



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0075271
(43) 공개일자 2025년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 21/36 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G02B 21/367 (2013.01)
G02B 21/361 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0162554

(22) 출원일자 2023년11월21일

심사청구일자 2023년11월21일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자
박재형

경기도 용인시 수지구 성북2로 86, 109동 1603호
(성북동, 성동마을엘지빌리지1차)

(74) 대리인
양성보

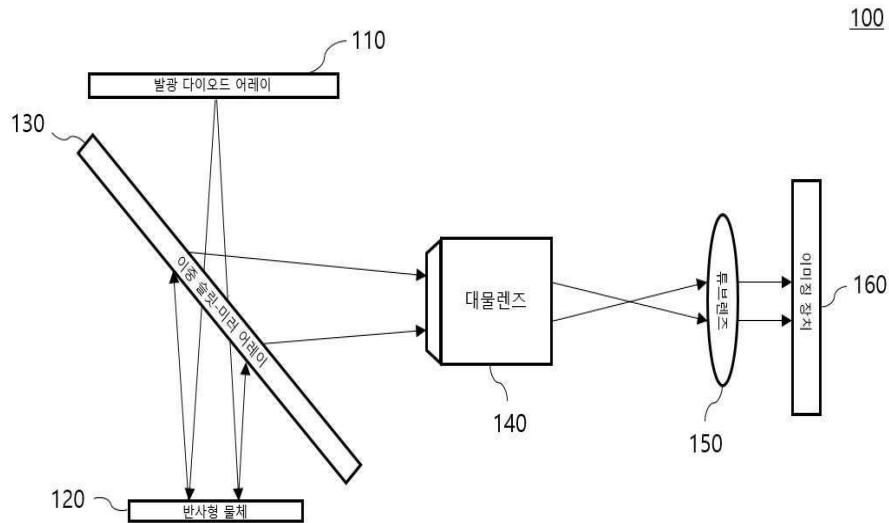
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 3차원 형상 복원을 위한 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치

(57) 요약

본 개시의 실시 예에 따르면, 물체에 다양한 각도의 광을 입사하도록 하기 위한 평면형 발광 다이오드 배열을 포함하고, 각 발광 다이오드로부터의 빛에 대응되는 반사형 물체의 실상을 형성하는 이중 슬릿-미러 어레이를 포함하고, 저해상도 확대상을 생성하기 위한 대물렌즈, 영상 취득을 위한 튜브렌즈와 이미징 장치로 구성된 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치가 제공될 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G02B 21/365 (2013.01)

G02B 21/368 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415183661
과제번호	P0019802
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	국제공동기술개발사업
연구과제명	마이크로디스플레이 계측 시스템 개발(2차년도)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	주식회사 스몰머신즈
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치에 있어서,
반사형 물체에 대향하는 평면에 배열되는 복수의 광원들의 어레이로 구성되고, 상기 광원들의 각각이 상기 반사형 물체에 다양한 각도들의 광들을 입사시키는 조명부;
상기 반사형 물체에서 반사된 광들을 반사시켜, 상기 반사형 물체의 실상을 형성하는 이중 슬릿-미러 어레이;
상기 실상의 확대상을 생성하는 대물렌즈와 튜브렌즈; 및
상기 확대상에 대한 영상을 취득하는 이미징 장치
를 포함하고,
상기 광원들에 의해 각각 취득되는 영상들이 상기 반사형 물체의 형상 복원을 위해 이용되는,
반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 어레이의 중앙 영역에 배치되는 적어도 하나의 광원은 상기 반사형 물체에 미리 정해진 범위 이하의 각도로 주 광선을 입사시키고, 상기 어레이에서 상기 중앙 영역을 둘러싸는 에지 영역에 배치되는 적어도 하나의 광원은 상기 반사형 물체에 상기 범위를 초과하는 각도로 주 광선을 입사시키고,
상기 영상들은 상기 중앙 영역에 배치되는 상기 광원에 의해 취득되는 명시야 영상, 및 상기 에지 영역에 배치되는 상기 광원에 의해 취득되는 암시야 영상을 포함하는,
반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 이중 슬릿-미러 어레이는,
상기 이중 슬릿-미러 어레이의 평면을 기준으로 상기 반사형 물체의 위치와 대칭되는 위치에 상기 실상을 생성하는,
반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 광원은,
발광 다이오드를 포함하는,
반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 실상은 상기 이중 슬릿-미러 어레이와 상기 대물렌즈의 사이에서 상기 대물렌즈로부터 상기 대물렌즈의 작동 거리만큼 떨어진 위치에 생성되는,

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 이중 슬릿-미러 어레이는,

상기 조명부와 상기 반사형 물체의 사이에 배치되는,

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 영상들은 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상들이고, 푸리에 변환을 통해 반복적으로 합성되어 고해상도 진폭과 위상으로 복원되는,

