



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월26일  
(11) 등록번호 10-2699398  
(24) 등록일자 2024년08월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01B 11/24 (2006.01) G01B 11/25 (2006.01)  
G01B 9/02 (2022.01) G01N 21/956 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01B 11/2441 (2013.01)  
G01B 11/25 (2021.01)  
(21) 출원번호 10-2022-7014820  
(22) 출원일자(국제) 2020년09월30일  
심사청구일자 2023년08월11일  
(85) 번역문제출일자 2022년05월02일  
(65) 공개번호 10-2022-0073821  
(43) 공개일자 2022년06월03일  
(86) 국제출원번호 PCT/IL2020/051062  
(87) 국제공개번호 WO 2021/070174  
국제공개일자 2021년04월15일  
(30) 우선권주장  
62/911,279 2019년10월06일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20080266547 A1\*  
US20120069326 A1\*  
US20190128823 A1\*  
WO2017041840 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
오르보테크 엘티디.  
이스라엘 야브네 피.오. 박스 215 (우: 8110101)  
(72) 발명자  
오론 램  
이스라엘 7406483 네스 치오나 식민 스트리트 7에  
이  
티다르 길  
이스라엘 7179902 모디인-마카빔 레우트 기바앗  
할레보나 스트리트 55  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 43 항

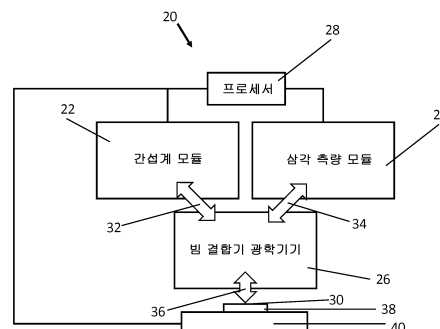
심사관 : 한동기

## (54) 발명의 명칭 하이브리드 3D 검사 시스템

## (57) 요약

광학 검사 장치는, 코히어런트 광의 빔을 검사 중인 영역을 향해 지향시키고, 그 영역의 간섭 프린지들의 제1 이미지를 생성하도록 구성된 간섭계 모듈을 포함한다. 이 장치는 구조형 광의 패턴을 검사 중인 영역 상으로 투사하도록 구성된 삼각 측량 모듈, 및 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 적어도 하나의 이미지 센서를 또한 포함한다. 빔 결합기 광학기기는 코히어런트 광의 빔 및 투사된 패턴을 검사 중인 영역 상의 동일한 위치에 부딪치게끔 지향시키도록 구성된다. 프로세서는 검사 중인 영역의 3D 맵을 생성하기 위해 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하도록 구성된다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01B 9/02** (2022.01)

**G01N 21/95684** (2013.01)

(72) 발명자

**롯스키 일리아**

이스라엘 4445106 크파르 사바 임바르 스트리트 6

**폴란 하니나**

이스라엘 7531926 리손 레지온 노르다우 스트리트  
61

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 검사 장치에 있어서,

코히어런트 광(coherent light)의 빔을 검사 중인 영역을 향해 지향시키고, 상기 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하며, 상기 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지(interference fringe)들의 제1 이미지를 생성하도록 구성된 간섭계(interferometer) 모듈;

구조형(structured) 광의 패턴을 상기 검사 중인 영역 상으로 투사하도록 구성된 투사기를 포함하는 삼각 측량 모듈;

상기 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 상기 패턴의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 적어도 하나의 이미지 센서;

상기 코히어런트 광의 빔을 상기 검사 중인 영역 상의 위치 상에 부딪치게끔 제1 입사각으로 제1 광학 축을 따라 지향시키고, 상기 투사된 패턴을 상기 위치 상에 부딪치게끔 상기 제1 입사각과는 상이한 제2 입사각으로 제2 광학 축을 따라 지향시키도록 구성된 빔 결합기 광학기기; 및

상기 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3차원(3D) 측정치들을 추출하기 위해 상기 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하고, 상기 영역의 3D 맵을 생성하기 위해 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성된 프로세서

를 포함하고,

상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 것은, 상기 제2의 3D 측정치를 이용하여 상기 제1의 3D 측정치를 언래핑(unwrapping)하는 것을 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 검사 중인 영역에 걸쳐 상기 제1 및 제2 광학 축들을 병진이동(translate)시키도록 구성된 스캐닝 매커니즘을 포함하는, 광학 검사 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위에 의해 특징지어지는 한편, 상기 제2의 3D 측정치는 상기 제1 해상도보다 더 조악한 제2 해상도 및 상기 제1 모호성 범위보다 더 큰 제2 모호성 범위에 의해 특징지어지며, 상기 프로세서는 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성됨으로써, 상기 3D 맵이 상기 영역을 상기 제2 모호성 범위에 걸쳐서 상기 제1 해상도로 나타내도록 하는 것인, 광학 검사 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 입사각은 상기 검사 중인 영역의 표면에 대해 수직인 한편, 상기 제2 입사각은 비스듬한 것인, 광학 검사 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 코히어런트 광의 빔과 상기 투사된 패턴 둘 다를 상기 위치 상으로 지향시키도록 구성된 대물 렌즈를 포함하며, 상기 대물 렌즈의 개구수(numerical aperture)는 상기 간섭계 모듈에 이용되는 중앙부 및 상기 삼각 측량

모듈에 이용되는 주변부를 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 적어도 하나의 이미지 센서는 상기 제1 이미지를 캡처하도록 배치된 제1 이미지 센서 및 상기 제2 이미지를 캡처하도록 배치된 제2 이미지 센서를 포함하며, 상기 빔 결합기 광학기기는 또한 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴을 상기 제2 입사각에 대응하는 비스듬한 발사각을 따라 상기 제2 이미지 센서를 향하여 지향시키도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 삼각 측량 모듈은 상기 검사 중인 영역으로부터의 두 개의 빔들을 상이한 각각의 각도로 지향시켜서 상기 적어도 하나의 이미지 센서 상에 상기 패턴의 각각의 이미지들을 형성하도록 구성되고, 상기 프로세서는 상기 3D 맵을 생성하기 위해 각각의 이미지들을 함께 프로세싱하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 삼각 측량 모듈은, 상기 반사된 패턴을 가로막도록 배치되며 두 개의 빔들을 상이한 각각의 각도로 상기 적어도 하나의 이미지 센서를 향해 지향시키는 두 개의 개구(aperture)들을 포함하는 개구판을 포함하고, 상기 반사된 패턴을 수신하여 상기 적어도 하나의 이미지 센서를 향해 지향시키도록 구성된 대물 렌즈를 더 포함하고, 상기 삼각 측량 모듈은, 상기 개구판을 상기 대물 렌즈의 사출 동공(exit pupil) 상에 이미징하며, 상기 두 개의 빔들을 각각 상기 두 개의 개구들을 통해 지향시키도록 구성된 더블-웨지(double-wedge)를 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 빔 결합기 광학기기는, 상기 코히어런트 광의 빔 및 상기 투사된 패턴을 상기 제1 및 제2 입사각으로 상기 위치를 향해 지향시키기 위하여 상기 코히어런트 광의 빔 및 상기 투사된 패턴 중, 적어도 하나를 반사하도록 구성된 복수의 광학 프리즘들을 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 프로세서는, 제1 참조에 대한 상기 제1 이미지 내의 상기 간섭 프린지들의 제1 변위를 측정함으로써 제1의 3D 측정을 하고, 제2 참조에 대한 상기 제2 이미지 내의 상기 구조형 광의 패턴의 제2 변위를 측정함으로써 제2의 3D 측정을 하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은 상기 코히어런트 광을 방출하도록 구성된 광원을 포함하고, 상기 적어도 하나의 이미지 센서는 상기 간섭 프린지들의 제1 이미지를 캡처하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 이미지 센서는 상기 검사 중인 영역의 2차원(2D) 이미지를 캡처하도록 구성되며, 상기 프로세서는, 상기 영역에 있는 하나 이상의 물체를 식별하기 위하여 상기 2D 이미지를 분할 및 분석하고, 하나 이상의 식별된 물체의 높이를 측정할 때 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 13

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 이미지 센서는, 상기 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지 둘 다를 캡처하도록 구성된 단일 이미지 센서를 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제2 입사각에 대응하는 비스듬한 발사각을 따라 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제3 이미지를 캡처하도록 구성된 추가 이미지 센서를 더 포함하며, 상기 프로세서는 상기 검사 중인 영역의 추가 3D 측정을 하기 위해 상기 제3 이미지를 프로세싱하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 15

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은 자기-참조 디지털 홀로그래피에 의해 상기 제1 이미지를 생성하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 16

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은, 상이한 조명 조건을 가진 상기 코히어런트 광의 두 개의 빔들을 상기 검사 중인 영역 상에 부딪히도록 지향시킴으로써 상기 제1 이미지를 생성하도록 구성되며, 상기 빔들 중 하나는 상기 참조 빔으로서 역할을 하는 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 17

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은 빔의 광학적 조작에 의해 상기 코히어런트 광의 빔으로부터 상기 참조 빔을 유도하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 18

제1항에 있어서,

상기 삼각 측량 모듈은, 상기 제2 이미지에서의 정반사 및 난반사의 상대적 세기를 조정하기 위하여 상기 투사된 패턴의 편광 상태를 변경하도록 구성된 적어도 하나의 회전 가능한 편광기를 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 19

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은 디지털 홀로그래픽 방법을 사용하여 상기 제1 이미지를 캡처하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 20

제1항에 있어서,

상기 삼각 측량 모듈은 스캐닝-위상 시프트 방법(scanning-phase shift method; SPSM)을 사용하여 상기 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

### 청구항 21

광학 검사 장치에 있어서,

코히어런트 광의 빔을 검사 중인 영역 상에 부딪히도록 제1 광학 축을 따라 지향시키고, 상기 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하며, 상기 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 생성하도록 구성된 간섭계 모듈;

구조형 광의 패턴을 상기 검사 중인 영역 상에 부딪치게끔 제2 광학 축을 따라 투사하도록 구성된 투사기를 포함하는 삼각 측량 모듈;

상기 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 상기 패턴의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 적어도 하나의 이미지 센서;

상기 검사 중인 영역에 걸쳐 상기 제1 및 제2 광학 축들을 상호 정합(mutual registration)된 상태로 병진이동시키도록 구성된 스캐닝 매커니즘; 및

상기 제1 및 제2 광학 축들이 상기 검사 중인 영역 내의 위치들 상에 연속하여 부딪치게 하도록 상기 스캐닝 매커니즘을 구동하고, 상기 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3차원(3D) 측정치들을 추출하기 위하여 상기 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하며, 상기 영역의 3D 맵을 생성하기 위하여 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성된 프로세서

를 포함하고,

상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 것은, 상기 제2의 3D 측정치를 이용하여 상기 제1의 3D 측정치를 언래핑(unwrapping)하는 것을 포함하는 것인, 광학 검사 장치.

## 청구항 22

광학 검사를 위한 방법에 있어서,

코히어런트 광의 빔을 검사 중인 영역을 향해 지향시키고, 상기 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하며, 상기 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 캡처하는 단계;

구조형 광의 패턴을 상기 검사 중인 영역 상으로 투사하고, 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지를 캡처하는 단계;

상기 코히어런트 광의 빔을 상기 검사 중인 영역 상의 위치 상에 부딪치게끔 제1 입사각으로 제1 광학 축을 따라 지향시키고, 상기 투사된 패턴을 상기 위치 상에 부딪치게끔 상기 제1 입사각과는 상이한 제2 입사각으로 제2 광학 축을 따라 지향시키도록 빔 결합기 광학기기를 배치하는 단계;

상기 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3차원(3D) 측정치들을 추출하기 위하여 상기 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하는 단계; 및

상기 영역의 3D 맵을 생성하기 위하여 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계

를 포함하고,

상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는, 상기 제2의 3D 측정치를 이용하여 상기 제1의 3D 측정치를 언래핑(unwrapping)하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

## 청구항 23

제22항에 있어서,

상기 검사 중인 영역에 걸쳐 상기 제1 및 제2 광학 축들을 스캐닝하는 단계를 더 포함하는, 광학 검사를 위한 방법.

## 청구항 24

제22항에 있어서,

상기 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위에 의해 특징지어지는 한편, 상기 제2의 3D 측정치는 상기 제1 해상도보다 더 조악한 제2 해상도 및 상기 제1 모호성 범위보다 더 큰 제2 모호성 범위에 의해 특징지어지며, 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는 상기 영역을 상기 제2 모호성 범위에 걸쳐서 상기 제1 해상도로 나타내도록 상기 3D 맵을 생성하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 25

제22항에 있어서,

상기 제1 입사각은 상기 검사 중인 영역의 표면에 대해 수직인 한편, 상기 제2 입사각은 비스듬한 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 26

제25항에 있어서,

상기 코히어런트 광의 빔을 지향시키는 것은 대물 렌즈의 개구수의 중앙부를 통해 상기 위치 상으로 상기 빔을 집속시키는 것을 포함하고, 상기 패턴을 투사하는 것은 상기 대물 렌즈의 개구수의 주변부를 통해 상기 위치 상으로 상기 투사된 패턴을 집속시키는 것을 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 27

제22항에 있어서,

상기 제2 이미지를 캡처하는 단계는 상기 검사 중인 영역으로부터의 두 개의 빔들을 상이한 각각의 각도로 지향시켜서 패턴의 각각의 이미지들을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하는 단계는 상기 제2의 3D 측정치를 추출하기 위해 상기 각각의 이미지들을 함께 프로세싱하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 28

제27항에 있어서,

상기 두 개의 빔들을 지향시키는 것은, 상기 반사된 패턴을 가로막으며 상기 두 개의 빔들을 상기 상이한 각각의 각도로 적어도 하나의 이미지 센서를 향해 지향시키도록 두 개의 개구들을 배치하는 것을 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 29

제27항에 있어서,

상기 두 개의 빔들을 지향시키는 것은,

상기 반사된 패턴을 수신하여 적어도 하나의 이미지 센서를 향해 지향시키도록 대물 렌즈를 배치하는 것 - 상기 대물 렌즈의 사출 동공(exit pupil) 상으로 개구들이 이미징됨 -, 및

상기 두 개의 빔들을 각각 두 개의 개구들을 통해 지향시키도록 더블-웨지를 배치하는 것을 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 30

제25항에 있어서,

상기 빔 결합기 광학기기는 또한 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴을 상기 제2 입사각에 대응하는 비스듬한 발사각을 따라, 상기 제2 이미지를 캡처하는 이미지 센서를 향하여 지향시키도록 구성된 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 31

제22항에 있어서,

상기 빔 결합기 광학기기는, 상기 코히어런트 광의 빔 및 상기 투사된 패턴을 상기 제1 및 제2 입사각으로 상기 위치를 향해 지향시키기 위하여 상기 코히어런트 광의 빔 및 상기 투사된 패턴 중, 적어도 하나를 반사하도록 구성된 복수의 광학 프리즘들을 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 32

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 프로세싱하는 단계는 제1 참조에 대한 상기 제1 이미지 내의 간섭 프린지들의 제1 변위를 측정하는 단계를 포함하는 한편, 상기 제2 이미지를 프로세싱하는 단계는 제2 참조에 대한 상기 제2 이미지 내의 구조형 광의 패턴의 제2 변위를 측정하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 33

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는 간섭계 모듈 내의 이미지 센서 상에 간섭 프린지들을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 34

제33항에 있어서,

상기 이미지 센서를 사용하여, 상기 검사 중인 영역의 2차원(2D) 이미지를 캡처하는 단계를 더 포함하며, 상기 영역에 있는 하나 이상의 물체를 식별하기 위하여 상기 2D 이미지를 분할 및 분석하는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는 상기 하나 이상의 식별된 물체의 높이를 측정할 때 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 35

제33항에 있어서,

상기 이미지 센서는, 상기 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지 둘 다를 캡처하도록 구성된 단일 이미지 센서를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 36

제35항에 있어서,

상기 제2 입사각에 대응하는 비스듬한 발사각을 따라 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제3 이미지를 캡처하며, 상기 검사 중인 영역의 추가 3D 측정을 하기 위해 상기 제3 이미지를 프로세싱하는 단계를 더 포함하는, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 37

