



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년11월27일  
(11) 등록번호 10-2041881  
(24) 등록일자 2019년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01B 11/27 (2006.01) G01B 11/00 (2006.01)  
G06T 7/70 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
G01B 11/27 (2013.01)  
G01B 11/002 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0124041  
(22) 출원일자 2018년10월17일  
심사청구일자 2018년10월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020120015936 A\*  
US20060238776 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국표준과학연구원  
대전 유성구 가정로 267(가정동, 한국표준과학연구원)  
(72) 발명자  
김종안  
대전광역시 유성구 가정로 43, 111-803  
김재완  
대전광역시 유성구 어은로 57, 102-506  
(74) 대리인  
특허법인 누리  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 16 항

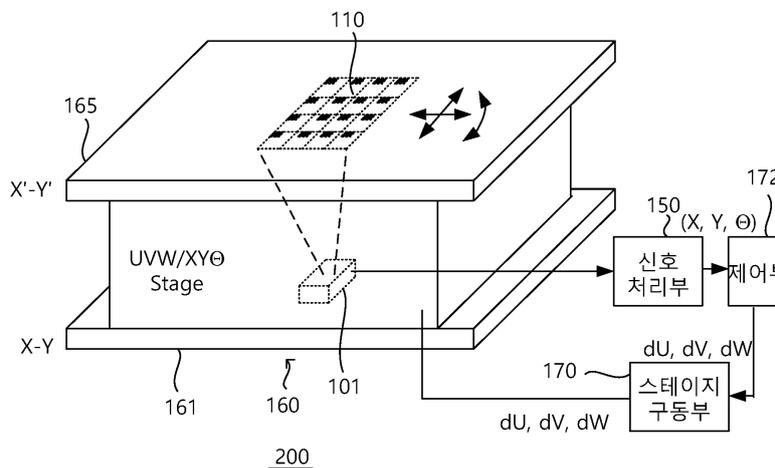
심사관 : 한주철

(54) 발명의 명칭 3 자유도 평면 정렬 장치

(57) 요약

본 발명은 정밀 다축 스테이지 시스템의 평면 모션 측정을 위한 새로운 절대 X-Y- $\theta$  위치 센서를 구비한 3 자유도 평면 정렬 장치를 제공한다. 2차원 위상 인코딩된 이진 스케일(2D phase-encoded binary scale; 2D PEBS)의 회전된 관심 영역(ROI)의 이미지를 분석하여, 두 개의 분리된 점에서 절대 위치 값을 각각 얻는다. 이 값들을 결합하여, 절대 X-Y- $\theta$  위치를 계산할 수 있다.

대표도 - 도17



(52) CPC특허분류

*G06T 7/70* (2017.01)

*G01B 2210/52* (2013.01)

(72) 발명자

**이재용**

충청북도 청주시 상당구 호미로 330, 101-1102

**우제훈**

대전광역시 서구 만년로 45, 109-604

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지;

상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드;

상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일;

상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 상기 이동판의 3 자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부; 및

상기 이동판의 변위량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함하고,

상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계의 제1 방향으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드과 제2 방향으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함하고,

상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성되고,

상기 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고,

(0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 스테이지는 XY $\Theta$  스테이지 또는 UVW 스테이지인 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

#### 청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 2차원 절대 위치 스케일은 상기 이동판의 하부면에 노출되도록 장착되는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 이동판의 변위량은 상기 스테이지의 3 자유도 운동의 위치에 기반하고,

3자유도 운동의 위치는 두 개의 병진 운동과 하나의 회전 운동을 포함하는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

#### 청구항 5

삭제

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 데이터 섹션, 상기 중립 섹션, 및 상기 클락 섹션 각각은 하나 이상의 일정한 간격의 세그먼트를 포함하고,

상기 1차원 데이터 셀은 제1 상태(“0”)를 나타내고 연속적으로 배열된 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고,

상기 1차원 데이터 셀은 제2 상태(“1”)를 나타내고 연속적으로 배열된 중립 섹션, 데이터 섹션, 및 클락 섹션을 포함하는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 7**

제6 항에 있어서,

상기 중립 섹션은 2 세그먼트이고,

상기 데이터 섹션은 3 세그먼트이고,

상기 클락 섹션은 3 세그먼트인 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 8**

고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지; 상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\theta$  센서 헤드; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일; 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드로부터 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 3자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부; 및 상기 스테이지의 변위량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함하는 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법에 있어서,

상기 스테이지의 이동판의 초기 위치를 측정하는 단계;

상기 스테이지의 이동판의 목표 위치와 상기 초기 위치의 차이로 상기 스테이지의 변위량을 설정하는 단계;

상기 변위량에 기반하여 상기 스테이지의 구동량을 산출하는 단계; 및

상기 구동량으로 상기 스테이지의 모터를 각각 구동하는 단계;를 포함하고,

상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계의 제1 방향으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드과 제2 방향으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함하고,

상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성되고,

상기 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고,

(0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 스테이지가 이동한 후 상기 스테이지의 현 위치를 측정하여 상기 목표 위치에 도달을 확인하는 단계를 더

포함하는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법.

**청구항 10**

고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지;

상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드;

상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일;

상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 3 자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부;

상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 기관의 정렬 마크를 검사하는 적어도 하나의 비전 카메라; 및

상기 기관의 상기 정렬 마크와 상기 정렬 마크의 최종 정렬 위치의 차이에 기반한 상기 스테이지의 구동량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함하고,

상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계의 제1 방향으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드과 제2 방향으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함하고,

상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성되고,

상기 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고,

(0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션 (D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션 (D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션 (D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션 (D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 11**

제10 항에 있어서,

상기 스테이지는 XY $\Theta$  스테이지 또는 UVW 스테이지인 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 12**

제10 항에 있어서,

상기 2차원 절대 위치 스케일은 상기 이동판의 하부면에 노출되도록 장착되는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 13**

제10 항에 있어서,

3자유도 운동의 위치는 두 개의 병진 운동과 하나의 회전 운동을 포함하는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제10 항에 있어서,

상기 데이터 섹션, 상기 중립 섹션, 및 상기 클락 섹션 각각은 하나 이상의 일정한 간격의 세그먼트를 포함하고,

상기 1차원 데이터 셀은 제1 상태(“0”)를 나타내고 연속적으로 배열된 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고,

상기 1차원 데이터 셀은 제2 상태(“1”)를 나타내고 연속적으로 배열된 중립 섹션, 데이터 섹션, 및 클락 섹션을 포함하는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 16**

제15 항에 있어서,

상기 중립 섹션은 2 세그먼트이고,

상기 데이터 섹션은 3 세그먼트이고,

상기 클락 섹션은 3 세그먼트인 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치.

**청구항 17**

고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지; 상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\theta$  센서 헤드; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일; 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드에 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 3 자유도 위치를 추출하는 신호 처리부; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 기관의 정렬 마크를 검사하는 적어도 하나의 비전 카메라; 상기 기관의 상기 정렬 마크의 3 자유도 위치와 상기 정렬 마크의 최종 3 자유도 위치의 차이에 기반한 상기 스테이지의 구동량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함하는 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법은:

상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드와 상기 신호 처리부를 사용하여 상기 2차원 절대 위치 스케일의 3 자유도의 초기 위치를 측정하는 단계;

상기 비전 카메라를 사용하여 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 초기 위치를 측정하는 단계;

상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 초기 위치와 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 최종 정렬 위치의 차이로 변위량을 설정하는 단계;

상기 2차원 절대 위치 스케일의 초기 위치와 상기 변위량을 이용해 상기 스테이지의 구동량으로 변환하는 단계;

상기 구동량으로 상기 스테이지의 모터를 각각 구동하는 단계; 및

상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드와 상기 신호 처리부를 사용하여 상기 스테이지의 이동판의 3 자유도의 현 위치를 측정하는 단계를 포함하고,

상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계의 제1 방향으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드과 제2 방향으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함하고,

상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성되고,

(0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되고,

(1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹되는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 스테이지의 이동관의 3 자유도의 현 위치가 상기 2차원 절대 위치 스케일의 3 자유도의 초기 위치와 상기 변위량에 의하여 주어지는 목표 위치인지를 판단하는 단계;

상기 비전 카메라를 사용하여 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 현 위치를 측정하는 단계; 및

기관의 정렬 마커의 3 자유도의 현 위치와 상기 최종 정렬 위치의 차이를 비교하는 단계; 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 3 자유도 평면 정렬 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로, 회전각 및 위치를 측정하는 X-Y- $\theta$  센서를 구비한 3 자유도 평면 정렬 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 다양한 정밀 시스템(precision systems) 및 과학 기계(scientific instruments) 에서, 정밀한 위치 측정은 구동 시스템(actuating systems)을 모니터링하고 제어하는 기본 요소이다. 레이저 간섭계와 광학 인코더는 전형적인 위치 센서들이다. 레이저 간섭계는 간섭 무늬를 카운팅하고 서브-분할(sub-dividing)하여 서브-나노미터 해상도를 가지고 위치를 측정한다. 상기 간섭 무늬의 주기는 레이저 광원의 파장에 의하여 결정된다.

[0003] 광학 인코더는 스케일을 사용한다. 상기 스케일은 균일하고 주기적인 패턴을 가진다. 상기 패턴은 수 내지 수십 마이크로 미터의 피치를 가진다. 상기 광학 인코더는 간섭 무늬 또는 강도 프로파일(intensity profile)을 처리하여 위치 값(position readouts)을 얻는다.

[0004] 상기 레이저 간섭계는 높은 정밀도를 달성할 수 있다. 그러나, 상기 레이저 간섭계는 잘 제어된 환경 조건(well controlled environmental condition) 및 세심한 정렬(delicate alignment)을 요구한다.

[0005] 증분 위치 측정(incremental position measurement)에서, 위치 값은 초기 위치로부터 상대 변위를 누적하여 얻어진다. 상기 증분 위치 측정은 정밀 스테이지 및 위치 모니터링과 같은 많은 응용 분야에 적용되고 있다.

[0006] 그러나, 상기 증분 위치 측정은 오직 상대 변위를 측정하고, 절대 위치를 측정하기 위하여 추가적인 센서를 사용한 초기화를 요구한다.

[0007] 상기 절대 위치 측정은 정밀 시스템의 효율성과 강건성(robustness)을 증가시킨다. 왜냐하면, 절대 위치 측정은 초기화를 요구하지 않고, 다양한 돌발 상황(emergency events)을 처리할 수 있다. 상기 절대 위치 측정은 전력 소모가 엄격하게 제어되어야 하는 응용분야에서도 장점을 가진다.

[0008] 광학 인코더는 비용 및 복잡성의 증가없이 구현될 수 있기 때문에, 광학 인코더는 절대 위치 측정에 널리 사용된다.