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 이중 슬릿-미러 어레이는,

상기 조명부와 상기 반사형 물체가 일 축을 따라 서로 평행하게 배치될 때, 상기 축에 수직한 축 상에 상기 실상을 생성하고,

상기 대물렌즈, 상기 튜브렌즈, 및 상기 이미징 장치는,

상기 수직한 축 상에 배치되는,

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 반사형 물체는,

길이와 너비를 갖는 2차원 물체, 또는 길이, 너비 및 높이를 갖는 3차원 물체 중 적어도 하나를 포함하는,

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 반사형 물체가 3차원 물체인 경우, 상기 영상들로부터 복원되는 고해상도 진폭과 위상을 활용하여 상기 반사형 물체의 3차원 형상이 복원되는,

반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치에 관한 것으로, 이중 슬릿-미러 어레이(dual slit-mirror array; dual SMA)를 이용하여 반사형 물체의 3차원 형상 복원을 위한 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상을 획득할 수 있도록 하는 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 푸리에 타이코그래피(Fourier ptychography) 기술은 광학 현미경 구조를 바탕으로 다수의 저해상도 영상(low-resolution image)을 획득하고, 푸리에 변환(Fourier transform)을 통해 주파수 영역(Frequency domain)에서 영상 정보를 반복적으로 합성하여 넓은 시야각(Field of view; FOV)과 개구수(numerical aperture; NA)의 고해상도(high-resolution) 진폭(amplitude)과 위상(phase) 정보 복원이 가능하게 한다. 저해상도 영상은 저주파에 해당하는 정보를 주로 포함하는 명시야(bright field) 영상과 고주파에 해당하는 정보를 포함하는 암시야(dark field) 영상으로 나뉘며, 명시야 영상은 물체면에 작은 각으로 광이 입사하도록 하여 얻을 수 있으며, 암시야 영상은 물체면에 큰 각으로 광이 입사하도록 하여 얻을 수 있다.

[0003] 저해상도 영상 집합을 획득하기 위한 광학계를 푸리에 타이코그래피 현미경(Fourier ptychographic microscopy; FPM)이라고 한다. 다양한 각도로 광이 입사하도록 하기 위한 방법 중 하나가 발광 다이오드 어레이(light emitting diode array; LED array)를 광원으로 이용하는 것이다. 발광 다이오드 어레이를 이용하게 되면, 광원의 위치를 기계적으로 움직이는 과정 없이도 명시야 영상과 암시야 영상을 모두 취득할 수 있다. 다양한 각도로 입사하는 광은 물체를 거쳐 광학 시스템의 대물렌즈(objective lens)를 통과하게 되는데, 이때 사용하는 대물렌즈의 개구에 의해 크기와 모양이 결정된다. 이러한 대물렌즈의 역할을 주파수 영역에서의 동공 함수(pupil function)로 정의할 수 있다. 고해상도 영상 복원을 위해서는 저주파 정보와 고주파 정보를 모두 포함해야 하므로, 주파수 영역에서 각 저해상도 영상의 정보를 합성하기 위해 동공 함수를 활용할 수 있다. 주파수 영역에서 영상의 정보는 대부분 저주파 영역에 포함되어 있으므로, 저주파 필터(low-pass filter)에 대응되는 동공 함수를 이용해 복원에 필요한 정보만을 취득할 수 있다. 또한, 발광 다이오드 어레이를 이용하는 푸리에 타이코그래피 현미경에서는 발광 다이오드 어레이 내 각 발광 다이오드의 공간적 위치를 주파수 영역에서의 스펙트럼 위치와 대응시킬 수 있다. 각 저해상도 영상을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 정보로 변환하고 저주파 필터를 이용해 정보를 취득한다. 이후, 임의의 값으로 초기화된 주파수 영역에서 광원에 대응되는 스펙트럼 위치의 정보를 저해상도 영상으로부터 취득한 정보로 변경하는 과정을 모든 저해상도 영상에 대해 반복하면 고해상도 영상의 전체 주파수 영역에 해당하는 정보를 합성할 수 있다. 주파수 정보가 합성되면, 이를 다시 푸리에 변환을 이용해 공간 영역(spatial domain)으로 이동시켜 고해상도의 진폭과 위상 정보를 얻을 수 있다.

[0004] 기존에는 광원의 배치와 경로 설정이 비교적 단순한 투과형 물체에 대한 시스템 구조가 주로 연구되어 왔으나, 최근 반사형 물체의 표면 구조 혹은 결함 검사 등을 위한 반사형 푸리에 타이코그래피 현미경 구조가 연구되고 있다. 선행 연구에서는 반사형 물체의 암시야 영상을 획득하기 위해 큰 각도로 입사하는 빛이 필요하기 때문에 명시야 조명부와 암시야 조명부를 나눠서 구성하는 것이 일반적이다. 기존 연구에서 암시야 조명부는 구형의 발광 다이오드 어레이를 사용하거나, 평면형 발광 다이오드 어레이에 구형 혹은 포물선형 거울을 결합하는 등의 구조를 가진다. 일 예로, 평면형 발광 다이오드 어레이에 포물선형 거울을 결합한 구조에서는, 광원을 거울의 초점면에 배치해야 하므로 시스템의 부피가 증가된다. 또한, 광원과 물체가 동일 평면에 위치해야 하므로 광원부의 중심에 물체가 배치되기 때문에 물체를 배치할 수 있는 영역의 크기가 제한된다. 포물선형 거울을 활용한 구조의 문제를 개선하기 위해, 분할 거울(segmented mirror)과 마스크를 평면형 발광 다이오드 어레이의 아래에 결합하여 물체면과 광원면을 분리하는 연구가 진행된 바 있다.

