캔/측량에 의해 얻어진다. 대안적인 실시예에서, 제2 스캔/측량은 확률론적 스캔 대신에 수행될 수 있다(즉, 제1 및 제2 스캔은 동시적이지 않다). 이 경우 스캔은 첫 번째 스캐닝과 두 번째 스캐닝 사이에서 번갈아 나타난다.

[0133] 홀로그래픽 재구성의 품질은 픽셀화된 공간 광 변조기를 사용하는 회절 특성의 결과인 소위 제로 오더 문제에

의해 영향을 받을 수 있다. 이러한 0 차 광은 "잡음"으로 간주될 수 있으며, 예를 들어 정반사된 광(즉, 비 회절 광) 및 SLM으로부터의 다른 원치 않는 광을 포함한다.

[0134] 푸리에 홀로그래피의 예에서, 이 "노이즈"는 푸리에 렌즈의 초점에 초점을 맞추고 "DC 스폿"으로 알려진 홀로그래픽 재구성의 중심에 밝은 점을 만든다. 0 차 광은 단순히 차단될 수 있지만 이는 밝은 점을 어두운 점으로 교체하는 것을 의미한다. 실시예는 0 차의 시준된 광선만을 제거하기 위해 각도 선택적 필터를 포함한다. 실시예는 또한 유럽 특허 2,030,072에 기술된 제로 오더를 관리하는 방법을 포함하며, 이 특허는 그 전문이 본원에 참조로 포함된다. 다른 실시예에서, 공간 광 변조기는 광 풋프린트를 형성하는 회절 광이 재생 평면에서 초점이 되지만 0 차 광(회절되지 않음)이 발산을 계속하도록 발산 광으로 조명된다. 따라서 0 차 광은 효과적으로 분산된다.

[0135] 일부 실시예에서, 홀로그램의 크기(각 방향의 픽셀 수)는 공간 광 변조기의 크기와 동일하여 홀로그램이 공간 광 변조기를 채운다. 즉, 홀로그램은 공간 광 변조기의 모든 픽셀을 사용한다. 다른 실시예들에서, 홀로그램의 크기는 공간 광 변조기의 크기보다 작다. 이들 다른 실시예들 중 일부에서, 홀로그램의 일부(즉, 홀로그램의 픽셀의 연속 서브 세트)는 미사용 픽셀에서 반복된다. 이 기술은 "타일링(tiling)"으로 지칭될 수 있으며, 여기서 공간 광 변조기의 표면 영역은 다수의 "타일"로 분할되고, 이들 각각은 홀로그램의 적어도 서브 세트를 나타낸다. 그러므로 각 타일은 공간 광 변조기보다 크기가 작다.

[0136] 홀로그래픽 재생 필드의 크기(즉, 홀로그래픽 재구성의 물리적 또는 공간적 크기)는 공간 광 변조기의 픽셀 간격(즉, 공간 광 변조기의 인접한 광 변조 요소들 \times 또는 픽셀들 사이의 거리)에 의해 결정된다. 재생 필드에 형성될 수 있는 가장 작은 특징은 "해상도 요소", "이미지 스폿" 또는 "이미지 픽셀"로 지칭될 수 있다. 전형적으로, 공간 광 변조기의 각 픽셀은 사각형 형상을 갖는다. 사각형 조리개의 푸리에 변환은 sinc 함수이므로 각 이미지 픽셀은 sinc 함수이다. 보다 구체적으로, 재생 필드상의 각 이미지 픽셀의 공간 강도 분포는 sinc 함수이다. 각각의 sinc 함수는 피크 강도 1 차 회절 차수 및 1 차 차수로부터 방사상으로 연장되는 일련의 감소 강도 더 높은 회절 차수를 포함하는 것으로 간주될 수 있다. 각각의 sinc 함수의 크기(즉, 각각의 sinc 함수의 물리적 또는 공간 범위)는 공간 광 변조기의 크기(즉, 광-변조 소자의 어레이 또는 공간 광 변조기 픽셀들에 의해 형성된 개구의 물리적 또는 공간적 범위)에 의해 결정된다. 구체적으로, 광 변조 픽셀들의 어레이에 의해 형성된 개구가 클수록 이미지 픽셀들은 더 작아진다. 작은 이미지 픽셀을 갖는 것이 일반적으로 바람직하다.

[0137] 홀로그래픽 재구성은 공간 광 변조기에 의해 정의된 전체 윈도우의 0 차 회절 차수 내에서 생성된다. 일부 실시예에서, 제1 및 후속 차수는 이미지와 겹치지 않도록 충분히 변위 되어 공간 필터를 사용하여 차단될 수 있다.

[0138] 추가 기능

[0139] 실시예들은 단지 예시로서 전기적으로 활성화된 LCOS 공간 광 변조기를 지칭한다. 본 발명의 교시 내용은, 예를 들어, 임의의 전기적으로 활성화된 SLM, 광학적으로 활성화된 SLM, 디지털 마이크로 미러 장치 또는 마이크로 전자 기계 장치와 같은 본 발명에 따른 컴퓨터 생성 홀로그램을 표시할 수 있는 임의의 공간 광 변조기에서 동일하게 구현될 수 있다.

