



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월06일

(11) 등록번호 10-1566129

(24) 등록일자 2015년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 11/25 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0179603

(22) 출원일자 2014년12월12일

심사청구일자 2014년12월12일

(56) 선행기술조사문헌

윤두현, '라인스캔 카메라와 대구경 렌즈를 이용한 모아레 3차원 정밀 측정', 인하대학교 대학원 자동화공학과 공학박사학위논문, 2008.8.*

정경석 외 1명, 'DMD를 이용한 위상천이 모아레 3차원 형상 측정', 한국산학기술학회논문지 제12권 제6호, 페이지 2457~2462, 2011.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

이승걸

인천광역시 연수구 송도동 컨벤시아대로130번길 58, 101동 1602호(송도동, 송도자이하버뷰1단지)

김대찬

경기 안양시 만안구 안양천서로 311, 105동 1604호 (안양동, 삼성래미안아파트)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 4 항

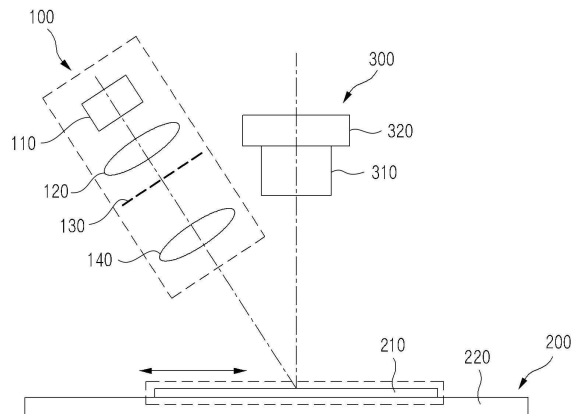
심사관 : 김기완

(54) 발명의 명칭 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법

(57) 요약

라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법이 개시된다. 라인 스캔 방식의 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 장치에 있어서, 검사 대상체의 표면에 격자 영상을 투영하기 위해 광원, 조명 렌즈, 투영 격자, 투영 렌즈, 그리고 투영 격자 미세 이송장치로 구성되는 격자 투영부; 상기 검사 대상체를 장착하고, xy 평면을 따라 상기 검사 대상체를 이동하기 위한 xy 이송 테이블로 구성되는 물체부; 및 상기 검사 대상체의 표면에 의해 반사된 상기 격자 영상을 결상하기 위한 결상 렌즈와, 직선형 촬상소자를 내장한 라인 스캔 카메라로 구성되는 결상부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도4



명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

라인 스캔 방식의 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 장치에 있어서,

검사 대상체의 표면에 격자 영상을 투영하기 위해 광원, 조명 렌즈, 투영 격자, 그리고 투영 렌즈로 구성되는 격자 투영부;

상기 검사 대상체를 장착하고, xy 평면을 따라 상기 검사 대상체를 이동하기 위한 xy 이송 테이블로 구성되는 물체부; 및

상기 검사 대상체의 표면에 의해 반사된 상기 격자 영상을 결상하기 위한 결상 렌즈와, 직선형 촬상소자를 내장한 라인 스캔 카메라로 구성되는 결상부

를 포함하고,

상기 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 상기 xy 평면을 따라 상기 격자 투영부와 상기 결상부를 동시에 이동하거나 상기 검사 대상체만을 이동시키고, 순차적으로 상기 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하여 상기 검사 대상체 전체에 해당하는 2차원 영상을 획득하며, 3차원 형상을 획득하기 위해 상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시켜 상기 라인 스캔 카메라를 이용하여 상기 검사 대상체 영역을 검사하고,

상기 투영 격자의 위상의 변화 속도가 상기 검사 대상체의 이동 속도보다 빠른 경우, 기울기 보상을 통해 영상을 획득하고, 상기 투영 격자의 위상의 변화 속도가 상기 검사 대상체의 이동 속도보다 느린 경우, 기준 물체와의 비교를 통해 보상하여 영상을 획득하며,

상기 라인 스캔 카메라는, 수평 방향으로 배열된 상기 직선형 촬상소자의 배열이 수직 방향으로 복수 개의 라인이 다중 정렬된 형태의 다중 정렬 라인 스캔 카메라이고, 각각의 상기 라인이 순차적으로 촬영되어 영상을 한번의 스캔으로 획득하는 것

을 특징으로 하는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 격자 투영부는

투영 격자 미세 이송장치를 더 포함하며,

상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 상기 투영 격자의 위상을 변화시키도록, 주기적인 금속막 띠가 형성된 투영 격자판으로 이루어진 상기 투영 격자를 상기 투영 격자 미세 이송장치를 이용하여 격자판에 나란한 방향으로 이동시키며, 상기 투영 격자의 이동 방향은 상기 검사 대상체의 이동 방향과 반대 방향인 것

을 특징으로 하는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 상기 투영 격자의 위상을 변화시키도록, 소형 영상 표시 소자를 사용하고, 상기 소형 영상 표시 소자에 위상이 다른 격자 무늬 영상 정보를

순차적으로 인가하고,

상기 검사 대상체의 표면에 형성되는 투영된 상기 격자 영상의 실제 주기(p_{proj})와 최소 위상 변화량(Δ)은 다음 식과 같이 표현되며,

$$p_{proj} = n \times d_{pixel} \times m_{proj}$$

$$\Delta = 2\pi / n$$

여기서, d_{pixel} 는 픽셀(pixel)의 최소 크기이고, m_{proj} 는 상기 격자 투영부의 배율이며, 상기 격자 영상의 한 주기가 n 개의 픽셀(pixel)로 구현되는 것

을 특징으로 하는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치.

청구항 5

라인 스캔 방식의 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 방법에 있어서,

라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 xy 평면을 따라 격자 투영부와 결상부를 동시에 이동하거나 검사 대상체만을 이동시키는 단계;

이동에 따라 순차적으로 상기 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하여 상기 검사 대상체 전체에 해당하는 2차원 영상을 획득하는 단계; 및

3차원 형상을 획득하기 위해 상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시켜, 상기 라인 스캔 카메라를 이용하여 상기 검사 대상체 영역을 검사하는 단계

를 포함하고,

상기 투영 격자의 위상의 변화 속도가 상기 검사 대상체의 이동 속도보다 빠른 경우, 기울기 보상을 통해 영상을 획득하고, 상기 투영 격자의 위상의 변화 속도가 상기 검사 대상체의 이동 속도보다 느린 경우, 기준 물체와의 비교를 통해 보상하여 영상을 획득하며,

상기 라인 스캔 카메라는 수평 방향으로 배열된 상기 직선형 촬상소자의 배열이 수직 방향으로 복수 개의 라인이 다중 정렬된 형태의 다중 정렬 라인 스캔 카메라이고, 각각의 상기 라인이 순차적으로 촬영되어 영상을 한번의 스캔으로 획득하고,