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는 자기-참조 디지털 홀로그래피에 의해 상기 제1 이미지를 생성하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 38

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는, 상이한 조명 조건을 가진 상기 코히어런트 광의 두 개의 빔들을 상기 검사 중인 영역 상에 부딪히도록 지향시킴으로써 상기 제1 이미지를 생성하는 단계를 포함하며, 상기 빔들 중 하나는 상기 참조 빔으로서 역할을 하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 39

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는, 빔의 광학적 조작에 의해 상기 코히어런트 광의 빔으로부터 상기 참조 빔을 유도하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 40

제35항에 있어서,

상기 패턴을 투사하는 단계는, 상기 제2 이미지에서의 정반사 및 난반사의 상대적 세기를 조정하기 위하여 상기 투사된 패턴의 편광 상태를 변경하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 41

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는, 상기 검사 중인 영역에 디지털 홀로그래픽 방법을 적용하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 42

제22항에 있어서,

상기 제2 이미지를 캡처하는 단계는, 상기 검사 중인 영역에 스캐닝-위상 시프트 방법(SPSM)을 적용하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 43

광학 검사를 위한 방법에 있어서,

코히어런트 광의 빔을 검사 중인 영역에 부딪히도록 제1 광학 축을 따라 지향시키고, 상기 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하며, 상기 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 캡처하는 단계;

구조형 광의 패턴을 상기 검사 중인 영역에 부딪히도록 제2 광학 축을 따라 투사하고, 상기 검사 중인 영역으로부터 반사되는 상기 패턴의 제2 이미지를 캡처하는 단계;

상기 제1 및 제2 광학 축들이 상기 검사 중인 영역 내의 위치들 상에 연속하여 부딪치게 하도록 상기 검사 중인 영역에 걸쳐서 상기 제1 및 제2 광학 축들을 상호 정합된 상태로 병진이동시키는 단계;

상기 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3차원(3D) 측정치들을 추출하기 위하여 상기 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하는 단계; 및

상기 영역의 3D 맵을 생성하기 위하여 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계

를 포함하고,

상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는, 상기 제2의 3D 측정치를 이용하여 상기 제1의 3D 측정치를 언래핑(unwrapping)하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

#### 청구항 44

삭제

#### 청구항 45

삭제

#### 청구항 46

삭제

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 본 명세서에 참조로 병합되며 2019년 10월 6일에 출원된 미국 가특허출원 제62/911,279호에 대하여 우선권을 주장한다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 광학 디바이스에 관한 것이며, 특히 검사 및 계측 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0003] 인쇄 회로 기판, 디스플레이 패널, 및 집적 회로와 같은 워크피스(workpiece)의 생산 공정에서, 워크피스는 보통 회로 기판의 피쳐들의 3차원(3D) 지형(topography)을 측정하도록 구성된 검사 시스템에 의해 검사된다. 여러 측정 방법들이 적절한 광학 시스템을 이용하여 실현될 수 있다. 이들 방법들 중 두 가지는 삼각 측량법 및 간섭 측정법이다.
- [0004] 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는 용어들인 "광학", "광" 및 "조명"은 일반적으로 가시광선, 적외선, 및 자외선 복사 중 어느 하나 또는 모두를 지칭한다.
- [0005] 몇몇 삼각 측량법들은 광의 패턴, 예컨대, 조명의 평행선들(프린지(fringe)들)의 패턴을 검사 중인 영역 상으로 투사한다. 검사 중인 영역으로부터 정반사 또는 난반사되는 투사된 패턴의 2차원(2D) 이미지를 관찰함으로써, 해당 영역의 국부적 지형 변화에 대응하는 패턴의 국부적 시프트(shift)를 볼 수 있다. 이러한 유형의 방법에 관한 일 예시는 위상 시프트 방법이며, 이는 정적 투사 프린지들 및 해당 영역을 가로질러 스캐닝되는 프린지들(스캐닝 위상-시프트 방법(SPSM; scanning phase-shift method)) 양자 모두를 이용하여 구현될 수 있다. SPSM에서, 투사된 프린지들은 주기적 강도 패턴을 갖는다. 투사된 프린지 패턴은 프린지들을 가로지르는 방향으로 연속적인 단계들로 시프트되며, 이 때, 사인과 모양으로 변화하는 프린지들이 이용될 경우 일반적인 단계 크기는 프린지 주기의 4분의 1이다. 대안으로, 다른 주기적 패턴들이 이용될 수 있다. 예컨대, 프린지들 전체에 걸쳐서 사다리꼴(trapezoidal) 변형을 갖는 프린지들은 매 주기당 2개의 단계들로 고도(height) 정보를 추출하는 것을 가능하게 하나, 정확도는 떨어진다. 사인과 모양의 프린지들과 프린지 주기 전체에 걸친 다수의 단계들의 조합은, 국부적 프린지 시프트로부터 측정되는 해당 영역의 지형이 0.5 마이크론의 정확도로 측정될 수 있도록 한다.
- [0006] 삼각 측량법은 모호하지 않은 측정 결과로 수십 또는 수백 마이크론의 지형 변형들을 측정할 수 있지만, 후술하는 바와 같이 일반적으로 간섭 측정법의 해상도에는 이르지 못한다.
- [0007] 간섭 측정법은 코히어런트 광(coherent light)으로 검사 중인 영역을 조명하고, 검사 중인 영역으로부터 반사되는 광이 조명의 영향을 받지 않은 부분을 간섭하도록 지향시키며(소위, 간섭 빔), 간섭 패턴으로부터 3D 지형을 추론한다. 간섭 측정법은 정적 또는 동적일 수 있다. 정적 방법에서, 하나의 간섭 패턴이 획득되어 참조 패턴과 비교된다. 정적 간섭 측정법에 관한 일 예시는 미국 특허출원 공개번호 제2017/0003650호에 설명된 디지털 홀로그래픽 방법이다. 동적 방법에서, 해당 영역으로부터 반사되는 광과 참조 빔 사이의 상대적인 위상이 동적으로 변화하여, 그 결과 다수의 간섭 패턴들을 야기하며, 이들 패턴들은 고정된 참조 시간에서의 패턴과 비교된다. 간섭 측정법은 50nm 이하의 수직 해상도를 달성할 수 있다. 그러나, 코히어런트 조명을 형성하는 광학파의 주기적 반복으로 인해, 측정 결과 또한 (반사 광에 대하여)  $\lambda/2$ 의 주기로 주기적으로 반복되며, 여기에서  $\lambda$ 는 조명의 파장을 의미한다. 따라서, 소위 모호성 범위  $\Delta h$  밖에서는 결과가 모호하다. 단일-파장 작용에 대하여,  $\Delta h = \lambda/2$  이다. 간섭 측정법의 모호성 범위는 상이한 파장  $\lambda_1$  및  $\lambda_2$ 를 가진 2개의 레이저들을 채택함으로써 더 넓어질 수 있다. 이러한 경우에, 모호성 범위는  $\Delta h = (\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_1 - \lambda_2)$ 가 될 것이다. 파장에 따라, 5  $\mu\text{m}$ 와 15  $\mu\text{m}$  사이의 모호성 범위가 이와 같이 달성될 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 이하에서 설명되는 본 발명의 실시예들은 개선된 광학 검사 시스템 및 검사를 위한 방법을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따라, 코히어런트 광의 빔을 검사 중인 영역을 향해 지향시키고, 그 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하며, 반사된 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지(fringe)들의 제1 이미지를 생성하도록 구성된 간섭계 모듈을 포함하는 광학 검사 장치가 제공된다. 장치는 구조형(structured) 광의 패턴을 검사 중인 영역 상으로 투사하도록 구성된 투사기를 포함하는 삼각 측량 모듈, 및 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 적어도 하나의 이미지 센서를 더 포함한다. 빔 결합기 광학기기는 코히어런트 광의 빔을 제1 입사각으로 제1 광학 축을 따라 검사 중인 영역 상의 위치에 부딪치게끔 지향시키고, 투사된 패턴을 제1 입사각과는 상이한 제2 입사각으로 제2 광학 축을 따라 그 위치에 부딪치게끔 지향시키도록 구성된다. 프로세서는 검사 중인 영역에 관한 각각의 제1 및 제2의 3-차원(3D) 측정치들을 추출하기 위해 제1 및 제2 이미지들을 프로세싱하고, 그 영역의 3D 맵을 생성하기 위해 제1 및

제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성된다.

- [0010] 개시된 실시예에서, 장치는 검사 중인 영역에 걸쳐 제1 및 제2 광학 축들을 병진이동(translate)시키도록 구성된 스캐닝 매커니즘을 포함한다.
- [0011] 일 실시예에서, 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위를 특징으로 하는 한편, 제2의 3D 측정치는 제1 해상도 보다 더 조악한 제2 해상도 및 제1 모호성 범위 보다 더 큰 제2 모호성 범위를 특징으로 하며, 프로세서는 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성됨으로써, 3D 맵이 그 영역을 제2 모호성 범위에 걸쳐서 제1 해상도로 나타내도록 한다.
- [0012] 다른 실시예에서, 제1 입사각은 검사 중인 영역의 표면에 대해 수직인 한편, 제2 입사각은 비스듬한 각도이다.
- [0013] 또 다른 실시예에서, 장치는 코히어런트 광의 빔과 투사된 패턴 양자 모두를 그 위치 상으로 지향시키도록 구성된 대물 렌즈를 또한 포함하며, 여기에서 대물 렌즈의 개구수는 간접계 모듈에 이용되는 중앙부 및 삼각 측량 모듈에 이용되는 주변부를 포함한다.
- [0014] 또 다른 실시예에서, 적어도 하나의 이미지 센서는 제1 이미지를 캡처하도록 배치된 제1 이미지 센서 및 제2 이미지를 캡처하도록 배치된 제2 이미지 센서를 포함하며, 빔 결합기 광학기기는 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴을 제2 입사각에 대응하는 비스듬한 발사각을 따라 제2 이미지 센서를 향하여 지향시키도록 또한 구성된다.
- [0015] 개시된 실시예에서, 삼각 측량 모듈은 검사 중인 영역으로부터의 두 개의 빔들을 상이한 개별 각도로 지향시켜서 적어도 하나의 이미지 센서 상에 개별 패턴 이미지를 형성하도록 구성되고, 프로세서는 3D 맵을 생성하기 위해 개별 이미지들을 함께 프로세싱하도록 구성된다.
- [0016] 다른 실시예에서, 삼각 측량 모듈은, 반사된 패턴을 가로막도록 배치되며 두 개의 빔들을 상이한 개별 각도로 적어도 하나의 이미지 센서를 향해 지향시키는 두 개의 개구들을 포함하는 개구판을 포함한다.
- [0017] 또 다른 실시예에서, 장치는 반사된 패턴을 수신하여 적어도 하나의 이미지 센서를 향해 지향시키도록 구성된 대물 렌즈를 포함하며, 여기에서, 삼각 측량 모듈은 개구판을 대물 렌즈의 사출 동공(exit pupil) 상에 이미징하며 두 개의 빔들을 각각 두 개의 개구들을 통과하게끔 지향시키도록 구성된 더블-웨지(double-wedge)를 포함한다.
- [0018] 개시된 실시예에서, 빔 결합기 광학기기는 코히어런트 광의 빔 및 투사된 패턴을 제1 및 제2 입사각으로 해당 위치를 향해 지향시키기 위하여 코히어런트 광의 빔 및 투사된 패턴 중 적어도 하나를 반사하도록 구성된 복수의 광학 프리즘들을 포함한다.
- [0019] 또 다른 실시예에서, 프로세서는 제1 참조에 대한 제1 이미지의 간섭 프린지들의 제1 변위를 측정함으로써 제1의 3D 측정을 하고, 제2 참조에 대한 제2 이미지의 구조형 광의 패턴의 제2 변위를 측정함으로써 제2의 3D 측정을 하도록 구성된다.
- [0020] 다른 실시예에서, 간접계 모듈은 코히어런트 광을 방출하도록 구성된 광원을 포함하고, 적어도 하나의 이미지 센서는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 캡처하도록 구성된다.
- [0021] 또 다른 실시예에서, 적어도 하나의 이미지 센서는 검사 중인 영역의 2-차원(2D) 이미지를 캡처하도록 구성된다. 추가로 또는 대안으로, 프로세서는, 해당 영역에 있는 하나 이상의 물체들을 식별하기 위하여 2D 이미지를 분할 및 분석하고, 하나 이상의 식별된 물체들의 고도를 측정할 때 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하도록 구성된다.
- [0022] 다른 실시예에서, 적어도 하나의 이미지 센서는, 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지 양자 모두를 캡처하도록 구성된 단일 이미지 센서를 포함한다.
- [0023] 또 다른 실시예에서, 장치는 제2 입사각에 대응하는 비스듬한 발사각을 따라 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제3 이미지를 캡처하도록 구성된 추가 이미지 센서를 포함하며, 여기에서 프로세서는 검사 중인 영역에 관한 추가 3D 측정을 하기 위해 제3 이미지를 프로세싱하도록 구성된다.
- [0024] 개시된 실시예에서, 간접계 모듈은 자기-참조 디지털 홀로그래피에 의해 제1 이미지를 생성하도록 구성된다.
- [0025] 다른 실시예에서, 간접계 모듈은, 상이한 조명 조건을 가진 코히어런트 광의 두 개의 빔들이 검사 중인 영역에 부딪히도록 지향시킴으로써 제1 이미지를 생성하도록 구성되며, 여기에서 빔들 중 하나는 참조 빔의 역할을 한

다.

- [0026] 또 다른 실시예에서, 간섭계 모듈은 빔의 광학적 조작에 의해 코히어런트 광의 빔으로부터 참조 빔을 유도하도록 구성된다.
- [0027] 개시된 실시예에서, 삼각 측량 모듈은, 제2 이미지에서의 정반사 및 난반사의 상대 강도를 조절하기 위하여 투사된 패턴의 편광 상태를 변경하도록 구성된 적어도 하나의 회전 가능한 편광기를 포함한다.
- [0028] 다른 실시예에서, 간섭계 모듈은 디지털 홀로그래픽 방법을 이용하여 제1 이미지를 캡처하도록 구성된다.
- [0029] 또 다른 실시예에서, 삼각 측량 모듈은 스캐닝-위상 시프트 방법(PSPM)을 이용하여 제2 이미지를 캡처하도록 구성된다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따라, 코히어런트 광의 빔을 제1 광학 축을 따라 검사 중인 영역 상에 부딪히도록 지향시키고, 그 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하며, 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 생성하도록 구성된 간섭계 모듈을 포함하는 광학 검사 장치가 추가적으로 제공된다. 삼각 측량 모듈은 구조형 광의 패턴을 제2 광학 축을 따라 검사 중인 영역 상에 부딪히게끔 투사하도록 구성된 투사기를 포함한다. 적어도 하나의 이미지 센서는 간섭 프린지들의 제1 이미지 및 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된다. 스캐닝 매커니즘은 검사 중인 영역을 가로질러 제1 및 제2 광학 축을 상호 정합(mutual registration)되어 병진이동시키도록 구성된다. 프로세서는, 제1 및 제2 광학 축이 계속하여 검사 중인 영역의 위치들 상에 부딪히도록 하기 위하여 스캐닝 매커니즘을 구동하고, 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3-차원(3D) 측정치를 추출하기 위하여 제1 및 제2 이미지를 프로세싱하며, 그 영역의 3D 맵을 생성하기 위하여 제1 및 제2의 3D 측정치를 결합시키도록 구성된다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따라, 코히어런트 광의 빔을 검사 중인 영역을 향하여 지향시키는 단계, 그 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하는 단계; 및 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는 광학 검사를 위한 방법이 또한 제공된다. 구조형 광의 패턴이 검사 중인 영역 상으로 투사되며, 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴에 관하여 제2 이미지가 캡처된다. 빔 결합기 광학기기는, 코히어런트 광의 빔을 제1 광학 축을 따라 제1 입사각으로 검사 중인 영역 상의 위치에 부딪히게끔 지향시키고, 투사된 패턴을 제2 광학 축을 따라 제1 입사각과는 상이한 제2 입사각으로 그 위치에 부딪히게끔 지향시키도록 배치된다. 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3차원(3D) 측정치를 추출하기 위하여 제1 및 제2 이미지가 프로세싱되고, 그 영역의 3D 맵을 생성하기 위하여 제1 및 제2의 3D 측정치를 결합시킨다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따라, 코히어런트 광의 빔을 제1 광학 축을 따라 검사 중인 영역 상에 부딪히도록 지향시키는 단계, 그 영역으로부터 반사되는 빔을 수신하는 단계; 및 반사되는 빔을 참조 빔과 결합시킴으로써 생성되는 간섭 프린지들의 제1 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는 광학 검사를 위한 방법이 또한 제공된다. 구조형 광의 패턴이 제2 광학 축을 따라 검사 중인 영역 상에 부딪히도록 투사되며, 검사 중인 영역으로부터 반사되는 패턴에 관하여 제2 이미지가 캡처된다. 제1 및 제2 광학 축이 검사 중인 영역의 위치들 상에 계속하여 부딪히도록 하기 위하여 제1 및 제2 광학 축은 검사 중인 영역에 걸쳐서 상호 정합되어 병진이동된다. 검사 중인 영역의 각각의 제1 및 제2의 3-차원(3D) 측정치를 추출하기 위하여 제1 및 제2 이미지가 프로세싱된다. 그 영역의 3D 맵을 생성하기 위하여 제1 및 제2의 3D 측정치가 결합된다.
- [0033] 본 발명은 도면과 함께 그 실시예들에 관한 이하의 상세한 설명으로부터 보다 완전히 이해될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 광학 검사 장치를 개략적으로 나타내는 블록도이다.
- 도 2a 및 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 도 1의 장치의 간섭계 모듈에 관한 개략적인 측면도들이다.
- 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른, 도 1의 장치의 간섭계 모듈에 관한 개략적인 측면도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 광학 검사 장치에 관한 개략적인 측면도이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른, 광학 검사 장치에 관한 개략적인 측면도이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라, 검사 중인 영역을 매핑할 때의 장치의 작동을 나타내는, 도 5의 광학 검사 장치에 관한 개략적인 측면도이다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른, 광학 검사 장치에 관한 개략적인 측면도이다.