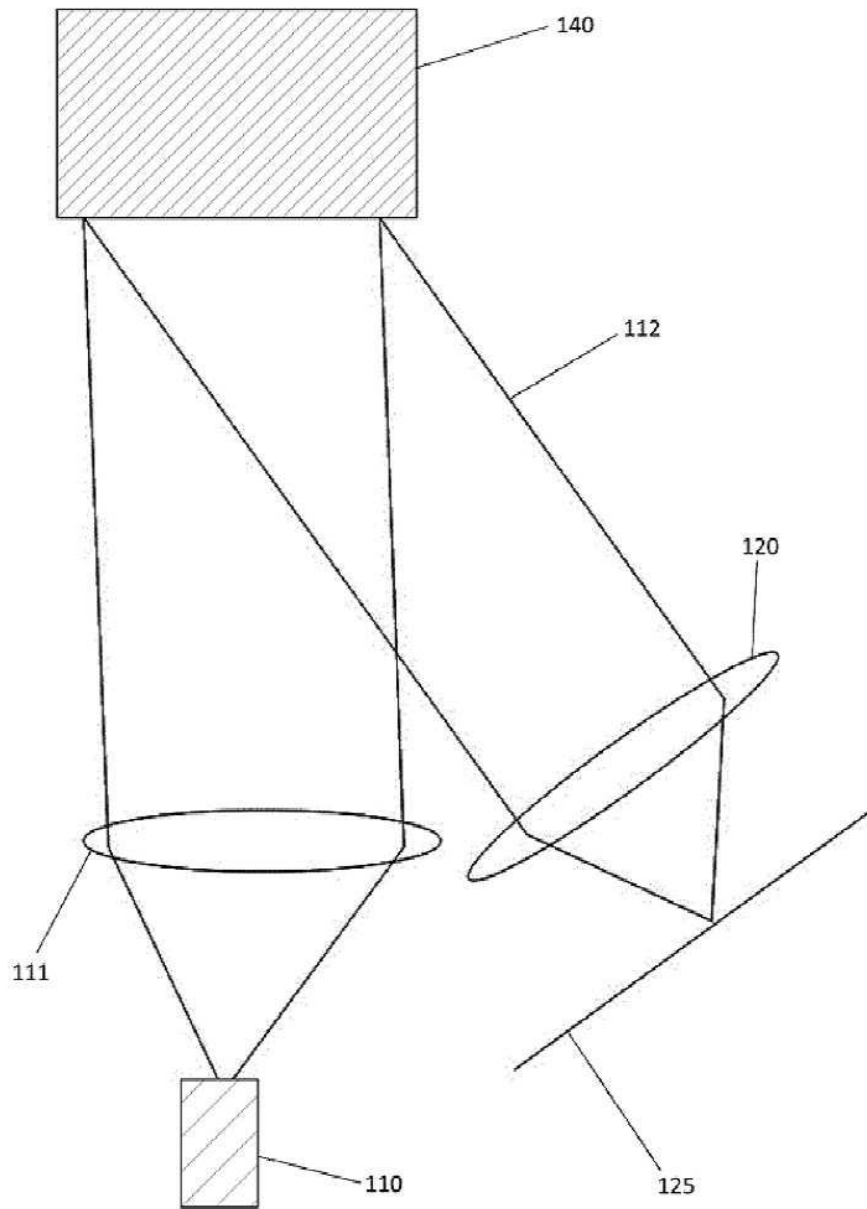
[0140] 여기에 설명된 방법 및 프로세스는 컴퓨터 판독가능 매체 상에 구현될 수 있다. 용어 "컴퓨터 판독가능 매체"는 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 버퍼 메모리, 플래시 메모리 및 캐시 메모리와 같이 데이터를 일시적으로 또는 영구적으로 저장하도록 구성된 매체를 포함한다. 또한, "컴퓨터 판독가능 매체"라는 용어는 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 기계가 여기에 기재된 방법론 중 하나 이상을 전체적으로 또는 부분적으로 수행하게 하는 명령들을 기계의 수행 지령으로서 저장할 수 있는 어떤 매체 혹은 다중의 매체의 조합을 포함하는 것으로 간주되어야 한다.

[0141] "컴퓨터 판독가능 매체"라는 용어는 또한 클라우드 기반 스토리지 시스템을 포함한다. "컴퓨터 판독 가능 매체"라는 용어는 솔리드-스테이트 메모리 칩, 광학 디스크, 자기(magnetic) 메모리의 예시적인 형태의 하나 이상의 유형 및 비 일시적 데이터 저장소(예를 들어, 데이터 볼륨)를 포함하지만, 디스크 또는 이들의 임의의 적절한 조합을 포함할 수 있다. 일부 예시적인 실시예에서, 실행을 위한 명령어는 캐리어 매체에 의해 전달될 수 있다. 이러한 캐리어 매체의 예는 일시적인 매체(예를 들어, 명령을 전달하는 전파 신호)를 포함한다.

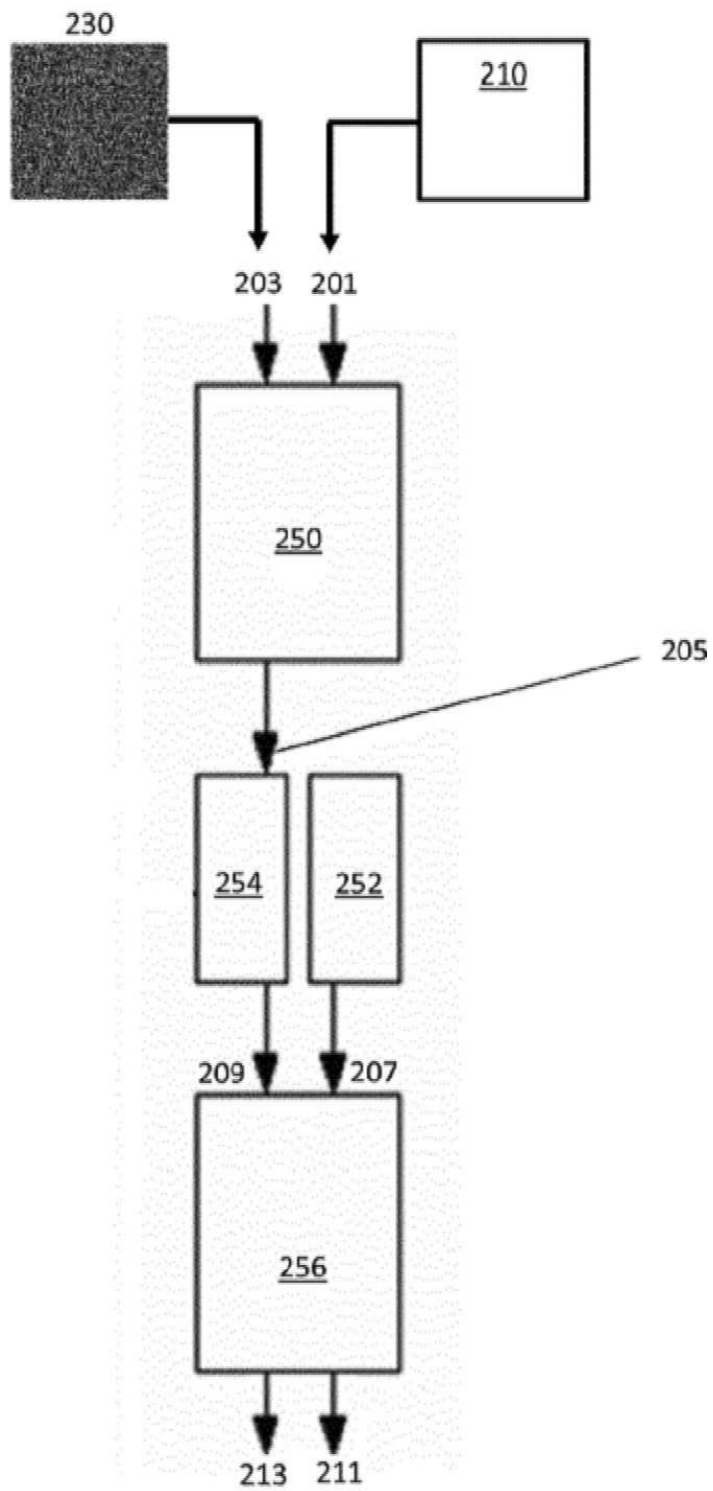
[0142] 첨부된 청구 범위의 범주를 벗어나지 않으면서 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있음은 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 본 개시는 첨부된 청구 범위 및 그 등가물의 범위 내의 모든 변경 및 변형을 포함한다.