[0005] 그러나, 선행 연구들과 같이 명시야 조명부와 암시야 조명부를 분리하고, 특수한 광학 부품을 이용하여 암시야 조명부를 구성하는 경우 시스템이 복잡해지게 된다. 특히 푸리에 타이코그래피 기술을 이용해 고해상도 영상을 복원하는 과정에서는 광원의 위치와 각도가 상당히 중요하게 작용하는데, 시스템의 구조가 복잡해지게 되면 광학계를 구성하기 위해 매우 정교한 작업이 필요하기 때문에 시스템 구축 난이도가 높아진다. 이 점은, 물체의

구조 혹은 결합을 검출하기 위한 시스템을 양산하는 것에 문제가 될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 개시는 상술된 기술적 과제를 해결하기 위한 것으로, 이중 슬릿-미러 어레이를 이용하여 명시야 영상과 암시야 영상을 취득하기 위한 조명부를 나누지 않고, 비교적 단순한 구조의 광학계를 구성하여 반사형 물체의 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상 집합을 얻을 수 있도록 하는 푸리에 타이코그래피 이미징 장치 구조를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 개시의 실시 예에 따른 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치의 구조는, 물체에 다각도의 광이 입사되기 위한 광원으로 사용되는 발광 다이오드 어레이; 상기 발광 다이오드 어레이의 개별 발광 다이오드로부터의 빛을 반사하는 반사형 물체; 상기 개별 발광 다이오드로부터의 빛에 대응되는 반사형 물체의 실상을 형성하는 이중 슬릿-미러 어레이; 상기 이중 슬릿-미러 어레이에 의해 생성된 실상의 확대상을 생성하는 대물렌즈와 튜브렌즈, 영상 취득을 위한 이미징 장치를 포함할 수 있다.

[0008] 일 실시 예에서, 상기 발광 다이오드 어레이는, 저해상도 영상 집합 취득을 위해 반사형 물체에 다양한 각도의 광을 입사하는데 사용될 수 있다.

[0009] 일 실시 예에서, 상기 발광 다이오드 어레이는, 개별 발광 다이오드의 배치가 격자형, 원형, 혹은 임의의 다른 패턴이 될 수 있다.

[0010] 일 실시 예에서, 상기 발광 다이오드 어레이의 개별 발광 다이오드로부터의 광은, 이중 슬릿-미러 어레이를 통과하여 반사형 물체에 의해 반사될 수 있다.

[0011] 일 실시 예에서, 상기 반사형 물체에 의해 반사된 광은, 이중 슬릿-미러-어레이에 의해 반사되어 발광 다이오드로부터의 빛에 대응되는 반사형 물체의 실상을 형성할 수 있다.

[0012] 일 실시 예에서, 상기 이중 슬릿-미러 어레이에 의해 형성된 반사형 물체의 실상은, 이중 슬릿-미러 어레이 평면을 기준으로 반사형 물체와 대칭되는 공간적 위치에 형성될 수 있다.

[0013] 일 실시 예에서, 상기 이중 슬릿-미러 어레이에 의해 형성된 반사형 물체의 실상은, 대물렌즈의 작동 거리(working distance; WD)에 위치할 수 있다.

[0014] 일 실시 예에서, 상기 대물렌즈와 튜브렌즈는, 상기 이중 슬릿-미러 어레이에 의해 형성된 반사형 물체의 실상의 확대상을 생성할 수 있다.

[0015] 일 실시 예에서, 상기 이미징 장치는, 대안렌즈와 촬상소자(imaging sensor)로 구성될 수 있다.

[0016] 일 실시 예에서, 상기 이미징 장치는, 확대된 물체의 상을 촬영하여 저해상도 영상을 획득할 수 있다.

[0017] 일 실시 예에서, 상기 이미징 장치에 의해 획득한 상기 반사형 물체의 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상은, 푸리에 타이코그래피 기술 적용에 의해 고해상도 진폭과 위상으로 복원될 수 있다.

[0018] 일 실시 예에서, 상기 반사형 물체는, 2차원 물체와 높이를 가지는 3차원 물체 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시 예에서, 상기 반사형 물체가 3차원 물체일 때, 상기 복원된 고해상도 진폭과 위상을 활용하여 3차원 형상을 포함한 정보로 복원될 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 개시의 실시 예에 따르면, 작은 입사각의 광원에 대응되는 명시야 영상과 큰 입사각의 광원에 대응되는 암시야 영상을 단일 조명부를 이용하여 획득할 수 있다. 또한, 본 개시의 실시 예에 따르면, 단일 조명부, 반사형 물체, 이중 슬릿-미러 어레이, 대물렌즈, 튜브렌즈, 및 이미징 장치로 구성되는 비교적 간결한 구조로 저해상도 푸리에 타이코그래피 현미경 영상 집합을 취득할 수 있다. 본 개시의 푸리에 타이코그래피 이미징 장치를 통해 취득한 영상 집합에 푸리에 타이코그래피 기술을 적용하면, 고해상도 진폭과 위상이 복원될 수 있으며, 높이를