상기 검사 대상체의 표면에 형성되는 투영된 상기 격자 영상의 실제 주기(p_{proj})와 최소 위상 변화량(Δ)은 다음 식과 같이 표현되며,

$$p_{proj} = n \times d_{pixel} \times m_{proj}$$

$$\Delta = 2\pi / n$$

여기서, d_{pixel} 는 픽셀(pixel)의 최소 크기이고, m_{proj} 는 상기 격자 투영부의 배율이며, 상기 격자 영상의 한 주기가 n 개의 픽셀(pixel)로 구현되는 것

을 특징으로 하는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 검사 대상체의 범위를 확대시킬 수 있는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 일반적으로 모아레 측정시스템은 광원을 투영 격자와 투영 렌즈를 통해 대상물체(검사 대상체)에 조사시킨 후 투영 격자가 조사된 대상물체의 영상을 기준격자에 결상시켜, 이 결상된 영상을 카메라로 획득하여 3차원 형상을 측정할 수 있다.
- [0003] 여기서, 모아레(Moire)는 두 개 이상의 주기적인 물결무늬가 겹쳐져 생기는 간섭무늬를 의미하는 것으로, 연속되는 패턴이 있는 물체를 촬영했을 때 나타나는 기하학적 모양을 의미할 수 있다.
- [0004] 도 1은 일반적인 모아레 방식의 3차원 형상 측정 장치를 나타내는 개략도이다.
- [0005] 도 1을 참조하면, 일반적으로 모아레(Moire) 방식을 이용한 3차원 형상 측정 장치는 검사 대상체 표면에 격자 영상을 투영하기 위해 광원(11), 조명 렌즈(12), 투영 격자(13), 그리고 투영 렌즈(14)로 구성된 격자 투영부(10), 검사 대상체(21)와 검사 대상체를 장착하고 xy 평면을 따라 검사 대상체를 이동시키기 위한 xy 이송 테이블(22)로 구성된 물체부(20), 검사 대상체 표면에 의해 반사된 격자 영상을 결상하기 위한 결상 렌즈(32)와 카메라(31)로 구성된 결상부(30)로 구성될 수 있다.
- [0006] 도 2는 일반적인 격자 영상이 투영된 검사 대상체 표면의 모아레 무늬의 예를 나타내는 도면이다.
- [0007] 도 2를 참조하면, 도 1의 모아레 방식의 3차원 형상 측정장치를 통해 검사 대상체 표면의 요철에 의해 변형되고 반사된 격자 영상인 모아레 무늬(Moire fringe)를 영상으로 획득하거나, 결상부에 기준 격자(reference grating)를 추가로 구비하여 검사 대상체 표면에 의해 반사된 격자 영상과 구비된 기준 격자의 간섭 결과인 모아레 간섭무늬(Moire interference fringe)를 영상으로 획득할 수 있다.
- [0008] 일례로, 검사 대상체 표면이 평면인 경우에는 도 2(a)와 같이 변형이 없는 격자 모양의 모아레 무늬를 영상으로 얻게 되며, 검사 대상체 표면에 요철이 있는 경우에는 도 2(b) 또는 도 2(c)와 같이 요철의 형태에 따라 변형된 격자 모양의 모아레 무늬를 영상으로 얻게 된다. 이러한 모아레 무늬로부터 검사 대상체 표면 요철에 관한 3차원 형상 정보를 추출할 수 있다.
- [0009] 그러나, 모아레 무늬 또는 모아레 간섭무늬 영상으로부터 검사 대상체 표면의 3차원 형상 정보를 추출하기 위해서는 최소한 3가지 이상의 서로 다른 위상을 가진 투영 격자에 대한 모아레 무늬 또는 모아레 간섭무늬 영상들을 획득해야 한다. 흔히 투영 격자의 위상을 변경하기 위해 투영 격자 미세 이송 장치를 이용하여 투영 격자를 격자면 방향으로 $1/4$, $2/4$, $3/4$ 주기만큼 이동시킨다. 이러한 과정을 위상 천이(phase shift)라고 한다.
- [0010] 도 3은 일반적인 모아레 3차원 형상 측정 장치에서 대면적 검사 대상의 측정을 나타내는 개념도이다.
- [0011] 도 3을 참조하면, 모아레 3차원 형상 측정 장치에서는 모아레 무늬 또는 모아레 간섭무늬(투영 격자의 영상과 기준 격자의 간섭 결과) 영상을 획득하기 위해 주로 면적(area) 카메라가 사용되어 왔다. 이에 따라, 측정 장치를 구성하는 세가지 구성 요소의 이동 없이 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 크기(범위)는 결상 렌즈의 배율, 면적 카메라에 내장된 촬상소자 크기 등에 의해 주어지는 결상부의 화각(field of view)나 격자 투영부의 투영 영역 크기에 의해 제한될 수 있다.
- [0012] 따라서, 대면적의 검사 대상체를 측정하기 위해서는 화각(field of view)에 의해 제한되는 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 범위를 측정한 후, 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체 범위만큼 격자 투영부와 결상부를 동시에 이동하여 검사 대상체의 남은 영역을 순차적으로 측정해야 한다. 이때, 검사 대상체 만을 같은 요령으로 이동하여 측정 과정을 반복할 수도 있다.
- [0013] 도 3에 도시된 바와 같이, 점선으로 표시된 사각형 범위를 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 범위라고 한다면, 점선 사각형 (a)에 해당하는 영역의 영상을 획득하고, 다음으로 점선 사각형 (b), (c), (d) 순으로 측정 영역을 바꿔가며 영상을 획득함으로써 검사 대상체 전체의 모아레 무늬 영상을 획득할 수 있다.
- [0014] 그러나, 순차적으로 영역을 이동해 가면서 대면적의 검사 대상체를 측정하는 과정 자체가 번거로울 뿐만 아니라, 각 과정에서 획득된 영상들을 이어 붙여 검사 대상체 전체에 해당하는 하나의 영상을 만드는 과정 또한 매우 복잡하다. 격자 투영부와 결상부의 광학적 수차 및 왜곡, 격자 투영부나 결상부의 이동 위치 부정확성 등으로 인해 획득된 영상이 국부적으로 왜곡되거나 영상이 회전될 수 있으므로 각 과정에서 획득된 영상을 이어붙이기 위해서는 복잡한 영상 전처리 과정이 요구된다. 영상을 이어붙이는 과정의 어려움 때문에 실제 측정에서는

측정 반복을 위한 이동 구간을 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체 범위보다 조금 좁게 설정하게 되므로 같은 부분을 반복 측정하는 낭비도 발생할 수 있다.

[0015] 한국등록특허 10-0722245호는 3차원형상 측정장치에 관한 것으로, 이러한 3차원 형상을 측정에서 측정 물체의 표면을 검사시 그림자 효과를 제거할 수 있는 장치에 관한 기술을 기재하고 있다. 그러나, 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 범위를 확대하는 것을 해결하지 못하였다.

