



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0075802
(43) 공개일자 2023년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 9/02 (2006.01) G01J 4/00 (2006.01)
G01J 9/00 (2006.01) G01N 21/17 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 9/02 (2013.01)
G01J 4/00 (2023.05)
(21) 출원번호 10-2021-0162336
(22) 출원일자 2021년11월23일
심사청구일자 2021년11월23일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
주기남
광주광역시 광산구 산월로 81, 1104동 1202호 (산월동, 부영그린타운)
박효미
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
정효빈
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(74) 대리인
특허법인 남앤남

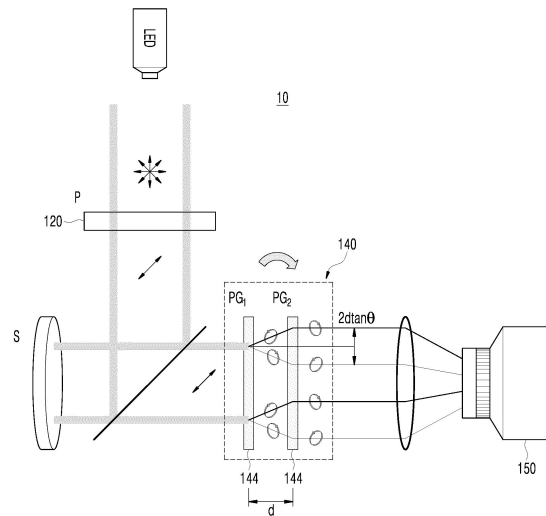
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **층밀립을 이용한 파면 측정 장치 및 이를 이용한 측정 방법**

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예에 따른 광의 파면을 측정하기 위한 장치 및 이를 이용한 측정 방법 따르면 편광격자 와 편광 카메라를 이용하여 광의 층밀립을 측정하고, 측정한 광의 층밀립을 통해 파면을 측정할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 21/17 (2013.01)
G01J 2009/002 (2013.01)
G01J 2009/0219 (2013.01)
G01J 2009/0261 (2013.01)
G01J 2009/0265 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20210250
과제번호	2021-0250
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국표준과학연구원
연구사업명	연구장비 개발 및 고도화 지원
연구과제명	기하 위상 렌즈 모듈 및 알고리즘 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국표준과학연구원
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711132522
과제번호	2021R1A2C1008661
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	편광 메타 렌즈 기반 단일 영상 파면 측정, 분석 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	조선대학교산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

층밀립을 이용한 광의 파면을 측정하기 위한 장치로서,

광원을 포함하는 광 제공부;

상기 광 제공부로부터의 광을 광학적 특성을 측정하고자 하는 시편으로 반사시키고 반사된 광을 투과시키는 광 분할기;

선형 편광된 상기 광이 입사하여 서로 다른 방향의 제1 광 및 제2 광을 발생시키고, 발생한 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 입사하여 상기 광의 방향과 평행한 방향으로 진행시키며 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 층밀립을 발생시키는 복수의 편광격자모듈; 및

상기 제1광 및 상기 제2 광으로부터 4개의 위상이 얻어진 간섭무늬를 획득하는 광학 검출부를 포함하는,

파면 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 편광격자모듈은 한 쌍의 편광격자를 포함하고,

입사한 상기 광을 상기 제1 광 및 상기 제1 광과 수직한 방향으로 통과시키는 제1 편광격자; 및

상기 제1 편광격자와 소정 간극 이격되게 마주하며, 상기 제1 편광격자를 통과한 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 입사하고, 입사한 상기 제1 광 및 상기 제2 광을 상기 광의 방향과 평행한 방향으로 통과시켜 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 층밀립을 발생시키는 제2 편광격자를 포함하는,

파면 측정 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자의 거리와 상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자를 통과하는 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 회절 각도에 의해 상기 제1 광 및 상기 제2 광은 층밀립이 발생하는,

파면 측정 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1 편광격자를 통과한 상기 제1 광의 회전방향과 상기 제2 편광격자를 통과한 상기 제2 광의 회전방향은 역 방향이고,

상기 제2 편광격자를 통과한 상기 제1 광의 회전방향은 상기 제1 편광격자를 통과한 상기 제2 광의 회전방향과 동일하고, 상기 제2 광의 회전방향은 상기 제1 편광격자를 통과한 상기 제1 광의 회전방향과 동일한,

파면 측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 광학 검출부는, 편광 카메라를 포함하고,
상기 편광 카메라는 도, 45도, 90도 및 135도의 투과축을 가지는 선형 편광기 배열을 포함하는,
파면 측정 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 광학 검출부는,
상기 4개의 위상 천이된 간섭 무늬로부터 상기 제1 광과 상기 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하고, 연산된 위상을 이용하여 상기 시편의 광학적 특징을 추정하도록 구성된 프로세서를 포함하는,
파면 측정 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,
상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자는 서로 다른 각도로 회전 가능하고,
상기 광학 검출부는,
회전한 상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자로부터 발생한 간섭 신호로부터 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 위상을 추출하는,
파면 측정 장치.

청구항 8

제2항에 있어서,
상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자 사이의 거리는 조정 가능한,
파면 측정 장치.

청구항 9

파면 측정 장치를 기반한 증밀립을 이용하여 파면을 측정하기 위한 측정 방법으로서,
상기 파면 측정 장치는 광원을 포함하는 광 제공부, 상기 광 제공부로부터의 광을 광학적 특성을 측정하고자 하는 시편으로 반사시키고 반사된 광을 투과시키는 광 분할기, 선형 편광된 상기 광이 입사하여 서로 다른 방향의 제1 광 및 제2 광을 발생시키고, 발생한 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 입사하여 상기 광의 방향과 평행한 방향으로 진행시키며 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 증밀립을 발생시키는 복수의 편광격자모듈 및 상기 제1광 및 상기 제2 광으로부터 4개의 위상이 천이된 간섭무늬를 획득하는 광학 검출부를 포함하고,
상기 파면 측정 방법은,
상기 4개의 위상 천이된 간섭 무늬로부터 상기 제1 광과 상기 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하는 단계; 및
연산된 위상을 이용하여 상기 시편의 광학적 특징을 추정하는 단계를 포함하는,

파면 측정 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 편광격자모듈은 한 쌍의 편광격자를 포함하고,