[0009] 절대 인코더는 특별히 설계된 스케일을 요구한다. 절대 위치 이진 코드(absolute position binary code; APBC)는 상기 스케일에 인코딩된다. 초기에는, 상기 APBC는 멀티-트랙 코드(multi-track code)를 사용하여 인코딩되었고, 증분형 트랙(incremental track)이 높은 분해능을 위하여 추가되었다. 그러나, 인코더 헤드의 복잡한 구성(complex configuration)과 정렬 문제(alignment issue)는 상기 스케일의 멀티-트랙 구성에 기인하여 불가피하다.

[0010] 인코더는 선형 운동을 측정하는 선형 인코더(linear encoder)와 회전 운동을 측정하는 로터리 인코더(Rotary encoder)로 구분된다.

[0011] 따라서, 선형 운동에 따른 절대 위치와 회전 운동에 의한 회전각을 정확한 위치를 동시에 측정하는 새로운 구조의 고정밀 인코더가 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0012] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 높은 정밀도를 가지는 직선 운동 및 회전 운동을 제공하는 3 자유도 평면 정렬 장치를 제공하는 것이다. 3 자유도 평면 정렬 장치는 높은 정밀도와 간단한 구조를 가지는 절대 위치 측정 장치를 요구한다. 상기 절대 위치 측정 장치는 두 개의 1차원 절대 위치 이진 코드를 직교하여 매트릭스 형태로 배열된 2차원 절대 위치 스케일을 사용한다. 1차원 절대 위치 이진 코드는 하나의 이진 상태 표현(one binary state representation)의 위상을 변화시켜 인코딩된다.
- [0013] 상기 2차원 절대 위치 스케일은 광학적 및 구조적 성질을 사용하여 효율적으로 디코딩될 수 있다. 상기 2차원 절대 위치 스케일은 2차원적 위치 및 회전각을 정밀하게 디코딩할 수 있다.
- [0014] 상기 2차원 절대 위치 이진 코드의 서브-분할(sub-division)은 절대 위치 인코딩을 위하여 사용되는 상기 이진 상태 표현의 상대 위치를 감지하여 가능하다. 따라서, 상기 절대 위치 인코딩은 서브-분할 과정과 간섭하지 않는다. 따라서, 어떠한 의사-랜덤 시퀀스(pseudo-random sequence)도 상기 절대 위치 코드로 사용될 수 있다.
- [0015] 본 발명에서 제안된 방법은 상기 서브-분할을 위한 추가적인 센싱부를 요구하지 않는다. 상기 제안된 방법은 간단한 구조(configuration) 및 효율적인 데이터 처리로 실현될 수 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 3 자유도 평면 정렬 장치는, 고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지; 상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일; 상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 상기 이동판의 3자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부; 및 상기 이동판의 변위량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함한다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스테이지는 XY $\Theta$  스테이지 또는 UVW 스테이지일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 2차원 절대 위치 스케일은 상기 이동판의 하부면에 노출되도록 장착될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스테이지의 변위량은 상기 스테이지의 3자유도 운동의 위치에 기반하고, 3 자유도 운동의 위치는 두 개의 병진 운동과 하나의 회전 운동을 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계의 제1 방향으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드과 제2 방향으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함할 수 있다. 상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성될 수 있다. 상기 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함할 수 있다. (0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다. (0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다. (1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다. (1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 데이터 섹션, 상기 중립 섹션, 및 상기 클락 섹션 각각은 하나 이상의 일정한 간격의 세그먼트를 포함하고, 상기 1차원 데이터 셀은 제1 상태(“0”)를 나타내고 연속적으로 배열된 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고, 상기 1차원 데이터 셀은 제2 상태(“1”)를 나타내고 연속적으로 배열된 중립 섹션, 데이터 섹션, 및 클락 섹션을 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 중립 섹션은 2 세그먼트이고, 상기 데이터 섹션은 3 세그먼트이고, 상기 클락 섹션은 3 세그먼트일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 자유도 평면 정렬 장치는, 고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제

공하는 스테이지; 상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일; 상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드로부터 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 3자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부; 및 상기 스테이지의 변위량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함한다. 상기 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법은, 상기 스테이지의 이동판의 초기 위치를 측정하는 단계; 상기 스테이지의 이동판의 목표 위치와 상기 초기 위치의 차이로 상기 스테이지의 변위량을 설정하는 단계; 상기 변위량에 기반하여 상기 스테이지의 구동량을 산출하는 단계; 및 상기 구동량으로 상기 스테이지의 모터를 각각 구동하는 단계;를 포함한다.

- [0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스테이지가 이동한 후 상기 스테이지의 현 위치를 측정하여 상기 목표 위치에 도달을 확인하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 3 자유도 평면 정렬 장치는, 고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지; 상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일; 상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 3 자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 기관의 정렬 마크를 검사하는 적어도 하나의 비전 카메라; 상기 기관의 상기 정렬 마크와 상기 정렬 마크의 최종 정렬 위치의 차이에 기반한 상기 스테이지의 구동량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함한다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스테이지는 XY $\Theta$  스테이지 또는 UVW 스테이지일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 2차원 절대 위치 스케일은 상기 이동판의 하부면에 노출되도록 장착될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 3자유도 운동의 위치는 두 개의 병진 운동과 하나의 회전 운동을 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계의 제1 방향으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드와 제2 방향으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함할 수 있다. 상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성되고, 상기 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함할 수 있다. (0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다. (0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다. (1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “0” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다. (1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 절대 위치 이진 코드의 “1” 을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 마킹될 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 데이터 섹션, 상기 중립 섹션, 및 상기 클락 섹션 각각은 하나 이상의 일정한 간격의 세그먼트를 포함하고, 상기 1차원 데이터 셀은 제1 상태(“0”)를 나타내고 연속적으로 배열된 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함하고, 상기 1차원 데이터 셀은 제2 상태(“1”)를 나타내고 연속적으로 배열된 중립 섹션, 데이터 섹션, 및 클락 섹션을 포함할 수 있다..
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 중립 섹션은 2 세그먼트이고, 상기 데이터 섹션은 3 세그먼트이고, 상기 클락 섹션은 3 세그먼트일 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 3 자유도 평면 정렬 장치는, 고정판 및 이동판을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지; 상기 스테이지의 상기 고정판에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 2차원 절대 위치 스케일; 상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일의 스케일 이미지를 분석하여 상기 스테이지의 3 자유도 위치를 추출하는 신호 처리부; 상기 스테이지의 상기 이동판에 장착된 기관의 정렬 마크를 검사하는 적어도 하나의 비전 카메라; 상기 기관의 상기 정렬 마크의 3 자유도 위치와 상기 정렬 마크의 최종 3 자유도 위치의 차이에 기반한 상기 스테이지의 구동량으로 상기 스테이지를 구동하는 스테이지 구동부를 포함한다. 상기 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법은, 상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드와 상기 신호 처리부를 사용하여 상기 2차원 절대 위치 스케일의 3 자유도의 초기 위치를 측정하는 단계; 상기 비전 카메라를

사용하여 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 초기 위치를 측정하는 단계; 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 초기 위치와 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 최종 정렬 위치의 차이로 변위량을 설정하는 단계; 상기 절대 위치 이진 스케일의 초기 위치와 상기 변위량을 이용해 상기 스테이지의 구동량으로 변환하는 단계; 상기 구동량으로 상기 스테이지의 모터를 각각 구동하는 단계; 및 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드와 상기 신호 처리부를 사용하여 상기 스테이지의 이동판의 3 자유도의 현 위치를 측정하는 단계를 포함한다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스테이지의 이동판의 3 자유도의 현 위치가 상기 2차원 절대 위치 스케일의 3 자유도의 초기 위치와 상기 변위량에 의하여 주어지는 목표 위치인지를 판단하는 단계; 상기 비전 카메라를 사용하여 상기 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 현 위치를 측정하는 단계; 및 기관의 정렬 마커의 3 자유도의 현 위치와 3 자유도의 최종 정렬 위치의 차이를 비교하는 단계; 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 3 자유도 평면 정렬 장치는 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일을 촬상한 스케일 이미지를 디코딩하여, 회전각 및 위치를 정밀하게 측정하여 스테이지의 회전각 및 위치를 제어할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 1차원 절대 위치 이진 코드 스케일을 설명하는 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일의 2차원 데이터 셀들을 나타내는 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차원 절대 위치이진 코드 스케일을 나타내는 개념도이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차원 이진 코드 스케일 및 스케일 이미지를 나타낸다.
- 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 2차원 이진 코드 스케일 및 스케일 이미지를 나타낸다.
- 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스케일 이미지, 푸리에 변환 관심 영역, 관심 영역을 나타낸다.
- 도 7은 도 6의 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)을 공간 주파수 도메인(FX-FY)으로 푸리에 변환한 결과이다.
- 도 8은 도 7의 제2 예비 관심 영역(ROI2)의 예비 회전 각도( $\theta$ )로 회전과 회전된 예비 기준 좌표계(X''-Y'')에서 절단된 제2 관심 영역(ROI2') 및 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 Y'' 축 방향으로 합산한 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 나타낸다.
- 도 9는 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 강도 프로 파일(Isum(x))의 일부, 이에 대응하는 스케일, 및 이에 대응하는 절대 위치 코드를 각각 표시한다.
- 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 방법에 따른 스케일 이미지, 푸리에 변환 관심 영역, 예비 관심영역, 및 관심 영역을 설명하는 개념도이다.
- 도 11은 도 10의 제1 관심 영역(ROI1') 및 제1 방향(X'')으로 합산된 제2 방향 강도 프로파일을 나타낸다.
- 도 12는 도 10의 제3 관심 영역(ROI3') 및 제2 방향(Y'')으로 합산된 제1 방향 강도 프로파일을 나타낸다.
- 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치를 설명하는 개념도이다.
- 도 14는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치(100a)를 설명하는 사시도이다.
- 도 15는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치(100a)의 측정 결과를 나타내는 그래프들이다.
- 도 16은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 센서의 결과를 나타낸다.
- 도 17은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 평면 정렬 장치를 설명하는 개념도이다.
- 도 18은 도 17의 평면 정렬 장치의 동작 방법을 설명하는 흐름도이다.
- 도 19는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 평면 정렬 장치를 설명하는 개념도이다.
- 도 20은 도 19의 평면 정렬 장치의 동작 방법을 설명하는 흐름도이다.
- 도 21a 및 도 21b는 도 19의 평면 정렬 장치의 동작을 설명하는 평면도이다.

도 22는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 UVW 스테이지를 설명하는 사시도이다.