[0016] 따라서, 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체 범위를 확대하는 방안으로 결상 렌즈의 배율을 낮추거나 더 큰 감지 면적(sensing area)을 갖는 촬상소자의 활용을 고려해 볼 수 있다. 그러나, 결상 렌즈의 배율을 낮춰 측정 범위를 확대할 수 있지만, 분해능 저하로 인해 검사 대상체의 3차원 형상을 세밀하게 측정할 수 없게 된다. 한편, 촬상소자 중에서 감지 면적이 넓은 제품도 있지만, 제조 기술의 한계로 촬상소자의 픽셀(pixel) 수는 늘어나지 않으므로 결상 렌즈의 배율을 낮추는 경우와 마찬가지로 실질적인 범위 확대 효과를 기대할 수 없다.

[0017] 또한, 검사 대상체 측정 범위를 확대하기 위해서는 검사 대상체 표면의 더 넓은 영역에 격자 영상을 투영할 수 있어야 한다. 그러나, 격자 영상이 투영되어야 하는 검사 대상체 영역이 넓어질수록 투영 렌즈의 수차 특성 저하로 격자 영상이 왜곡될 수 밖에 없다. 이를 경우 추출된 3차원 형상 정보는 실제와 다르게 된다. 일반적으로 더 넓은 영역에 격자 영상을 투영하기 위해서는 고성능의 투영 렌즈가 필요하나, 고가일 뿐만 아니라 기술적으로 구현이 쉽지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자에 수직한 방향으로의 측정 크기 제한을 해결하여 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 크기 제한을 부분적으로 극복함으로써, 더 넓은 면적을 한 번에 측정할 수 있는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0019]

과제의 해결 수단

[0020] 일 측면에 따르면, 본 발명에서 제안하는 라인 스캔 방식의 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 장치에 있어서, 검사 대상체의 표면에 격자 영상을 투영하기 위해 광원, 조명 렌즈, 투영 격자, 투영 렌즈, 그리고 투영 격자 미세 이송장치로 구성되는 격자 투영부; 상기 검사 대상체를 장착하고, xy 평면을 따라 상기 검사 대상체를 이동하기 위한 xy 이송 테이블로 구성되는 물체부; 및 상기 검사 대상체의 표면에 의해 반사된 상기 격자 영상을 결상하기 위한 결상 렌즈와, 직선형 촬상소자를 내장한 라인 스캔 카메라로 구성되는 결상부를 포함한다.

[0021] 다른 측면에 따르면, 상기 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 상기 xy 평면을 따라 상기 격자 투영부와 상기 결상부를 동시에 이동하거나 상기 검사 대상체만을 이동시키고, 순차적으로 상기 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하여 상기 검사 대상체 전체에 해당하는 2차원 영상을 획득하며, 상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시켜 상기 라인 스캔 카메라를 이용하여 상기 검사 대상체 영역을 검사할 수 있다.

[0022] 또 다른 측면에 따르면, 상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 상기 투영 격자의 위상을 변화시키도록, 주기적인 금속막 피가 형성된 투영 격자판을 상기 투영 격자 미세 이송장치를 이용하여 격자판에 나란한 방향으로 이동시킬 수 있다.

[0023] 또 다른 측면에 따르면, 상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 상기 투영 격자의 위상을 변화시키도록, 소형 영상 표시 소자를 사용하고, 상기 소형 영상 표시 소자에 위상이 다른 격자 무늬 영상 정보를 순차적으로 인가할 수 있다.

[0024] 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에서 제안하는 라인 스캔 방식의 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 방법에 있어서, 라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 xy 평면을 따라 격자 투영부와 결상부를 동시에 이동하거나 검사 대상체만을 이동시키는 단계; 이동에 따라 순차적으로 상기 라인 스캔

카메라가 라인 영상을 획득하여 상기 검사 대상체 전체에 해당하는 2차원 영상을 획득하는 단계; 및 상기 격자 투영부와 상기 결상부 또는 상기 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시켜, 상기 라인 스캔 카메라를 이용하여 상기 검사 대상체 영역을 검사하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예들에 따르면 라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자에 수직한 방향으로의 측정 크기 제한을 해결하여 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 크기 제한을 부분적으로 극복함으로써, 더 넓은 면적을 한 번에 측정할 수 있는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시예들에 따르면 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하는 검사 대상체 영역에만 격자 영상을 투영하면 되므로, 격자 투영부의 광학적 성능이 높을 필요가 없으며, 라인 스캔 카메라의 특성을 활용하면 서로 다른 초기 위상을 가진 여러 장의 모아레 영상을 얻기 위해 검사 대상체의 동일 영역을 여러 번 주사할 필요가 없어 측정 시간을 단축할 수 있는 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 일반적인 모아레 방식의 3차원 형상 측정 장치를 나타내는 개략도이다.
 도 2는 일반적인 격자 영상이 투영된 검사 대상체 표면의 모아레 무늬의 예를 나타내는 도면이다.
 도 3은 일반적인 모아레 3차원 형상 측정 장치에서 대면적 검사 대상의 측정을 나타내는 개념도이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치를 이용하여 검사 대상체만을 이송하는 방식을 나타내는 도면이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치를 이용하여 격자 투영부와 결상부를 동시에 이송하는 방식을 나타내는 도면이다.
 도 6은 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않은 채 라인 스캔 카메라를 사용하여 전체 영상을 얻기 위해 결상부만을 이송하는 방식을 나타내는 예이다.
 도 7은 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않은 채 라인 스캔 카메라를 사용하여 전체 영상을 얻기 위한 격자 투영부 및 검사 대상체를 이송하는 방식을 나타내는 예이다.
 도 8은 도 6 및 도 7과 같은 이동 방식에서 획득되는 라인 영상의 시간별 위치 변화도를 나타내는 도면이다.
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 4 및 도 5와 같은 이동 방식에서 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않을 경우에 획득되는 라인 영상의 시간별 위치와 검사 대상체 표면에 투영된 격자 영상을 나타내는 도면이다.
 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중정렬 라인 스캔 카메라(Line scan camera)의 수광부 구조를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0029] 본 발명은 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 장치에 있어서 면적(area) 카메라 대신에 라인 스캔(line-scan) 카메라를 사용하여 라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자에 수직한 방향으로의 측정 크기 제한을 해결하여 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 크기 제한을 부분적으로 극복하는 것으로, 검사 대상체를 내장된 직선형 촬상소자에 수직한 방향으로 이동시킬 때 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시킴으로써 모아레 3차원 형상 측정에서 라인 스캔 방식이 유효하도록 한 것이다.

[0030] 즉, 종래에는 한 위치에서 다수의 영상을 받아 측정을 완료한 후 위치를 이동하여 다시 다수의 영상을 받아 측

정하는 방식을 이용하였는데, 아래에서는 이동하면서 연속적인 영상을 획득하는 방법을 이용함으로써 측정시간을 획기적으로 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라, 측정영역이 넓은 대상물체를 빠른 시간에 측정할 수 있다.