상기 한 쌍의 편광격자는,

입사한 상기 광을 상기 제1 광 및 상기 제1 광과 수직한 방향으로 통과시키는 제1 편광격자와,

상기 제1 편광격자와 소정 간극 이격되게 마주하며, 상기 제1 편광격자를 통과한 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 입사하고, 입사한 상기 제1 광 및 상기 제2 광을 상기 광의 방향과 평행한 방향으로 통과시켜 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 증밀률을 발생시키는 제2 편광격자인,

파면 측정 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자의 거리와 상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자를 통과하는 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 회절 각도에 의해 상기 제1 광 및 상기 제2 광은 증밀률이 발생하는,

파면 측정 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 광학 검출부는, 편광 카메라를 포함하고,

상기 편광 카메라는 도, 45도, 90도 및 135도의 투과축을 가지는 선형 편광기 배열을 포함하는,

파면 측정 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 4개의 위상 천이된 간섭 무늬로부터 상기 제1 광과 상기 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하고, 연산된 위상을 이용하여 상기 시편의 광학적 특징을 추정하는,

파면 측정 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자는 서로 다른 각도로 회전 가능하고,

회전한 상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자로부터 발생한 간섭 신호로부터 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 위상을 추출하는,

파면 측정 방법.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 위상을 연산하는 단계는,

상기 제1 광 및 상기 제2 광의 파면 편차를 검출하는 단계를 포함하는,

파면 측정 방법.

청구항 16

컴퓨터 프로그램이 저장된 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 상에서 실행될 때, 컴퓨터로 하여금 제9항 내지 제15항 중 어느 하나에 따른 방법을 구현하도록 하는,

비일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 증밀립을 이용하여 광의 파면을 측정하기 위한 장치 및 이를 이용한 측정 방법에 관한 것으로 보다 상세하게는 편광 격자 기반의 광 간섭계와 편광 카메라를 이용하여 광이 공간상에 전파해 나가는 형태인 파면을 측정할 수 있는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 이하에서 기술되는 내용은 본 발명의 실시 예와 관련되는 배경 정보를 제공할 목적으로 기재된 것일 뿐이고, 기술되는 내용들이 당연하게 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [0004] 최근 파면 측정 기술은 바이오 및 산업 분야와 더불어 우주과학 분야에서 널리 활용되고 있다. 특히 파면 측정 결과는 측정 시편의 특성을 분석하기 위한 기초 데이터로 활용되기 때문에 광학 부품의 형상 측정 노광을 통한 반도체 제조 공정 천체 망원경 분야에 있어 파면 측정 센서는 필수적인 요소 중 하나이다.
- [0005] 기존의 파면 측정 기술은 삭 하트만 센서와 피라미드 프리즘을 이용한 센서 간섭계 기술이 활용되고 있다. 그 중 삭 하트만 센서와 피라미드 프리즘 센서는 측정 파면을 작은 단위로 나누어서 국지적인 파면 기울기 및 파면을 측정하는 방법이다.
- [0006] 이러한 삭 하트만 센서와 피라미드 프리즘 센서를 이용하여 파면을 측정하기 위해서는 높은 횡방향 분해능을 가지는 이미지 센서가 사용되어야 하며, 일반적으로 파면 측정 센서의 횡방향 분해능의 한계가 있다.
- [0007] 한편, 횡 방향 분해능을 위해 광학 간섭계 기반의 파면 측정 센서를 이용하여 파면을 측정할 수 있다. 그러나, 광학 간섭계 기반의 파면 측정 센서는 간섭계의 구조상 기준 파면이 필요하다는 한계와 간섭을 위해 기준 파면과 측정 파면이 서로 다른 광경로를 가지기 때문에 진동에 취약하다는 한계가 있다.
- [0008] 광학 간섭계 중에서 기준 파면을 필요로 하지 않고 측정 파면을 증밀립하여 간섭 신호를 발생시키기 때문에 진동에 비교적 둔감하면서 높은 횡방향의 파면 측정이 가능한 증밀립 간섭계가 있다. 그러나, 증밀립 간섭계는 증밀립을 발생시키는 장치가 고정되어 있어 증밀립량을 조절하지 못하는 한계가 있다.
- [0009] 이에, 증밀립 간섭을 이용하여 파면 측정이 이루어질 수 있는 파면 측정 센서가 요구되는 실정이다.

- [0010] 한편, 전술한 선행기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 일 과제는, 광이 공간상에 전파해 나가는 파면을 측정할 수 있도록 하는 것이다.
- [0013] 구체적으로 본 발명의 다른 과제는 편광각자를 기반으로 광의 층밀림을 측정하고, 측정한 광의 층밀림을 통해 파면을 정확하게 측정할 수 있도록 하는 것이다.
- [0014] 또한, 본 발명의 또 다른 과제는 한 쌍의 편광각자 사이의 거리를 조절하여 광의 층밀림 정도를 조절할 수 있도록 하여 보다 쉬운 구성으로 광의 층밀림 정도를 측정할 수 있도록 하는 것이다.
- [0015] 또한, 본 발명의 또 다른 과제는 실시간으로 광의 층밀림을 통해 층밀림 위상을 추출할 수 있도록 하는 것이다.
- [0016] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 과제에 한정되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시 예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일 실시 예에 따른 층밀림을 이용한 광의 파면을 측정하기 위한 장치는, 광원을 포함하는 광 제공부, 상기 광 제공부로부터의 광을 광학적 특성을 측정하고자 하는 시편으로 반사시키고 반사된 광을 투과시키는 광 분할기, 선형 편광된 상기 광이 입사하여 서로 다른 방향의 제1 광 및 제2 광을 발생시키고, 발생한 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 입사하여 상기 광의 방향과 평행한 방향으로 진행시키며 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 층밀림을 발생시키는 복수의 편광각자모듈 및 상기 제1광 및 상기 제2 광으로부터 4개의 위상이 천이된 간섭무늬를 획득하는 광학 검출부를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 실시 예에 따른 상기 편광각자모듈은 한 쌍의 편광각자를 포함할 수 있으며, 입사한 상기 광을 상기 제1 광 및 상기 제1 광과 수직한 방향으로 통과시키는 제1 편광각자 및 상기 제1 편광각자와 소정 간극 이격되게 마주하며, 상기 제1 편광각자를 통과한 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 입사하고, 입사한 상기 제1 광 및 상기 제2 광을 상기 광의 방향과 평행한 방향으로 통과시켜 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 층밀림을 발생시키는 제2 편광각자를 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1 편광각자 및 상기 제2 편광각자의 거리와 상기 제1 편광각자 및 상기 제2 편광각자를 통과하는 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 회절 각도에 의해 상기 제1 광 및 상기 제2 광은 층밀림이 발생할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1 편광각자를 통과한 상기 제1 광의 편광방향과 상기 제2 편광각자를 통과한 상기 제2 광의 편광방향은 역 방향이고, 상기 제2 편광각자를 통과한 상기 제1 광의 편광방향은 상기 제1 편광각자를 통과한 상기 제2 광의 편광방향과 동일하고, 상기 제2 광의 편광방향은 상기 제1 편광각자를 통과한 상기 제1 광의 편광방향과 동일할 수 있다.
- [0022] 한편, 상기 광학 검출부는, 편광 카메라를 포함하고, 상기 편광 카메라는 도, 45도, 90도 및 135도의 투과축을 가지는 선형 편광기 배열을 포함할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 광학 검출부는, 상기 4개의 위상 천이된 간섭 무늬로부터 상기 제1 광과 상기 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하고, 연산된 위상을 이용하여 상기 시편의 광학적 특징을 추정하도록 구성된 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0024] 여기서, 상기 제1 편광각자 및 상기 제2 편광각자는 서로 다른 각도로 회전 가능하고, 상기 광학 검출부는, 회전한 상기 제1 편광각자 및 상기 제2 편광각자로부터 발생한 간섭 신호로부터 상기 제1 광 및 상기 제2 광의 위상을 추출할 수 있다.