도면

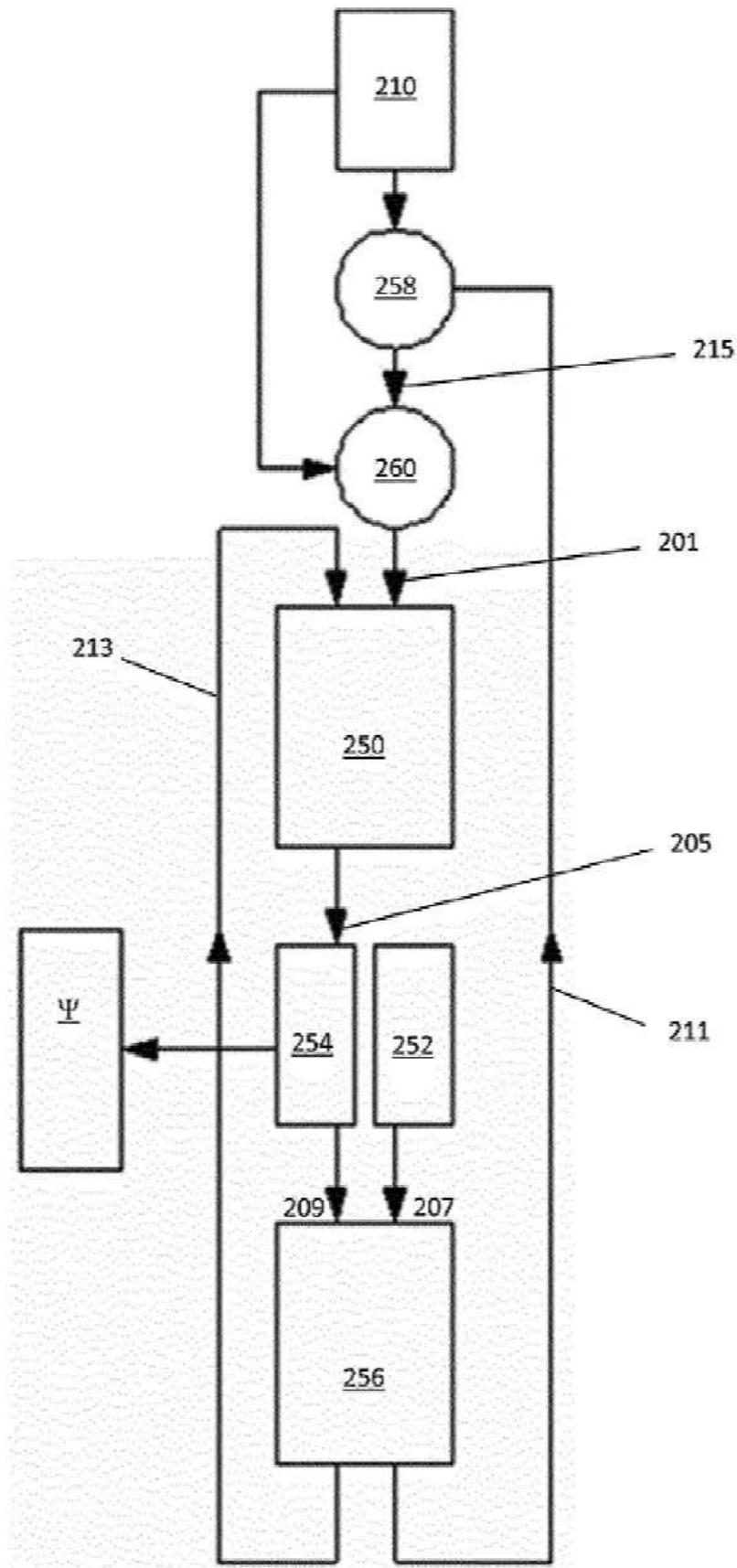
도면1



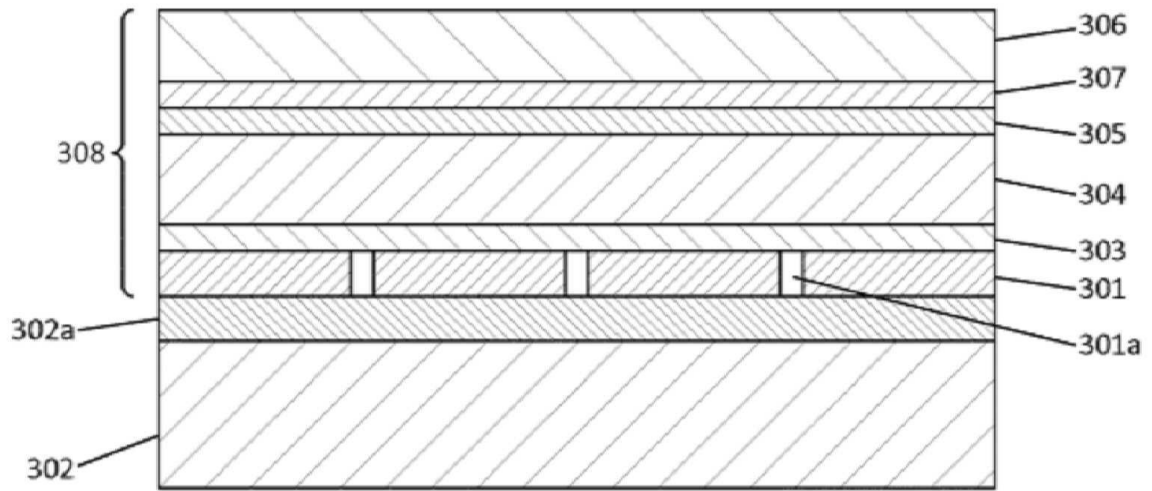
도면2a



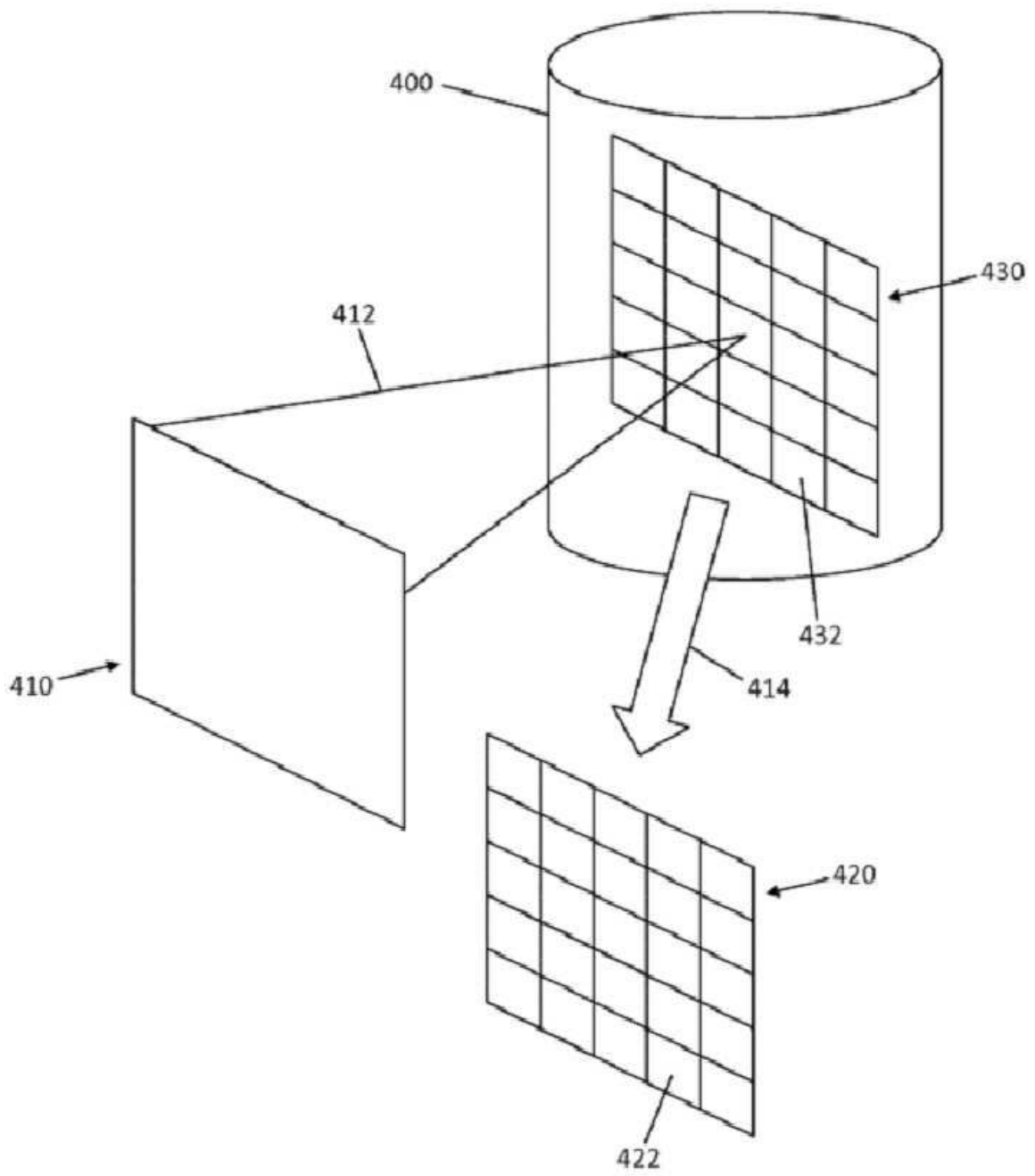
도면2b



도면3

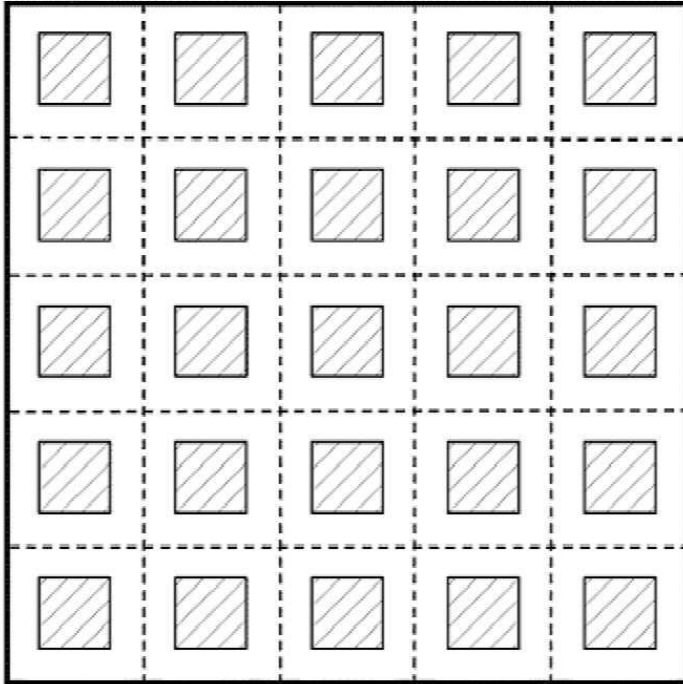


도면4

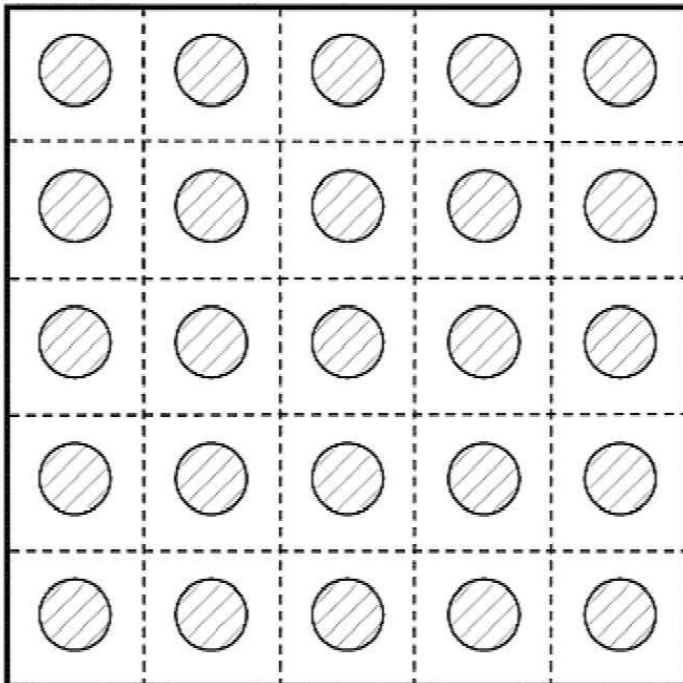


도면5a

FRAME 1

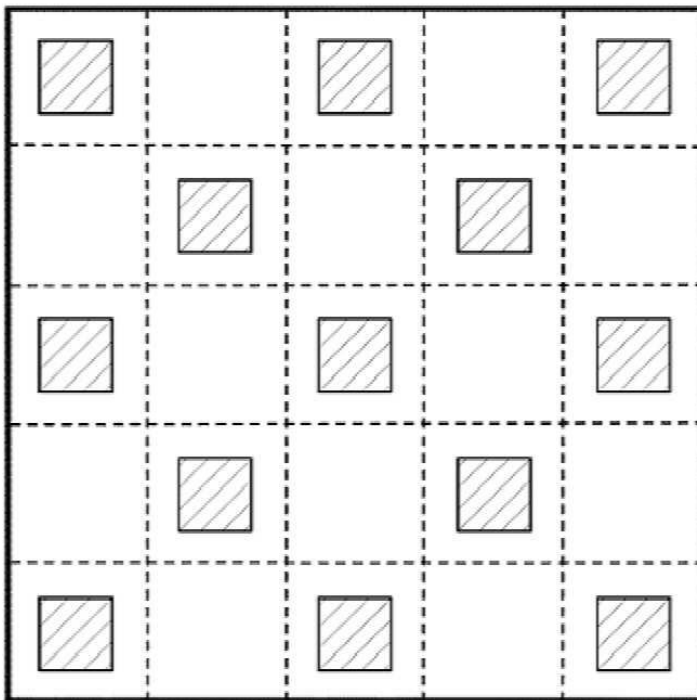


FRAME 2

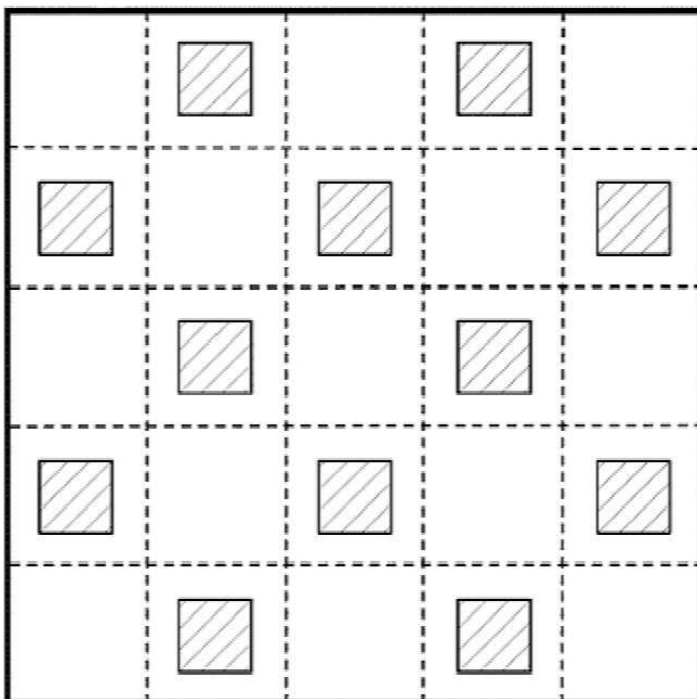


도면5b