- [0031] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치를 이용하여 검사 대상체만을 이송하는 방식을 나타내는 도면이다.
- [0032] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 라인 스캔 방식의 모아레 3차원 형상 측정 장치를 이용하여 격자 투영부와 결상부를 동시에 이송하는 방식을 나타내는 도면이다.
- [0033] 도 4 및 도 5를 참조하면, 라인 스캔 방식의 모아레(Moire) 3차원 형상 측정 장치는 격자 투영부(100), 물체부(200), 그리고 결상부(300)를 포함할 수 있다.
- [0034] 격자 투영부(100)는 빛을 발생시키고, 발생된 빛을 모아레 패턴에 따른 빛으로 변환시켜 투과시킬 수 있다.
- [0035] 이러한, 격자 투영부(100)는 검사 대상체의 표면에 격자 영상을 투영하기 위해 빛을 발생시키는 광원(110), 발생된 빛을 모아레 패턴에 따른 빛으로 변환시켜 투과시키는 조명 렌즈(120), 투영 격자(130), 투영 렌즈(140), 그리고 투영 격자 미세 이송장치로 구성될 수 있다.
- [0036] 물체부(200)는 격자 투영부(100)에서 조사된 빛을 결상부(300)로 반사시킬 수 있다.
- [0037] 이러한, 물체부(200)는 검사 대상체(210)를 장착하고, xy 평면을 따라 검사 대상체를 이동하기 위한 xy 이송 테이블(220)로 구성될 수 있다. 이에 따라, 검사 대상체(210)의 표면에서 조사된 빛을 반사시킬 수 있으며, 검사 대상체(210)는 xy 이송 테이블(220)에 의해 이동시킬 수 있다.
- [0038] 결상부(300)는 격자 투영부(100)에서 조사된 빛이 물체부(200)에 의해 반사되어 조사되며, 이러한 빛을 촬영하여 3차원 형상을 측정할 수 있다.
- [0039] 그리고, 결상부(300)는 검사 대상체(210)의 표면에 의해 반사된 격자 영상을 결상하기 위한 결상 렌즈(310)와, 직선형 촬상소자를 내장한 라인 스캔 카메라(320)로 구성될 수 있다. 그리고, 결상부(300)는 도시되지는 않았지만 기준 격자가 포함될 수 있다.
- [0040] 이와 같이, 모아레 3차원 형상 측정에서 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 범위(크기)가 결상부의 화각(field of view)에 의해 제한되는 문제를 해결하기 위해 기존의 면적 카메라 대신에 라인 스캔 카메라를 사용할 수 있다.
- [0041] 라인 스캔 카메라를 사용하여 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 범위 제한을 모두 해결할 수는 없지만, 라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자에 수직한 방향으로의 측정 범위는 결상부 성능에 의해 제한을 받지 않으며 이송 장치의 최대 이송거리에 의해서만 제한될 수 있다.
- [0042] 라인 스캔 카메라를 사용하여 모아레 무늬 또는 모아레 간섭무늬 영상을 획득하기 위해서는, 면적 카메라를 사용하는 경우와 달리, 격자 투영부와 검사 대상체를 동시에 일정한 속도로 이동시키면서 매 순간 라인 영상을 획득하고, 이렇게 획득된 라인 영상들을 연결하여 측정하고자 하는 검사 대상체 전체의 영상을 얻어야 한다. 물론, 격자 투영부와 검사 대상체를 동시에 이동하는 대신에 결상부만을 독립적으로 이동시켜 전체 범위에 해당하는 검사 대상체의 영상을 얻을 수도 있다.
- [0043] 그리고, 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 xy 평면을 따라 격자 투영부와 결상부를 동시에 이동하거나 검사 대상체만을 이동시키고, 순차적으로 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하여 검사 대상체 전체에 해당하는 2차원 영상을 획득할 수 있다. 그리고, 격자 투영부와 결상부 또는 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시켜 라인 스캔 카메라를 이용하여 검사 대상체 영역을 검사할 수 있다.
- [0044] 아래에서는, 라인 스캔 카메라를 사용하는 경우 전체 영상을 획득하기 위해 측정 장치의 일부 구성 요소를 이동하는 방식을 설명하기로 한다.
- [0045] 도 6은 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않은 채 라인 스캔 카메라를 사용하여 전체 영상을 얻기 위해 결상부만을 이송하는 방식을 나타내는 예이다.
- [0046] 도 7은 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않은 채 라인 스캔 카메라를 사용하여 전체 영상

을 얻기 위한 격자 투영부 및 검사 대상체를 이동하는 방식을 나타내는 예이다.

- [0047] 도 8은 도 6 및 도 7과 같은 이동 방식에서 획득되는 라인 영상의 시간별 위치 변화도를 나타내는 도면이다.
- [0048] 도 6을 참조하면, 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않은 채 라인 스캔 카메라를 사용하여 전체 영상을 얻기 위한 구성 요소의 이동 방식 중 결상부만을 이동하는 방식을 나타내는 예이다.
- [0049] 도 8을 참조하면, 도 6에서와 같이 결상부만을 이동하는 경우에 라인 영상이 획득되는 과정을 나타내는 것으로, 각 그림에서 줄무늬는 검사 대상체에 투영된 격자 영상을 의미하며 편의상 표면 요철이 없는 검사 대상체를 예시하였다.
- [0050] 여기에서는 격자 투영부와 검사 대상체가 이동하지 않으므로, 격자 영상은 결상부가 이동하더라도 변하지 않는다. 예를 들어, 결상부가 일정한 속도로 오른쪽으로 이동한다면, 시간이 경과함에 따라 점선으로 표시된 부분의 라인 영상이 순차적으로 획득될 수 있다. 이때, 결상부 바로 아래에 있는 검사 대상체의 직선 부분이 라인 스캔 카메라에 의해 매 순간 라인 영상으로 획득될 수 있다.
- [0051] 그런데, 도 8과 같은 과정을 수행하기 위해 결상부 만을 이동하다 보면, 이동 중인 결상부와 고정된 격자 투영부가 서로 맞닿게 되어 더 이상 결상부를 이동할 수 없게 되어 측정 범위가 제한되거나, 격자 투영부의 광 경로를 차단하게 되어 라인 영상을 부분적으로 획득하지 못하게 될 수 있다.
- [0052] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 격자 투영부와 검사 대상체를 동시에 이동하는 경우에도 동일한 문제가 발생할 수 있다.
- [0053] 최근 모아레 3차원 형상 측정에서는 측정의 정확도를 높이고 측정 시간을 단축할 목적에서 결상부 주변의 여러 방향에 다수개의 격자 투영부를 배치하거나 여러 개의 결상부를 배치하는 추세이므로, 이동 과정에서 격자 투영부와 결상부가 충돌하거나 광 경로가 차단되는 문제는 더욱 빈번하게 발생할 수 있다. 결과적으로 이러한 문제를 해결하지 못한다면, 라인 스캔 카메라를 사용하여 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체 범위를 확대하지 못할 수 있다.
- [0054] 즉, 전형적인 모아레 3차원 형상 측정 장치에서 면적 카메라 대신 라인 카메라를 사용하여 라인 스캔을 하고자 하는 경우에 측정 가능한 방법은 도 6 또는 도 7과 같이 결상부만을 이동시키거나, 결상부를 고정하고 격자 투영부와 물체부를 동시에 이동시키는 방법이 가능하다. 그러나, 이 경우 고정부와 이동부가 상호 충돌할 수 있어, 이동 범위(스캔 범위가)가 한정될 수 밖에 없으므로 넓은 영역을 스캔할 수 없다.
- [0055] 또한, 격자 투영부에 의해 아주 넓은 범위에 걸쳐 격자 영상이 투영되어야 하나 이는 광학적으로 불가능하다.
- [0056] 아래에서는, 검사 대상체만 이동하는 경우 및 격자 투영부와 결상부가 동시에 이동하는 경우에 대해 설명하기로 한다.
- [0057] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 4 및 도 5와 같은 이동 방식에서 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키지 않을 경우에 획득되는 라인 영상의 시간별 위치와 검사 대상체 표면에 투영된 격자 영상을 나타내는 도면이다.
- [0058] 도 9를 참조하면, 검사 대상체만 이동하는 경우 또는 격자 투영부와 결상부가 함께 이동하는 경우에 시간별로 획득되는 라인 영상의 위치와 검사 대상체 표면에 투영된 격자 영상을 나타낼 수 있다.
- [0059] 전술한 이동 구간 제한 문제나 광 경로 차단 문제를 방지하기 위해, 도 6 및 도 7에 제시된 방안과 달리, 격자 투영부와 결상부를 동시에 이동하거나 검사 대상체 만을 이동하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 이 경우 전술한 문제를 회피할 수는 있으나, 도 6 및 도 7에 제시되지 않은 방안들은 모아레 측정 원리 측면에서 측정 자체가 논리적으로 성립될 수 없음을 알 수 있다.
- [0060] 도 9에서는, 격자 투영부와 결상부를 동시에 이동하는 경우, 이동 시간 별로 라인 스캔 카메라에 의해 검사 대상체의 어떤 부분이 라인 영상으로 획득되며, 영상이 획득되는 순간에 투영된 격자 영상의 위상을 보여주고 있다.
- [0061] 여기에서 격자 투영부가 이동하므로, 6개의 영상에서 투영된 격자 영상이 오른쪽으로 점차 이동하고 있음을 알 수 있다. 물론, 동시에 결상부도 이동하므로 라인 영상이 획득되는 위치인 수직한 점선도 점차 오른쪽으로 이동하고 있다.