- [0025] 한편, 본 발명의 실시 예에 따른 상기 제1 편광격자 및 상기 제2 편광격자 사이의 거리는 조정 가능하도록 구성될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 실시 예에 따른 파면 측정 장치를 기반한 층밀림을 이용하여 파면을 측정하기 위한 측정 방법은, 상기 파면 측정 장치를 이용하여 상기 4개의 위상 천이된 간섭 무늬로부터 상기 제1 광과 상기 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하고, 연산된 위상을 이용하여 상기 시편의 광학적 특징을 추정하는 과정으로 구성될 수 있다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 실시 예에 의한 컴퓨터 프로그램이 저장된 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체는 상기 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 상에서 실행될 때, 컴퓨터로 하여금 파면 측정 방법을 구현하도록 하도록 구성될 수 있다.
- [0028] 이 외에도, 본 발명을 구현하기 위한 다른 방법, 다른 시스템 및 상기 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체가 더 제공될 수 있다.
- [0029] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 및 이점이 이하의 도면, 청구 범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 실시 예에 따른 파면 측정 장치는 기존의 파면 센서와는 달리 평면에서 벗어난 파면 측정이 가능함 동시에 높은 횡방향 분해능을 가질 수 있다.
- [0032] 또한, 시스템의 크기가 현저히 작으며, 실시간 파면 측정이 가능하다는 장점을 가질 수 있다.
- [0033] 이에 더하여, 편광격자를 이용한 간섭계 구성으로 별다른 기준 파면을 필요로 하지 않고 측정하는 파면을 층밀림하여 간섭 신호를 발생시킬 수 있어 진동에 강하다는 특징을 가질 수 있다.
- [0034] 또한, 기존의 층밀림을 발생시키는 장치는 고정되어 있기 때문에 광의 특성에 따라 층밀림 정도를 조절하는데 어려움이 있었다. 그러나, 본 발명의 실시 예에 따르면 파면을 층밀림하는 한 쌍의 편광격자 거리를 조절하도록 설계되어 광의 특성에 따라 층밀림 정도를 조절할 수 있다는 특징이 있다.
- [0035] 이로써, 측정하는 파면의 종류에 따라 평면파 및 구면파를 측정할 수 있게 되어 광의 파면을 측정하는데 작업 효율이 향상될 수 있다.
- [0036] 또한, 기존의 층밀림 간섭계는 층밀림 위상을 추출하기 위한 작업 효율이 저하된 한계가 있었으나, 광의 종류에 따라 편광격자 사이의 거리를 조절하여 광의 층밀림을 측정할 수 있게 되어 층밀림 위상을 추출하는 작업 효율이 향상될 수 있다는 효과가 있다.
- [0037] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치를 이용하여 광의 층밀림을 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 도 1의 편광격자모듈의 제1 편광격자를 통과하는 광이 가지는 특징을 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 도 1의 편광격자모듈의 제1 편광격자 및 제2 편광격자를 입사 및 통과하는 광의 층밀림 과정을 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치의 편광 카메라를 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치의 편광 카메라를 통해 측정된 위상 천이된 간섭무늬를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 측정 방법을 이용하여 광의 파면을 측정하는 과정을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서 설명하는 실시 예들에 한정되지 않는다. 이하 실시 예에서는 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 직접적인 관계가 없는 부분을 생략하지만, 본 발명의 사상이 적용된 장치 또는 시스템을 구현함에 있어서, 이와 같이 생략된 구성이 불필요함을 의미하는 것은 아니다. 아울러, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용한다.
- [0041] 이하의 설명에서 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 되며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 또한, 이하의 설명에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0042] 이하의 설명에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0043] 이하 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0044] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치를 이용하여 광의 층밀림을 도시한 도면이다.
- [0045] 도면을 참고하면, 광의 파면을 측정하는 측정 장치를 통해 시편으로부터 반사된 광이 편광각자모듈을 통과해 입사되면, 입사된 광은 편광각자모듈의 제1 편광각자를 통과하며 다른 방향을 가지는 제1 광과 제2 광으로 분할하고, 분할된 제1 광 및 제2 광은 제1 편광각자와 이격된 제2 편광각자를 통과하며 회절하며 시편으로 반사된 광과 평행한 방향으로 진행할 수 있다. 이후, 편광각자모듈을 통과한 제1 광 및 제2 광은 편광 카메라를 통해 4개의 위상이 천이된 간섭무늬로 추출될 수 있다. 추출된 간섭무늬는 층밀림된 간섭 신호가 될 수 있으며, 발생한 제1 광 및 제2 광에 의해 횡방향 파면을 측정하는데 이용될 수 있다.
- [0046] 구체적으로, 본 발명의 실시 예에 따라 광의 파면을 측정하기 위한 측정 장치(10)는 광 제공부, 광 분할기(130), 편광각자모듈(140) 및 광학 검출부(150)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0047] 광원(110)은 무 편광의 LED일 수 있다. 즉, 광원(110)에서 조사되는 광원은 레이저 및 램프 등 어떠한 종류의 광원이어도 본 발명의 측정 원리를 구현하는데 이용될 수 있다.
- [0048] 광원(110)에서 조사되는 광은 편광이 정의되지 않은 LED를 이용하는 예를 들지만, LED 이외의 광원이 입사될 수도 있다. 또한, 광원(110)에서 편광기(120)를 향해 입사되는 광은 편광 상태가 선형 편광으로 변환될 수 있다.
- [0049] 구체적으로, 광원(110)에서 조사되는 광은 편광기(P)(120)를 통해 선형 편광으로 정의되어 이후 과정에서 이용되는 광은 선형 편광된 광이다. 이러한 광을 조사하는 광원(110)과 편광기(120)를 포함하여 광 제공부라고 지칭될 수 있다. 이때, 광원(110) 자체가 선형 편광된 광을 제공하는 광원이라면 편광기(120)가 필요하지 않을 수도 있다.
- [0050] 광 분할기(130)는 입사된 광을 시편(S)으로 반사할 수 있으며, 반사된 광은 다시 광 분할기(130)로 입사될 수 있다. 입사된 광은 광 분할기(130)를 투과하여 편광각자모듈(140)을 통과하게 된다.
- [0051] 구체적으로, 선형 편광이 정의된 광은 광 분할기(BS)(130)로 입사될 수 있다. 광 분할기(130)로 입사된 광은 시편에 반사된 후 광 분할기(130)로 재 입사될 수 있다. 여기서, 시편은 렌즈 또는 거울과 같은 광학 부품일 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따른 파면 측정 장치는 이러한 광학 부품의 광학적 특징을 측정할 수 있다. 광학적 특징이란 광학 부품의 형상 등과 같이 광학 부품에 입사되는 광의 반사, 굴절 등의 광학 현상을 결정하는 특성을 의미할 수 있다.
- [0052] 편광각자모듈(140)을 통과한 광은 편광 카메라(PCMO)인 광학 검출부(150)를 통과하면서 편광에 따른 간섭무늬가 생성될 수 있다. 생성된 간섭무늬를 통해 광의 파면 차이에 해당하는 위상을 계산할 수 있다.
- [0053] 광이 통과되는 편광각자모듈(140)은 서로 다른 방향으로 진행하는 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)이 발생할 수 있도록 2개의 편광각자를 포함할 수 있다. 구체적으로 편광각자모듈에 입사하는 광이 서로 다른 경로로 이동하도록 제1 편광각자(142) 및 제1 편광각자(142)와 마주하는 제2 편광각자(144)를 포함할 수 있다.