도 23은 도 22의 UVW 스테이지의 운동을 설명하는 평면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0036] 본 발명은 정밀 다축 스테이지 시스템의 평면 모션 측정을 위한 새로운 절대 X-Y- $\theta$  위치 센서를 제공한다. 2차원 위상 인코딩된 이진 스케일 (2D phase-encoded binary scale; 2D PEBS)의 회전된 관심 영역(ROI)의 이미지를 분석하여, 두 개의 분리된 점에서 절대 위치 값을 각각 얻는다. 이 값들을 결합하여, 절대 X-Y- $\theta$  위치를 계산할 수 있다.
- [0037] X-Y- $\theta$  위치 센서의 센서 헤드(101)는 보드 레벨 카메라, 발광 다이오드 광원, 이미징 렌즈 및 큐브 빔 스플리터를 사용하여 구성될 수 있다. 2차원 위상 인코딩된 이진 스케일의 전부 또는 일부를 촬상한 스케일 이미지에서 균일한 공간 강도 프로파일을 얻기 위해, 의도적으로 평균화 또는 합산 방향이 선택된다. 또한, 관심 영역들(ROI) 사이의 허용 가능한 오프셋 크기(또는 거리)를 증가시킴으로써 각도 측정에서 더 높은 해상도가 얻어질 수 있다. X-Y- $\theta$  위치 센서의 성능은 해상도, 비선형성 및 반복성과 관련하여 평가되었다. X-Y- $\theta$  위치 센서는 25 nm를 선형 분해하고 0.001 각도 변위를 명확하게 분해할 수 있으며, 2D 그리드(grid) 위치를 반복적으로 측정했을 때 표준 편차는 18 nm 미만이다.
- [0038] 다양한 첨단 제조 시스템 및 과학 기기에서, 정확한 위치 및 스캐닝 궤적을 생성하기 위해 정밀 스테이지가 주요 구성 요소로 사용된다. 높은 정밀도를 가지고 스테이지를 제어 및 보정하기 위하여, 정밀한 X-Y- $\theta$  위치 센서가 사용되어야 한다.
- [0039] 평면 내에서 복잡한 동작을 수행하기 위하여, 정밀한 스테이지 시스템은 다축 구성을 가진다. 생성된 모션은 복수의 단일 스테이지 모션 센서를 사용하여 측정된다. 평면 내 정밀 정렬은 3 개의 자유도를 가진 X-Y- $\theta$  스테이지, UVW 스테이지를 사용할 수 있다. 즉, 두 개의 직선 운동과 하나의 회전 운동의 측정이 요구된다. 평면 내 정밀 정렬은 3 자유도 평면 모션 측정 (X-Y- $\theta$ )을 필요로 하는 전형적인 예이다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 따른 위치 측정 장치는 광학 인코더(optical encoder)로서, X-Y- $\theta$  위치를 정밀 측정하고, 단일 센서 헤드로 구성할 수 있다. 이에 따라, 다축(multi-axis) 측정을 위한 경쟁력있는 솔루션을 제공할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 위치 인코더는 초기화없이 절대 위치를 제공하고, 증분형 인코더보다 높은 강건성(robustness)을 보장한다. 절대 위치 측정 방법은 멀티 비트 절대 위치 코드가 인코딩된 특별히 설계된 스케일 패턴을 사용하며, 하위 분할 알고리즘(sub-division algorithms)을 사용하여 측정 해상도를 증가시킨다.
- [0042] 2차원 평면 위치는 위상 인코딩된 이진 스케일(Phase-Encoded Binary Scale; PEBS)을 사용하여 정확하게 측정할 수 있다. 하지만, 이 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위해 큰 현미경 영상 시스템이 사용되고, 회전각( $\theta$ )을 측정할 수 없다. 따라서 실제적인 효과를 얻기 위해서는 평면 운동 (X-Y- $\theta$ )에 관한 모든 정보를 제공하는 작은 센서 헤드가 요구된다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 X-Y- $\theta$  위치 측정 장치에서, 센서 헤드의 크기는 다른 부품을 간섭하지 않도록 작고, 정밀 다축 스테이지 및 작동 시스템에 내장된 위치 센서로 통합될 수 있다.
- [0044] 절대 위치 이진 코드 (APBC)가 인코딩되는 2D 위상 인코딩 이진 스케일(PEBS)은 2 개의 단일 트랙 이진 코드를 직교적으로 중첩함으로써 구성된다. 단일 트랙 이진 코드는 절대 위치 이진 코드의 데이터 비트를 나타내는 일련의 데이터 셀로 구성된다. 단일 트랙 이진 코드 스케일은 데이터 셀들로 표시된다. 2D 위상 인코딩된 이진 스케일은 서로 직교하는 단일 트랙 이진 코드 스케일의 AND 논리 연산에 의하여 결정될 수 있다. 하나의 데이터 셀은 데이터 섹션 (D), 중립 섹션 (N), 클럭 섹션 (C)을 포함한다. 하나의 데이터 셀은 이진 상태를 나타내도록 2 종류이다.
- [0045] 각 데이터 셀의 클럭 섹션 (C)은 데이터 처리를 위한 정렬기 패턴을 제공하기 위해 주기적인 위치(periodic positions)에서 반복된다. 데이터 섹션 (D)의 위치는 중립 섹션 (N)과 교환되어 절대 위치 이진 코드에서 각 셀의 이진 상태를 나타낸다. 다중 비트 2 진 코드(multi-bit binary code)는 이진 코드 스케일(binary code scale)의 이미지를 분석하여 절대 위치를 식별하기 위해 디코딩되며, 데이터 섹션(D)의 위치는 서브-분할 프로세스(sub-division process.)를 통해 더 높은 해상도로 감지된다.
- [0046] 카메라는 2D 위상 인코딩된 이진 스케일(PEBS)을 촬상하여 스케일 이미지를 생성한다. 스케일 이미지(scale

image)의 중심점에서의 절대 X-Y- $\theta$  위치는 등거리(2L) 만큼 떨어진 두 관심 영역(ROI)의 중심점인 X-Y 위치 세트 (X1, Y1; X2, Y2)를 사용하여 계산된다.

- [0047] 2차원 위상 인코딩된 이진 스케일(2D Phase-Encoded Binary Scale; PEBS)와 광센서 어레이의 좌표축이 일치하지 않을 때, 데이터 처리를 사용하여 각 점에서 XY 위치를 얻기 위해 이미지 회전을 통해 이들 축을 정렬한다. 예비 회전각( $\theta$ )은 FFT 관심 영역 (FFT ROI)의 이미지에 2D 고속 푸리에 변환 (FFT)을 적용하여 계산될 수 있다. 제1 예비 관심 영역(ROI1) 및 제2 예비 관심 영역(ROI2)의 두 이미지를 적절한 크기로 잘라내어 제1 관심 영역(ROI1') 및 제2 관심 영역(ROI2')을 각각 형성한다. 제1 관심 영역(ROI1') 및 제2 관심 영역(ROI2')은 데이터 처리에 적합하도록 예비 회전 각도( $\theta$ )만큼 회전된다. 데이터 처리를 통해 계산된 제1 관심 영역(ROI1') 및 제2 관심 영역(ROI2')의 중심 위치는 연산을 통하여 절대 위치 값 (X-Y- $\theta$ )을 제공한다.
- [0048] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 구성요소는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0049] 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)은 평면상에 이차원적으로 배열된다. 카메라는 상기 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)의 전부 또는 일부를 촬상하여 스케일 이미지(110')를 제공한다. 상기 스케일 이미지(110')의 픽셀 좌표축은 상기 2차원 절대 위치 이진 스케일(100)의 데이터 셀들의 좌표축에 대하여 회전할 수 있다. 2차원 절대 위치 이진 스케일(110)을 설명하기 위하여 1차원 절대 위치 이진 코드 스케일이 설명된다.
- [0050] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 1차원 절대 위치 이진 코드 스케일을 설명하는 개념도이다.
- [0051] [단일 트랙 이진 코드 스케일]
- [0052] 도 1을 참조하면, 1차원 절대 위치 이진 코드 스케일은 절대 위치 이진 코드를 소정의 부호(또는 데이터 셀)로 대체하여 형성된다. 절대 위치 이진 코드는 의사 랜덤 코드(Pseudo-Random-Code)에 의하여 형성될 수 있다. 절대 위치 이진 코드(absolute position binary code; APBC)의 하나의 데이터 비트(one data bit)을 나타내는 데이터 셀(data cell)은 3개의 섹션으로 구성된다. 하나의 데이터 셀은 데이터 섹션(data section; D), 클락 섹션(clock section; C), 및 중립 섹션(neutral section; N)을 포함한다. 각 섹션은 하나 이상의 일정한 간격의 세그먼트(segment)를 포함한다. 따라서, 각 데이터 셀은 3 개 이상의 세그먼트로 구성된다. 상기 데이터 섹션(D)은 3 세그먼트이고, 상기 중립 섹션(N)은 2 세그먼트이고, 상기 클락 섹션(C)은 3 세그먼트일 수 있다. 절대 위치 이진 코드는 소정의 부호(또는 데이터 셀)로 대체되어 1차원 스케일로 패턴화된다.
- [0053] 상기 데이터 셀이 "0" 상태 (제1 이진 상태)를 나타내기 위하여, 상기 데이터 섹션(D)과 상기 클락 섹션(C)은 다른 이진 상태(다른 광반사율, 다른 광투과율)를 가지고, 상기 중립 섹션(N)은 상기 클락 섹션(C)과 동일한 상태를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 데이터 섹션(D)은 높은 반사율을 가지도록 도전성 물질로 코딩되고, 상기 클락 섹션(C) 및 상기 중립 섹션(N)은 투명할 수 있다.
- [0054] 데이터 셀이 "1" 상태 (제2 이진 상태)를 나타내기 위하여, 상기 데이터 섹션(D)과 상기 클락 섹션(C)은 서로 위치를 교환할 수 있다.
- [0055] "0" 상태 (제1 이진 상태)를 나타내는 데이터 셀은 연속적으로 배열된 데이터 섹션(D), 중립 섹션(N), 및 클락 섹션(C)을 가질 수 있다. "1" 상태 (제2 이진 상태)를 나타내는 데이터 셀은 연속적으로 배열된 중립 섹션(N), 데이터 섹션(D), 및 클락 섹션(C)을 가질 수 있다.
- [0056] 상기 클락 섹션(C)은 주기적인 위치에서 반복되고, 상기 클락 섹션(C)은 우리에게 데이터 처리를 위한 정렬 키 패턴(alignment key pattern)을 제공할 수 있다.
- [0057] 상기 데이터 섹션(D)의 위치는 상기 절대 위치 이진 코드에서 각 데이터 셀의 다른 제2 이진 상태를 나타내도록 이동된다. 상기 이동은 상기 클락 섹션(C)을 제외한 다른 부위에서 가능하다. 상기 이동 크기(shift magnitude)는 하나의 세그먼트 폭(one segment width)의 정수 배이다. 상기 중립 섹션(N)은 데이터 섹션(D) 및 클락 섹션(C)에 속하지 않는 세그먼트들이다.
- [0058] 구체적으로, 각 데이터 셀은 8 개의 세그먼트로 구성되고, 데이터 섹션(D)은 3 개의 세그먼트로 구성되고, 중립 섹션(N)은 2개의 세그먼트로 구성되고, 클락 섹션(C)은 3개의 세그먼트로 구성된다. 상기 데이터 섹션(D)은 "1"

상태(제2 이진 상태)를 나타내기 위하여 두개의 세그먼트 만큼 이동된다.