- [0062] 그런데, 격자 투영부와 결상부가 동시에 같은 속도로 이동하므로 라인 영상이 획득되는 모든 위치에서 투영된 격자 영상이 항상 동일한 위상을 갖게 된다. 즉, 도 8과 달리 라인 영상이 획득되는 위치가 이동함에 따라 격자 영상의 위상이 주기적으로 변하지 않으므로 모아레 측정 원리가 충족되지 못해 3차원 형상 정보를 추출해 낼 수 없게 된다. 또한, 검사 대상체만을 이동하는 경우에도 동일한 문제가 발생할 수 있다.
- [0063] 따라서, 검사 대상체만 이동하는 경우 및 격자 투영부와 결상부가 동시에 이동하는 경우에는 그 이동 거리에 비례하여 격자 영상의 위상을 순차적으로 변화시킴으로써, 3차원 형상 측정이 가능하다. 계속해서 이에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0064] 본 발명에서는 라인 스캔 카메라를 사용하며, 격자 투영부 및 결상부의 독립적인 이동으로 인한 상호 충돌 및 광 경로 가림을 회피하기 위해 검사 대상체만을 이동하여 매 순간 라인 영상을 획득하고, 최종적으로 획득된 모든 라인 영상들을 조합하여 검사 대상체 전체의 모아레 무늬 영상을 얻을 수 있다. 이때, 고정된 격자 투영부의 투영 격자 위상을 아래 상술한 방법으로 검사 대상체의 이동 방향으로 이동 거리에 비례하여 연속적으로 변화시켜 줌으로써 도 9에 도시한 것과 같은 문제의 발생을 해결할 수 있다.
- [0065] 모아레 3차원 형상 측정에서 사용되는 투영 격자는 주로 2가지 방식으로 제작 또는 구현된다.
- [0066] 첫 번째 방법으로, 투명한 유리판(혹은 석영유리판)의 한 면에 금속막을 형성하고, 노광 및 식각(또는 현상) 공정 등을 통해 일부 금속막을 제거하여 주기적인 금속막 띠를 유리판 위에 형성할 수 있다. 이렇게 제작된 유리판을 격자 투영부 내에 장착하여 검사 대상체 표면에 격자 영상을 투영할 수 있다.
- [0067] 두 번째 방법으로, 빔 프로젝터와 같은 원리를 이용하여 검사 대상체에 격자 영상을 투영할 수 있다. 이때, 투영 격자의 역할을 담당하는 것은 빔 프로젝터에 내장된 것과 유사한 소형 LCD 패널이나 DMD(digital mirror device) 패널이 될 수 있다. PC나 별도의 마이크로프로세서에 의해 의도적으로 생성된 격자 무늬에 해당하는 영상 정보(주기적인 Black & white 패턴을 가진 컴퓨터 이미지 파일에 해당)를 패널에 인가해 줌으로써 투영 격자를 형성할 수 있다.
- [0068] 본 발명의 핵심인 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 연속적으로 변화시키는 과정은 투영 격자의 구현 방식에 따라 크게 다르다.
- [0069] 우선, 주기적인 금속막 띠가 형성된 투영 격자판(유리판)을 이용하는 경우, 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 격자 영상의 위상을 연속적으로 변화시키기 위해서, 투영 격자 미세 이송 장치를 이용하여 투영 격자판을 격자판에 나란한 방향으로 이동시킬 수 있다. 투영 렌즈에 의해 일반적으로 상이 뒤집히므로 격자판의 이동 방향은 검사 대상체 이동 방향과 반대가 되는 것이 바람직하다.
- [0070] 그러나, 격자판은 유한한 길이를 가지므로 격자판 이동에 의한 위상의 변화 범위는 그 길이 내로 한정될 수밖에 없다. 아주 긴 격자판을 사용하여 위상의 변화 범위를 확대할 경우 긴 격자판과 인접한 결상부와의 상호 출동 가능성을 배제할 수 없다.
- [0071] 투영 격자를 구현하는 두 번째 방법의 경우에는, 격자 영상의 위상을 순차적으로 변화하는 과정이 매우 용이해진다. 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 위상이 달라진 격자 영상 정보를 순차적으로 생성하여 소형 LCD 패널이나 DMD 패널에 입력해 줌으로써 격자판을 물리적으로 이동하지 않고도 위상을 연속적으로 변화시킬 수 있게 된다. 다만, 패널에 표시되는 격자 영상은 소형 패널의 pixel 단위로 표현되기 때문에 연속적이며 임의의 위상 변화를 구현하지는 못할 것이다. 만일, 격자 영상의 한 주기가 n 개의 pixel 조합으로 구현된다면, 최소 위상 변화량 Δ 는 $2\pi/n$ 이 될 것이다.
- [0072] 다시 말하면, 격자 투영부와 결상부 또는 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키기 위하여, 주기적인 금속막 띠가 형성된 투영 격자판을 투영 격자 미세 이송장치를 이용하여 격자판에 나란한 방향으로 이동시킬 수 있다. 또한, 격자 투영부와 결상부 또는 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시키기 위해, 소형 영상 표시 소자를 사용하고, 소형 영상 표시 소자에 위상이 다른 격자 무늬 영상 정보를 순차적으로 인가할 수 있다.
- [0073] (실시예 1)
- [0074] 모아레 측정 기술 중의 하나인 4 step method를 예시로 본 발명을 이용한 모아레 3차원 형상 장치의 구동 과정

을 설명하면 다음과 같다.