가지는 3차원 물체의 형상도 복원될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 일 실시 예에 따른 이중 슬릿-미러 어레이의 동작 특성을 보여주는 도면이다.
- 도 2는 본 개시의 실시 예에 따른 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치를 보여주는 도면이다.
- 도3은 도 2의 발광 다이오드와 이중 슬릿-미러 어레이에 의해 반사형 물체의 실상이 형성되는 과정을 보여주는 도면이다.
- 도 4a 및 도 4b는 도 2의 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치를 이용하여 명시야 영상 및 암시야 영상을 획득하는 과정을 상세하게 보여주는 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하에서, 본 개시의 기술 분야에서의 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 명확히 설명하기 위한 실시 예들이 상세하게 기재될 것이다. 그러나, 기술되는 실시 예들은 다른 형태로도 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시 예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 도면에서의 요소들의 정의, 형상 및 크기 등은 명확성을 위하여 과장 혹은 생략될 수 있다.
- [0023] 기존의 반사형 물체를 위한 푸리에 타이코그래피 현미경 구조에서는 명시야 조명부와 암시야 조명부가 구분되어 있고, 암시야 조명부 구현을 위해 특수한 광학 부품을 사용한다. 이러한 경우, 광 경로가 복잡해지고 전체 장치의 부피가 커지게 되며 시스템 구현 난이도가 높아질 수 있다. 본 개시에서는 단일 조명부를 이용하여 명시야 영상과 암시야 영상을 모두 취득할 수 있으면서도 비교적 간결한 광학계로 이루어진 푸리에 타이코그래피 이미징 장치를 제공할 수 있다.
- [0024] 도 1은 일 실시 예에 따른 이중 슬릿-미러 어레이의 동작 특성을 보여주는 도면이다. 간결한 설명을 위하여 디스플레이(11)의 단일 픽셀의 광 경로를 대표적으로 나타낸 것이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 디스플레이(11)의 단일 픽셀로부터의 광이 이중 슬릿-미러 어레이(12)에 입사하면, 이중 슬릿-미러 어레이(12)에 의해 반사된다. 이때, 반사된 광은 이중 슬릿-미러 어레이(12)면을 기준으로 디스플레이(11)의 단일 픽셀과 대칭인 위치에 수렴하게 된다. 이러한 특성에 의해 디스플레이(11)로부터의 모든 빛이 이중 슬릿-미러 어레이(12)를 지나게 되면, 디스플레이(11)의 실상(13)이 형성되고 사용자의 눈(EYE)은 영상이 디스플레이(11)의 실상(13)에 위치하는 것으로 인식할 수 있다.
- [0026] 도 2는 본 개시의 실시 예에 따른 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)를 보여주는 도면이다.
- [0027] 도 2를 참조하면, 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)는 조명부, 예컨대, 발광 다이오드 어레이(110), 반사형 물체(120), 이중 슬릿-미러 어레이(130), 대물렌즈(140), 튜브렌즈(150), 및 이미징 장치(160)를 포함할 수 있다. 이 경우, 이중 슬릿-미러 어레이(130)은 서로 평행하게 배치된 발광 다이오드 어레이(110)와 반사형 물체(120) 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 발광 다이오드 어레이(110)와 반사형 물체(120)가 일 축을 따라 서로 평행하게 배치될 때, 이중 슬릿-미러 어레이(130)에서 해당 축과 수직으로 교차하는 다른 축 상에 대물렌즈(140), 튜브렌즈(150), 및 이미징 장치(160)가 배치될 수 있다. 조명부는 반사형 물체(120)에 대향하는 평면에 배열되는 복수의 광원들의 어레이로 구성되고, 광원들의 각각이 반사형 물체(120)에 다양한 각도들의 광들을 입사시킨다. 도시된 바와 같이, 조명부가 발광 다이오드 어레이(110)이고, 각 광원이 발광 다이오드를 포함할 수 있다. 그러나, 조명부는 임의의 다른 유형의 광원들의 어레이로 구성될 수도 있다. 여기서, 광원들은 격자형, 원형, 혹은 임의의 다른 패턴으로 배열될 수 있다. 보다 간결한 설명을 위해, 이하에서는 발광 다이오드 어레이(110)의 개별 발광 다이오드의 일부 광 경로가 대표적으로 설명될 것이다. 그러나, 본 개시에서 발광 다이오드에 의한 빛의 크기 및 위치는 광학계의 세부 설계에 따라 달라질 수 있다. 반사형 물체(120)는 길이와 너비를 갖는 2차원 물체, 또는 길이, 너비, 및 높이를 갖는 3차원 물체 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 이미징 장치(160)는 대안렌즈와 촬상 소자로 구성될 수 있으며, 광학계의 세부 설계에 따라 이미징 장치(160)의 구성과 성능은 달라질 수 있다.
- [0028] 도 2에 도시된 바와 같이, 발광 다이오드 어레이(110)로부터의 광은 발산하는 형태를 가지고 있으며, 이중 슬릿-미러 어레이(130)을 투과하여 반사형 물체(120)의 표면에 도달한다. 이후, 광은 다시 반사형 물체(120)의 표면에서 반사되어 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 입사하게 된다. 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 입사한 광은 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 의해 다시 반사되어 대물렌즈(140)에 입사하게 된다. 대물렌즈(140)와 튜브렌즈(150)

에 의해 투과된 광은, 대물렌즈(140)과 튜브렌즈(150)의 배율과 초점거리에 의해 확대된 후, 이미징 장치(160)에 의해 촬영될 수 있다.