- [0054] 즉, 편광격자모듈(140)은 한 쌍의 편광격자를 포함할 수 있다. 각각의 편광격자는 시편을 통해 되돌아온 광을 광 분할기(130)를 통해 투과하도록 한다. 이때, 제1 편광격자(142)를 통과한 광은 서로 다른 방향을 가지는 제1 광(L_1)과 제2 광(L_2)으로 분할될 수 있다. 이때, 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 좌원 편광과 우원 편광으로 정의할 수 있고, 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)이 진행하는 방향은 제1 편광격자(142)의 회절 특성에 따라 결정될 수 있다. 예를 들어 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 소정 각도를 기준으로 다른 방향으로 진행할 수 있으며, 제1 광(L_1)과 제2 광(L_2)이 진행하는 방향은 제1 편광격자(142)의 회절 특성에 따라 변경될 수 있다. 한편 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2) 각각 반대 방향의 원 편광 상태로 회절할 수 있다.
- [0055] 제1 편광격자(142)를 통과한 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제1 편광격자(142)와 이격된 제2 편광격자(144)를 통과할 수 있다. 제2 편광격자(144)를 통과하는 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제2 편광격자(144)의 회절특성으로 인해 회절이 발생할 수 있다. 이때, 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)에서 발생하는 회절에 의해 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제1 편광격자(142)로 입사된 광의 진행 방향과 평행한 방향을 가질 수 있다. 또한, 제2 편광격자(144)를 통과하는 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 회절에 의해 원래의 광의 회절 방향과 동일해질 수 있으며, 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2) 사이에는 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144) 사이의 거리와 편광격자의 회절 특성에 따른 층밀림이 발생할 수 있다.
- [0056] 광학 검출부(150)는 편광 카메라를 포함할 수 있고, 편광 카메라는 카메라 내부에 0도, 45도, 90도 및 135도의 투과축을 가지는 선형 편광기 배열이 설치되어 있기 때문에 2개의 원형 편광된 광들로부터 4개의 위상 천이된 간섭무늬를 한번에 획득할 수 있다.
- [0057] 또한, 광학 검출부(150)는 4개의 위상 천이된 간섭무늬로부터 제1 광(L_1)과 제2 광(L_2)의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하고, 연산된 위상을 이용하여 시편의 광학적 특징을 추정하도록 구성된 프로세서를 포함할 수 있다. 프로세서는 4개의 위상 천이된 간섭무늬로부터 제1 광과 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산할 수 있다. 센서로부터 측정된 위상을 이용하면 프로세서는 파면 복원 알고리즘을 통해 파면을 복원할 수 있고, 시편에 대한 광학적 특징을 결정할 수도 있다.
- [0058] 프로세서는 파면 측정 장치 전반적인 동작을 제어할 수도 있다. 구체적으로, 프로세서는 메모리를 포함하는 파면 측정 장치(10)의 구성과 연결되며, 메모리에 저장된 적어도 하나의 명령을 실행하여 파면 측정 장치(10)의 동작을 전반적으로 제어할 수 있다.
- [0059] 프로세서는 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 주문형 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit, ASIC), 임베디드 프로세서, 마이크로 프로세서, 하드웨어 컨트롤 로직, 하드웨어 유한 상태 기계(Hardware Finite State Machine, HFSM), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor, DSP) 중 적어도 하나로 구현될 수 있다.
- [0060] 프로세서는 일종의 중앙처리장치 또는 특정 디바이스를 위해 설계된 전용 프로세서로서, 메모리에 탑재된 제어 소프트웨어를 구동하여 파면 측정 장치(10) 전체의 동작을 제어할 수 있다. 특별히, 프로세서는 시편으로부터 반사되고 편광격자모듈을 통과하여 편광 카메라에서 수집된 4개의 위상 천이된 간섭무늬에 기초하여 시편의 광학적 특징을 결정하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0061] 프로세서는 데이터를 처리할 수 있는 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령어로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로써, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙 처리 장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0062] 메모리는 파면 측정 장치(10)의 동작 및 간섭무늬에 따라 시편의 광학적 특징을 결정하는데 필요한 각종 정보들을 저장하고, 파면 측정 장치(10)를 동작시킬 수 있는 제어 소프트웨어를 저장할 수 있는 것으로, 휘발성 또는 비휘발성 기록 매체를 포함할 수 있다.
- [0063] 메모리는 하나 이상의 프로세서와 연결되는 것으로, 프로세서에 의해 실행될 때, 프로세서로 하여금 파면 측정 장치(10)를 제어하도록 야기하는(cause) 코드들을 저장할 수 있다.
- [0064] 여기서, 메모리는 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포