도 8a, 8b, 및 8c는 본 발명의 다른 실시예에 따라, 장치의 작동 모드들을 나타내는, 광학 검사 장치에 관한 개략적인 측면도들이다.

도 9a, 9b, 및 9c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따라, 장치의 작동 모드들을 나타내는, 광학 검사 장치에 관한 개략적인 측면도들이다.

도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른, 도 9a 내지 9c의 장치에서 이용되는 개구판(aperture plate)에 관한 개략적인 정면도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라, 3D 매핑을 위한 방법을 개략적으로 나타내는 흐름도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 개요
- [0036] 워크피스의 3D 지형을 측정하기 위해 이용되는 광학 검사 시스템은 두 개의 상이한, 상보적 방법들을 결합할 수 있다. 삼각 측량 모듈에 의해 주어지는 절대 고도 측정치가 간섭계 모듈에 의해 주어지는 높은 측정 정확도에 의해 보완되기 때문에 삼각 측량 모듈과 간섭계 모듈을 결합하는 것이 유리하다. 삼각 측량 모듈의 정확도가 간섭계 모듈의 모호성 범위 보다 더 양호하기 때문에, 삼각 측량 모듈로부터의 측정 결과는 간섭계 측정치의 모호성을 약화시키는 데에 이용될 수 있으며, 그 결과 넓은 범위에 걸쳐서 정확하고 모호하지 않은 간섭계 측정치가 되도록 한다. 두 가지 방법들 각각에 의해 주어지는 3D 측정치를 하나의 정확한 3D 맵으로 결합하기 위해서는, 그 각각의 시야(field-of-view)가 서로 정확히 정합되어 있으면서, 삼각 측량 모듈 및 간섭계 모듈 양자 모두가 워크피스 상의 동일한 영역을 조망하는 것이 유리하다.
- [0037] 본 명세서에 개시되는 본 발명의 실시예들은 넓은 고도 범위에 걸쳐서 정확한 3D 측정치를 제공하기 위하여 보완적 측정 결과들을 가진 삼각 측량 모듈과 간섭계 모듈을 통합시킨 광학 검사 장치를 제공함으로써 상술한 필요성에 대처한다. 이 장치는 두 개의 모듈들의 시야의 정확한 상호 정합을 가능하게 하는 빔 결합기 광학기기를 또한 포함한다.
- [0038] 개시된 실시예들에서, 광학 검사 장치는 간섭계 모듈, 삼각 측량 모듈, 빔 결합 광학, 및 프로세서를 포함한다. 간섭계 모듈은 코히어런트 광의 빔을 방출하고 이를 두 개의 부분들로 나눈다. 하나의 부분은 검사 중인 영역 상에 부딪치고, 그로부터 반사되며, 그 후 다른 하나의 부분을 광학적으로 간섭하여, 그 영역의 지형을 나타내는 간섭 패턴을 생성한다. 간섭 패턴은 간섭계 모듈의 이미지 센서에 의해 기록된다.
- [0039] 삼각 측량 모듈은 구조형 광의 패턴을 검사 중인 영역 상으로 투사한다. 도시된 예시에서, 난반사 표면들 또한 그 영역에 대해 수직인 투사를 가능하게 하긴 하지만, 패턴은 비스듬한 방향으로부터 투사된다. 삼각 측량 모듈은 투사의 방향에 관하여 비스듬히 놓인 방향을 따라 지향된 이미지 센서를 이용하여 그 영역으로부터 반사되는(정반사 및/또는 난반사를 포함함) 패턴을 또한 기록한다. 구조형 광의 패턴은 한 세트의 평행하고 등간격인 광 라인들로 구성될 수 있다. 대안으로, 2 차원의 주기적 및 비-주기적 패턴들과 같은 다른 패턴들이 이용될 수 있다.
- [0040] 빔 결합기 광학기기는 간섭계 모듈 및 삼각 측량 모듈 양자 모두의 광학 축을 검사 중인 영역 상의 공통 위치를 향하여 지향시키며, 이에 따라 양 모듈들이 바라보는 영역들의 정확한 상호 정합을 보장한다. 간섭계 모듈 및 삼각 측량 모듈은 각각의 관심 대상 위치에서 동시에 또는 순차적으로 측정을 할 수 있다. 빔 결합기 광학기기는 검사 중인 영역을 조명 및 이미징하는 데에 이용되는 개구수(NA; numerical aperture)를 분할하는데, 이 때 NA의 한 부분은 삼각 측량 모듈 전용이고 다른 한 부분은 간섭계 모듈 전용이다. 굴곡(스캐터링) 표면을 가진 영역들에 대하여, 간섭계 모듈의 NA는 난반사된 광을 이용하여 삼각 측량 모듈의 프린지 패턴을 이미징하는 데에 또한 이용될 수 있다.
- [0041] 프로세서는 세 가지 주요 작업들을 수행한다.
- [0042] 1. 간섭 이미지로부터 검사 중인 영역 전체에 걸친 간섭계 위상 맵을 산출한다.
- [0043] 2. 삼각 측량 데이터로부터 그 영역 전체에 걸친 삼각 측량 고도 맵을 산출한다.
- [0044] 3. 간섭계 위상 맵을 언래핑(unwrapping)하기 위해 삼각 측량 고도 맵을 이용하며, 이에 따라 그 영역 전체에 걸친 간섭계 측정의 정확도를 가진 모호하지 않은 고도 맵을 획득한다.

- [0045] 몇몇 실시예들에서, 간접계 모듈의 이미지 센서는, 간접 빔을 생성하지 않으면서 검사 중인 영역만을 조명하는 광원을 이용하여 2-차원(2D) 이미지들(명시야(bright-field) 이미지들)을 또한 캡처한다. 프로세서는 후속 검사에 대한 피쳐들, 예컨대, 솔더 범프(solder bump), 필러(pillar), 비아(via), 또는 결함(defect)을 식별하기 위해 이 2D 이미지를 분석할 수 있다. 식별 이후에, 이들 피쳐들은 간접계 모듈 및 삼각 측량 모듈 양자 모두를(또는 대안으로 이들 중 하나만을) 이용하여 검사되어 피쳐들에 관한 3D 맵을 생성할 수 있다.
- [0046] 또 다른 실시예에서, 간접계 모듈 및 삼각 측량 모듈은 광의 정반사 및 난반사 양자 모두를 일으키는 영역들 상으로 투사되는 구조형 조명 패턴들의 이미지들을 캡처하는 데에 이용될 수 있다. 정반사된 광은 상술한 바와 같이 삼각 측량 모듈의 이미지 센서에 의해 캡처된다. 동시에, 난반사된 광의 일부는 간접계 모듈의 NA-공간으로 방출될 수 있다. 간접계 모듈의 이미지 센서는 이 광의 이미지를 캡처할 수 있으며, 기록된 구조형 패턴은 정반사된 패턴과 유사한 방식으로 분석될 수 있다.
- [0047] 시스템 설명
- [0048] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 광학 검사 장치(20)를 개략적으로 나타내는 블록도이다. 광학 검사 장치(20)는 간접계 모듈(22), 삼각 측량 모듈(24), 빔 결합기 광학기기(26), 및 간접계 모듈과 삼각 측량 모듈에 커플링된 프로세서(28)를 포함한다. 장치(20)는 워크피스(38) 또는 검사 중인 다른 샘플의 영역(30)에 인접하게 배치된다.
- [0049] 스캐닝 매커니즘, 예컨대, 병진이동 스테이지(40)는 워크피스 전체에 걸쳐서 간접계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24)의 시야를 스캔하기 위하여 장치(20) 내에서 워크피스(38)를 병진이동시킨다. (후속 도면들에서 스테이지(40)는 간략화를 위해 생략된다.) 대안으로 또는 추가적으로, 스캐닝 매커니즘은 워크피스에 관하여 장치(20)의 다른 구성 요소들을 시프트할 수 있다. 스테이지(40)(또는 다른 스캐닝 매커니즘)는 측정이 수행되는 동안 워크피스(38)를 간접계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24)에 관하여 움직이지 않게 홀딩할 수 있다. 대안으로, 간접계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24)은 움직이고 있을 때, 즉, 스테이지(40)가 워크피스(38)를 이동시키는 동안에 측정을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0050] 뒤이은 도면들에 상세하게 도시된 바와 같이, 빔 결합기 광학기기(26)는 간접계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24)의 광학 축들 각각이 영역(30)의 위치 상에 상호 정합되어 부딪히도록 지향시킨다. 몇몇 실시예들에서, 빔 결합기 광학기기는 그 광학 축들 양자 모두가 영역(30)의 동일한 위치에 정확하게 입사하도록 구성된다. 다른 실시예들에서, 영역(30) 상에 광학 축들이 입사하는 위치들은 양자 간에, 일반적으로 작은, 알려진 거리 만큼 오프셋될 수 있으며, 스테이지(40)의 이동은 광학 축들로 하여금 상이한, 알려진 시간에 영역(30)의 각 위치 상에 입사하도록 한다.
- [0051] 대안의 실시예에서(도면들에는 도시되지 않음), 장치(20)는 빔 결합기 광학기기(26)를 포함하지 않으며, 간접계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24)의 광학 축들은 별개의 경로들을 따라, 상이한 위치들에서 영역(30) 상에 입사한다. 입사 위치들 사이의 오프셋은 알려져 있으며 정확하게 제어된다. 프로세서(28)는 두 개의 시야(FOV; field of view)들 사이의 정확한 정합으로 간접계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24)의 각각의 FOV들 사이의 영역(30)을 병진이동시키도록 스테이지(40)를 구동한다. 예컨대, 프로세서(28)는, 간접계 모듈이 간접 이미지를 캡처하는 시간인 시간 T의 인스턴스에 간접계 모듈(22)의 FOV와 일치하게끔 영역(30)을 위치시키도록 스테이지(40)를 구동한다. 프로세서(28)는 그 후 삼각 측량 모듈이 구조형 조명 패턴의 이미지를 캡처하는 시간인 시간 T+ΔT의 인스턴스에 삼각 측량 모듈(24)의 FOV와 일치하게끔 영역(30)을 이동시키도록 스테이지(40)를 구동한다. 이러한 작동 모드는 프로세서로 하여금, 빔 결합기 광학기기가 없을 때에도, 모듈들(22 및 24)에 의해 이루어진 3D 측정을 결합할 수 있도록 한다.
- [0052] 간접계 모듈(22), 삼각 측량 모듈(24), 및 빔 결합기 광학기기(26)는 후속 도면들에서 더 상세하게 다루어질 것이다.
- [0053] 프로세서(28)는, 본 명세서에 개시된 기능들을 수행하기 위해 소프트웨어 및/또는 펌웨어로 프로그래밍된 프로그램 가능 프로세서를 포함한다. 추가적으로 또는 대안으로, 프로세서(28)의 기능들 중 적어도 일부는, 하드웨어에 내장되어 있거나 프로그램 가능할 수 있는 하드웨어 논리 회로에 의해 수행될 수 있다. 어느 경우이나, 프로세서(28)는 후술하는 바와 같이 장치(20)의 다른 구성 요소들과 데이터 및 명령들을 송수신하기 위한 적절한 인터페이스들을 갖는다.
- [0054] 간접계 모듈(22), 삼각 측량 모듈(24), 빔 결합기 광학기기(26), 및 영역(30) 사이의 광학 신호들의 흐름이 화살표들(32, 34, 및 36)로 개략적으로 표시된다. 화살표(32)는 간접계 모듈(22)과 빔 결합기 광학기기(26) 사이

의 광학 신호들의 양방향 흐름을 나타내고, 화살표(34)는 삼각 측량 모듈(24)과 빔 결합기 광학기기(26) 사이의 광학 신호들의 양방향 흐름을 나타내며, 화살표(36)는 빔 결합기 광학기기(26)와 영역(30) 사이의 광학 신호들의 양방향 흐름을 나타낸다. 화살표(36)는 간섭계 모듈(22) 및 삼각 측량 모듈(24) 양자 모두에 오고가는 광학 신호들을 나타낸다.

[0055] 도 2a 및 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 두 가지 상이한 작동 모드에 있는 간섭계 모듈(22)에 관한 개략적인 측면도들이다. 이들 도면들은 간섭계 모듈(22)에 관한 하나의 단순화된 대표 구성을 보여준다.

[0056] 간섭계 모듈(22)은 코히어런트 광원(42), 세 개의 빔 스플리터들(44, 46, 및 48), 거울(50), 및 제1 이미지 센서(52)를 포함한다. 또한, 모듈(22)은 간단함을 위해 도면들에서 생략된 제2 광원을 포함할 수 있다. 영역(30) 상에 부딪치는 이러한 광원으로부터의 조명은 도 2b에 화살표(54)로 표시된다. 대안으로, 점선 화살표(55)로 표시된 바와 같이, 조명은 빔 스플리터(48)를 통과하도록 지향될 수 있다. 광원(42)에 의해 방출되는 광을 확장 및 콜리메이트할 뿐 아니라, 영역(30)을 센서(52) 상으로 이미징하는 렌즈와 같은 다른 광학 컴포넌트들도 마찬가지로 간단함을 위해 생략된다.

[0057] 다른 광원들, 예컨대, 단파장 레이저, 협대역 가스 방출 광원들 또는 펄스 레이저(단일- 또는 이중- 파장)가 그 대신에 이용될 수 있긴 하지만, 코히어런트 광원(42)은 일반적으로 이중-파장 지속과 레이저를 포함한다. 상술한 바와 같이, 두 개의 파장  $\lambda_1$  및  $\lambda_2$ 를 갖는 레이저(또는 파장  $\lambda_1$ 를 갖는 하나의 레이저와 파장  $\lambda_2$ 를 갖는 다른 하나의 레이저)를 이용하는 것은  $\Delta h = (\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_2 - \lambda_1)$ 의 확대된 모호성 범위를 야기한다. 코히어런트 조명을 스테이지(40) 상에서 이동하는 워크피스(38)의 가능한 움직임과 동기화시킬 뿐 아니라, 삼각 측량 모듈(24)에 의한 측정과도 동기화시키기 위해, 광원(42)은 또한 스트로브되거나 펄스될 수 있다.