[0029] 이러한 방식으로 이미징 장치(160)를 통해 취득되는 영상들은 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상들로 지칭될 수 있으며, 각 영상은 발광 다이오드 어레이(110)에서의 광원의 위치에 따라 명시야 영상 혹은 암시야 영상으로 구분된다. 구체적으로, 발광 다이오드 어레이(110)는 중앙 영역과 중앙 영역을 둘러싸는 에지 영역으로 구분된다. 중앙 영역에 배치되는 적어도 하나의 광원은 반사형 물체(120)에 미리 정해진 범위 이하의 각도로 주 광선을 입사시키며, 이로써, 이미징 장치(160)를 통해 명시야 영상이 취득된다. 한편, 에지 영역에 배치되는 적어도 하나의 광원은 반사형 물체(120)에 해당 범위를 초과하는 각도로 주 광선을 입사시키며, 이로써, 이미징 장치(160)를 통해 암시야 영상이 취득된다. 따라서, 이러한 영상들이 반사형 물체(120)의 형상 복원을 위해 이용될 수 있다. 구체적으로, 영상들은 푸리에 변환을 통해 반복적으로 합성되어 고해상도 진폭과 위상으로 복원될 수 있으며, 이를 활용하여 반사형 물체(120)의 형상이 복원될 수 있다. 반사형 물체(120)가 3차원 물체인 경우, 고해상도 진폭과 위상을 활용하여 반사형 물체(120)의 3차원 형상이 복원될 수 있다.

[0030] 도 3은 도 2의 발광 다이오드 어레이(110)와 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 의해 반사형 물체(120)의 실상이 형성되는 과정을 보여주는 도면이다. 도 3은 보다 간결한 설명을 위해 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)에서 발광 다이오드 어레이(110), 반사형 물체(120), 이중 슬릿-미러 어레이(130)만을 도시하고 있으며, 하나의 발광 다이오드에 대한 광 경로가 대표적으로 설명될 것이다.

[0031] 도 3을 참조하면, 발광 다이오드 어레이(110)의 개별 발광 다이오드로부터의 광은 이중 슬릿-미러 어레이(130)를 투과하여 반사형 물체(120)의 표면에 의해 다시 반사될 수 있다. 반사된 광이 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 의해 다시 반사되면, 도 1에서 설명한 바와 같이 반사형 물체(120)의 실상(170)을 형성할 수 있다. 여기서, 이중 슬릿-미러 어레이(130)는 이중 슬릿-미러 어레이(130)의 평면을 기준으로 반사형 물체(120)의 위치와 대칭되는 위치에 실상(170)을 생성할 수 있다. 본 개시의 발광 다이오드 어레이(110)의 모든 개별 발광 다이오드에 의해 동일한 과정으로 반사형 물체(120)의 실상(170)이 형성될 수 있다. 이 경우, 개별 발광 다이오드의 공간적 위치에 따라 반사형 물체(120)의 실상(170)의 세부 사항은 달라질 수 있다. 또한, 개별 발광 다이오드가 발광 다이오드 어레이(110)의 중앙으로부터의 위치가 멀어질수록, 반사형 물체(120)에 입사하는 광의 각이 커질 수 있다. 큰 각도의 광이 반사형 물체(120)에 의해 반사되면, 반사되는 모든 광선이 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 도달하지 않을 수 있다. 따라서, 반사형 물체(120) 혹은 이중 슬릿-미러 어레이(130)의 크기에 따라 광의 경로가 달라질 수 있다.

[0032] 도 4a 및 도 4b는 도 2의 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)를 이용하여 명시야 및 암시야 영상을 획득하는 과정을 상세하게 보여주는 도면들이다. 이하에서는 도 4a 및 도 4b를 참조하여, 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)에서 명시야와 암시야에 해당하는 영상을 취득하는 과정이 대표적으로 설명될 것이다. 보다 간결한 설명을 위해, 도 4a 및 도 4b에서는 하나의 발광 다이오드에 대한 광 경로가 대표적으로 설명될 것이다. 그러나, 본 개시의 범위는 발광 다이오드 어레이(100)의 크기 및 형태가 특정한 경우로 한정되지 않는다. 또한, 이중 슬릿-미러 어레이(130)와 유사한 동작 특성을 가지는 광학 부품을 동일한 구조에 적용할 수 있으므로, 본 개시의 범위는 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 대해서만 한정되지 않는다. 도 4a와 도 4b의 이미징 장치(160)는 대안렌즈와 촬상 소자로 구성될 수 있으며, 광학계의 세부 설계에 따라 이미징 장치(160)의 구성과 성능은 달라질 수 있다.