- [0059] 상기 절대 위치 이진 코드의 서브-분할이 높은 해상도를 얻기 위하여 요구된다. 서브-분할된 절대 위치(sub-divided absolute position)는 상기 데이터 섹션들의 위치들을 감지하여 계산된다.
- [0060] 상기 서브-분할 과정은 추가적인 센싱부 또는 데이터 획득없이 절대 위치 디코딩을 위하여 획득된 데이터를 사용하여 수행된다. 본 발명에 따른 위치 측정 방법은 상기 절대 위치 이진 코드를 인코딩하기 위하여 상기 서브-분할에 대한 정보를 제거하지 않는다.
- [0061] 따라서, 우리는 상기 서브-분할 과정에서 정확도(accuracy)를 희생하지 않고 절대 위치를 나타내는 어떤 의사-랜덤 코드(Pseudo-Random Code)도 적용할 수 있다.
- [0062] [2차원 이진 코드 스케일]
- [0063] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일의 2차원 데이터 셀들을 나타내는 개념도이다.
- [0064] 도 2를 참조하면, 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)은 2차원 절대 위치 이진 코드를 소정의 부호(또는 데이터 셀)로 대체하여 형성된다. 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일은 두 개의 1차원 절대 위치 이진 코드를 2차원적으로 배열한 2차원 데이터 셀들을 포함한다. 2차원 데이터 셀은 (0,0) 상태, (0,1) 상태, (1,0) 상태, 및 (1,1) 상태를 나타낼 수 있다. 즉, 상기 2차원 데이터 셀은 4 종류로 구분된다.
- [0065] 상기 2차원 데이터 셀들은 기준 좌표계(X-Y)에서 제1 방향(X축 방향)의 절대 위치 이진 코드와 제2 방향(Y축 방향)의 절대 위치 이진 코드의 조합에 의하여 형성된다.
- [0066] 상기 2차원 절대 위치 스케일은 기준 좌표계(X-Y)의 제1 방향(X축 방향)으로 배열된 제1 절대 위치 이진 코드와 제2 방향(Y축 방향)으로 배열된 제2 절대 위치 이진 코드의 조합으로 구성된 2차원 데이터 셀들을 포함한다. 상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드 각각은 1차원 데이터 셀들로 구성된다.  
 상기 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션, 중립 섹션, 및 클락 섹션을 포함한다. 상기 1차원 데이터 셀은 제1 상태("0") 또는 제2 상태("0")를 나타낸다. 서로 직교하는 한 쌍의 상기 제1 절대 위치 이진 코드 및 상기 제2 절대 위치 이진 코드는 그 교점에 2차원 데이터 셀들을 형성한다.
- [0067] (0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 제2 절대 위치 이진 코드의 "0"을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 제1 절대 위치 이진 코드의 "0"을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 다른 광 특성을 나타내도록 마킹된다.
- [0068] (0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 제2 절대 위치 이진 코드의 "1"을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 제1 절대 위치 이진 코드의 "0"을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 다른 광 특성을 나타내도록 마킹된다
- [0069] (1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 제2 절대 위치 이진 코드의 "0"을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 제1 절대 위치 이진 코드의 "1"을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 다른 광 특성을 나타내도록 마킹된다
- [0070] (1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제2 방향의 제2 절대 위치 이진 코드의 "1"을 나타내는 데이터 섹션(D)과 제1 방향의 제1 절대 위치 이진 코드의 "1"을 나타내는 데이터 섹션(D)의 교점에 다른 광 특성을 나타내도록 마킹된다.
- [0071] 즉, (0,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제1 방향(X 축)으로 투영된 경우, "0" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공하고, 제2 방향(Y 축으로 투영된 경우 "0" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공한다.
- [0072] (0,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제1 방향으로 투영된 경우, "0" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공하고, 제2 방향으로 투영된 경우 "1" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공한다.
- [0073] (1,0) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제1 방향으로 투영된 경우, "1" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공하고, 제2 방향으로 투영된 경우 "0" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공한다.
- [0074] (1,1) 상태를 나타내는 2차원 데이터 셀은 제1 방향으로 투영된 경우, "1" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공하고, 제2 방향으로 투영된 경우 "1" 상태를 나타내는 1차원 데이터 셀을 제공한다.
- [0075] 제1 절대 위치 이진 코드 및 제2 절대 위치 이진 코드 각각을 구성하는 하나의 1차원 데이터 셀은 데이터 섹션

(data section; D), 클락 섹션(clock section; C), 및 중립 섹션(neutral section; N)을 포함한다. 각 섹션은 하나 이상의 세그먼트(segment)를 포함한다. 1차원 데이터 셀 각각은 제1 상태(“0”) 또는 제2 상태(“1”)를 나타낸다. 제1 상태(“0”)를 가지는 1차원 데이터 셀은 순차적으로 배열된 데이터 섹션(data section; D), 중립 섹션(N), 및 클락 섹션(C)을 가질 수 있다. 제2 상태(“1”)를 가지는 1차원 데이터 셀은 순차적으로 배열된 중립 섹션(N), 데이터 섹션(D) 및 클락 섹션(C)을 가질 수 있다. 상기 데이터 섹션(D)은 상기 중립 섹션(N) 및 클락 섹션(C)과 다른 광 특성을 가진다. 상기 데이터 섹션(D)은 3 세그먼트이고, 상기 중립 섹션(N)은 2 세그먼트이고, 상기 클락 섹션(C)은 3 세그먼트일 수 있다. 각 세그먼트는 일정한 간격을 가질 수 있다. 1차원 데이터 셀은 총 8 세그먼트일 수 있다. 이에 따라, 하나의 2차원 데이터 셀은 8 X 8 세그먼트로 구성될 수 있다.

- [0076] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차원 절대 위치이진 코드 스케일을 나타내는 개념도이다.
- [0077] 도 3을 참조하면, 절대 위치 이진 코드는 의사 랜덤 코드(Pseudo Random Code)로 선택될 수 있다. 3 비트의 상기 의사 랜덤 코드(또는 절대 위치 이진 코드)의 시퀀스는 '001110100'일 수 있다. 의사 랜덤 코드는 3 비트의 코드워드(code word)를 포함할 수 있다. 하나의 코드워드는 디코딩되어 특정한 위치를 표시할 수 있다. 의사 랜덤 코드의 각 비트는 “제1 상태(HIGH)” 또는 “제2 상태(LOW)”를 나타낸다.
- [0078] 의사 랜덤 코드의 시퀀스는 제1 방향(X) 및 제2 방향(Y)으로 배열되고, 이에 대응하는 2차원 데이터 셀들이 형성된다. 상기 2차원 데이터 셀은 (0,0) 상태, (0,1) 상태, (1,0) 상태, 또는 (1,1) 상태를 나타낼 수 있다.
- [0079] 상기 2차원 절대 위치이진 코드 스케일은 2차원 절대 위치 이진 코드(또는 2차원 의사 랜덤 코드)를 소정의 부호(또는 데이터 셀)로 대체하여 형성된다.
- [0080] 상기 2차원 절대 위치이진 코드 스케일(110)은 제1 방향 및 제2 방향에서 적어도 하나의 코드 워드를 포함하도록 카메라에 의하여 촬상되어 스케일 이미지를 제공할 수 있다. 상기 스케일 이미지는 디코딩되어 제1 방향(X)의 코드워드가 추출되고, 제2 방향(Y)의 코드 워드가 추출될 수 있다. 추출된 코드워드는 절대 위치로 변환될 수 있다. 또한, 데이터 셀의 서브 분할에 의하여, 위상이 산출될 수 있다. 상기 코드워드와 상기 위상은 정밀한 절대 위치를 제공할 수 있다.
- [0081] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차원 이진 코드 스케일 및 스케일 이미지를 나타낸다.
- [0082] 도 4를 참조하면, 2차원 이진 코드 스케일(110)을 촬상한 스케일 이미지(110')는 좌표축 별로 하나 이상의 코드 워드를 추출할 수 있도록 촬상된다.
- [0083] 상기 2차원 이진 코드 스케일(110)의 좌측에는 3 비트의 1차원 스케일 및 제1 방향(X축)으로 평균화된 제2 방향 강도 프로파일이 각각 표시된다.
- [0084] 상기 2차원 이진 코드 스케일(110)의 상측에는 3비트의 1차원 스케일 및 제2 방향(Y축)으로 평균화된 제1 방향 강도 프로파일이 각각 표시된다.
- [0085] 제1 방향 강도 프로파일은 디코딩되어 제1 방향의 코드워드 및 상대 위상을 제공한다. 제2 방향 강도 프로파일은 디코딩되어 제2 방향의 코드워드 및 상대 위상을 제공할 수 있다. 이에 따라, 2차원 이진 코드 스케일(110)의 위치가 산출될 수 있다.
- [0086] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 2차원 이진 코드 스케일 및 스케일 이미지를 나타낸다.
- [0087] 도 5를 참조하면, 기준 좌표계(X-Y)의 2차원 이진 코드 스케일(110)은 카메라에 의하여 획득된 사각형 형상의 스케일 이미지(110')에 대하여 회전할 수 있다. 상기 2차원 이진 코드 스케일(110)은 기준 좌표계(X-Y)의 축 방향을 따라 배열되고, 스케일 이미지(110')은 회전 좌표계(X'-Y')의 축 방향을 따라 배열될 수 있다. 상기 기준 좌표계(X-Y)와 상기 회전 좌표계(X'-Y')는 회전각( $\theta$ )만큼 회전할 수 있다. 상기 스케일 이미지(110')로부터 스케일 이미지(110')의 중심 위치(X,Y) 및 회전각( $\theta$ )의 산출이 요구된다.
- [0088] 우선, 상기 스케일 이미지(110')의 전부 또는 일부가 선택되어 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)이 선택될 수 있다. 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)은 푸리에 변환을 통하여 예비 회전각( $\theta$ )을 제공할 수 있다. 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)은 정사각형 형상일 수 있다.
- [0089] 이어서, 상기 예비 회전각( $\theta$ )으로 회전한 스케일 이미지(110')는 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 좌표축을 따라 절단되어 관심 영역(ROI)을 형성할 수 있다. 상기 관심 영역(ROI)은 정사각형 형태이고, 좌표축 별로 적어도 하나의 코드워드를 포함할 수 있다. 상기 예비 기준 좌표계(X''-Y'')와 상기 기준 좌표계(X-Y)는 오차 범위 내에서 동일할 수 있다.