- [0075] 먼저, 투영 격자의 초기 위상을 0도로 설정하고, 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 xy 평면을 따라 격자 투영부와 결상부를 동시에 전체 측정 구간에 걸쳐 일정한 속도로 이동하거나 검사 대상체 만을 같은 요령으로 이동시킬 수 있다. 또한, 직선형 촬상소자의 길이 방향에 수직한 방향으로 xy 평면을 따라 검사 대상체 만을 이동시키는 것도 가능하다.
- [0076] 이때, 이동하는 매 순간마다 순차적으로 라인 스캔 카메라를 이용하여 라인 영상을 얻고 저장할 수 있다.
- [0077] 그리고, 초기 위상이 0도이었던 투영 격자의 위상을 격자 투영부와 결상부의 이동 거리 또는 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 주기적으로 변화시킬 수 있다.
- [0078] 이러한 측정 과정이 끝나면 격자 투영부, 결상부 또는 검사 대상체를 원 위치로 환원하고 투영 격자의 초기 위상을 90도로 재설정할 수 있다. 앞서 과정과 마찬가지로 격자 투영부와 결상부를 전체 측정 범위에 걸쳐 동시에 이동하거나 검사 대상체 만을 같은 요령으로 이동하며, 매 순간마다 라인 스캔 카메라를 이용하여 라인 영상을 얻고 저장할 수 있다. 이때, 초기 위상이 90도인 투영 격자의 위상을 격자 투영부와 결상부의 이동 거리 또는 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 주기적으로 변화시킬 수 있다.
- [0079] 이러한 과정을 초기 위상 180도, 270도에 대해 반복하여 최종적으로 초기 위상이 각각 0, 90, 180, 270도인 검사 대상체 전체에 해당하는 4장의 영상들을 확보할 수 있다. 이렇게 얻어진 4장의 영상을 통상적인 위상 추출, 위상 복원(unwrapping) 과정을 거쳐 3차원 형상 정보를 얻을 수 있다. 즉, 순차적으로 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하여 검사 대상체 전체에 해당하는 2차원 영상을 획득하며, 격자 투영부와 결상부 또는 검사 대상체의 이동 거리에 비례하여 투영 격자의 위상을 변화시켜 라인 스캔 카메라를 이용하여 검사 대상체 영역을 검사함으로써, 3차원 형상 정보를 획득할 수 있다.
- [0080] 상기 과정에서 두 가지 기술적 어려움을 생각해 볼 수 있다. 본 발명에서 아주 중요한 부분은 구성 요소(격자 투영부, 검사 대상체, 결상부)의 이동 거리에 비례하여 격자 위상을 주기적으로 변화시켜 주어야 한다는 것이다. 그러나, 격자 위상의 변화 속도와 구성 요소의 이동 거리가 반드시 일치해야 할 필요가 없으며, 각각 일정한 속도로 변화하거나 이동한다면 본 발명의 기술이 실현될 수 있다.
- [0081] 예를 들어, 검사 대상체 표면에 투영된 격자 영상의 공간적인 주기를 L이라고 했을 때, 격자 위상의 변화 속도가 검사 대상체의 이동 속도보다 빠르다면, 원래 주기보다 더 짧은 주기(L')를 갖는 격자 영상이 투영된 경우에 해당하는 모아레 영상이 라인 스캔 카메라를 통해 획득될 것이다. 반대로, 격자 위상의 변화 속도가 상대적으로 느리다면 원래 주기보다 더 넓은 주기(L")를 갖는 격자 영상이 투영된 경우에 해당하는 모아레 영상이 라인 스캔 카메라를 통해 획득될 것이다. 이러한 영상들을 원래의 격자 주기 L을 기준으로 해석했을 때, 추출된 3차원 형상면이 일정한 기울기로 기울어지거나 높낮이가 실제에 비해 비례적으로 높거나 낮게 판단될 수 있다. 전자는 기울기 보상을 통해 해결할 수 있으며, 후자는 기준 물체와의 비교를 통해 보상할 수 있다.
- [0082] 그러나, 현재의 기술 수준으로 시료를 진동 없이 일정 속도로 이동시키는 것은 매우 용이하게 실현할 수 있으며, 격자 위상의 변화 과정은 상기 LCD, DMD 패널 등과 같은 공간 광변조기(spatial light modulator, SLM)의 단순한 제어 기술에 해당하므로, 각각의 속도를 일정하게 유지하는 것은 기술적으로 매우 용이하다.
- [0083] 또한, 구성 요소의 이동 속도와 격자 위상의 변화 속도를 정확히 파악할 수 있으므로, 투영된 격자 영상의 주기가 넓어지거나 좁아진 효과를 미리 파악할 수 있어 3차원 형상 추출 과정에서 주기 변화 효과를 미리 고려할 수 있으며 추가적인 보정이 필요하지 않게 된다.
- [0084] 상기 문제와 관련된 다른 문제로는 투영되는 격자 위상의 변화 속도 및 격자 주기가 격자 투영부와 검사 대상체 표면 사이의 거리에 따라 달라질 수 있다는 것이다. 그러나, 모아레 3차원 형상 측정 장치에서 측정하는 대부분의 검사 대상체는 표면 요철이 수 mm 이내의 높낮이를 가지므로 적절한 텔레센트릭(telecentric) 광학계를 사용함으로써 이러한 효과를 완화시킬 수 있다.
- [0085] (실시예 2)
- [0086] 실시예 1에서 설명한 측정 과정에 있어서 N 단계의 위상 천이 방법을 적용하려면 N 단계로 나누어진 서로 다른 초기 위상을 가진 격자 영상을 투영하여 N개의 모아레 영상을 얻어야 한다. 그러나, N개의 영상을 얻기 위해 검사 대상체를 N번 반복 측정(반복 주사)하는 것은 측정 시간을 길게 할 뿐만 아니라, 각각의 영상을 촬영하기 위

해 검사 대상체를 매우 정밀하게 정렬해야만 하는 어려움이 있다.

[0087] 문제를 해결하기 위하여 도 10과 같은 직선형 촬상소자가 다중 정렬된 라인 스캔 카메라를 활용할 수 있다.