[0033] 먼저, 도 4a를 참조하면, 발광 다이오드 어레이(110)의 중앙에 위치하는 발광 다이오드의 주 광선(chief ray)은 반사형 물체(120)에 수직으로 입사하게 된다. 이렇듯 입사각이 작은 광에 대해서는 반사형 물체(120)의 대부분의 정보가 포함된 실상(170)이 형성된다. 일반적으로 대물렌즈(140)를 이용해 물체의 뚜렷한 확대상을 얻기 위해서는 대물렌즈(140)의 작동 거리에 물체를 위치시킨다. 따라서 도 4a의 반사형 물체(120)의 확대상을 형성하기 위해서는 발광 다이오드와 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 의해 형성된 반사형 물체(120)의 실상(170)으로부터 대물렌즈(140)의 작동 거리만큼 떨어진 곳에 대물렌즈(140)를 위치시키면, 상술한 명시야 조명에 대응되는 반사형 물체(120)의 확대상을 형성할 수 있다. 바꿔 말하면, 실상(170)은 이중 슬릿-미러 어레이(130)와 대물렌즈(140)의 사이에서 대물렌즈(140)로부터 작동 거리만큼 떨어진 위치에 생성될 수 있다. 이중 슬릿-미러 어레이(130)를 지난 후의 광은 대물렌즈(140)의 개구(aperture)에 의해 일부만 대물렌즈(140)를 통과하여 튜브렌즈(150)에 도달한다. 튜브렌즈(150)를 투과한 최종적인 광을 이미징 장치(160)를 이용해 촬영하면 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상을 취득할 수 있다. 상술한 바와 같이, 반사형 물체(120)에 대해 작은 각으로 입사하는 광원은 명시야 광원으로 구분할 수 있으며, 반사형 물체(120)의 형태에 대한 대부분의 정보를 포함하는 저해상도

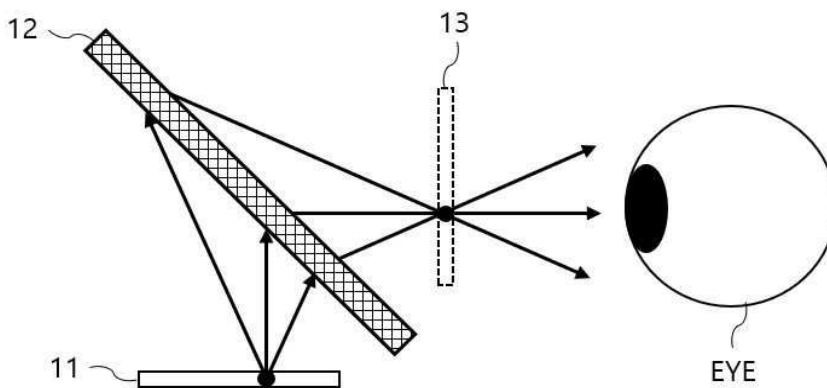
명시야 영상을 획득하는데 활용될 수 있다.