- [0090] 상기 관심 영역(ROI)은 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 제1 방향(X''축)으로 합산되거나 평균화되어 제2 방향 강도 프로파일을 제공할 수 있다. 상기 관심 영역(ROI)은 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 제2 방향(Y''축)으로 합산되거나 평균화되어 제1 방향 강도 프로파일을 제공할 수 있다. 상기 제1 방향 강도 프로파일은 디코딩되어 제1 방향의 코드워드 및 위상을 제공할 수 있다. 상기 제2 방향 강도 프로파일은 디코딩되어 제2 방향의 코드워드 및 상대 위상을 제공할 수 있다. 이에 따라, 상기 관심 영역(ROI)의 위치가 산출될 수 있다.
- [0091] 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 스케일 이미지, 푸리에 변환 관심 영역, 관심 영역을 나타낸다.
- [0092] 도 6을 참조하면, 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)이 사용된다. 2차원 이진 코드 스케일(110)에서, 그레이(gray colour) 칼라와 백색 칼라(white colors)는 각각 반사 영역과 비반사 영역을 나타낸다. n-비트 선형 시프트 피드백 레지스터(n-bit linear shift feedback register; LSFR)는 절대 위치 이진 코드의 발생을 위하여 사용되었다. 상기 절대 위치 이진 코드(APBC)는 모든 n 비트가 제로-상태인 경우를 제외하고 2n-1 개수의 조합을 가진다. 광센서 어레이의 하나의 픽셀의 폭이 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)의 하나의 세그먼트의 폭에 대응하도록 광학계의 배율이 조절될 수 있다. 상기 광센서 어레이는 2차원 스케일의 강도 프로파일 또는 이미지를 획득한다. 상기 광센서 어레이는 1286X960 픽셀 어레이를 가질 수 있다.
- [0093] 절대 위치 이진 코드 (APBC)가 인코딩되는 2차원 스케일은 2 개의 단일 트랙 이진 코드 스케일을 직교적으로 중첩한 후, 교점들에 특정한 광학 특성을 제공으로써 구성된다. 단일 트랙 이진 코드 스케일은 절대 위치 이진 코드(APBC)의 데이터 비트를 나타내는 일련의 데이터 셀들로 구성된다.
- [0094] 각 데이터 셀의 클록 섹션 (C)은 데이터 처리를 위한 정렬키 패턴을 제공하기 위해 주기적인 위치(periodic positions)에서 반복된다. 데이터 섹션 (D)의 위치는 중립 섹션 (N)과 교환되어 절대 위치 이진 코드(APBC)에서 각 셀의 이진 상태를 나타낸다. 다중 비트 2 진 코드(multi-bit binary code )는 이진 코드 스케일(binary code scale)의 스케일 이미지를 분석하여 절대 위치를 식별하기 위해 디코딩되며, 데이터 섹션의 위치는 서브-분할 프로세스(sub-division process.)를 통해 더 높은 해상도로 감지된다.
- [0095] 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)은 기준좌표계(X-Y)에서 좌표축을 따라 배열된 2차원 데이터 셀들을 포함한다. 한편, 스케일 이미지(110')는 회전좌표계(X'-Y')에서 광 센서 어레이의 픽셀들의 배열축을 따라 배열된 픽셀들을 포함한다.
- [0096] 스케일 이미지(110')의 중심점에서의 절대 위치(X,Y) 및 회전각( $\Theta$ )은 등거리(L) 만큼 떨어진 제1 위치(X1, Y1)과 제2 위치(X2, Y2)을 사용하여 다음과 같이 계산된다.
- [0097] [수학식 1]
- [0098] 
$$X = \frac{X_1 + X_2}{2}, Y = \frac{Y_1 + Y_2}{2}, \Theta = \arctan\left(\frac{Y_1 - Y_2}{X_2 - X_1}\right)$$
- [0099] 2차원 위상 인코딩된 이진 스케일(2D Phase-Encoded Binary Scale; PEBS)의 기준 좌표계(X-Y)의 좌표축과 광센서 어레이의 회전 좌표계(X'-Y')의 좌표축이 일치하지 않을 때, 데이터 처리를 사용하여 제1 위치(X1,Y1)와 제2 위치(X2,Y2)를 얻기 위해 이미지 회전이 수행된다. 회전 좌표계(X'-Y')는 광센서 어레이의 픽셀 좌표축일 수 있다.
- [0100] 상기 광센서 어레이가 활상한 스케일 이미지(110') 중에서 사각형 형상의 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)이 선택될 수 있다. 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)의 픽셀 수는 회전 좌표계(X'-Y')의 축 별로 2<sup>n</sup> 개일 수 있다. 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)은 데이터 처리 시간을 고려하여 적절히 선택될 수 있다. 구체적으로, 제1 축(X'축)의 픽셀 수는 256개이고, 제2 축(Y'축)의 픽셀 수는 256일 수 있다.
- [0101] [예비 회전각( $\Theta$ )의 추출]
- [0102] 도 7은 도 6의 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)을 공간 주파수 도메인(FX-FY)으로 푸리에 변환한 결과이다.
- [0103] 도 7을 참조하면, 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)을 공간 주파수 도메인(FX-FY)으로 푸리에 변환한다. 상기 푸리에 변환된 푸리에 변환 스펙트럼은 푸리에 도메인에서 4 개의 피크를 보인다. 상기 푸리에 변환된 푸리에 변환 스펙트럼에 직류 성분을 제거하는 DC 필터를 인가한다. 이에 따라, 4 개의 피크가 추출된다. 4 개의 피크 스펙트럼 중에서 하나를 선택하여, 공간 주파수 도메인의 중심점(원점)을 기준으로 예비 회전 각도( $\Theta$ )가 구해진다.

[0104] 구체적으로, 예비 회전 각도( $\theta$ )은 푸리에 변환 관심 영역 (FFT ROI)에 2D 고속 푸리에 변환 (FFT)을 적용하여 계산될 수 있다. 공간 주파수 도메인(FX-FY)에서, 푸리에 변환 관심 영역 (FFT ROI)은 DC 성분을 제외하고 4 개의 포인트로 표시될 수 있다. 예를 들어, 상기 푸리에 변환 관심 영역 (FFT ROI)의 예비 회전 각도( $\theta$ )는 1 사분면에 존재하는 피크 스펙트럼에 대하여 공간 주파수 도메인의 중심점(원점)을 기준으로 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0105] [수학식 2]

[0106] 
$$\theta = \arctan\left(\frac{FY1}{FX1}\right)$$

[0107] 다시, 도 6을 참조하면, 상기 광센서 어레이의 전체 이미지(1286X960 픽셀) 중에서 제1 예비 관심 영역(ROI1) 및 제2 예비 관심 영역(ROI2)이 선택될 수 있다. 상기 제1 예비 관심 영역(ROI1) 및 상기 제2 예비 관심 영역(ROI2)은 전체 스케일 이미지(110')의 중심점을 기준으로 회전 좌표계(X'-Y')의 제1 방향(X'방향)으로 대칭적으로 일정한 간격(L) 또는 관심 영역 오프셋(ROI offset; L)을 가지도록 선택될 수 있다.

[0108] 도 8은 도 7의 제2 예비 관심 영역(ROI2)의 예비 회전 각도( $\theta$ )로 회전과 회전된 예비 기준 좌표계(X''-Y'')에서 절단된 제2 관심 영역(ROI2') 및 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 Y'' 축 방향으로 합산한 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 나타낸다.

[0109] 도 8을 참조하면, 상기 제1 예비 관심 영역(ROI1) 및 상기 제2 예비 관심 영역(ROI2) 각각은 예비 회전 각도( $\theta$ ) 만큼 기준 좌표계(X-Y)에 대하여 시계 방향으로 회전한다.

[0110] 회전된 제1 예비 관심 영역(ROI1)은 예비 기준좌표계(X''-Y'')의 축 방향으로 적어도 하나의 코드워드를 포함하도록 정사각형 형태로 절단되어 제1 관심 영역(ROI1')을 제공할 수 있다. 제1 관심 영역(ROI1')의 픽셀 수는 184 X 184 일 수 있다. 스케일(110)은 10 비트의 이진코드를 사용한다. 184 픽셀은 8 세그먼트(또는 픽셀)로 구성된 23개의 데이터 셀들에 대응될 수 있다. 23 비트는 10 비트의 코드워드를 분석하기 충분하다.

[0111] 또한, 회전된 제2 예비 관심 영역(ROI2)은 예비 기준좌표계(X''-Y'')의 축 방향으로 적어도 하나의 코드워드를 포함하도록 정사각형 형태로 절단되어 제2 관심 영역(ROI2')을 제공할 수 있다.

[0112] 상기 제1 관심 영역(ROI1')은 데이터 처리를 통하여 그 중심의 절대 위치(X1,Y1)를 제공할 수 있다. 또한, 상기 제2 관심 영역(ROI2')은 데이터 처리를 통하여 그 중심의 절대 위치(X2,Y2)를 제공할 수 있다.

[0113] 데이터 처리를 통해 계산된 제1 관심 영역(ROI1')과 제2 관심 영역(ROI2')의 중심 위치((X1,Y1), (X2,Y2))가 산출된다. 이어서, 수학식 (1)을 수행하여 절대 위치(X,Y)와 회전각 ( $\theta$ )을 얻는다.

[0114] [관심 영역의 데이터 처리]

[0115] 상기 제1 관심 영역(ROI1')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준좌표계(X''-Y'')의 제1 방향(X''축 방향)으로 합산 또는 평균화하여 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 제공한다. 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))은 예비 기준좌표계(X''-Y'')의 제1 방향(X'')으로 합산 또는 평균화되어 안정성을 향상시킨다.

[0116] 상기 제1 관심 영역(ROI1')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준좌표계(X''-Y'')의 제2 방향(Y''축 방향)으로 합산 또는 평균화되어 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 제공한다.

[0117] 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준좌표계(X''-Y'')의제1 방향(X'' 축 방향)으로 합산 또는 평균화하여 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 제공한다.

[0118] 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준좌표계(X''-Y'')의제2 방향(Y'' 축 방향)으로 합산 또는 평균화되어 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 제공한다.

[0119] 예시적으로, 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))로부터 절대 위치를 추출하는 방법이 이하 설명된다.

[0120] 8 X 8 세그먼트를 가진 2차원 데이터 셀의 경우, 8 X n 픽셀 이상의 세기 프로파일이 n-비트 절대 위치 이진 코드(APBC)의 데이터 처리를 위하여 요구된다. n 비트의 데이터 셀들의 상태는 코드 워드를 제공하고, 상기 코드 워드는 룩업 테이블(look-up table)을 통하여 대략 절대 위치(coarse absolute positio)로 변환된다. 이어서,

데이터 셀들의 위상을 산출하여, 정밀한 절대 위치가 산출된다.