FRAME 1

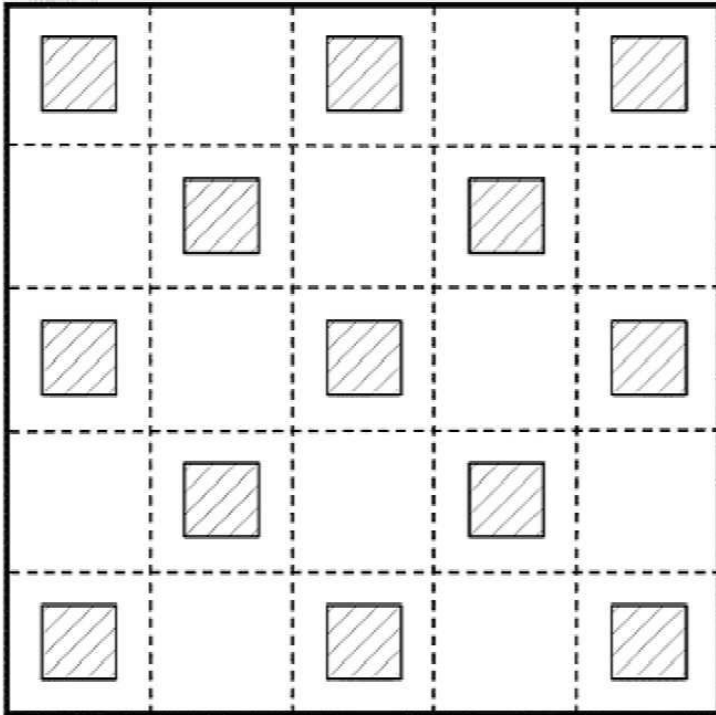


FRAME 2

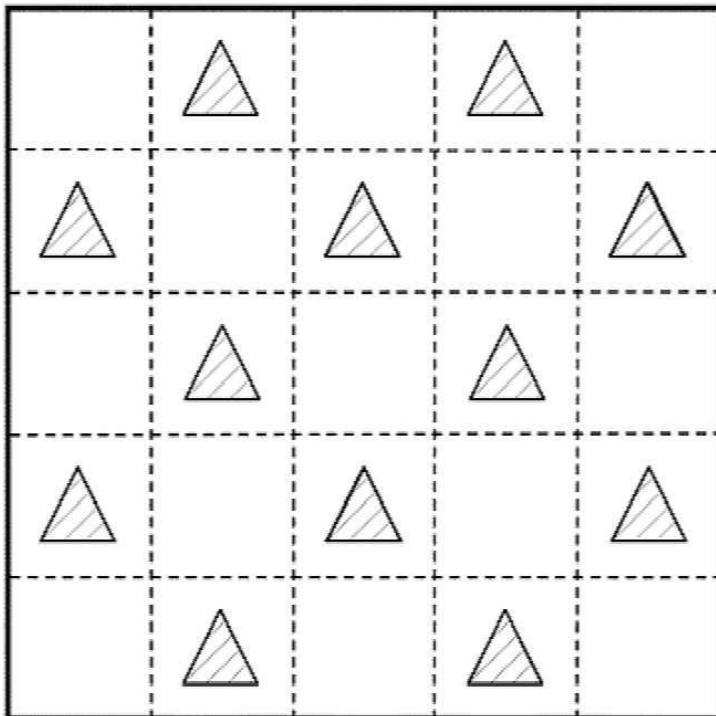


도면5c

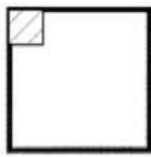
FRAME 1



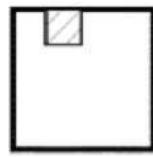
FRAME 2



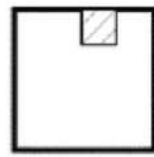
도면6



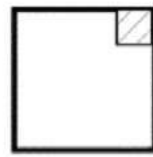
FRAME 1



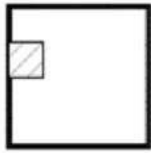
FRAME 2