- [0034] 다음으로, 도 4b를 참조하면, 도 4a의 명시야 영상을 획득하는 과정과 유사한 방법으로 암시야 영상을 획득할 수 있다. 도 4b에서 발광 다이오드 어레이(110)의 중앙과 먼 곳에 위치하는 발광 다이오드의 주 광선은 반사형 물체(120)에 큰 각으로 입사하게 된다. 이렇듯 입사각이 큰 광에 대해서는 반사형 물체(120)에 의해 다시 큰 각으로 반사되기 때문에, 반사형 물체(120)의 많은 범위를 차지하는 물체 표면 형태에 대한 정보 보다 패턴의 테두리(edge) 정보가 강조된 실상(170)이 형성된다. 도 4a의 설명과 동일하게 이중 슬릿-미러 어레이(130)에 의해 형성된 반사형 물체(120)의 실상(170)으로부터 대물렌즈(140)의 작동 거리만큼 떨어진 곳에 대물렌즈(140)을 위치시키면, 반사형 물체(120)의 확대상을 형성할 수 있다. 바꿔 말하면, 실상(170)은 이중 슬릿-미러 어레이(130)와 대물렌즈(140)의 사이에서 대물렌즈(140)로부터 작동 거리만큼 떨어진 위치에 생성될 수 있다. 이중 슬릿-미러 어레이(130)를 지난 후의 광은 대물렌즈(140)의 개구에 의해 일부만 대물렌즈(140)을 투과하여 튜브렌즈(150)에 도달한다. 튜브렌즈(150)을 투과한 최종적인 광을 이미징 장치(160)을 이용해 촬영하면 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상을 취득할 수 있다. 상술한 바와 같이, 반사형 물체(120)에 대해 큰 각으로 입사하는 광원은 암시야 광원으로 구분할 수 있으며, 반사형 물체(120)의 패턴의 테두리 정보가 강조된 저해상도 암시야 영상을 획득하는데 활용될 수 있다.
- [0035] 본 개시의 실시 예에 따르면, 작은 입사각의 광원에 대응되는 명시야 영상과 큰 입사각의 광원에 대응되는 암시야 영상을 단일 조명부, 예컨대, 발광 다이오드 어레이(110)를 이용하여 획득할 수 있다. 또한, 본 개시의 실시 예에 따르면, 단일 조명부, 반사형 물체(120), 이중 슬릿-미러 어레이(130), 대물렌즈(140), 튜브렌즈(150), 및 이미징 장치(160)로 구성되는 비교적 간결한 구조로 저해상도 푸리에 타이코그래피 현미경 영상 집합을 취득할 수 있다. 본 개시의 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)를 통해 취득한 영상 집합에 푸리에 타이코그래피 기술을 적용하면, 고해상도 진폭과 위상이 복원될 수 있으며, 높이를 가지는 3차원 물체의 형상도 복원될 수 있다.
- [0036] 요컨대, 본 개시는 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)를 제공한다.
- [0037] 본 개시에서, 반사형 푸리에 타이코그래피 이미징 장치(100)는, 반사형 물체(120)에 대향하는 평면에 배열되는 복수의 광원들의 어레이로 구성되고, 광원들의 각각이 반사형 물체에 다양한 각도들의 광들을 입사시키는 조명부(예: 발광 다이오드 어레이(110)), 반사형 물체(120)에서 반사된 광들을 반사시켜, 반사형 물체(120)의 실상(170)을 형성하는 이중 슬릿-미러 어레이(130), 실상(170)의 확대상을 생성하는 대물렌즈(140)와 튜브렌즈(150), 및 확대상에 대한 영상을 취득하는 이미징 장치(160)를 포함할 수 있다.
- [0038] 일 실시 예에서, 광원들에 의해 각각 취득되는 영상들이 반사형 물체(120)의 형상 복원을 위해 이용될 수 있다.
- [0039] 일 실시 예에서, 어레이의 중앙 영역에 배치되는 적어도 하나의 광원은 반사형 물체(120)에 미리 정해진 범위 이하의 각도로 주 광선을 입사시키고, 어레이에서 중앙 영역을 둘러싸는 에지 영역에 배치되는 적어도 하나의 광원은 반사형 물체(120)에 범위를 초과하는 각도로 주 광선을 입사시킬 수 있다.
- [0040] 일 실시 예에서, 영상들은 중앙 영역에 배치되는 광원에 의해 취득되는 명시야 영상, 및 에지 영역에 배치되는 광원에 의해 취득되는 암시야 영상을 포함할 수 있다.
- [0041] 일 실시 예에서, 이중 슬릿-미러 어레이(130)는 이중 슬릿-미러 어레이(130)의 평면을 기준으로 반사형 물체(120)의 위치와 대칭되는 위치에 실상을 생성할 수 있다.
- [0042] 일 실시 예에서, 광원은 발광 다이오드를 포함할 수 있다.
- [0043] 일 실시 예에서, 실상(170)은 이중 슬릿-미러 어레이(130)와 대물렌즈(140)의 사이에서 대물렌즈(140)로부터 대물렌즈(140)의 작동 거리만큼 떨어진 위치에 생성될 수 있다.
- [0044] 일 실시 예에서, 이중 슬릿-미러 어레이(130)는 조명부(예: 발광 다이오드 어레이(110))와 반사형 물체(120)의 사이에 배치될 수 있다.
- [0045] 예를 들어, 이중 슬릿-미러 어레이(130)는 조명부(예: 발광 다이오드 어레이(110))와 반사형 물체(120)가 일 축을 따라 서로 평행하게 배치될 때, 축에 수직인 축 상에 실상(170)을 생성하고, 대물렌즈(140), 튜브렌즈(150), 및 이미징 장치(160)는 수직인 축 상에 배치될 수 있다.
- [0046] 일 실시 예에서, 영상들은 저해상도 푸리에 타이코그래피 영상들이고, 푸리에 변환을 통해 반복적으로 합성되어 고해상도 진폭과 위상으로 복원될 수 있다.