[0121] 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))은 10-비트 이진 코드의 경우에는 80 픽셀 이상을 포함할 수 있다. 본 예시에는, 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))은 184 픽셀을 포함한다.

[0122] 상기 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))로부터, 상기 서브-분할된 해상도를 가진 상기 절대 위치는 다음의 과정을 통하여 얻어질 수 있다.

[0123] 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 상기 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상( $\phi_{y1}$ )을 추출하고 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 중심 위치(Y1)를 산출된다.

[0124] 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 상기 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상( $\phi_{x1}$ )을 추출하고 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제1 방향 중심 위치(X1)를 산출된다.

[0125] 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 상기 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상( $\phi_{y2}$ )을 추출하고 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 중심 위치(Y2)를 산출한다.

[0126] 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 상기 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상( $\phi_{x2}$ )을 추출하고 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 중심 위치(X2)를 산출한다.

[0127] 제1 관심 영역(ROI1')의 중심 위치 (X1, Y1) 및 제2 관심 영역(ROI2')의 중심 위치(X2, Y2)를 이용하여, 스케일 이미지의 중심 좌표(X,Y)와 회전각( $\theta$ )이 수학식 1을 통하여 산출된다.

[0128] 도 9는 제2 관심 영역(ROI2')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))의 일부, 이에 대응하는 스케일, 및 이에 대응하는 절대 위치 코드를 각각 표시한다.

[0129] [클락 픽셀들(Cp)을 찾는 단계(S110)]

[0130] 도 9를 참조하면, 우리는 데이터 셀의 클락 섹션(C)과 가장 접근하여 정렬된 클락 픽셀들(Cp)을 찾는다. 상기 클락 픽셀들(Cp)은 8-픽셀 간격을 가지는 픽셀들의 세기 합(Sm)을 확인하여 감지될 수 있다.

[0131] [수학식 3]

$$S_m = \sum_{i=1}^4 I_{S(i-1)+m} \quad (m = 1, \dots, 8)$$

[0132]

[0133] 여기서,  $I_j$  는 j 번째 픽셀의 강도를 나타낸다. 상기 클락 섹션들(C)은 주기적인 비-반사적 영역들(periodic non-reflective areas)이기 때문에, 상기 클락 픽셀들(Cp)의 세기 합은 최소값을 가진다. 하나의 데이터 셀의 폭은 하나의 픽셀 서브셋(pixel subset)에 대응된다. 또는 데이터 셀의 하나의 세그먼트는 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))의 하나의 픽셀에 대응된다.

[0134] 상기 클락 픽셀 Cp의 차수(order)는 클락 픽셀 인덱스(Cpi = 1, ..., 8)로써 할당된다. 7, 15, 23, 및 31 픽셀의 합은 최소값을 가진다. 따라서, 7번째(Cpi =7) 픽셀은 클락 섹션(C)의 중심 세그먼트에 대응된다.

[0135] [절대 위치 코드를 찾는 단계(S120)]

[0136] 상기 절대 위치 이진 코드(APBC)를 디코딩하기 위하여, 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)는 상기 클락 픽셀 인덱스를 2 만큼 감소시키는 방향으로 순환적으로 이동(circularly shifting)하여 얻어진다. 이 예제에서, 상기 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)는 5이다.

[0137] 각 픽셀 서브셋에서 상기 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)에 대응하는 상기 절대 코드 픽셀들(Ap)의 세기들을 사용하여 기준값(약 1600)과 비교된다. 상기 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)에 대응하는 상기 절대 코드 픽셀들(Ap)의 세기가 기준값 이상이면 데이터 셀은 "1" 를 나타낸다. 상기 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)에 대응하는 상기 절대 코드 픽셀들(Ap)의 세기가 기준값 미만이면 데이터 셀은 "0" 를 나타낸다. 즉, 상기 픽셀 서브셋의 이진 상태들이 결정된다(S124). 즉, 5, 13, 21, 29 픽셀의 값은 기준값과 비교되어, "1100" 의 데이터를 나타낸다. 하나의 코드워드를 위하여 계속된 동작을 통하여 10 비트가 판독된다.

[0138] 만약, 5, 13, 21, 29 픽셀 각각이 모든 상기 절대 코드 픽셀들(Aps)의 평균 세기보다 큰 강도를 가지면, 상기 픽셀을 포함하는 상기 서브셋은 "1" 상태(제2 이진 상태)로 결정된다. 반대의 경우, 상기 서브셋은 "0" 상태(제1 이진 상태)를 나타낸다. 얻어진 이진 코드는 룩업 테이블(lookup table; LUT)을 사용하여 절대 위치 코드(P<sub>LUT</sub>)로 변환된다.

[0139] 상기 절대위치 이진코드(APBC)의 서브-분할은 두 단계로 처리된다. 우선, 우리는 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)를 사용하여 하나의 픽셀의 해상도를 가지는 광센서 어레이와 스케일 사이의 상대 위치를 얻는다. 다음 단계에서, 위상 계산 알고리즘을 사용하여, 상기 데이터 섹션(D)의 상대 위치가 높은 분해능을 가지고 계산된다.

[0140] [상기 데이터 픽셀들(Dp)을 찾는 단계(S130)]

[0141] 상술한 위의 단계에서 얻어진 상기 절대 코드 픽셀 인덱스(Api)로부터, 우리는 상기 데이터 섹션(D)의 위치이고 각 픽셀 서브셋에서 최대 세기를 가질 것으로 기대되는 상기 데이터 픽셀들(Dp)을 위치시킨다(S130).

[0142] 만약, 상기 서브셋이 "0" 상태를 가지면, Ap로부터 2 픽셀들이 앞선 픽셀은 데이터 픽셀(Dp)로 할당된다. 상기 서브셋이 "1" 상태를 가지면, Ap로부터 1 픽셀이 앞선 픽셀은 데이터 픽셀(Dp)로 할당된다. 즉, 상기 데이터 픽셀들(Dp)은 4, 12, 18, 26 픽셀일 수 있다.

[0143] [위상 계산 단계]

[0144] 상기 데이터 섹션(D)의 정밀한 상대 위치는 데이터 픽셀(Dp) 주위의 픽셀 값들을 사용하여 계산된다. 상기 데이터 픽셀(Dp) 주위의 3 개 픽셀들의 세기 분포는 모든 픽셀 서브셋에 동일할 수 있다. 동일 차수의 픽셀 값들의 평균(averages of the pixel values of the same order)은 정밀 상대 위치를 계산하기 위하여 사용된다. 따라서, 우리는 각 Dp의 상대 위치의 반복적 계산을 피할 수 있다.

[0145] 만약 데이터 픽셀(Dp) 주위의 강도 프로파일이 비-이상적인 사인파형을 가진다고 가정하고, 3차항 이상의 고조파 항이 낮은 개구수(numerical aperture) 광학계를 사용하여 감소된다면, 데이터 픽셀(Dp) 주위의 각 픽셀은  $\pi/3$ 의 위상 차이를 가지고, 데이터 픽셀(Dp) 주위의 5 개 픽셀의 강도 값은 다음과 같이 표현된다.

[0146] [수학식 4]

$$I_{i,j} = A_1 + A_2 \cos\left(\phi + j \frac{\pi}{3}\right) + A_3 \cos 3\left(\phi + j \frac{\pi}{3}\right)$$

[0147] 여기서,  $I_{i,j}$  ( $j = -2, \dots, 2$ )는 i번째 데이터 셀의 데이터 픽셀(Dp) 주위의 강도값이다.  $A_1, A_2, A_3$ 는 각각 강도 프로파일의 0차, 1차, 2차 푸리에 성분이다.  $\phi$ 는 광센서 어레이의 픽셀에 대한 데이터 섹션의 정밀 상태 위치에 의하여 정해지는 위상이다.

[0149] 만약, 각 픽셀의 강도값이 두 이웃하는 픽셀의 강도 값으로 이동-평균(shift-averaged)된다면, 이들 3 픽셀의 평균 강도 값은 다음과 같이 계산된다.

[0150] [수학식 5]

$$I'_{i,-1} = \frac{I_{i,-2} + 2I_{i,-1} + I_{i,0}}{4} = A_1 + A_2 \frac{3}{8} (\sqrt{3} \sin \phi + \cos \phi),$$

$$I'_{i,0} = \frac{I_{i,-1} + 2I_{i,0} + I_{i,1}}{4} = A_1 + A_2 \frac{3}{4} \cos \phi,$$

$$I'_{i,1} = \frac{I_{i,0} + 2I_{i,1} + I_{i,2}}{4} = A_1 - A_2 \frac{3}{8} (\sqrt{3} \sin \phi - \cos \phi)$$

[0151] 평균 강도 값에서, 3차 고조파 항은  $\pi$ 의 위상차를 가지는 3차 항들의 합에 의하여 제거된다. 따라서, 이들 강도값들을 사용하여, 우리는 다음과 같이 비선형 에러 없는 상대 위상( $\phi$ )을 계산할 수 있다.

[0153] [수학식 6]

$$\phi = \arctan \left[ \frac{\sum_{i=1}^n I'_{i,-1} - \sum_{i=1}^n I'_{i,1}}{\sqrt{3} \left( 2 \sum_{i=1}^n I'_{i,0} - \sum_{i=1}^n I'_{i,-1} - \sum_{i=1}^n I'_{i,1} \right)} \right]$$

[0154]

[0155] 여기서, 상대 위상의 계산에 사용되는 n은 데이터 셀의 수이다.

[0156] 상기 위상( $\phi$ )은  $-\pi/2$  부터  $-\pi$  범위의 값을 가진다.

[0157] 그러나, Dp와 다른 인접한 픽셀(another adjacent pixel)이 유사한 세기 값을 가지면, 이들 인접한 픽셀들의 합은 Dp들의 합보다 클 수 있고, 상기 위상은  $-\pi/2$  부터  $-\pi$  범위의 값을 가지지 않는다. 아크탄젠트 함수(arctangent function)의 불연속성 때문에, 상기 위상 값은  $-\pi$  근처에서 급격한 변화를 보인다. 상기 불연속성을 보상하기 위하여, 우리는 상기 위상이 양의 값을 가지면 계산된 위상에서  $2\pi$ 를 뺀다.

[0158] [절대 위치 값을 계산하는 단계(S150)]

[0159] 절대 위치 값( $P_{abs}$ )은 다음식으로 주어진다.