[0058] 빔 스플리터들(44, 46, 및 48)은 큐브 빔 스플리터들로 나타낸다. 대안으로, 플레이트 빔 스플리터들과 같은 다른 종류의 빔 스플리터들이 이용될 수 있다. 거울(50)은 일반적으로 알루미늄과 같은 금속 코팅 또는 유전체 다중층 코팅에 의해 코팅된 전면 거울을 포함한다. 센서(52)는 CCD(전하-결합 소자; charge-coupled device) 또는 CMOS(상보형 금속-산화물 반도체; complementary metal-oxide semiconductor) 카메라와 같은 화소로 된 (pixelated) 카메라를 포함한다.

[0059] 도 2a는 간섭계 모듈(22)의 간섭 측정 기능을 나타낸다. 레이저(42)는 코히어런트 광 빔(60)을 방출한다. 빔 스플리터(44)는 광 빔(60)을 주 빔(main beam)(62) 및 참조 빔(64)으로 나눈다. 주 빔(62)은 빔 스플리터(46)에 의해 반사되어 영역(30) 상에 부딪치고, 이 영역(30)으로부터 반사되어 빔 스플리터(46)를 향하고, 빔 스플리터(46) 및 빔 스플리터(48)를 더 통과하여 센서(52) 상에 부딪친다. 참조 빔(64)은 빔 스플리터(44)에 의해, 그리고 추가로 거울(50) 및 빔 스플리터(48)에 의해 반사되어 센서(52) 상에 부딪치며, 이 때 빔(62)과 코히어런트하게 결합하여 (정적 간섭 측정이 이용되는지 또는 동적 간섭 측정이 이용되는지에 따라) 영역(30)에 관한 하나 이상의 간섭 측정 이미지들을 생성한다. 프로세서(28)는 간섭 측정 이미지(들)를 판독하고, 영역(30)의 간섭 측정 위상 맵을 산출한다.

[0060] 주 빔 및 참조 빔(62 및 64)은 각각 센서(52) 상에 부딪침에 있어서 공선적(collinear)이거나 비공선적(non-collinear) 각도에 있을 수 있다. 도 2a는 이들이 비공선적 각도에 있는 것을 나타내며, 이는 거울(50)의 적절한 회전에 의해 구현된다. 이러한 비-공선적 각도는 앞서 언급된 미국 특허출원 공개번호 제2017/0003650호에 설명된 디지털 홀로그래픽 방법을 이용할 때 유리하다.

[0061] 도 2b는 센서(52) 상에 영역(30)의 2D(비-간섭 측정) 이미지를 생성할 때의 간섭계 모듈(22)의 비-간섭 측정(non-interferometric) 기능을 나타낸다. 이러한 작동 모드에서, 빔들(60, 62, 및 64)의 부재로 나타낸 바와 같이, 레이저(42)는 턴오프될 수 있다. 그 대신에, 제2 광원이 턴온되어 화살표(54)에 의해 또는 화살표(55)에 의해 표시되는 바와 같이 영역(30)을 조명한다. 영역(30)의 2D 비-간섭 측정 이미지는 이제 센서(52)에 의해 캡처된다. 프로세서(28)는 후속하는 3D 매핑에 대한 이미지 피쳐들, 예컨대, 솔더 범프, 필러, 비아, 또는 결합을 식별하기 위해 이 이미지를 분석한다.

[0062] 대안의 실시예에서, 2D 이미지는 코히어런트 빔(60)을 방출하기 위한 레이저(42) 이용하되, 동시에, 예컨대, 적절하게 배치된 셔터(미도시)에 의해 참조 빔(64)을 차단함으로써 생성될 수 있다.

[0063] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 간섭계 모듈(75)에 관한 개략적인 측면도이다. 이 도면은 단순화한 방식으로 도 1의 간섭계 모듈(22)에 대한 대안의 구성을 나타내며, 여기에서 자기-참조, 또는 공통 경로 디지털 홀로그래피 방법이 이용된다. 이 방법에서, 샘플(샘플 빔)으로부터 반사되는 빔의 일부가 참조 빔의 역할을 하기

위해 분리된다. 두 개의 빔들은 그 후에 이들의 전파 방향 사이의 작은 각도에 따라 재결합되어, 시어링 (shearing) 간섭 패턴을 형성한다. 대안으로, 당해 기술 분야에 공지되어 있는 다른 유형의 시어링 간섭계들이 이 컨텍스트에서 이용될 수 있다. 도 2a 내지 2b의 대응하는 아이템들과 동일 또는 유사한 아이템들을 나타내기 위해 동일한 레이블들이 이용된다.

[0064] 간섭계 모듈(75)은 코히어런트 광원(42), 빔 스플리터들(66 및 68), 거울들(70 및 72), 및 제1 이미지 센서(52)를 포함한다. 다른 광학 컴포넌트들, 예컨대, 광원(42)에 의해 방출되는 광을 확장 및 콜리메이트할 뿐만 아니라, 영역(30)을 센서(52) 상으로 이미징하는 렌즈들은 간략성을 위해 생략된다.

[0065] 빔 스플리터들(66 및 68)은 큐브 빔 스플리터들로 나타낸다. 대안으로, 플레이트 빔 스플리터들과 같은 다른 종류의 빔 스플리터들이 이용될 수 있다. 거울(70 및 72)은 일반적으로 알루미늄과 같은 금속 코팅 또는 유전체 다중층 코팅에 의해 코팅된 전면 거울을 포함한다.

[0066] 도 3은 간섭계 모듈(75)의 간섭 측정 기능을 또한 나타낸다. 도 2a에서와 같이, 레이저(42)는 코히어런트 광 빔(60)을 방출한다. 빔 스플리터(66)는 광 빔(60)을 영역(30) 상에 부딪치도록 지향시키고, 이는 이 영역(30)으로부터 반사되어 빔 스플리터(66)를 향하고, 빔 스플리터(66)를 더 통과하여 빔 스플리터(68)에 도달하며, 여기에서 이는 두 개의 빔들, 즉, 참조 빔(76) 및 주 빔(74)으로 나누어진다. 주 빔(74)은 거울(70)에 의해 그리고 빔 스플리터(68)에 의해 반사되어 센서(52)를 향한다. 참조 빔(76)은 그 원래 방향에 대하여 작은 각도로 거울(72)에 의해 반사되고, 그 후 빔 스플리터(68)에 의해 센서(52)로 송신되며, 이 때 주 빔(74)과 코히어런트하게 결합하여 영역(30)에 관한 하나 이상의 간섭 측정 이미지들을 생성한다. 프로세서(28)는 간섭 측정 이미지(들)를 판독하고, 영역(30)의 간섭 측정 위상 맵을 산출한다.

[0067] 대안으로, 참조 빔은 영역(30) 상에 부딪치기 이전에 샘플 빔으로부터 분리될 수 있다. 두 빔들은 그 후, 예컨대, 편광, 영역(30) 상의 입사각, 또는 개구수(NA)와 같은 여러 조명 조건들에 따라 영역(30)을 조명하기 위해 이용된다. 영역(30)을 조명한 이후에, 두 개의 빔들은 센서(52) 상에 부딪쳐서 영역에 관한 하나 이상의 간섭 측정 이미지들을 생성한다. 대안으로, 참조 빔은, 공간 필터링 및/또는 그 광학 경로로의 추가 광학 컴포넌트들, 예컨대, 위상판의 도입과 같은 광학적 조작을 통해 샘플 빔으로부터 유도될 수 있다.

[0068] 도 2a 및 3에 도시된 방식에 대한 대안으로, 당해 기술 분야에 공지된 임의의 다른 적절한 종류의 이미징 간섭계가 본 발명의 목적을 위해 맞추어질 수 있다.

#### [0069] 제1 실시예

[0070] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 검사 장치(80)에 관한 개략도이다. 장치(20)와 같이, 장치(80)는 프로세서(28)와 함께, 간섭계 모듈(82), 삼각 측량 모듈(84), 및 빔 결합 광학(86)을 포함한다.

[0071] 간섭계 모듈(82)은 도 2a에 도시된 간섭계 모듈(22)과 유사하며, 제1 광학 축(88)을 따라 코히어런트 광의 빔을 방출 및 수신하고, 이는 빔 결합 광학(86)에 의해 영역(30) 상에 부딪치도록 지향된다.

[0072] 삼각 측량 모듈(84)은, 영역(30) 상에 제2 광학 축(92)을 따라 구조형 광의 하나 이상의 패턴들을 투사하는 투사기(90)를 포함한다. SPSM(스캐닝-위상 시프트 방법)을 이용하는 경우, 투사기(90)는 직선의 주기적 프린지 패턴들을 투사하며, 여기에서 프린지들은 사인과 모양으로 변화하는 강도를 가지며, 연속적인 프린지 패턴들은 일반적으로 프린지 주기의 4분의 1 만큼 시프트된다. 본 명세서의 나머지 부분들에서는, 다른 방법들, 예컨대, 정적 위상 시프트, 상이한 수(최소 3)의 단계들을 이용하는 SPSM, 또는 유사-랜덤 또는 랜덤 2차원 또는 3차원 패턴들이 이용될 수 있지만, 이러한 종류의 4-단계 SPSM에 대해 언급할 것이다.

[0073] 투사기(90)는 측정에 관한 범위 및 정확도를 달리하는 것이 가능하도록 교체 가능한 투사 패턴들을 포함할 수 있다. 또한, 투사 패턴은, 예컨대, 큰 측정 범위 및 높은 측정 해상도(정확도) 양자 모두를 가능하게 하기 위해 각각 다른 주파수의 수 개의 서브-패턴들로 구성될 수 있다. 투사 패턴들에 대한 이러한 방식은 후속하는 도 5, 6, 7, 8a, 8c, 9a, 및 9c에 도시된 패턴 투사기들에도 또한 적용 가능하다.

[0074] 삼각 측량 모듈(84)은, 일반적으로 CCD 또는 CMOS 카메라와 같은 화소로 된 카메라를 또한 포함한다. 간략성을 위해, 프린지 패턴을 영역(30) 상으로 투사하고 센서(94) 상으로 그 영역을 이미징하는 광학 컴포넌트들은 생략된다.

[0075] 이러한 예시에서의 빔 결합 광학(86)은 공통 인터페이스(102)를 따라 연결된 제1 프리즘(98) 및 제2 프리즘(100)을 포함하는 복합 프리즘(96)을 포함한다. 복합 프리즘(96)은 세 개의 입/출력 페이스들, 즉, 제1 페이스(104), 제2 페이스(106), 및 제3 페이스(108)를 포함한다. 프리즘들(98 및 100)은 유리와 같은 광학적으로 투

명한 재료로부터 제조된다. 인터페이스(102)는 이하에서 상세하게 기술되는 바와 같이, 광학 빔들을 송신 및 반사하는 것으로서, 일반적으로 유전체 또는 하이브리드 다중층 코팅 중 어느 하나인, 프리즘들(98 및 100) 사이의 광학적 코팅(103)을 포함한다. 입/출력 페이스들(104, 106, 및 108)은 적절한 광학적 반사 방지 코팅으로 코팅될 수 있다.

[0076] 투사기(90)의 제2 광학 축(92)은 제1 페이스(104)에 부딪치며, 여기에서 굴절되어 제1 프리즘(98)으로 들어간다. 이는 인터페이스(102)를 통해 제2 프리즘(100)으로 송신된다. 코팅(103)은, 투사기(90)로부터 제2 광학 축(92)을 따라 전파하는 거의 모든 광을 송신하기 위해 파장 및/또는 편광 선택성을 갖도록 설계될 수 있다. 대안으로, 코팅(103)은 단순한, 비-선택적 50/50 빔 스플리터 코팅을 포함할 수 있다. 광학 축(92)은 제2 페이스(106) 상에 부딪쳐서, 이에 의해 송신되며, 그 뒤에 영역(30) 상에 부딪친다. 제2 광학 축(92)은 이제 영역(30)에 의해 정반사되고, 제2 페이스(106)에 의해 복합 프리즘(96)으로 그리고 더 나아가 인터페이스(102)로 송신되며, 그 뒤에 제1 페이스(104)를 통해 나가서 센서(94) 상에 부딪친다. 센서(94)는 영역(30) 상의 패턴들에 관한 이미지들을 캡처한다. 센서에 커풀링된 프로세서(28)는 제2 참조 이미지에 관하여 이미지들에서의 프린지 패턴들의 변위를 측정하며, 이들 측정된 변위로부터 영역(30)의 삼각 측량 고도 맵을 산출한다.

[0077] 프로세서(28)는 그 뒤에 간섭 측정 위상 맵과 삼각 측량 고도 맵을 최종 3D 맵으로 결합하여, 삼각 측량 고도 맵의 절대 고도 측정치를 이용함으로써 간섭 측정 위상 맵에서의 어떠한 모호성도 제거한다. 간섭 측정 위상 맵 및 삼각 측량 고도 맵 양자 모두의 산출에 더하여, 이들을 결합하는 것은, 이하, 도 10에서 상세하게 기술될 것이다.

[0078] 빔 결합 광학(86)은 간섭계 모듈 및 삼각 측량 모듈(82 및 84) 각각과 함께, 광학 축들(88 및 92) 각각이 공통 위치(110)에서 영역(30) 상에 부딪치도록 구성된다. 간섭계 모듈 및 삼각 측량 모듈(82 및 84)의 시야는 간섭 측정 위상 맵 및 삼각 측량 고도 맵의 정확한 정합 및 결합을 보장하도록 정확하게 일치하거나, 적어도 충분히 가까이 일치할 수 있다. 빔 결합 광학(86)은 간섭계 모듈(82)과 삼각 측량 모듈(84) 사이의 NA-공간의 내재적 분할을 또한 이용할 수 있다. 간섭계 모듈은 그 광학 축(88)이 수직(normal) 각도로 영역(30) 상에 부딪칠 때 최적의 결과를 내는 반면, 삼각 측량 모듈은 검사 중인 영역에서 광학 축(92)에 대하여 비-수직(non-normal) 각도를 이용한다.

[0079] 제2 실시예

[0080] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광학 검사 장치(200)에 관한 개략적인 측면도이다. 상술한 실시예들에서와 같이, 장치(200)는 프로세서(28)와 함께, 간섭계 모듈(202), 삼각 측량 모듈(204), 및 빔 결합 광학(206)을 포함한다.

[0081] 간섭계 모듈(202)은, 간섭계 모듈(202)의 일부분인 대물 렌즈(208)가 도 5에 명시적으로 도시되어 있는 점을 제외하고는, 도 2a의 간섭계 모듈(22) 및 도 4의 간섭계 모듈(82)과 유사하다. 간섭계 모듈(202)의 나머지 부분은 블럭(203)으로 개략적으로 도시되며, 간단함을 위해 세부 사항은 생략된다. 대물 렌즈(208)는 영역(30)을 간섭계 모듈(202)의 센서(도 5에 도시되지 않으나, 도 2a 및 2b의 센서(52)와 유사함) 상으로 이미징한다. 간섭계 모듈(202)은 광학 축(213)을 가지며, 이를 따라 코히어런트 광의 빔을 방출 및 수신한다. 상술한 바와 같이, 프로세서(28)는 간섭계 모듈(202)로부터의 이미지들에 기초하여 영역(30)에 관한 간섭 측정 위상 맵을 산출한다.

[0082] 삼각 측량 모듈(204)은 도 4에 도시된 삼각 측량 모듈(84)과 유사한 방식으로 기능하며, 도 4의 투사기(90) 및 센서(94)와 유사한 투사기(210) 및 제2 이미지 센서(212)를 포함한다. 삼각 측량 모듈(204)은, 이하에서 상세히 기술되는 바와 같이, 제2 광학 축(214)을 따라 프린지 패턴을 투사한다.