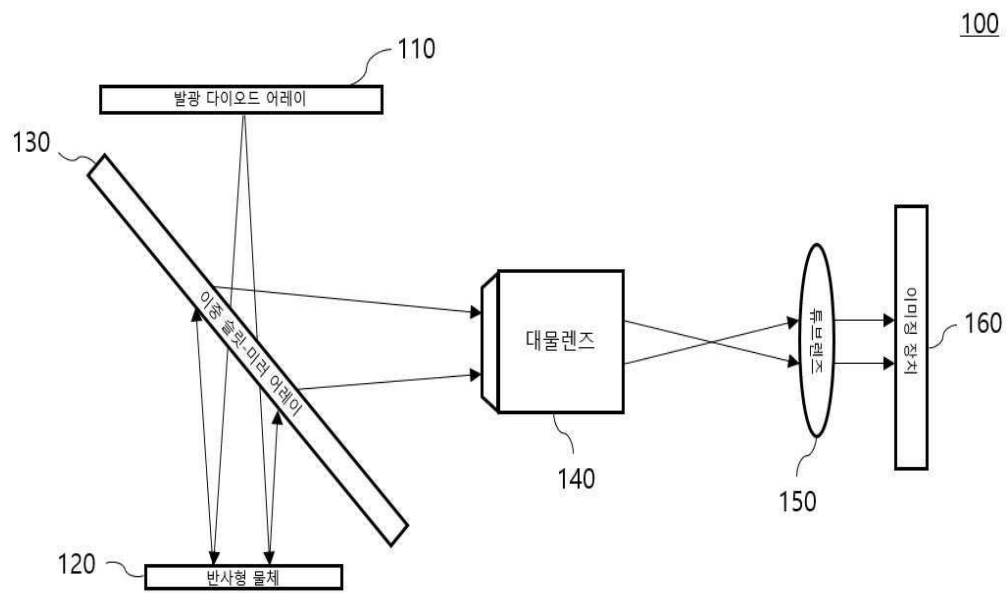
- [0047] 일 실시 예에서, 반사형 물체(120)는 길이와 너비를 갖는 2차원 물체, 또는 길이, 너비 및 높이를 갖는 3차원 물체 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0048] 일 실시 예에서, 반사형 물체(120)가 3차원 물체인 경우, 영상들로부터 복원되는 고해상도 진폭과 위상을 활용하여 반사형 물체의 3차원 형상이 복원될 수 있다.
- [0049] 본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성 요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및/또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C" 또는 "A, B 및/또는 C 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", "첫째" 또는 "둘째" 등의 표현들은 해당 구성 요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성 요소를 다른 구성 요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성 요소들을 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성 요소가 다른(예: 제 2) 구성 요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성 요소가 상기 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성 요소(예: 제 3 구성 요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [0050] 다양한 실시예들에 따르면, 기술한 구성 요소들의 각각의 구성 요소는 단수 또는 복수의 개체를 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 전술한 해당 구성 요소들 중 하나 이상의 구성 요소들 또는 단계들이 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 구성 요소들 또는 단계들이 추가될 수 있다. 대체적으로 또는 추가적으로, 복수의 구성 요소들은 하나의 구성 요소로 통합될 수 있다. 이런 경우, 통합된 구성 요소는 복수의 구성 요소들 각각의 구성 요소의 하나 이상의 기능들을 통합 이전에 복수의 구성 요소들 중 해당 구성 요소에 의해 수행되는 것과 동일 또는 유사하게 수행할 수 있다.

도면

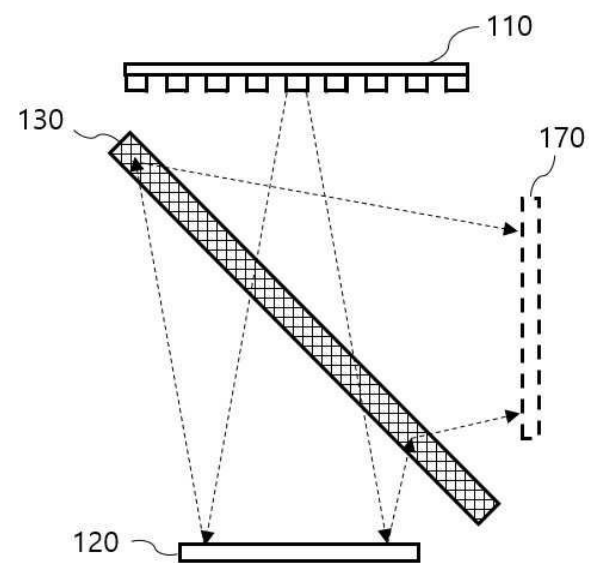
도면1



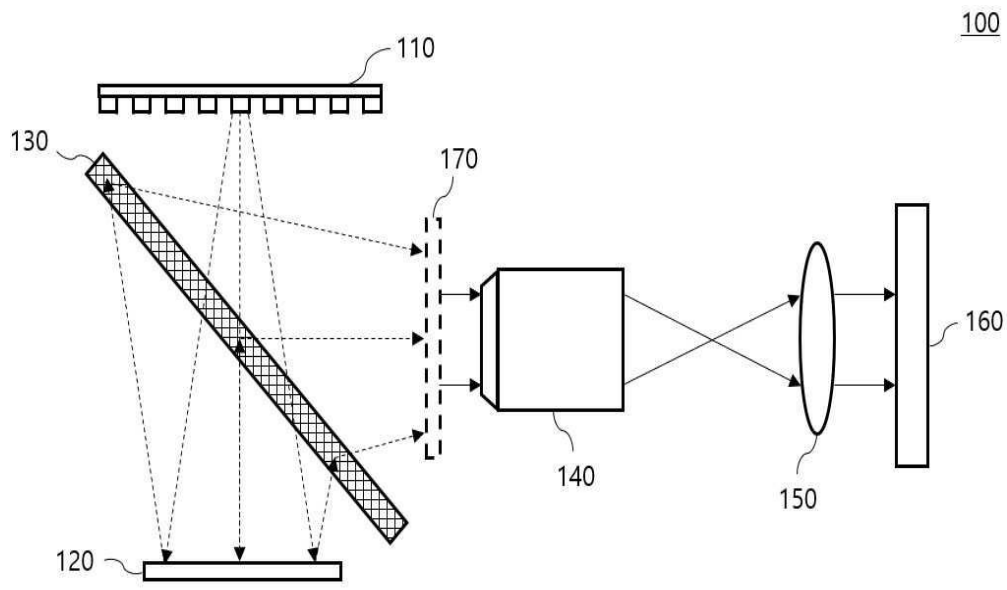
도면2



도면3



도면4a



도면4b