[0088] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중정렬 라인 스캔 카메라(Line scan camera)의 수광부 구조를 나타내는 도면이다.

[0089] 도 10을 참조하면, 고감도 라인 스캔 카메라는 수평방향으로 배열된 직선형 촬상소자 배열이 다시 수직 방향으로 배열한 카메라로서, 직선형 촬상소자 배열에 대해 수직 방향으로 상대적인 이동하는 검사대상체에 대해 순차적으로 시료의 같은 위치를 촬영할 수 있도록 설계된 카메라이다. 따라서, 이러한 카메라는 비록 수직 방향으로 배열된 라인들이 존재하지만 전체 영역이 하나의 라인(Line)과 같이 동작하는 카메라이다.

[0090] 상기 다중 정렬된 라인 스캔 카메라(Line scan camera)를 이용하여 4 단계의 위상 천이 영상을 얻는 방법을 설명하면, 4 개의 라인으로 구성된 다중 정렬 라인 스캔 카메라(Line scan camera)에서 각각의 라인이 순차적으로 한 번씩 촬영되는 데 소요되는 총 시간을 T초라고 하면, 상기 1)의 과정에서 설명한 격자 위상의 이동속도에 T 초 동안 격자 1 주기가 이동하는 속도를 더한 속도로 격자 위상을 이동시키면 라인 스캔 카메라(Line scan camera)의 4개 라인은 각각 시료 상의 같은 위치에 대하여 4 단계로 위상이 천이된 영상을 획득할 수 있게 된다.

[0091] 현재 상용화된 고감도 라인 스캔 카메라(Line scan camera)는 수직 방향으로 2에서 256열까지의 배열을 지원하므로 정밀한 위상 천이 방법에 흔하게 사용되는 13단계 이상의 위상 천이 방법을 사용하더라도 모든 영상을 한 번의 스캔으로 얻을 수 있다.

[0092] 예를 들어, 픽셀(pixel)의 최소 크기를 d_{pixel} , 격자 투영부의 배율을 m_{proj} , 격자 영상의 한 주기가 n개의 pixel로 구현되고 있다면, 검사 대상체 표면에 형성되는 투영된 격자 영상의 실제 주기, p_{proj} 와 최소 위상 변화량 Δ 은 다음 식과 같이 주어질 수 있다.

수학식 1

$$p_{\text{proj}} = n \times d_{\text{pixel}} \times m_{\text{proj}}$$

$$\Delta = 2\pi / n$$

[0093]

[0094] 영상에 관한 샘플링 이론(Nyquist criteria)에 따르면 무아레 무늬 영상이 격자 주기의 1/4 단위로 샘플링이 되면 무늬 정보를 대부분 획득하여 3차원 형상 정보를 추출할 수 있으므로, $n \geq 4$ 이며 모아레 3차원 형상 측정이 가능하며, 정밀도를 고려할 경우 $n = 8$ 수준이면 형상 측정을 수행하는데 무리가 없을 것이다.

[0095] 이상에서, 검사 대상체만 이동하는 경우 및 격자 투영부와 결상부가 동시에 이동하는 경우에는 그 이동 거리에 비례하여 격자 영상의 위상을 순차적으로 변화시킴으로써, 3차원 형상 측정이 가능해질 수 있다.

[0096] 따라서, 라인 스캔(line-scan) 카메라를 사용하여 라인 스캔 카메라에 내장된 직선형 촬상소자에 수직 방향으로의 측정 크기 제한을 해결하여 한 번에 측정할 수 있는 검사 대상체의 크기 제한을 부분적으로 극복함으로써, 더 넓은 면적을 한 번에 측정할 수 있다.

[0097] 그리고, 라인 스캔 카메라가 라인 영상을 획득하는 검사 대상체 영역에만 격자 영상을 투영하면 되므로, 격자 투영부의 광학적 성능이 높을 필요가 없으며, 라인 스캔 카메라의 특성을 활용하면 서로 다른 초기 위상을 가진 여러 장의 모아레 영상을 얻기 위해 검사 대상체의 동일 영역을 여러 번 주사할 필요가 없다.

[0098]

[0099] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다

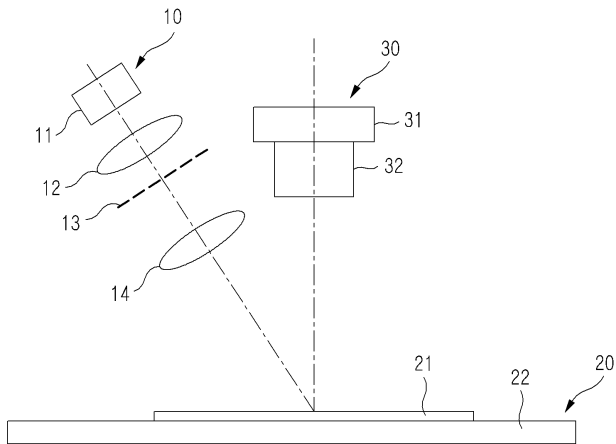
른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0100]

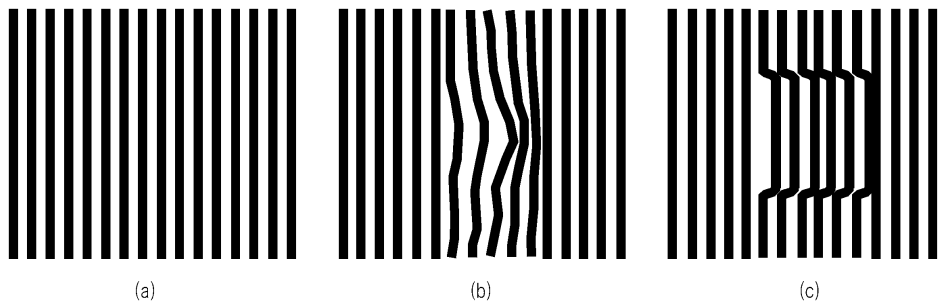
그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