[0083] 빔 결합 광학(206)은 제1 프리즘(218), 제2 프리즘(220) 및 제3 프리즘(222)을 포함하는 복합 프리즘(216)을 포함한다. 프리즘들(218, 220, 및 222)은 유리와 같은 광학적으로 투명한 재료로부터 제조된다. 제1 프리즘(218) 및 제3 프리즘(222)은 제1 공통 인터페이스(224)를 따라 연결되고, 제2 프리즘(220) 및 제3 프리즘(222)은 제2 공통 인터페이스(226)를 따라 연결된다. 인터페이스들(224 및 226)은, 이하에서 상세하게 기술되는 바와 같이, 삼각 측량 모듈(204)의 빔들을 반사하는 것으로서, 일반적으로 유전체 또는 하이브리드 다중층 코팅 중 어느 하나인, 광학 코팅들(225 및 227)을 각각 포함한다. 대안으로, 코팅(103)에서와 같이, 코팅들(225 및 227)은 단순한, 비-선택적 50/50 빔 스플리터 코팅들을 포함할 수 있다. 프리즘들(218, 220, 및 222)은 다음의 입/출력 페이스들을 포함한다. 프리즘(218)은 제1 페이스(230), 제2 페이스(232), 및 제3 페이스(234)를 포함한다. 프리즘(220)은 제4 페이스(236), 제5 페이스(238), 및 제6 페이스(240)를 포함한다. 프리즘(222)은 제

7 페이스(250) 및 제8 페이스(252)를 포함한다. 페이스들(230, 234, 236, 240, 250, 및 252)은 광학적 반사 방지 코팅에 의해 코팅될 수 있다. 페이스들(232 및 238)은 반사 코팅(하이브리드 또는 유전체 다중층 코팅 중 어느 하나)에 의해 코팅된다. 대안으로, 이하에서 상세하게 기술되는 바와 같이, 페이스들(232 및 238)은, 이들이 전반사(TIR; total internal reflection)를 통해 투사된 프린지 패턴들을 반사하는 것이라면, 코팅되지 않은 상태로 남을 수 있다.

[0084] 간접계 모듈(202)은 영역(30)에 대하여 수직인 광학 축(213)을 따라 코히어런트 빔을 방출하여, 프리즘(222)의 제7 및 제8 페이스들(250 및 252)을 통해 영역을 조명하며, 이 때 광 원뿔(cone of light)이 점선들(215)로 도시된다. (간단함을 위해, 제3 프리즘(222)에서의 점선들(215)의 굴절은 생략된다.) 이러한 원뿔의 개구수(NA)는  $NA = \sin(\alpha)$ 로 주어지며, 여기에서  $\alpha$ 는 점선들(215) 중 하나와 제1 광학 축(213) 사이의 각도(217)의 크기이다. 반사된 코히어런트 조명은 광학 축(213)을 따라 간접계 모듈(202)로 돌아온다.

[0085] 투사기(210)는 광학 축(214)을 따라 프린지 패턴들을 투사한다. 광학 축(214)은 제1 페이스(230)를 통해 제1 프리즘(218)으로 들어가고, (반사 코팅으로부터의 반사 또는 TIR 중 어느 하나에 의해) 제2 페이스(232)로부터 반사되고, 제1 공통 인터페이스(224)에 의해 다시 반사되며, 제3 페이스(234)를 통해 제1 프리즘을 나가서, 영역(30) 상에 부딪힌다. 영역(30)으로부터, 제2 광학 축(214)은 정반사되고, 제4 페이스(236)를 통해 제2 프리즘(220)으로 들어가고, 제2 공통 인터페이스(226)에 의해 반사되어 그 후 (제2 페이스(232)로부터의 반사와 유사하게) 제5 페이스(238)로부터 반사되며, 제6 페이스(240)를 통해 프리즘(238)을 나간다. 그 뒤에, 제2 광학 축(214)은 상술한 바와 같이 프로세서(28)에 의한 프로세싱을 위해 프린지 패턴들에 관한 이미지들을 캡처하는 이미지 센서(212) 상에 부딪힌다.

[0086] 상술한 실시예들에서와 같이, 빔 결합 광학(206)은 제1 및 제2 광학축들(213 및 214)이 각각 공통 위치(254)에서 영역(30) 상에 부딪치도록 설계된다. 빔 결합 광학(206)에서의 프리즘들(218, 220, 및 222)의 구조는 간접계 모듈(202) 및 삼각 측량 모듈(204)의 개구수들(각공간들) 사이의 분리를 보장한다.

[0087] 대안의 실시예에서(미도시), 빔 결합 광학에서 제3 프리즘(222)이 생략될 수 있으며, 이 경우에 공통 인터페이스들(224 및 226)은, 페이스들(232 및 238)과 유사한 유리/공기 인터페이스들이 된다.

[0088] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라, 검사 중인 영역(256)을 매핑할 때의 장치의 이용을 나타내는, 상술한 바와 같은 광학 검사 장치(200)에 관한 개략적인 측면도이다. 간단함을 위해, 도 5에서 사용된 레이블들 대부분은 도 6에서 생략된다.

[0089] 이러한 예시에서, 영역(256)의 표면은 정반사 및 난반사 양자 모두를 행한다. 영역(256)으로부터 정반사되는 광은, 도 5의 컨텍스트에서 이미 설명된 바와 같이, 간접계 모듈(202) 및 삼각 측량 모듈(204) 양자 모두에 의해 이용된다. 그러나, 영역(256)을 조명하는 프린지 패턴의 일부분은, 화살표(258)로 도시된 바와 같이, 대물 렌즈(208)의 개구수로 난반사된다. 이 광은 더 나아가, 화살표(260)로 도시된 바와 같이, 간접계 모듈(202)로 전달된다.

[0090] 난반사된 광에 의해 전달되는 프린지 패턴은 간접계 모듈(202)의 이미지 센서에 의해 캡처된다. 삼각 측량 모듈(204)의 이미지 센서에 의해 캡처된 이미지들로부터 산출되는 삼각 측량 고도 맵과 유사한, 추가 3D 맵을 산출하기 위해 프로세서(28)는 이제 간접계 모듈(202)의 이미지 센서에 의해 캡처되는 이미지들을 이용한다. 이러한 추가 3D 맵의 이용은 영역(256)이 확산성이 큰 표면을 가질 때 특히 유리하다.

### [0091] 제3 실시예

[0092] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광학 검사 장치(280)에 관한 개략적인 측면도이다. 장치(280)는 삼각 측량 모듈(204)에서 투사기(210) 및 센서(212)에 각각 편광기들(282 및 284)이 추가되면, 도 5 내지 6의 장치(200)와 동일하다. 영역(30)은 금속 표면과 같은 높은 정반사율을 가진 표면들, 및 낮은 정반사율을 갖지만 아마도 더 높은 난반사율을 가진, 예컨대, 비금속 재료들을 포함하는 표면들 양자 모두를 포함할 수 있다. 편광기들(282 및 284)의 회전각을 조정함으로써, 이미지 센서(212)를 향하는 방향(286)을 따라 전파하는 정반사된 광 및 난반사된 광의 상대 강도의 균형이 잡힐 수 있으며, 이에 따라 두 종류의 표면들로부터의 프린지 패턴들의 동시 측정을 가능하게 할 수 있다.

### [0093] 제4 실시예

[0094] 도 8a, 8b, 및 8c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광학 검사 장치(300)에 관한 개략도들이다. 상술한 실시예들에서와 같이, 장치(300)는 프로세서(28)와 함께, 간접계 모듈(302), 삼각 측량 모듈(304), 및 빔 결합 광학

(306)을 포함한다. 도 8a 내지 8c에서, 광 빔들은, 상술한 실시예들에서와 같이 모듈들의 각각의 광학 축들을 이용하기 보다는, 풀(full) 빔으로 도시된다.

[0095] 간섭계 모듈(302)은, 간섭계 모듈의 일부본인 렌즈(308)가 명시적으로 도시되어 있는 점을 제외하고는, 도 2a의 간섭계 모듈(22) 및 도 4의 간섭계 모듈(82)과 유사하다. 간섭계 모듈(302)의 나머지가 블럭(310)으로 개략적으로 도시된다. 렌즈(308)는 영역(30)을 간섭계 모듈(302)의 이미지 센서 상으로 이미징한다. 간섭계 모듈의 남아 있는 컴포넌트들은 간단함을 위해 생략된다.

[0096] 삼각 측량 모듈(304)은 도 4의 투사기(90) 및 센서(94)와 설계 및 작동에 있어서 유사한 투사기(316) 및 이미지 센서(318)를 포함한다. 삼각 측량 모듈(304)은 렌즈들(320 및 322)을 또한 포함하며, 그 기능들은 이하에서 상세히 기술된다.

[0097] 빔 결합 광학(306)은 하이(high)-NA 대물 렌즈(324), 플레이트 빔 스플리터(326), 및 두 개의 거울들(328 및 330)을 포함한다. 빔 스플리터(326)는 대안으로 빔 스플리터 큐브를 포함할 수 있다. 빔 스플리터는, 예컨대, 편광 및/또는 파장 선택성에 기초하여, 빔들을 간섭계 모듈(302)에 오고가도록 우선적으로 송신하는 한편, 삼각 측량 모듈(304)로/로부터 빔들을 반사시키고/반사되도록 일반적으로 코팅된다.

[0098] 도 8b를 참조하면, 간섭계 모듈(302)은 렌즈(308)에 의해 콜리메이트된 코히어런트 광의 빔(314)을 방출한다. 빔(314)은 플레이트 빔 스플리터(326)에 의해 송신되며,  $NA_i$ 의 개구수를 가진 광 원뿔로 영역(30)의 위치(312) 상에 대물 렌즈(324)에 의해 집속된다. 개구수  $NA_i$ 는 영역(30)에 대한 수직선(317)과 주변 광선(319) 사이의 각도(315)에 의해  $NA_i = \sin(\gamma)$ 로 정의되며, 여기에서  $\gamma$ 는 각도(315)의 크기이다. 빔(314)은 위치(312)로부터 반사되어 간섭계 모듈(302)로 돌아간다.

[0099] 도 8c를 참조하면, 투사기(316)는 렌즈(320)에 의해 콜리메이트된 빔(334)의 프린지 패턴들을 투사한다. 영역(30)을 향하는 빔(334)의 전파는 화살표(336)로 표시된다. 빔(334)은 거울(328) 및 플레이트 빔 스플리터(326)에 의해 반사되어 대물 렌즈(324)를 향한다. 대물 렌즈(324)는 각도(340)로 위치(312) 상에 빔(334)을 집속한다. 각도(340)의 크기  $\beta$ 는, 대물 렌즈(324)에 들어가기 이전에, 대물 렌즈의 광학 축(342)으로부터의 빔(334)의 오프셋  $d$ , 및 대물 렌즈의 초점 거리  $f$ 에 의해 결정된다.  $\beta$ 는 이제  $\beta = \arcsin(d/f)$ 로 주어진다. 빔(334)은 위치(312)로부터, 화살표(338)로 표시된 바와 같이, 빔 스플리터(326), 거울(330), 및 렌즈(322)를 통과하여, 프린지 패턴의 이미지를 캡처하는 센서(318)로 돌아간다.

[0100] 장치(300)의 광학 컴포넌트들의 치수, 위치, 및 광학 파라미터들은  $NA_i < \sin(\beta)$ 가 되도록 선택된다. 결과적으로, 간섭계 모듈(302)의 빔(314) 및 삼각 측량 모듈(304)의 빔(334)은 대물 렌즈(324)의 NA-공간(각공간)에서 뿐만 아니라 빔 결합 광학(306) 내의 그들의 경로들에서도 분리된다.

## [0101] 제5 실시예

[0102] 도 9a, 9b, 9c 및 9d는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광학 검사 장치(500)에 관한 개략도들이다. 도 9a 내지 9c는 장치의 구성 요소들의 측면도들인 한편, 도 9d는 장치에서 이용되는 개구판(aperture plate)(552)에 관한 개략적인 정면도이다. 상술한 실시예들에서와 같이, 장치(500)는 프로세서(28)와 함께, 간섭계 모듈(502), 삼각 측량 모듈(504), 및 빔 결합 광학(506)을 포함한다. 도 9a 내지 9c에서, 광 빔들은 모듈들의 각각의 광학 축들을 이용하기 보다는, (도 8a 내지 8c와 유사하게) 풀(full) 빔으로 도시된다.

[0103] 간섭계 모듈(502)은 도 8a의 간섭계 모듈(302)과 유사하며, 간섭계 블럭(510) 및 렌즈(508)를 포함한다.

[0104] 삼각 측량 모듈(504)은 도 4의 투사기(90) 및 센서(94)와 설계 및 작동에 있어서 유사한 투사기(516) 및 이미지 센서(518)를 포함한다. 삼각 측량 모듈(504)은 렌즈들(520 및 522), 더블-웨지(550), 개구판(552)(개구들(572 및 574)은 도 9d에 더 상세히 도시됨), 광학 릴레이(554), 거울(556), 및 플레이트 빔 스플리터(558)를 또한 포함하며, 그 기능들은 이하에서 상세히 기술된다.

[0105] 빔 결합 광학(506)은 하이-NA 대물 렌즈(524) 및 플레이트 빔 스플리터(526)를 포함한다. 빔 스플리터들(526 및 558)은 대안으로 빔 스플리터 큐브들을 포함할 수 있다. 빔 스플리터(526)는, 예컨대, 편광 및/또는 파장 선택성에 기초하여, 빔들을 간섭계 모듈(502)에 오고가도록 우선적으로 송신하는 한편, 삼각 측량 모듈(504)로/로부터 빔들을 반사시키고/반사되도록 일반적으로 코팅된다.

[0106] 도 9b를 참조하면, 간섭계 모듈(502)은 렌즈(508)에 의해 콜리메이트된 코히어런트 광의 빔(514)을 방출한다. 빔(514)은 빔 스플리터(526)에 의해 송신되며, 영역(30)의 위치(512) 상에 대물 렌즈(524)에 의해 집속된다.

빔(514)은 위치(512)로부터 반사되어 간접계 모듈(502)로 돌아간다.

[0107] 도 9c를 참조하면, 투사기(516)는 렌즈(520)에 의해 콜리메이트된 빔(534)의 프린지 패턴들을 투사한다. 영역(30)을 향하는 빔(534)의 전파는 화살표(536)로 표시된다. 빔(534)은 빔 스플리터들(558 및 526)에 의해 반사되어 대물 렌즈(524)를 향하며, 이 대물 렌즈(524)는 위치(512) 상에 빔(534)을 집속한다. 빔(534)은 위치(512)로부터, 화살표(562)로 표시된 바와 같이, (송신에 의해) 빔 스플리터(526), 빔 스플리터(558), 거울(556), 광학 릴레이(554), 개구관(552)의 개구들(572 및 574), 더블-웨이(550) 및 렌즈(522)를 통과하여, 프린지 패턴의 이미지를 캡처하는 센서(518)로 돌아간다. 도면에서는, 개구들(572 및 574)을 통해 송신되는 빔들(564 및 566)만이 돌아오는 광 경로에 도시된다.

[0108] 광학 릴레이(554)는 대물렌즈(524)의 사출 동공(560) 상에 개구관(552)의 평면을 이미징한다. 결과적으로, 개구관(552)의 개구들(572 및 574)은 영역(30) 바로 위의 공간에서의 빔들(564 및 566)의 각도 크기를 결정한다.

[0109] 더블-웨이(550)는 이미저(imager) 상에 두 개의 프린지-패턴 이미지들을 획득하기 위하여, 개구들(572 및 574)을 통과하는 빔들을 이미저(518) 상의 두 개의 상이한 위치들 상으로 지향시킨다. 이들 두 개의 이미지들 각각은 빔들(564 및 566) 각각의 상이한 각도들과 관련되며, 함께 이용될 때, 더 강한 측정 및 향상된 정확도를 가능하게 한다.

[0110] 도 9d에 도시된 바와 같이, 개구관(552)은 광학적으로 불투명한 판(570) 내에 원형 개구들(572 및 574)을 포함한다. 도시된 실시예에서, 개구들(572 및 574)은 판(570) 내에 대칭적으로 배치되며, 그 결과 영역(30) 바로 위의 각공간에서 빔들(564 및 566)은 대칭적이다. 대안으로, 개구관(552)은 도 9d에 도시된 것들과는 상이한 형태들 및/또는 상이한 위치들을 가진 둘 이상의 개구들을 포함할 수 있다.