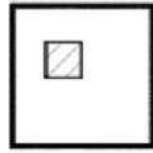
FRAME 3



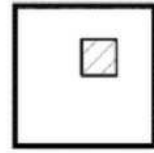
FRAME 4



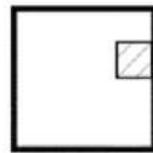
FRAME 5



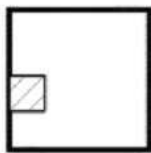
FRAME 6



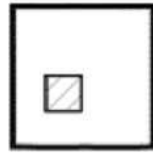
FRAME 7



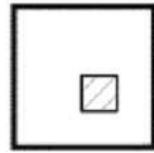
FRAME 8



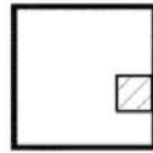
FRAME 9



FRAME 10



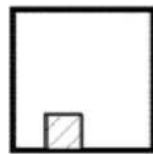
FRAME 11



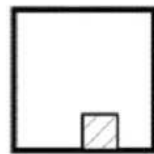
FRAME 12



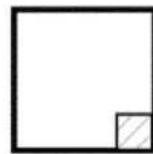
FRAME 13



FRAME 14

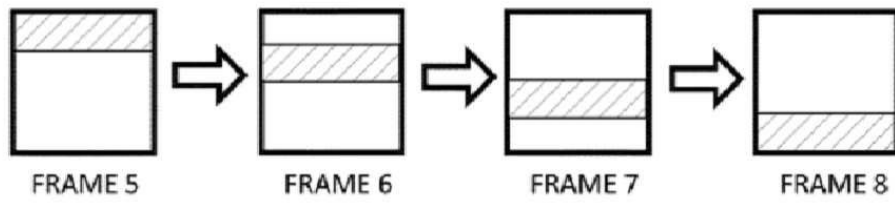
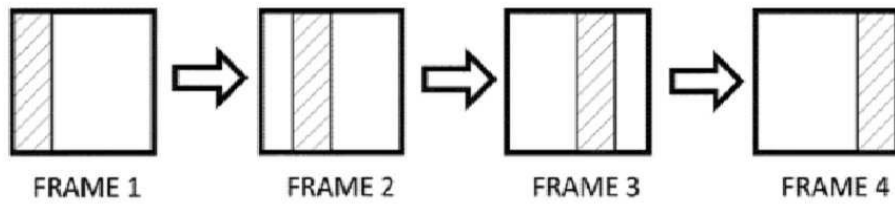


FRAME 15

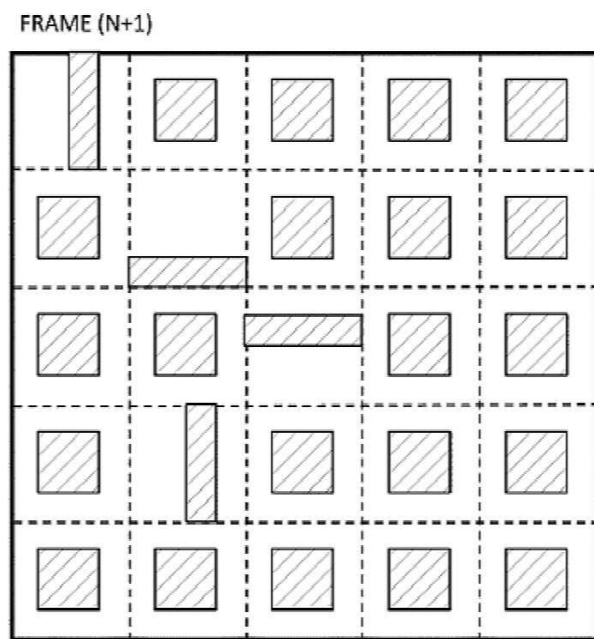
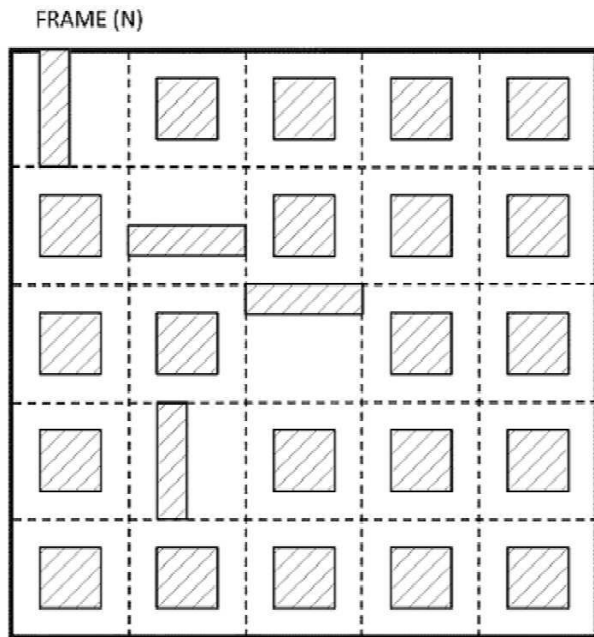