[0160] [수학식 7]

$$P_{abs} = \left[ P_{LUT} - \frac{A_{Di}}{8} + \frac{3}{4} \times \frac{\phi}{2\pi} \right]$$

[0161]

[0162] 우변의 제1 항은 하나의 셀의 분해능을 가진 디코딩된 절대 위치이다. 둘째 항은 특정한 픽셀을 나타낸다. 8은 하나의 셀 당 픽셀의 개수이다. 셋째 항은 하나의 픽셀 내에서 Dp의 상대 위상이다. 여기서, 변환 인자(conversion factor)는 3/4이다. Dp의 사인파형 프로파일의 피치는 6 픽셀이고, 하나의 셀의 피치는 8 픽셀이다. 길이 방향의 절대 위치 값( $P_{abs}$ )을 얻기 위하여, 세 항의 합은 상기 데이터 셀의 피치(pitch of the data cell; p)로 곱해진다.

[0163] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 방법에 따른 스케일 이미지, 푸리에 변환 관심 영역, 예비 관심영역, 및 관심 영역을 설명하는 개념도이다.

[0164] 도 11은 도 10의 제1 관심 영역(ROI1') 및 제1 방향(X'')으로 합산된 제2 방향 강도 프로파일을 나타낸다.

[0165] 도 12는 도 10의 제3 관심 영역(ROI3') 및 제2 방향(Y'')으로 합산된 제1 방향 강도 프로파일을 나타낸다.

[0166] 도 10을 참조하면, 스케일 이미지(110')는 중심 위치에 가장 자리로 진행함에 따라 강도가 점차 감소하는 형태를 가질 수 있다. 이러한 스케일 이미지(110')는 스케일에 광을 조사하는 광원의 공간 프로파일에 의존할 수 있다. 따라서, 광원의 포탄형 공간 분포에 민감하지 않는 회전각( $\theta$ ) 및 중심 위치를 산출하는 방법이 요구된다. 즉, 관심 영역(ROI)의 강도 프로파일은 회전된 스케일 이미지의 중심에서 반경 방향으로 합산 또는 평균될 수 있다.

[0167] 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 위치 측정 방법은 2차원 절대 위치 스케일(110)을 이용한다. 광센서 어레이는 상기 2차원 절대 위치 스케일의 전부 또는 일부를 촬상하여 스케일 이미지(110')를 제공한다.

[0168] 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 위치 측정 방법은, 기준 좌표계(X-Y)의 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)의 전부 또는 일부를 촬상하여 회전 좌표계(X'-Y')의 스케일 이미지(110')를 제공하는 단계를 포함한다. 구체적으로, 2차원 절대 위치 스케일(110)은 도 2의 2차원 데이터 셀들을 사용한다. 상기 2차원 데이터 셀들은 절대 위치 이진 코드를 나타내고 상기 기준 좌표계(X-Y)의 축을 따라 배열된다. 상기 스케일 이미지(110')의 회전 좌표계(X'-Y')의 좌표계는 광센서 어레이의 배열 좌표계이다.

[0169] 이어서, 상기 스케일 이미지(110')의 일부를 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)으로 선택하고 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)을 푸리에 변환하여 예비 회전 각도( $\theta$ )를 산출한다. 상기 예비 회전 각도( $\theta$ )의 도 7에서

설명한 것과 동일하다.

- [0170] 이어서, 상기 스케일 이미지(110')의 중심 위치를 기준으로 회전 좌표계(X'-Y')의 제1 방향(X')으로 일정한 거리(L)로 이격된 제1 예비 관심 영역(ROI1)과 제2 예비 관심 영역(ROI2)을 선택하고 상기 제1 예비 관심 영역(ROI1)과 상기 제2 관심 예비 영역(ROI2)을 상기 예비 회전 각도( $\theta$ )로 회전시키고 예비 기준 좌표계(X''-Y'')를 기준으로 절단하여 제1 관심 영역(ROI1') 및 제2 관심 영역(ROI2')을 산출한다. 상기 제1 예비 관심 영역(ROI1)과 제2 예비 관심 영역(ROI2)은 상기 푸리에 변환 관심 영역(FFT ROI)의 외곽에 배치된다. 상기 제1 관심 영역(ROI1') 및 제2 관심 영역(ROI2')은 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 축 방향에서 적어도 하나의 코드워드를 포함할 수 있다.
- [0171] 또한, 상기 스케일 이미지(110')의 중심 위치를 기준으로 상기 제1 방향(X')에 수직한 제2 방향(Y')으로 일정한 거리(L)로 이격된 제3 관심 영역(ROI3)과 제4 관심 영역(ROI4)을 선택한다. 상기 제3 예비 관심 영역(ROI3)과 상기 제4 관심 예비 영역(ROI4)을 상기 예비 회전 각도( $\theta$ )로 회전시키고, 예비 기준 좌표계(X''-Y'')를 기준으로 절단하여 제3 관심 영역(ROI3') 및 제4 관심 영역(ROI4')을 산출한다.
- [0172] 도 11을 참조하면, 이어서, 상기 제1 관심 영역(ROI1')을 디코딩하여 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 중심 위치(Y1)를 산출한다. 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 디코딩하여 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 중심 위치(Y2)를 산출한다.
- [0173] 구체적으로, 상기 제1 관심 영역(ROI1')을 디코딩하여 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 중심 위치(Y1)를 산출하는 단계는, 상기 제1 관심 영역(ROI1')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 제1 방향(X'')으로 합산 또는 평균화하여 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 제공한다. 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 상기 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상을 추출하고 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 중심 위치(Y1)를 산출한다. 상기 제1 관심 영역(ROI1')의 제2 방향 중심 위치(Y1)를 산출 방법은 도 9에 설명된 것과 동일하다.
- [0174] 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 디코딩하여 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 중심 위치(Y2)를 산출하는 단계는, 상기 제2 관심 영역(ROI2')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 제1 방향(X'')으로 합산 또는 평균화하여 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 제공한다. 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 상기 제2 방향 강도 프로파일(Isum(y))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상을 추출하고 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 중심 위치(Y2)를 산출한다. 상기 제2 관심 영역(ROI2')의 제2 방향 중심 위치(Y2)를 산출하는 방법은 도 9에 설명된 것과 동일하다.
- [0175] 도 12를 참조하면, 이어서, 상기 제3 관심 영역(ROI3')을 디코딩하여 상기 제3 관심 영역(ROI3')의 제1 방향 중심 위치(X1)를 산출한다. 상기 제4 관심 영역(ROI4')을 디코딩하여 상기 제4 관심 영역(ROI4')의 제1 방향 중심 위치(X2)를 산출한다.
- [0176] 상기 제3 관심 영역(ROI3')을 디코딩하여 상기 제3 관심 영역(ROI3')의 제1 방향 중심 위치(X1)를 산출하는 단계는, 상기 제3 관심 영역(ROI3')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 제2 방향(Y'')으로 합산 또는 평균화하여 상기 제3 관심 영역(ROI3')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 제공한다. 상기 제3 관심 영역(ROI3')의 상기 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상을 추출하고 상기 제3 관심 영역(ROI3')의 제1 방향 중심 위치(X1)를 산출한다.
- [0177] 상기 제4 관심 영역(ROI4')을 디코딩하여 상기 제4 관심 영역(ROI4')의 제1 방향 중심 위치(X2)를 산출하는 단계는, 상기 제4 관심 영역(ROI4')을 구성하는 픽셀들을 예비 기준 좌표계(X''-Y'')의 제2 방향(Y'')으로 합산 또는 평균화하여 상기 제4 관심 영역(ROI4')의 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 제공한다. 상기 제4 관심 영역(ROI4')의 상기 제1 방향 강도 프로파일(Isum(x))을 이용하여 절대 위치 코드 및 위상을 추출하고 상기 제4 관심 영역(ROI4')의 제1 방향 중심 위치(X2)를 산출한다.
- [0178] 이어서, 상기 제1 관심 영역의 제2 방향 중심 위치(Y1), 상기 제2 관심 영역의 제2 방향 중심 위치(Y2), 상기 제3 관심 영역의 제1 방향 중심 위치(X1), 및 상기 제4 관심 영역의 제1 방향 중심 위치(X2)를 사용하여 상기 2차원 절대 위치 스케일의 위치(X,Y) 및 회전 각도( $\theta$ )를 산출한다.

[0179] [수학식 8]

$$X = \frac{X_1 + X_2}{2}, Y = \frac{Y_1 + Y_2}{2},$$

$$\Theta = \frac{1}{2} \left[ \arcsin\left(\frac{X_2 - X_1}{2L}\right) + \arcsin\left(\frac{Y_2 - Y_1}{2L}\right) \right]$$

[0180]

[0181] ROI 오프셋(L)을 크게 하면, 각도 측정의 정확도가 높아진다. 그러나 강도 균일도가 중앙 영역에서 벗어남에 따라 저하된다. 우리는 균일성과 ROI 오프셋을 동시에 증가시키기 평균 방향을 스위칭하여(switching the averaging directions) 4 개의 관심영역에서 강도 프로파일을 얻었다.

[0182] 제1 관심 영역(ROI1')과 제2 관심영역(ROI2')에서 정렬된 이미지를 수평 방향(x'축 방향)으로 평균하여 강도 프로파일을 각각 얻었다. 이 강도 프로파일들을 각각 처리하여 Y1과 Y2를 각각 계산한다.

[0183] 제3 관심 영역(ROI3')과 제4 관심영역(ROI4')에서 정렬된 이미지를 수직 방향(y'축 방향)으로 평균하여 강도 프로파일을 각각 얻었다. 이 강도 프로파일들을 각각 처리하여 X1과 X2를 각각 계산한다. 따라서 평균화된 강도 프로파일은 더 큰 ROI 오프셋(L)에서도 공간적으로 균일한 분포를 보인다.

[0184] 구체적으로, ROI 오프셋(L)은 250 픽셀로 결정되었고, 이미징 시스템의 배율(magnification)와 픽셀 너비를 사용하여 1.00503 mm로 실제 길이로 변환된다.

[0185] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치를 설명하는 개념도이다.

[0186] 도 13을 참조하면, 절대 X-Y- $\Theta$  위치 센서(absolute X-Y- $\Theta$  position sensor)는 셀룰러 폰의 카메라 모듈에 사용되는 이미징 렌즈, 보드 레벨 카메라, 큐브 빔 스플리터 및 LED 광원을 사용하여 구성된다. 전체 패키지 크기는 약 27mm X 22mm X 27mm (W X H X D)이다. 카메라는 54 fps의 12 비트 그레이 스케일 이미지 (1280 픽셀 X 960 픽셀)를 제공하며 픽셀 폭은 3.75  $\mu$ m 이다. 하나의 세그먼트와 2D 위상 인코딩 이진 스케일(phase-encoded binary scale; PEBS)의 셀 폭은 각각 4  $\mu$ m와 32  $\mu$ m이다. 카메라와 이미징 렌즈 사이의 간격은 한 픽셀이 2D 위상 인코딩 이진 스케일의 한 세그먼트에 일치하도록 조정된다. 절대 위치 이진 코드는 10 비트 선형 시프트 피드백 레지스터(10-bit linear shift feedback register)를 사용하여 코딩된다. 상기 2D 위상 인코딩 이진 스케일은 20mm X 20mm 이상일 수 있다. 상기 2D 위상 인코딩 이진 스케일의 2차원 데이터 셀은 도 2에서 설명한 것과 동일하다.