[0111] 3D 매핑 방법

[0112] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른, 간접 위상 맵 및 삼각 측량 고도 맵의 산출 뿐 아니라 이들의 결합 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도(600)이다.

[0113] 삼각 측량 획득 단계(602)에서, 프로세서(28)는 삼각 측량 모듈(24)로부터 연속적인 이미지들을 획득하며, 여기에서 연속적인 이미지들은 프린지 패턴의 위상 단계에 의해 분리된다. 산출 단계(606)에서, 프로세서(28)는, 예컨대, 아래 수학적 식 1을 이용하여 위상 맵  $\phi(x, y)$ 을 산출하며,

### 수학적 식 1

$$\phi(x, y) = -\text{atan} \frac{\sum_{i=1}^N I_i(x, y) \cdot \sin(\delta_i)}{\sum_{i=1}^N I_i(x, y) \cdot \cos(\delta_i)}$$

[0114]

[0115] 여기에서,  $x$  및  $y$ 는 영역(30)의 공간 좌표들이고,  $N$ 은 위상 단계들의 수이며,  $\delta_i$ 는  $i$ 번째 단계의 위상이다. 대안으로, 둘 이상의 상이한 패턴들이 이용되는 실시예들에서, 앞서 설명된 바와 같이, 위 수학적 식은 더 빠르고 더 정확한 산출을 위해 그에 맞춰 변형될 수 있다. (도 9c에 도시된 바와 같이) 두 개의 이미지 패턴들을 기록할 때, 프로세서(28)는 두 패턴들을 모두 프로세싱할 수 있다. 이는 좌우로의 이미지 시프트들에 대한 보상을 허용하며, 이에 따라 향상된 정확도 및 강건성을 달성할 수 있다.

[0116] 변환 단계(608)에서, 산출된 위상 맵  $\phi(x, y)$ 이 아래 수학적 식 2를 통해 고도 맵  $\Delta Z(x, y)$ 으로 변환되며,

### 수학적 식 2

$$\Delta Z(x, y) = \frac{\phi(x, y)}{2 \cdot \pi \cdot \tan(\gamma)} \cdot \lambda_{fr}$$

[0117]

[0118] 여기에서,  $\gamma$ 는 소위 삼각 측량 각도(영역(30) 상에 입사하는 프린지 패턴의 광학 축과 반사되는 프린지 패턴의 광학 축들 사이의 각도)이고,  $\lambda_{fr}$ 는 투사된 프린지 패턴의 주기이다.

[0119] 간접 측정 획득 단계(612)에서, 프로세서(28)는 간접계 모듈(22)로부터 이미지들을 획득한다. FFT 단계(614)에

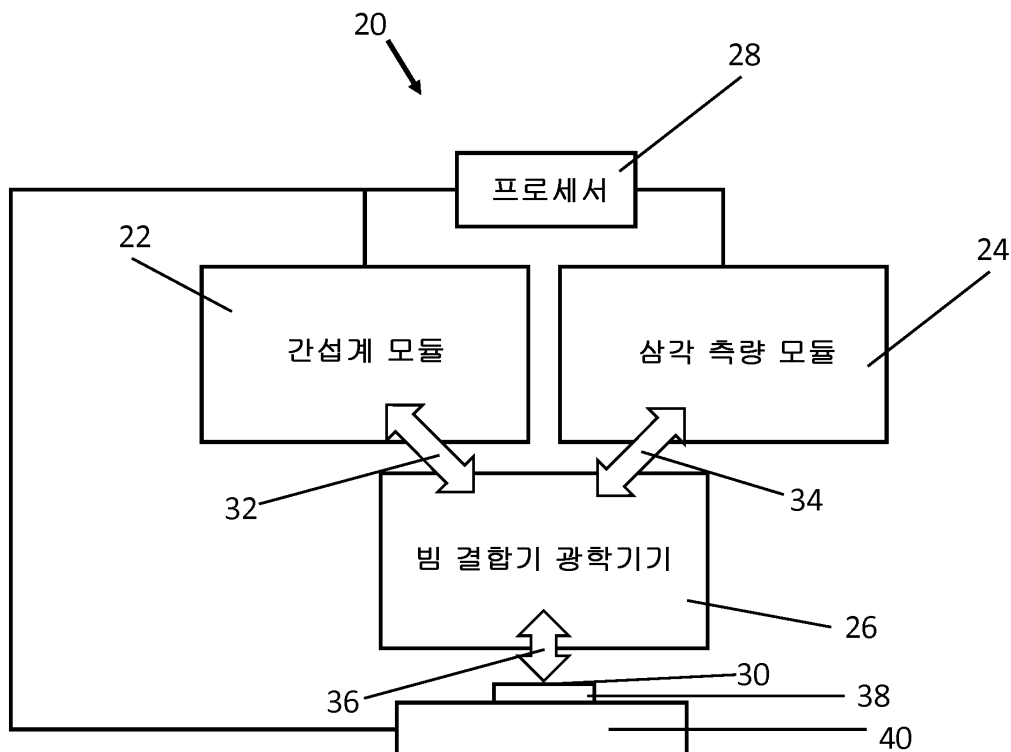
서, 프로세서(28)는 획득된 이미지들에 대한 고속 푸리에 변환(FFT; Fast Fourier Transform) 분석을 수행한다. 마스킹 단계(616)에서, 프로세서(28)는 관련 있는 주파수들(예상되는 프린지 주파수 근처)만을 포함하도록 결과물 FFT 데이터를 마스킹하고, 나머지 데이터를 제로(zero)로 채운다. IFFT 단계(618)에서, 프로세서는 단계(616)에서 마스킹된 결과에 대해 역 FFT를 수행한다. 위상 산출 단계(620)에서, 프로세서(28)는 IFFT 단계(618)의 결과로 생성되는 각 지점에 대한 위상을 산출한다. 위상 맵 단계(620)에서, IFFT 단계(618)의 결과로부터 간섭 측정 위상 맵이 산출된다. 위상 맵 단계(620)의 결과로 생성되는 위상 맵은  $2\pi$  범위 이내의 위상 값들을 갖는데, 즉, 이는 모듈로( $2\pi$ ) 위상 맵이다. 언래핑(unwrapping) 단계(622)에서, 프로세서(28)는 모듈로( $2\pi$ ) 위상 맵으로부터 고도 맵을 산출하고, 각 지점에서의 고도가 그 지점에서의 삼각 측량 고도 맵에 가장 가까워질 때까지, 모호성 범위에 대응하는 고도 증분을 가감한다.

[0120] 3D 맵 단계(624)에서, 프로세서(28)는 언래핑된 위상을 고도로 변환함으로써 영역(30)의 최종 3D 맵을 산출한다. 이런 목적을 위해, 프로세서는 각 지점 (x, y)에서의 위상에  $\lambda/2\pi$ 를 곱하는데, 여기에서  $\lambda$ 는 간섭계 모듈(22)의 코히어런트 빔의 파장이다. 두 개의 파장들  $\lambda_1$  및  $\lambda_2$ 이 간섭계 측정을 위해 채택될 경우에, 위상을 고도로 변환하는 데에 파장  $\Lambda = (\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_2 - \lambda_1)$ 이 이용된다.

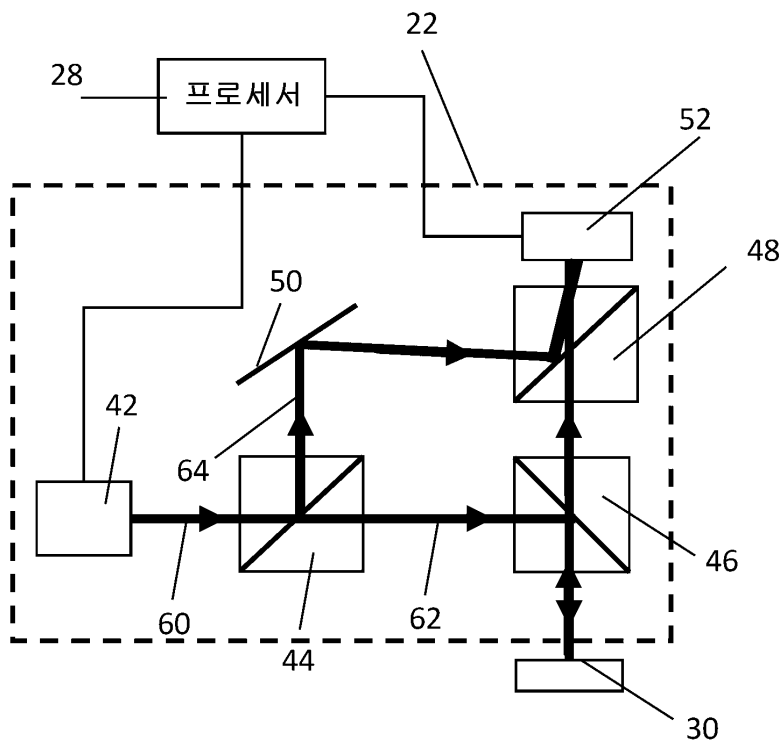
[0121] 상술한 실시예들은 예시로서 인용된 것이라는 점과, 본 발명이 본 명세서에 특별히 도시되고 설명된 것에 한정되지 않는다는 점이 이해될 것이다. 더 정확히 말하면, 본 발명의 범위는 본 명세서에 설명된 여러 특징들의 조합 및 서브조합 양자 모두 뿐만 아니라, 당해 기술 분야의 통상의 기술자가 본 명세서를 읽었을 때 떠올릴 수 있으며 선행 기술로 개시되지 않은 그 변형 및 변경을 포함한다.