FRAME 16

도면7

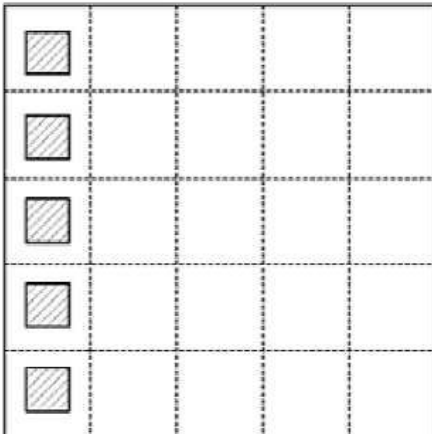


도면8

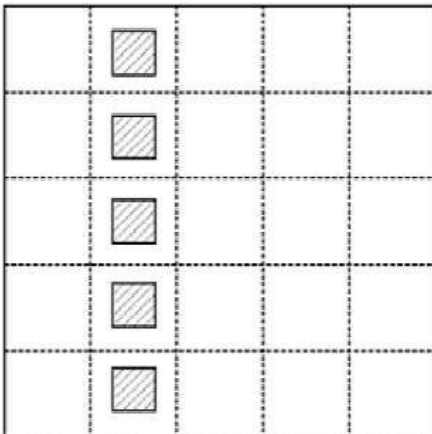


도면9

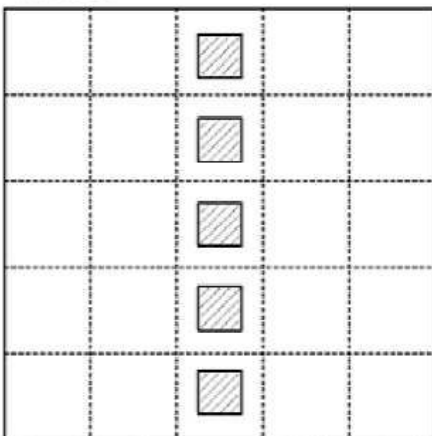
FRAME 1



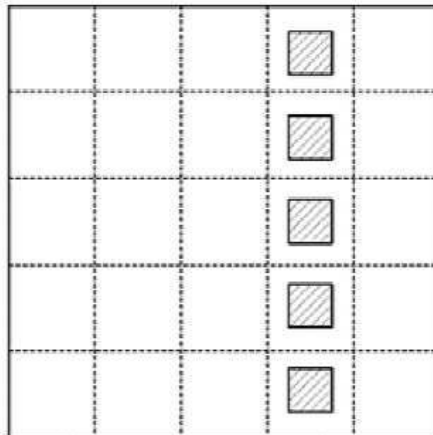
FRAME 2