함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다. 이러한 메모리는 내장 메모리 및/또는 외장 메모리를 포함할 수 있으며, DRAM, SRAM, 또는 SDRAM 등과 같은 휘발성 메모리, OTPROM (one time programmable ROM), PROM, EPROM, EEPROM, mask ROM, flash ROM, NAND 플래시 메모리, 또는 NOR 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, SSD, CF(compact flash) 카드, SD 카드, Micro-SD 카드, Mini-SD 카드, Xd 카드, 또는 메모리 스틱(memory stick) 등과 같은 플래시 드라이브, 또는 HDD와 같은 저장 장치를 포함할 수 있다.

- [0065] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 도 1의 편광격자모듈의 제1 편광격자를 통과하는 광이 가지는 특징을 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 도 1의 편광격자모듈의 제1 편광격자 및 제2 편광격자를 입사 및 통과하는 광의 층밀림 과정을 도시한 도면이며, 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치의 편광 카메라를 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치의 편광 카메라를 통해 측정된 위상 천이된 간섭 무늬를 도시한 도면이다.
- [0066] 도 2에 도시된 바와 같이 제1 편광격자(142)는 입사하는 광을 분할하고, 분할된 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)이 서로 다른 방향으로 진행시키는 구성이다. 이를 기초로, 편광기(120)에 의해 선형 편광된 광이 입사하는 경우 2개의 서로 반대 방향으로 회전하는 원형 편광된 광들로 분할될 수 있다.
- [0067] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 편광격자모듈(140)은 제1 편광격자(142) 이외에 제2 편광격자(144)를 포함할 수 있다. 구체적으로 도 3 및 앞서 설명한 바와 같이 제1 편광격자(142)를 통과하는 광은 2개의 광으로 배출될 수 있다(도 3의 (a) 참고). 배출된 2개의 광이 제2 편광격자(144)를 통과하면, 각각 제2 편광격자(144)의 회절 특징에 따라 제1 편광격자(142)에 입사하는 광의 방향과 평행한 방향으로 경로가 바뀐다.
- [0068] 즉, 편광기(120)를 통과하여 제1 편광격자(142)를 향하는 광의 회전 방향을 시계 반대 방향이라고 가정하면(도 3의 (b-1) 참고), 제1 편광격자(142)를 통과하는 제1 광(L_1)은 제1 편광격자(142)의 회절 특징에 따라 시계 방향으로 회전할 수 있다. 이후, 제1 광(L_1)이 제2 편광격자(144)를 통과하면 제1 광(L_1)은 시계 반대 방향으로 회전하며 진행하게 되어 제1 편광격자(142)를 향하는 광과 평행한 방향으로 진행할 수 있다.
- [0069] 이와 유사하게, 편광기(120)를 통과하여 제2 편광격자(144)를 향하는 광의 회전 방향을 시계 방향이라고 가정할 수 있다(도 3의 (b-2) 참고). 이때, 제2 편광격자(144)를 통과한 제2 광(L_2)은 시계 반대 방향으로 회전하게 되고, 제2 편광격자(144)를 통과하는 제2 광(L_2)은 시계 방향으로 회전하며 진행하게 된다.
- [0070] 즉, 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144)를 순차적으로 통과한 광은 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)으로 분할되고, 분할된 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 입사한 광의 진행 방향과 평행한 방향으로 진행할 수 있다. 이로써, 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144)는 측정 장치(10)로 입사하는 광의 층밀림 및 파면과 동일한 층밀림, 파면으로 배출되도록 광의 경로를 조절할 수 있는 것이다.
- [0071] 층밀림이 발생한 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144) 사이의 거리(d)와 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144)에서 발생하는 회절 각도(θ)만큼 층밀림 양이 발생할 수 있다. 이때 층밀림 양은 $2d \tan \theta$ 으로 계산될 수 있다.
- [0072] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 측정 장치를 통해 측정한 층밀림은 층밀림량이 두 편광격자 사이의 거리에 따라 변화할 수 있다. 따라서, 편광격자모듈(140)의 조건에 따라 층밀림을 계산할 수 있으며, 층밀림 계산을 위해 편광격자 사이 조절이 용이할 수 있다는 특징이 있다.
- [0073] 설명한 바와 같이 광학 검출부(150)는 편광격자모듈(140)을 통과한 광을 검출하는 구성이다. 구체적으로 편광격자모듈(140)의 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144)를 통과한 광은 서로 다른 방향의 원형 편광을 가지고 있다. 이러한 2개의 광을 통해 광학 검출부(150)는 4개의 위상 천이된 간섭무늬를 검출할 수 있다. 이를 위해 광학 검출부(150)는 편광 카메라로 구현될 수 있다.
- [0074] 즉, 층밀림이 발생한 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 서로 다른 방향의 원 편광 상태를 가지고, 편광 카메라에서 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)의 위상을 획득하는 경우, 편광 카메라의 0도, 45도, 90도 및 135도의 투과축을 가지는 선형 편광기 배열에 의해 4장의 위상이 천이된 간섭 신호를 동시에 획득할 수 있다.
- [0075] 이러한 위상이 천이된 간섭 신호들은 다음의 식을 이용하여 원래 광의 위상을 추출할 수 있다.