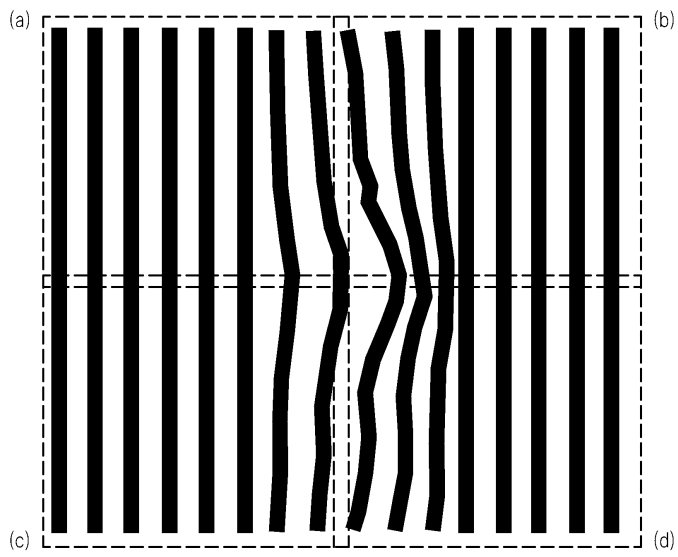
도면1



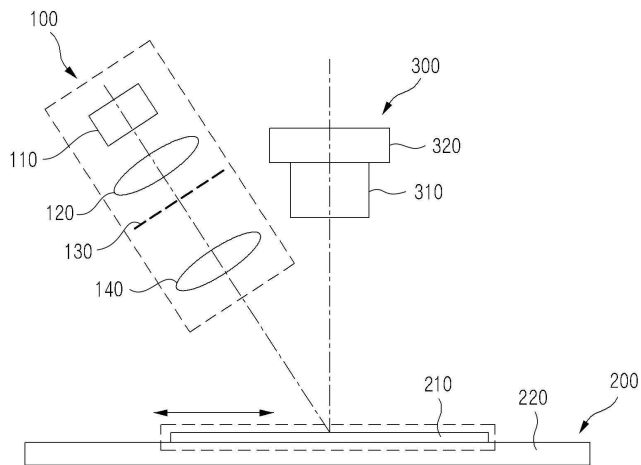
도면2



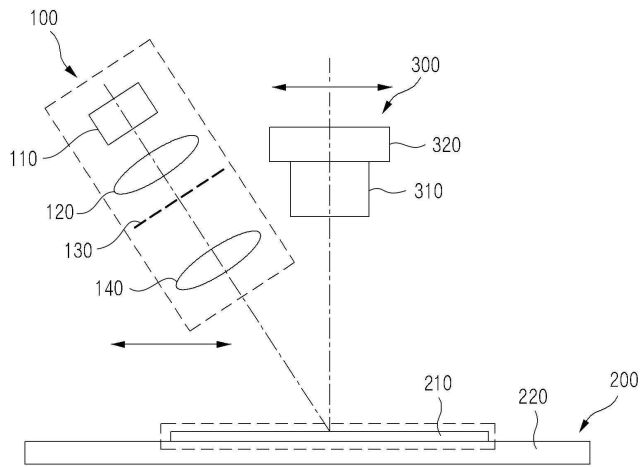
도면3



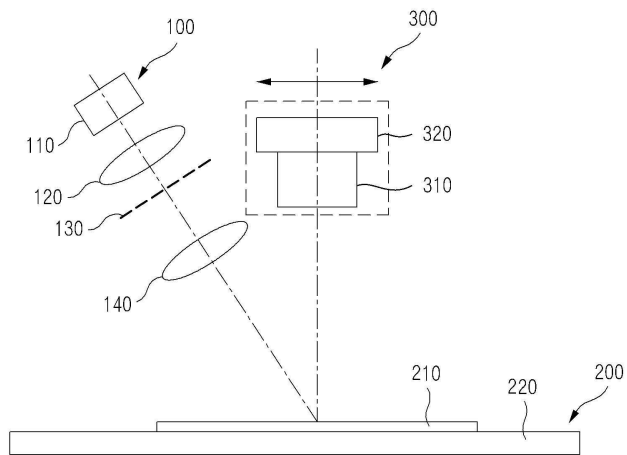
도면4



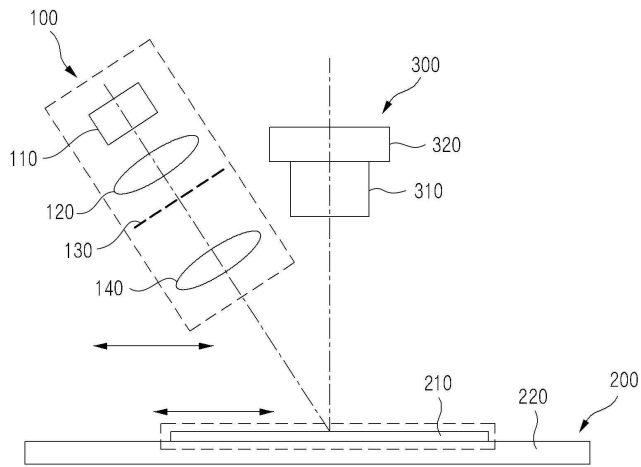
도면5



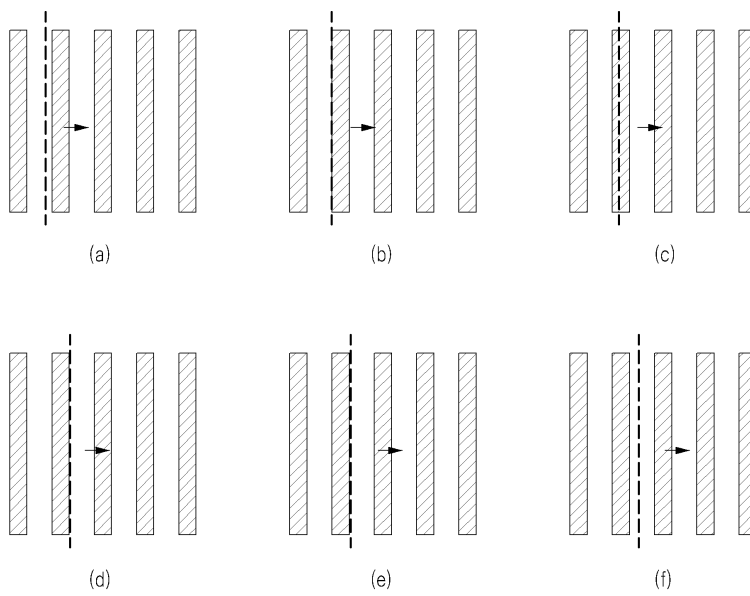
도면6



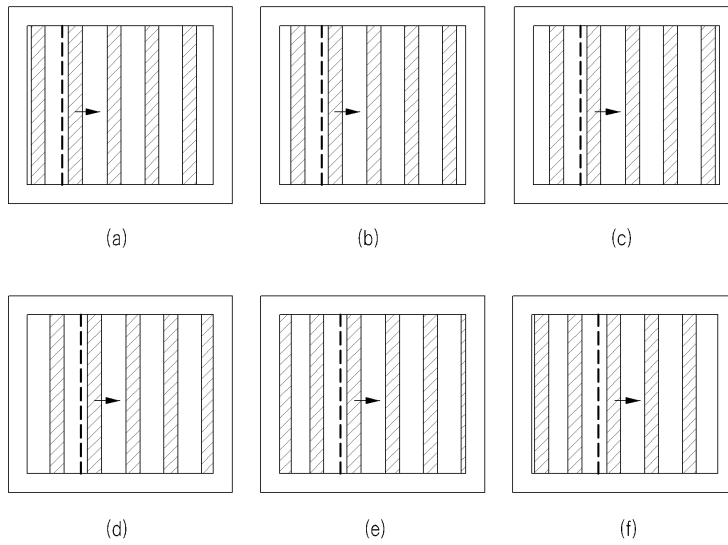
도면7



도면8



도면9



도면10