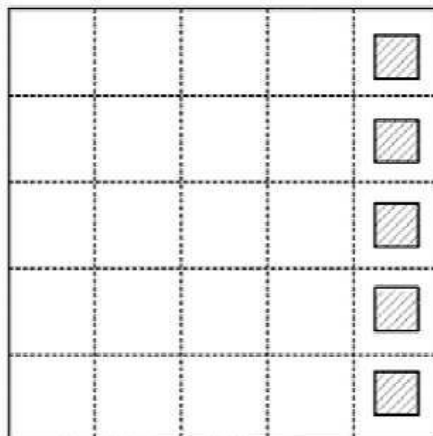
FRAME 3



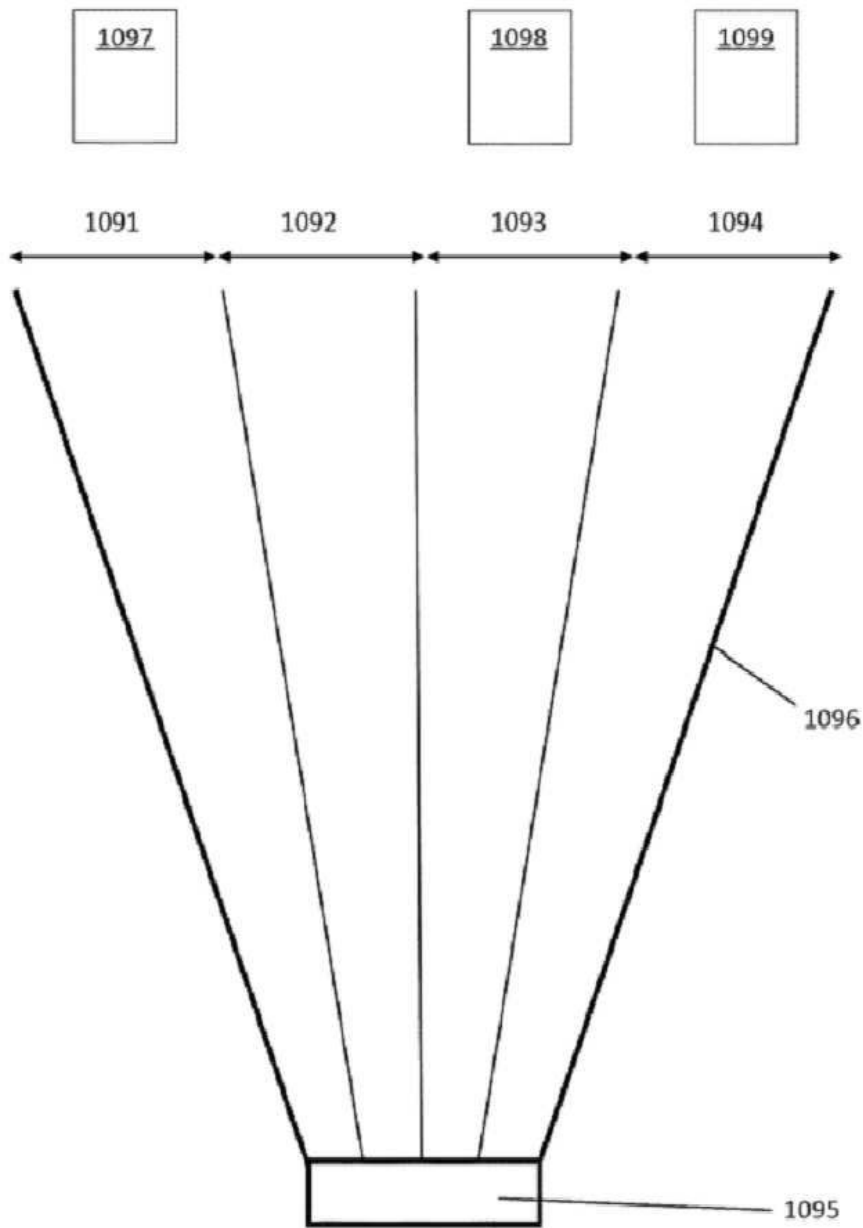
FRAME 4



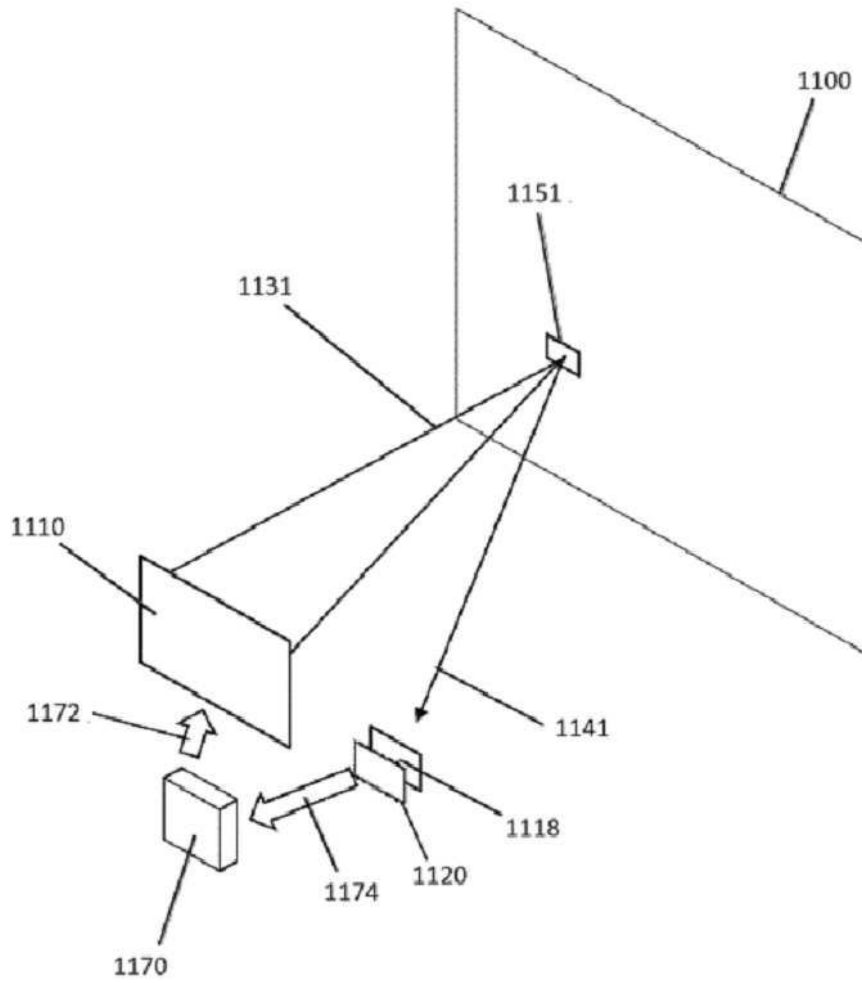
FRAME 5



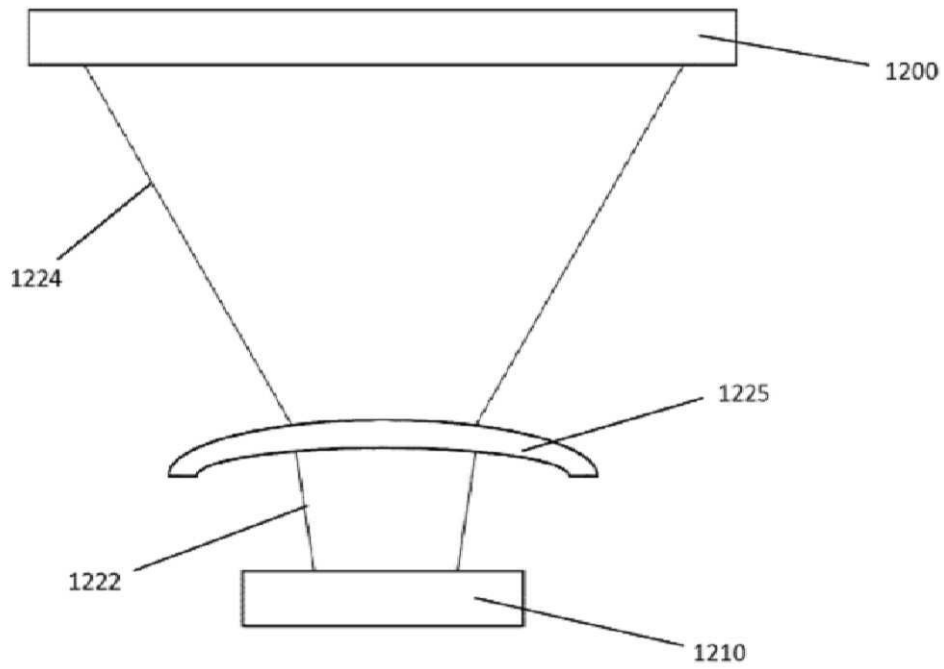
도면10



도면11



도면12



도면13