수학식 1

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{I_{45^\circ} - I_{135^\circ}}{I_{0^\circ} - I_{90^\circ}} \right)$$

[0076]

[0077]

도 4를 참고하면, 시편에서 반사된 선형 편광된 광은 편광격자모듈(140)의 제2 편광격자(144)를 통과하면서 2개의 원형 편광된 광으로 분리될 수 있다. 분리된 광은 제1 편광격자(142)를 통과하면서 서로 다른 방향으로 진행하고, 제2 편광격자(144)를 통과하면서 입사되는 방향과 평행한 방향으로 진행할 수 있다. 예를 들어, 편광 카메라 내부에 0도, 45도, 90도 및 135도에 해당하는 투과축을 가지는 선형 편광기가 배열되도록 구성되기 때문에 편광격자모듈(140)을 통과한 2개의 원형 편광된 광들로부터 4개의 위상이 천이된 간섭무늬를 한번에 획득할 수 있게 된다.

[0078]

한편, 측정 물체로부터 반사된 파면을 복원하기 위해 x, y 두 방향으로 층밀림된 위상 정보가 필요하다. 이를 위해 제1 편광격자(142)와 제2 편광격자(144)를 회전시키고, x, y 두 방향에서의 간섭 신호를 획득하여 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)의 층밀림 위상을 획득할 수 있다.

[0079]

예를 들어, 제1 편광격자(142)와 제2 편광격자(144)는 90도, 135도 회전할 수 있으며, 제1 편광격자(142)가 90도 회전하는 경우 제2 편광격자(144)는 45도 회전할 수 있고, 제1 편광격자(142)가 135도 회전하는 경우 제2 편광격자(144)는 회전 없이 층밀림 위상을 획득할 수 있다. 이러한 제1 편광격자(142)와 제2 편광격자(144)가 회전하는 각도는 조건에 따라 변경될 수 있다.

[0080]

이후 측정된 x, y 두 방향의 층밀림 위상으로부터 적분법을 적용하면 원래의 파면을 복원할 수 있다.

[0082]

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 측정 방법을 이용하여 광의 파면을 측정하는 과정을 도시한 흐름도이다.

[0083]

도면을 참고하면, 광을 발생시키는 광원(110)을 통해 광학 부품, 공간 등 다양한 사물에 입사할 수 있다. 입사되는 광은 편광기(120)를 통해 선형 편광될 수 있다(단계 S110).

[0084]

선형 편광이 정의된 광은 광 분할기(130)로 입사된다. 구체적으로, 광 분할기(130)로 입사된 광은 시편에 반사된 후 광 분할기(130)로 재 입사할 수 있다(단계 S120).

[0085]

예컨대, 광 분할기(130)는 광원(110)에서 입사한 광을 시편으로 반사할 수 있으며, 반사된 광은 다시 광 분할기(130)로 입사하는 것이다. 이렇게 입사한 광은 광 분할기(130)를 투과하여 편광격자모듈(140)을 통과하게 된다.

[0086]

재 입사된 광은 편광격자모듈(140)을 통과하게 된다. 구체적으로, 시편을 통해 되돌아온 광이 광 분할기(130)를 통해 투과되면 제1 편광격자(142)를 통과할 수 있다. 이때, 제1 편광격자(142)를 통과한 광은 서로 다른 방향을 가지는 제1 광(L_1)과 제2 광(L_2)으로 분할될 수 있다(단계 S130).

[0087]

분할된 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 소정 각도를 기준으로 다른 방향으로 진행할 수 있으며, 제1 광(L_1)과 제2 광(L_2)이 진행하는 방향은 제1 편광격자(142)의 회절 특성에 따라 변경될 수 있다.

[0088]

이후, 제1 편광격자(142)를 통과한 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제1 편광격자(142)와 이격된 제2 편광격자(144)를 통과할 수 있다(단계 S140). 제2 편광격자(144)를 통과하는 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제2 편광격자(144)의 회절특성으로 인해 회절이 발생할 수 있다. 이때, 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)에서 발생하는 회절에 의해 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 제1 편광격자(142)로 입사된 광의 진행 방향과 평행한 방향을 가질 수 있다. 또한, 제2 편광격자(144)를 통과하는 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2)은 회절에 의해 원래의 광의 회전 방향과 동일해질 수 있다.

[0089]

이와 같이 제2 편광격자(144)를 통과한 제1 광(L_1) 및 제2 광(L_2) 사이에는 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144) 사이의 거리와 편광격자의 회절 특성에 따른 층밀림이 발생할 수 있다.

[0090]