## 도면

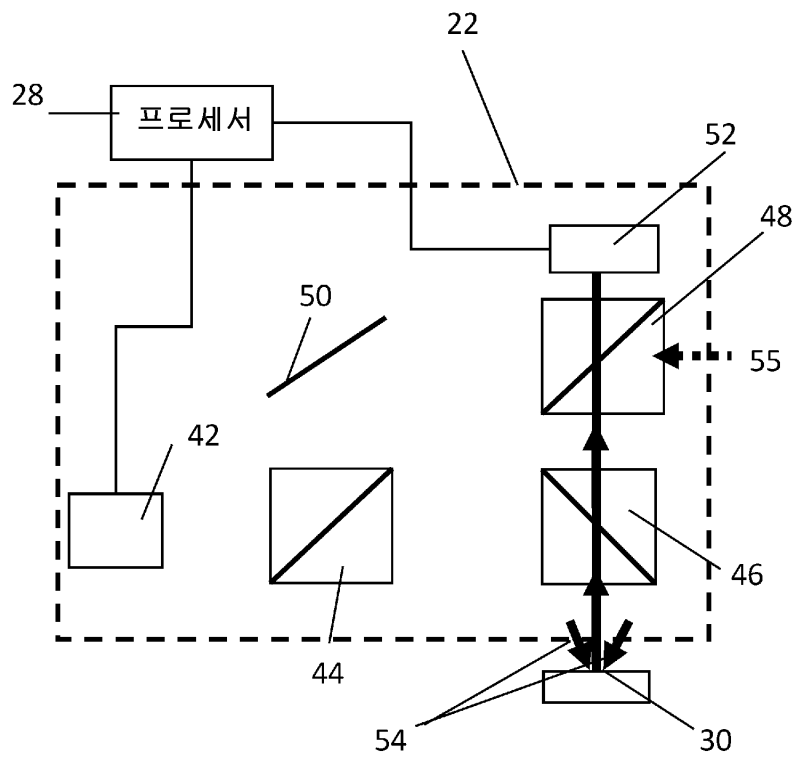
### 도면1



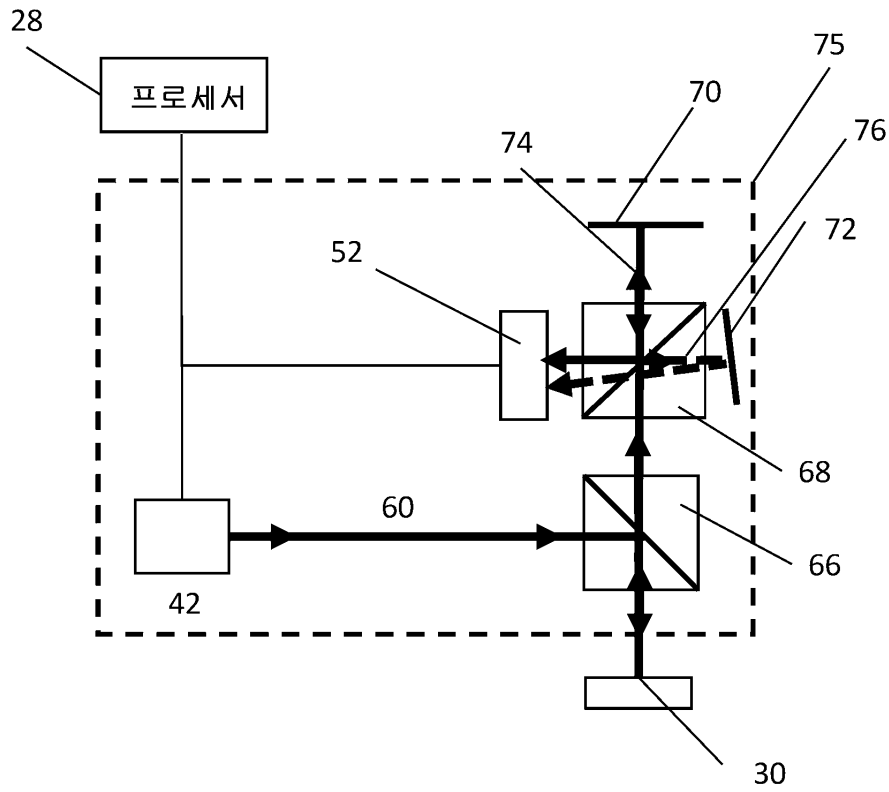
도면2a



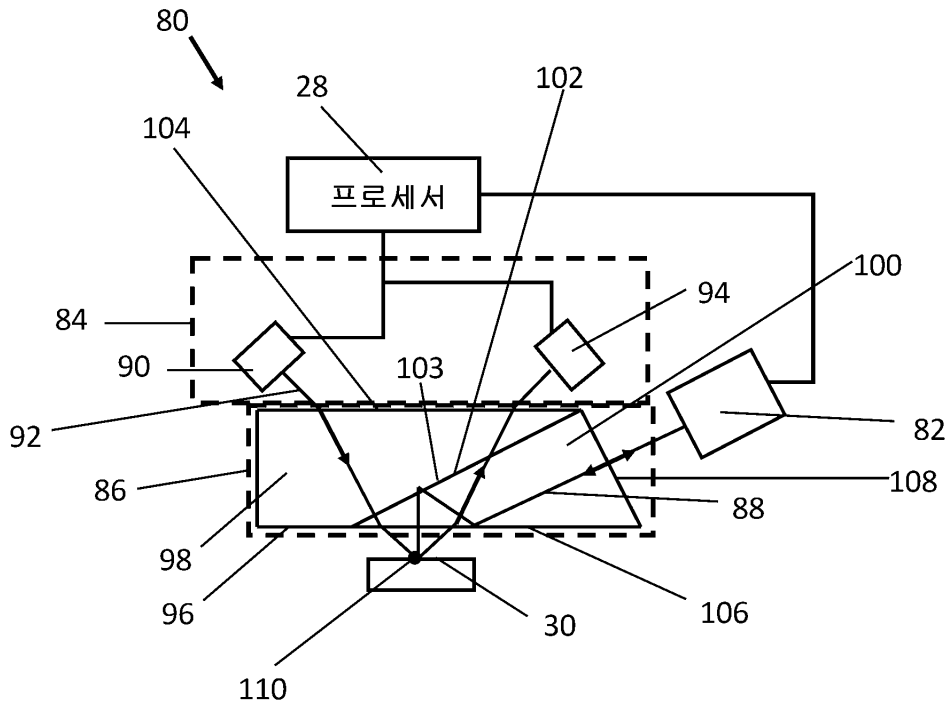
도면2b



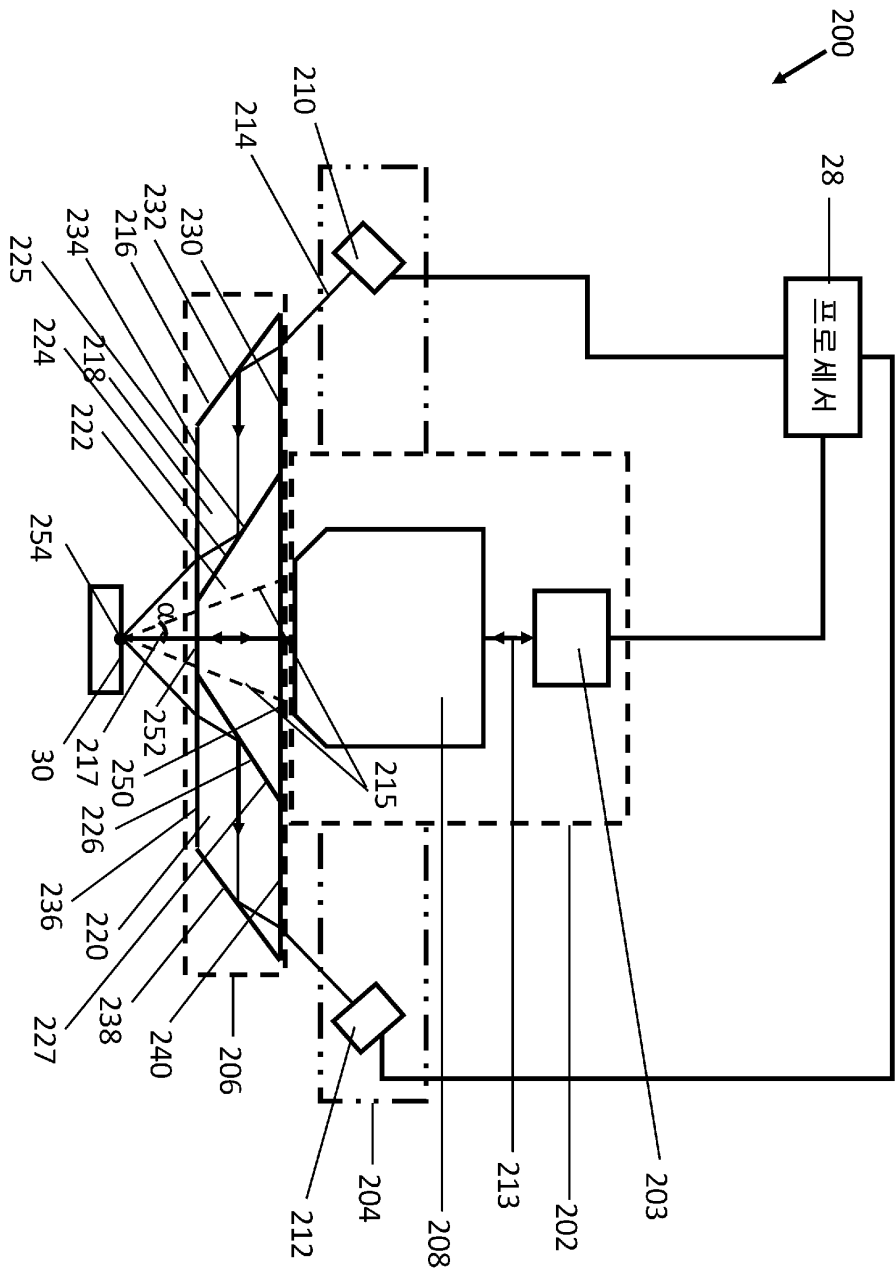
도면3



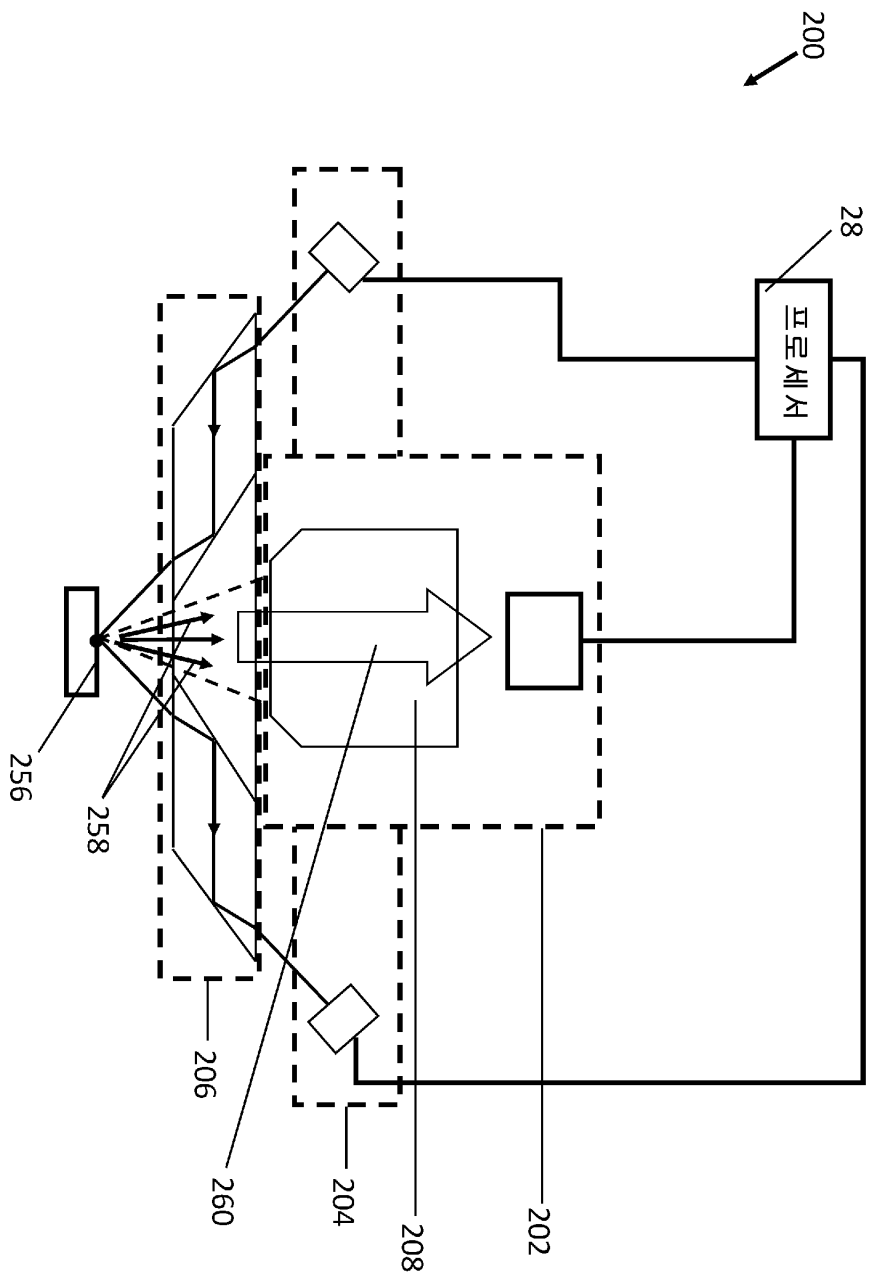
도면4



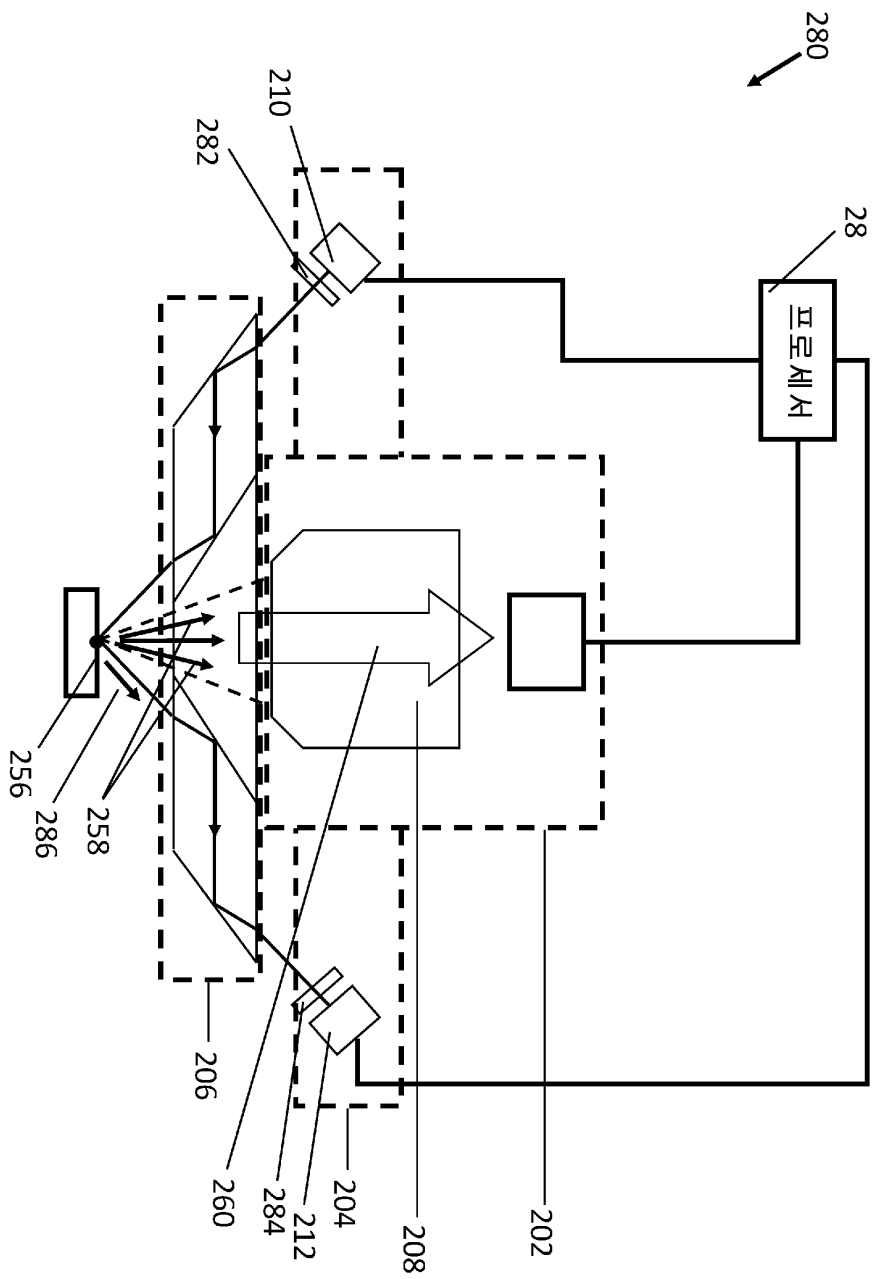
도면5



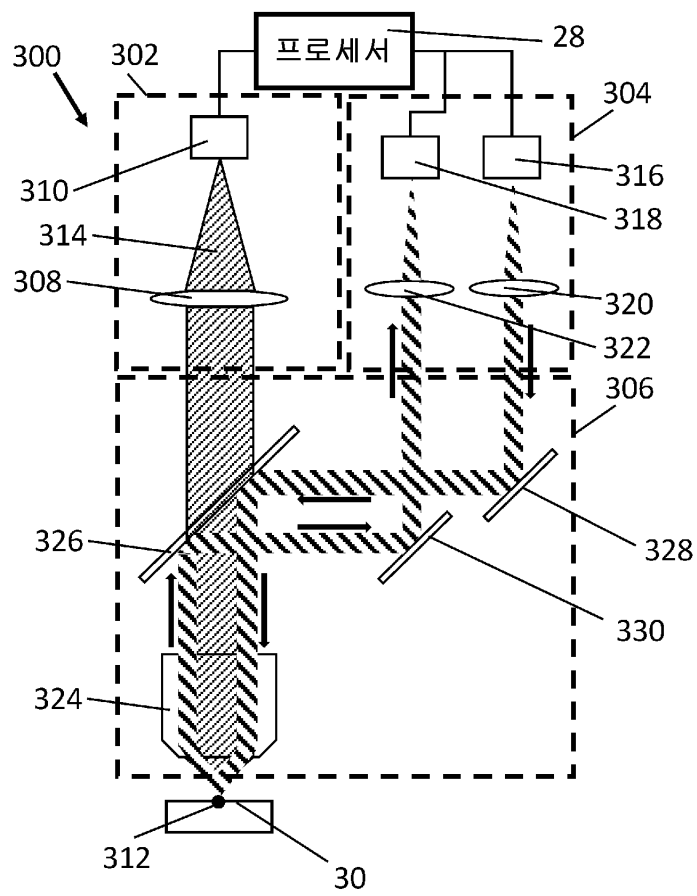
도면6



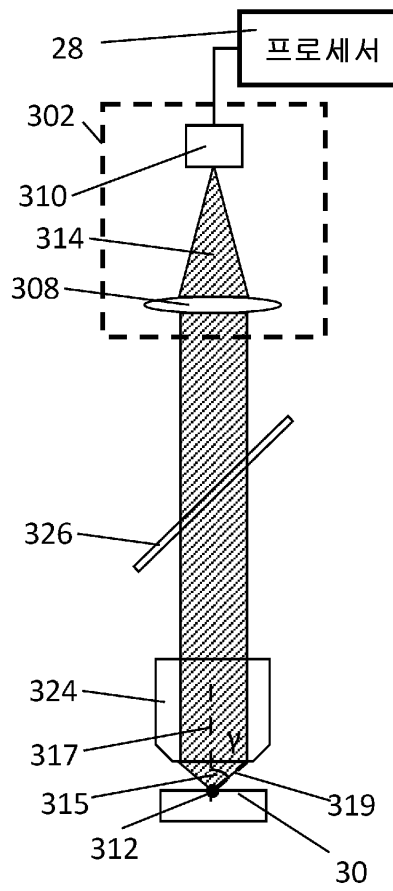
도면7



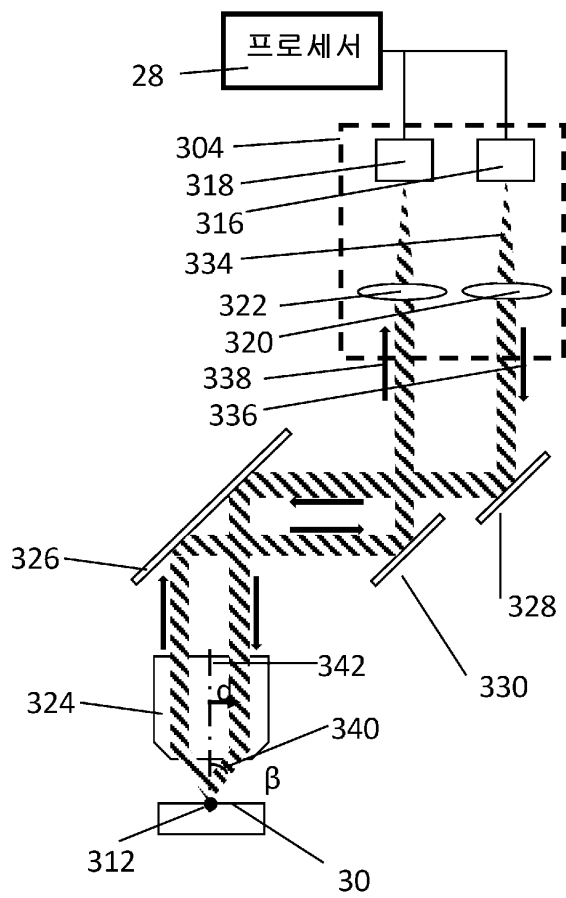
도면8a



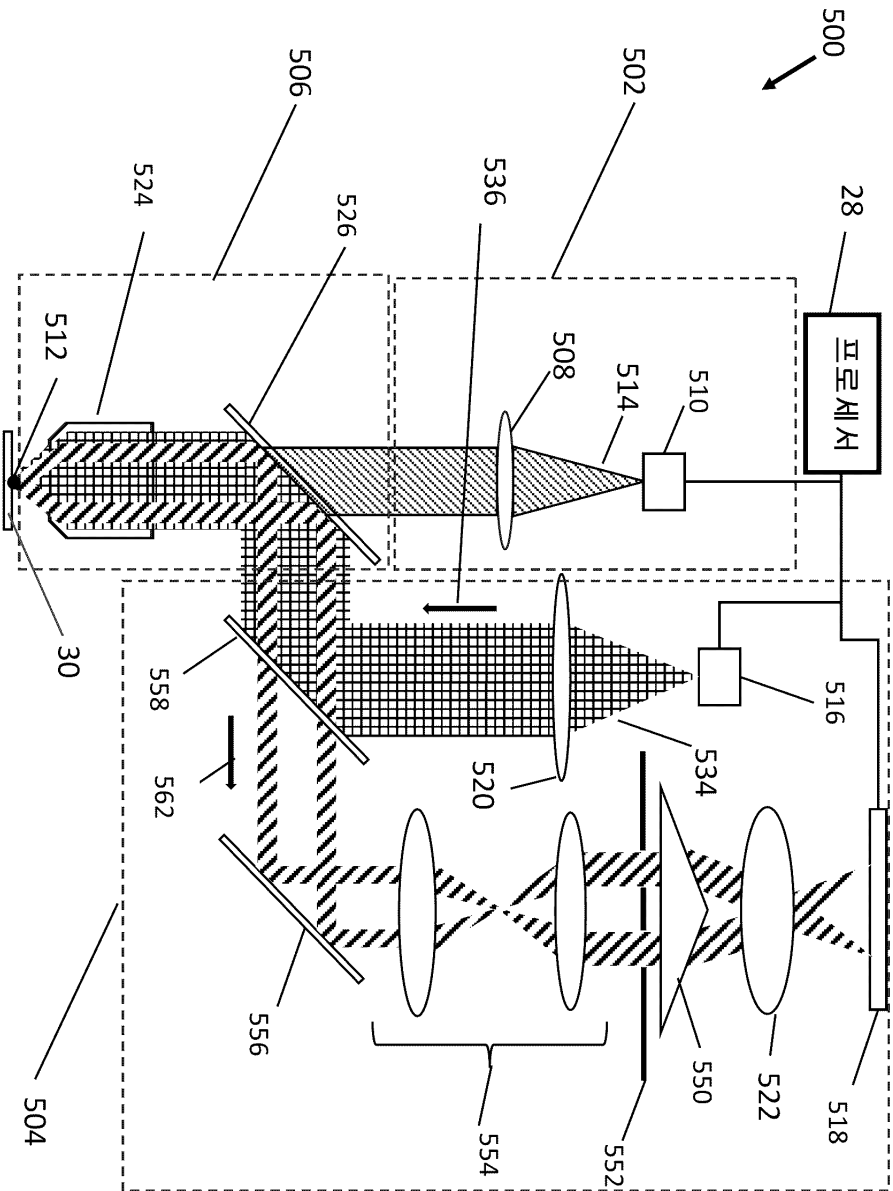
도면 8b



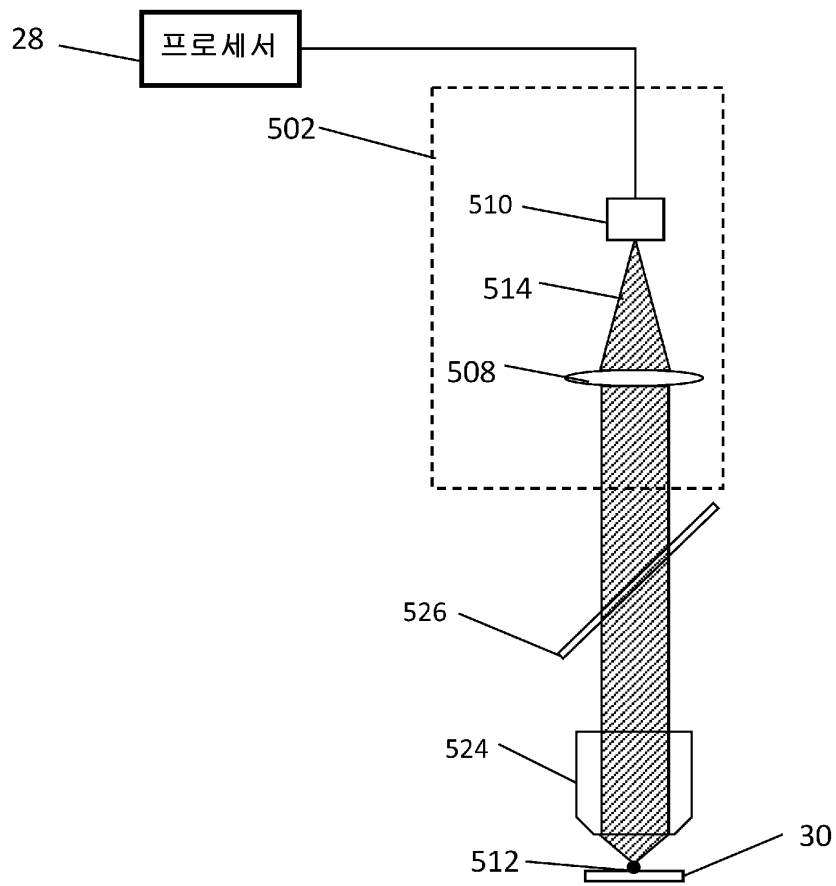
도면8c



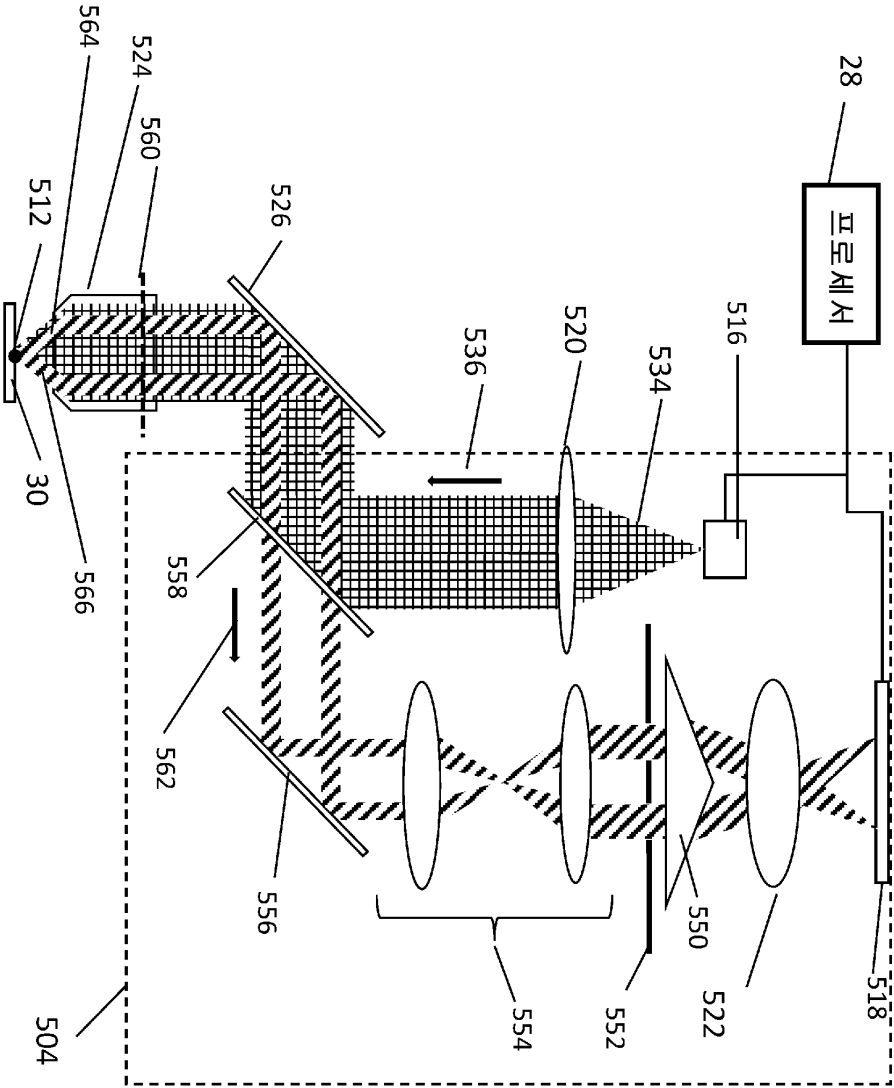
도면9a



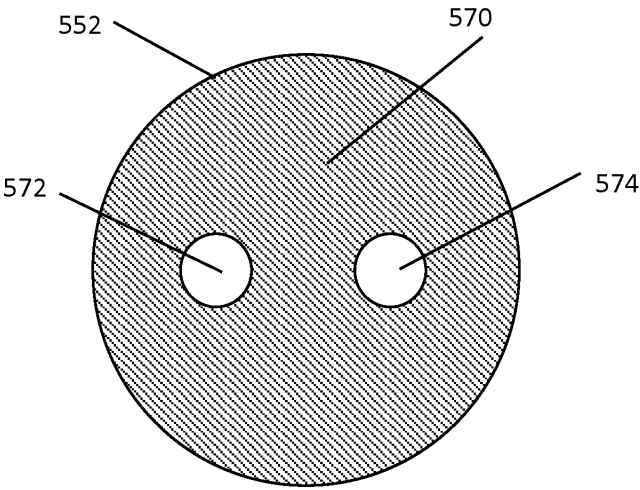
도면9b



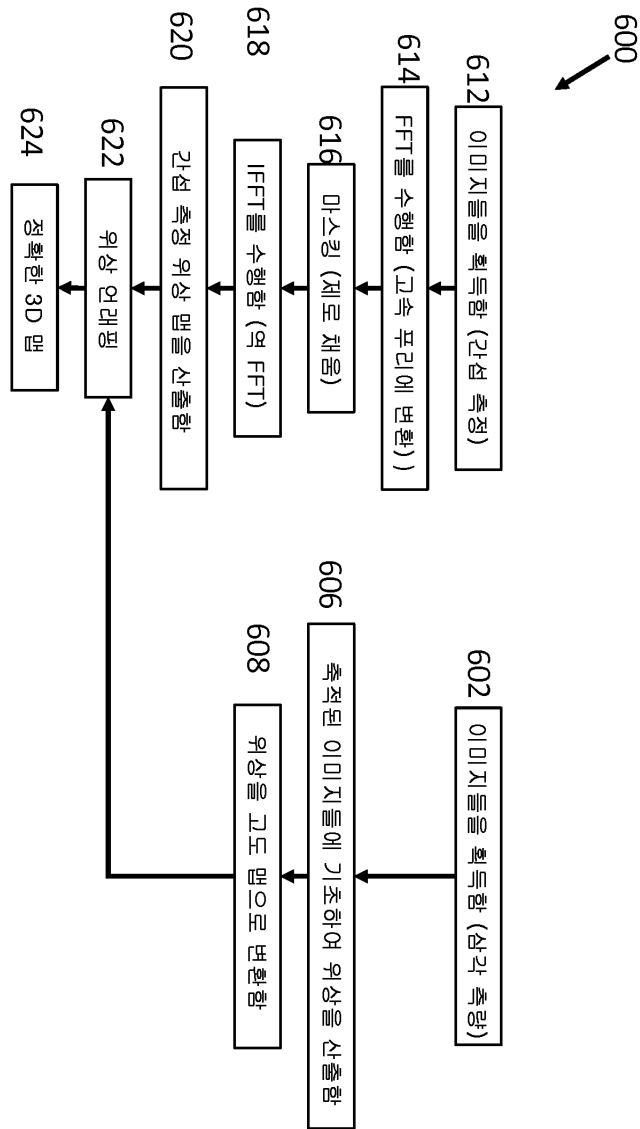
도면9c



도면9d



도면10



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 17

【변경전】

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은 상기 빔의 광학적 조작에 의해 상기 코히어런트 광의 빔으로부터 상기 참조 빔을 유도하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

【변경후】

제1항에 있어서,

상기 간섭계 모듈은 빔의 광학적 조작에 의해 상기 코히어런트 광의 빔으로부터 상기 참조 빔을 유도하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 39

【변경전】

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는, 상기 빔의 광학적 조작에 의해 상기 코히어런트 광의 빔으로부터 상기 참조 빔을 유도하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

【변경후】

제22항에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계는, 빔의 광학적 조작에 의해 상기 코히어런트 광의 빔으로부터 상기 참조 빔을 유도하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3

【변경전】

제1항에 있어서,

상기 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위에 의해 특징지어지는 한편, 상기 제2의 3D 측정치는 상기 제1 해상도보다 더 거친(coarser) 제2 해상도 및 상기 제1 모호성 범위보다 더 큰 제2 모호성 범위에 의해 특징지어지며, 상기 프로세서는 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성됨으로써, 상기 3D 맵이 상기 영역을 상기 제2 모호성 범위에 걸쳐서 상기 제1 해상도로 나타내도록 하는 것인, 광학 검사 장치.

【변경후】

제1항에 있어서,

상기 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위에 의해 특징지어지는 한편, 상기 제2의 3D 측정치는 상기 제1 해상도보다 더 조악한 제2 해상도 및 상기 제1 모호성 범위보다 더 큰 제2 모호성 범위에 의해 특징지어지며, 상기 프로세서는 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키도록 구성됨으로써, 상기 3D 맵이 상기 영역을 상기 제2 모호성 범위에 걸쳐서 상기 제1 해상도로 나타내도록 하는 것인, 광학 검사 장치.