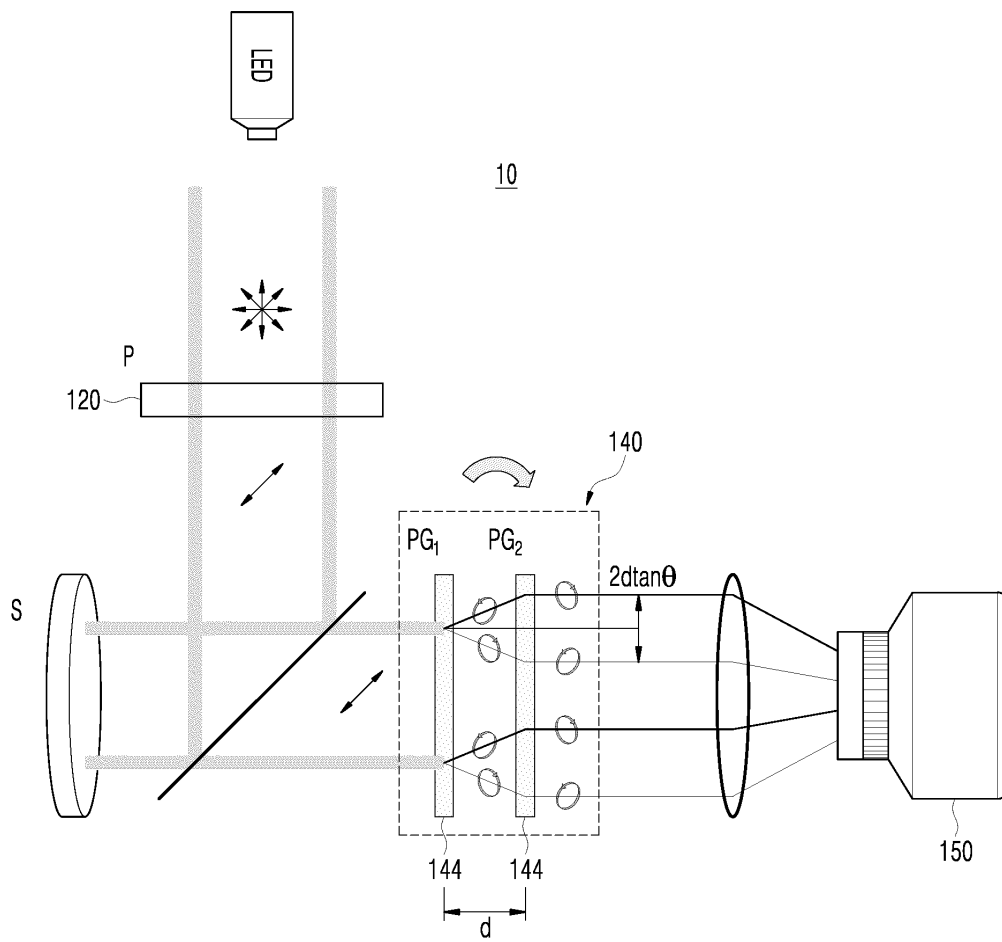
결국, 편광격자모듈(140)을 통과한 2개의 광은 입사한 파면과 평행하지만 층밀림이 발생하도록 배출되게 된다(도 3 (b-1), (b-2) 참고). 즉, 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144)는 측정 장치(10)로 입사하는 광의 층

밀립 및 파면과 동일한 층밀립, 파면으로 배출되도록 광의 경로를 조절할 수 있는 것이다.

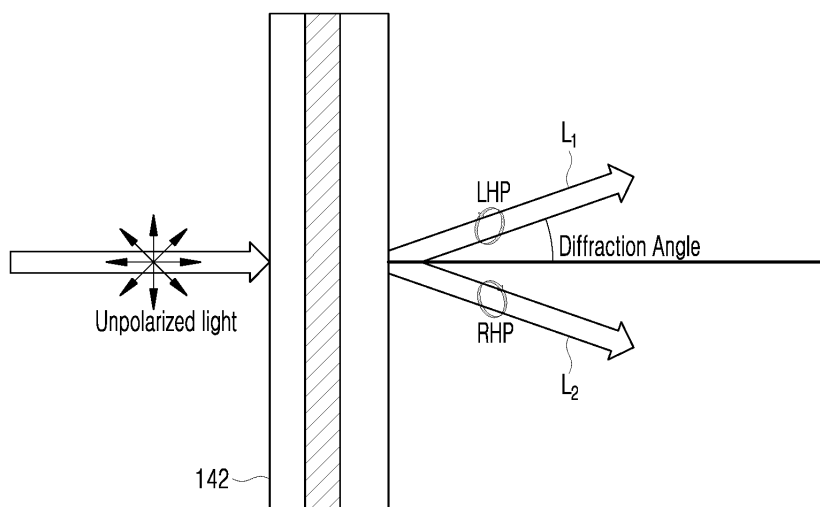
- [0091] 제1 편광격자(142) 및 제2 편광격자(144)를 통과한 광은 광학 검출부(150)로 입사하고, 입사한 광을 통해 제1 광원 및 제 2광원의 파면 편차를 검출할 수 있다(단계 S150).
- [0092] 구체적으로, 광학 검출부(150)는 편광격자모듈(140)을 통과한 광을 검출하는 구성이다. 이때, 편광격자모듈(140)을 통과한 광은 서로 다른 방향의 원형 편광을 가지고 있다. 이러한 2개의 광을 통해 광학 검출부(150)는 4개의 위상 천이된 간섭무늬를 검출할 수 있다.
- [0093] 검출된 위상 천이된 간섭무늬는 위상 천이 알고리즘을 이용하여 위해 제1 광원 및 제2 광원의 파면 사이의 위상식을 계산할 수 있고, 계산된 식을 기초로 제1 광원 및 제2 광원 위상 천이 정도를 결정할 수 있다.
- [0094] 이와 같이 두 개의 편광격자 중 하나의 편광격자를 이용하여 입사한 광이 다른 방향으로 진행하는 2개의 광으로 배출되도록 한다. 이후, 다른 하나의 편광격자를 이용하여 배출된 2 개의 광을 배출하도록 하여 배출된 2개의 광은 입사한 원래의 광과 평행한 방향이 되도록 한다.
- [0095] 그리고 2 개의 편광격자를 통해 x, y 두 방향의 층밀립 위상을 획득하여 측정 물체로부터 반사된 파면을 복원할 수 있게 된다.
- [0096] 또한, 배출된 2개의 광이 편광 카메라를 통과함에 따라 4개의 위상 천이된 간섭무늬를 추출할 수 있도록 한다. 이때, 편광 카메라 내부에 0도, 45도, 90도 및 135도를 가지는 선형 편광기가 배열되기 때문에 2개의 광으로부터 4개의 위상 천이된 간섭무늬를 한번에 획득할 수 있는 것이다.
- [0097] 상술된 파면 측정 장치를 이용하여 파면을 측정하기 위한 측정 방법은, 상술된 바에 따라 시편에서 반사되고 광 분할기를 통과하고 편광격자모듈을 통과하여 편광 카메라를 통해 획득되는 4개의 위상 천이된 간섭무늬로부터 상기 제1 광과 상기 제2 광의 파면의 차이에 해당하는 위상을 연산하는 단계, 및 연산된 위상을 이용하여 상기 시편의 광학적 특징을 추정하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방법은 상술된 프로세서에 의해 수행되는 방법일 수 있다.
- [0098] 이로써, 평면파에서 벗어난 광의 파면을 계산할 수 있으면서, 소형의 편광격자를 이용하여 광의 파면을 측정할 수 있게 되어 광의 파면을 측정하는데 필요한 작업 효율이 향상될 수 있다.
- [0099] 이상 설명된 본 발명의 실시 예에 대한 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0100] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

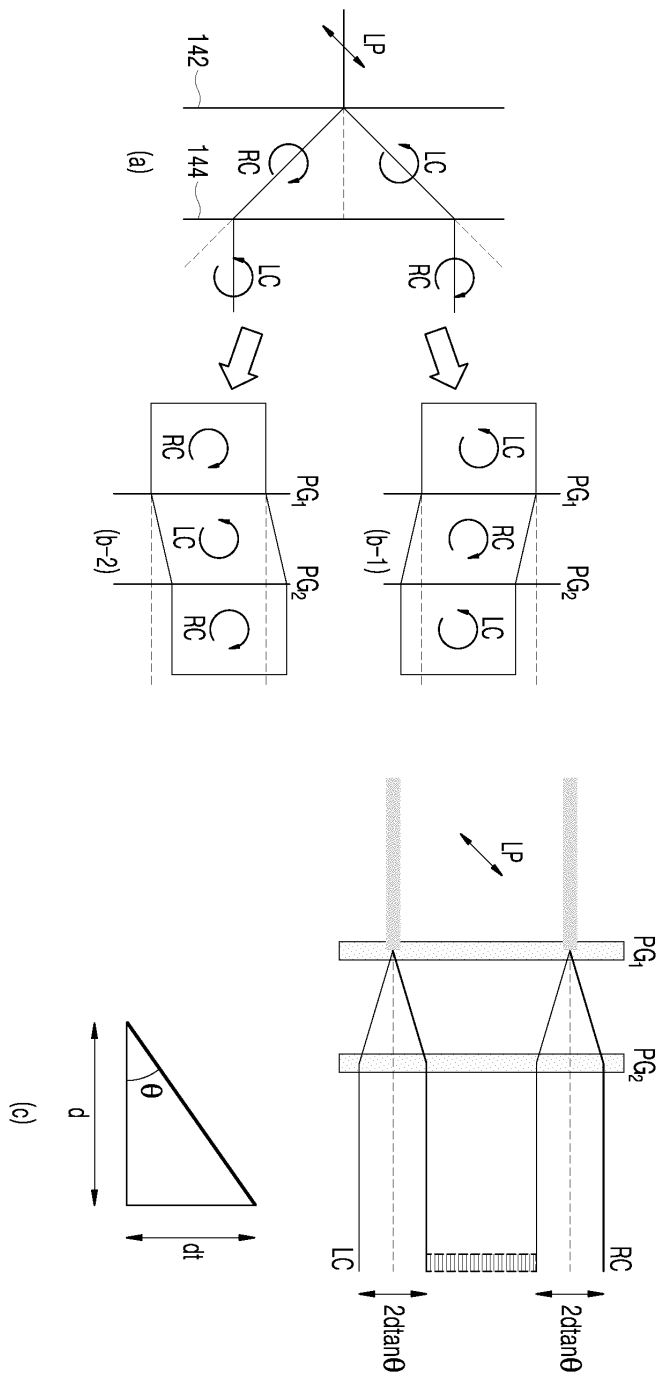
도면1



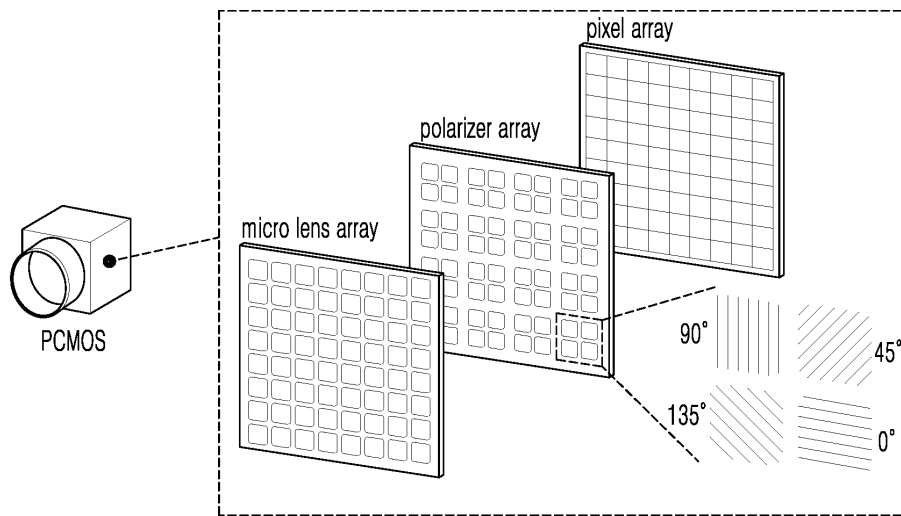
도면2



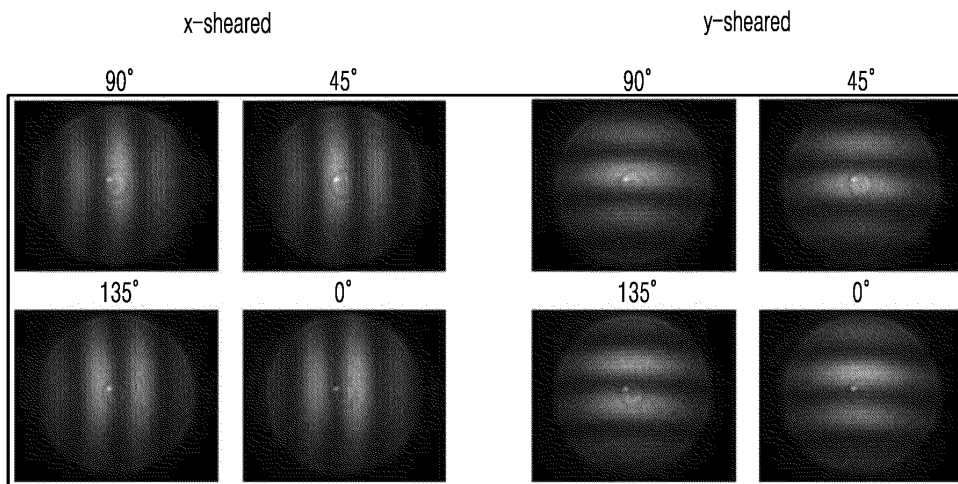
도면3



도면4



도면5



도면6