【직권보정 4】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 24

【변경전】

제22항에 있어서,

상기 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위에 의해 특징지어지는 한편, 상기 제2의 3D 측정치는 상기 제1 해상도보다 더 거친 제2 해상도 및 상기 제1 모호성 범위보다 더 큰 제2 모호성 범위에 의해 특징지어지며, 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는 상기 영역을 상기 제2 모호성 범위에 걸쳐서 상기 제1 해상도로 나타내도록 상기 3D 맵을 생성하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

【변경후】

제22항에 있어서,

상기 제1의 3D 측정치는 제1 해상도 및 제1 모호성 범위에 의해 특징지어지는 한편, 상기 제2의 3D 측정치는 상기 제1 해상도보다 더 조악한 제2 해상도 및 상기 제1 모호성 범위보다 더 큰 제2 모호성 범위에 의해 특징지어지며, 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는 상기 영역을 상기 제2 모호성 범위에 걸쳐서 상기 제1 해상도로 나타내도록 상기 3D 맵을 생성하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

【직권보정 5】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 12

【변경전】

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 이미지 센서는 상기 검사 중인 영역의 2차원(2D) 이미지를 캡처하도록 구성되며, 상기 프로세서는, 상기 영역에 있는 하나 이상의 물체를 식별하기 위하여 상기 2D 이미지를 세그먼트화 및 분석하고, 하나 이상의 식별된 물체의 높이를 측정할 때 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

【변경후】

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 이미지 센서는 상기 검사 중인 영역의 2차원(2D) 이미지를 캡처하도록 구성되며, 상기 프로세서는, 상기 영역에 있는 하나 이상의 물체를 식별하기 위하여 상기 2D 이미지를 분할 및 분석하고, 하나 이상의 식별된 물체의 높이를 측정할 때 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하도록 구성된 것인, 광학 검사 장치.

【직권보정 6】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 34

【변경전】

제33항에 있어서,

상기 이미지 센서를 사용하여, 상기 검사 중인 영역의 2차원(2D) 이미지를 캡처하는 단계를 더 포함하며, 상기 영역에 있는 하나 이상의 물체를 식별하기 위하여 상기 2D 이미지를 세그먼트화 및 분석하는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는 상기 하나 이상의 식별된 물체의 높이를 측정할 때 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.

【변경후】

제33항에 있어서,

상기 이미지 센서를 사용하여, 상기 검사 중인 영역의 2차원(2D) 이미지를 캡처하는 단계를 더 포함하며, 상기 영역에 있는 하나 이상의 물체를 식별하기 위하여 상기 2D 이미지를 분할 및 분석하는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 결합시키는 단계는 상기 하나 이상의 식별된 물체의 높이를 측정할 때 상기 제1 및 제2의 3D 측정치들을 적용하는 단계를 포함하는 것인, 광학 검사를 위한 방법.