[0187] 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치(100)는, 절대 위치 이진 코드로 구성된 2차원 절대 위치 스케일(110); 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)에 광을 조사하는 광원(120); 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)을 감지하는 광센서 어레이(130); 및 상기 광센서 어레이(130)가 생성한 스케일 이미지(110')를 처리하여 상기 2차원 절대 위치 스케일의 위치(X,Y) 및 회전각( $\Theta$ )을 산출하는 신호 처리부(150)를 포함한다.

[0188] 센서 헤드(101)는 상기 광원(120), 광학계(120), 및 광센서 어레이(130)를 포함한다. 광학계(120)는 상기 광원(140), 상기 2차원 절대 위치 스케일(110), 및 상기 광센서 어레이(130) 사이의 광 경로를 제공한다. 상기 광학계(120)는 상기 광원(140)의 출력광을 반사시켜 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)에 제공하고 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)에서 반사된 광을 투과시키는 빔 분리기(122); 상기 빔 분리기(122)를 투과한 광을 상기 광센서 어레이(130)에 집속하는 이미징 렌즈(123); 상기 광원(140), 상기 빔 분리기(122), 및 상기 이미징 렌즈(123)를 지지하는 지지부(121); 및 상기 광센서 어레이(130)와 상기 이미징 렌즈(123) 사이의 간격을 유지하는 스페이서(124)를 포함한다.

[0189] 상기 절대 위치 측정 장치(100)는 2차원 이진 코드 스케일(110), 광학계(120), 광원(140), 및 광센서 어레이(photo-sensor array; 130)를 포함할 수 있다. 상기 광센서 어레이(130)는 CIS, CCD 또는 포토다이오드 어레이일 수 있다.

[0190] 2차원 이진 코드 스케일(110)은 투명 기판에 반사적 크롬 마스크를 패터닝하여 2차원 데이터 셀들을 패터닝한다. 측정 원리는 반사적 크롬 마스크로 제조되고, 상기 절대 위치는 2차원 이진 코드 스케일의 반사된 강도 프로파일을 분석하여 계산될 수 있다. 2차원 이진 코드 스케일(110)은 투과형으로 변형될 수 있다. 2차원 이진 코드 스케일(110)은 백색 기판에 흑색 패턴의 페인팅을 통하여 형성될 수 있다.

[0191] 상기 광원(140)은 가스 광선 영역 또는 적외선 영역의 LED 광원일 수 있다. 상기 광원(140)이 제공한 광은 확산 판(142)을 통하여 공간적으로 균일한 확산광을 제공할 수 있다.

- [0192] 상기 확산광은 빔 분리기(122)에 제공된다. 상기 빔 분리기(122)는 큐브 빔 스플리터일 수 있다. 상기 빔 분리기(164)에서 반사한 광은 상기 2차원 이진 코드 스케일(110)에서 반사되어 상기 빔 분리기(164)를 통과한 후 상기 이미징 렌즈부(123)에 제공된다. 상기 이미징 렌즈부(123)를 통과한 광은 광센서 어레이(130)에 제공된다. 상기 광센서 어레이(130)은 상기 2차원 이진 코드 스케일의 스케일 이미지를 생성할 수 있다.
- [0193] 지지부(121)는 광원(140), 이미징 렌즈(123), 빔 분리기(122)를 고정하고, 광 경로를 가진 직육면체 블록일 수 있다. 상기 지지부(121)는 플라스틱 재질일 수 있다.
- [0194] 스페이서(124)는 상기 이미지 렌즈와 상기 광센서 어레이(140) 사이의 간격을 제공한다. 이에 따라, 2차원 이진 코드 스케일(110)은 상기 광센서 어레이(140)의 배치 평면에서 이미지를 형성한다.
- [0195] 상기 광센서 어레이(140)가 획득한 스케일 이미지(110')는 신호 처리부(150)에 제공되어 데이터 처리된다. 상기 신호 처리부(150)는 2차원 이진 코드 스케일(110)의 위치(X,Y) 및 회전각( $\theta$ )을 산출할 수 있다.
- [0196] 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)은 스테이지(160)의 이동판에 고정될 수 있다. 상기 스테이지(160)는 이동시키거나 하는 대상물을 탑재하고 X-Y- $\theta$  운동을 수행할 수 있다. 상기 광센서 어레이(140)는 상기 스테이지(160)가 이동함에 따라 이동하는 2차원 이진 코드 스케일(110)을 촬상한다. 상기 신호 처리부(150)는 상기 2차원 이진 코드 스케일(110)의 기준 위치에 대한 위치 변화 및 회전각을 산출한다.
- [0197] 또한, 스테이지 구동부(170)는 상기 신호 처리부(150)로부터 위치(X,Y) 및 회전각( $\theta$ )을 제공받아 상기 스테이지(160)에 X 방향 운동, Y 방향 운동, 및 회전 운동을 제공하여 상기 스테이지(160)를 소정의 위치 및 회전각으로 정렬시킬 수 있다.
- [0198] [데이터 획득]
- [0199] 우리는 데이터 처리를 위하여 상기 2차원 이진 코드 스케일(110)의 스케일 이미지(110')를 얻어야한다.
- [0200] 상기 데이터 처리는 상기 스케일 이미지(110')에서 유지되어야 하는 상기 절대 위치 이진 코드의 구조적 성질에 의존한다. 따라서, 정밀하게 상기 절대 위치 이진 코드를 디코딩하기 위하여, 하나의 세그먼트의 이미지의 폭(the width of the image of one segment)은 상기 광센서 어레이(140)의 픽셀 폭(pixel width of detector array)의 배율을 반영하여 처리될 수 있다. 또한, 예비 회전각( $\theta$ )을 구하여 회전시킨 관심 영역(ROI)의 이미지는 다시 정수배의 배율 조건을 만족할 수 있다.
- [0201] 상기 절대 위치 이진 코드의 서브-분할을 위하여, 상기 세기 프로파일(intensity profile)에서 상기 데이터 섹션들의 상대 위치는 서브-픽셀 해상도를 가지고 계산될 수 있다.
- [0202] 무게 중심 알고리즘(center of gravity algorithm) 및 제로-크로싱 알고리즘(zero-crossing algorithm)과 같은 여러 알고리즘들은 피크 검출을 위하여 널리 사용되고 있다. 그러나, 상기 알고리즘들은 충분한 정밀도를 얻기 위하여 많은 픽셀들을 가지고 상기 데이터 섹션의 피크 형상을 나타내는 세기 프로파일을 요구한다. 따라서, 상기 알고리즘들은 데이터 획득 및 처리를 위하여 많은 자원 및 계산 시간을 요구한다.
- [0203] 효율적으로 상대 위치를 얻기 위하여, 우리는 위상-이동 간섭계(phase-shifting interferometry)에서 사용되는 위상 계산 알고리즘을 채택하였다. 상기 위상 계산 알고리즘은 작은 수의 등 간격으로 이격된 픽셀 데이터(equally spaced pixel data)를 가지고 정밀하게 사인파형 세기 프로파일(sinusoidal intensity profile)의 위상을 계산할 수 있다.
- [0204] 그러나, 상기 이진 코드의 완전히-분해된 이미지(fully-resolved image)는 사인파 형상(sinusoidal shape)이 아니라 직사각형 형상(rectangular shape)이다.
- [0205] 상기 이미지의 FFT 스펙트럼은 단일 주파수 사인파형 함수를 나타내는 제1 차수 항(first order term)을 제외한 홀수 차수 고조파 항(odd order high harmonic terms)을 가진다. 따라서, 우리는 상기 홀수 차수 고조파 항들을 감소시키고 상기 사인파 함수에 유사한 상기 데이터 섹션의 세기 프로파일을 얻기 위하여 낮은 개구수(low numerical aperture; NA)를 가진 이미징 렌즈부(123)를 사용할 수 있다.
- [0206] 도 14는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치(100a)를 설명하는 사시도이다.
- [0207] 도 14를 참조하면, 절대 위치 측정 장치(100a)는, 절대 위치 이진 코드로 구성된 2차원 절대 위치 스케일(110); 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)에 광을 조사하는 광원(120); 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)을 감지하는 광센서 어레이(130); 및 상기 광센서 어레이(130)가 생성한 스케일 이미지(110')를 처리하여 상기 2차원

절대 위치 스케일의 위치(X,Y) 및 회전각( $\theta$ )을 산출하는 신호 처리부(150)를 포함한다. 센서 헤드(101)는 상기 광원(120), 광학계(120), 및 광센서 어레이(130)를 포함한다.

- [0208] 스테이지(160)는 기준판(161)에 배치된 X축 스테이지(162), 상기 X 축 스테이지(162)에 종속된 Y축 스테이지(163), Y축 스테이지(163)에 종속된 회전 스테이지(164)를 포함한다. 2 축 병진 스테이지는 X축 스테이지(162), 상기 X 축 스테이지에 종속된 Y축 스테이지(163)를 포함한다. 상기 회전 스테이지(164) 상에 이동판(165)이 배치된다. 상기 이동판(165)의 상부면에 2차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110)이 배치된다. 센서 헤드(101)는 상기 차원 절대 위치 이진 코드 스케일(110) 상에 이격되어 배치된다.
- [0209] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 센서 헤드(101)는 스테이지(160)의 기준판(161)에 배치되고, 상기 이동판(165)의 하부면에 장착된 2차원 절대 위치 스케일(110)을 측정할 수 있다.
- [0210] 센서의 평가를 위해서, 2 축 레이저 간섭계 (two-axis laser interferometer, 미도시)는 2 축 병진 스테이지의 이동을 감지한다. 또한, 각도 인코더(angle encoder, 미도시)는 회전 스테이지(164)의 회전 운동을 감지한다. 상기 각도 인코더의 불확도는  $\pm 2.5$  초각(second of arc) 미만이다.
- [0211] 도 15는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치(100a)의 측정 결과를 나타내는 그래프들이다.
- [0212] 도 15를 참조하면, 병진 및 회전 변위 입력이 스테이지(160)에 적용되었을 때, 위치 센서의 분해능이 평가된다 (a). 원형은 본 발명의 센서 헤드(101)에 의한 측정 결과이며, 실선은 2 축 레이저 간섭계 또는 고정밀 각도 인코더의 측정 결과이다.
- [0213] 실험 결과에서, 본 발명의 절대 위치 측정 센서는 25 nm와 0.001 도의 단계적 변위(stepwise displacement)를 명확하게 분해할 수 있다. 각 측정 축의 비선형성 오차는 정밀 각도 정렬 응용 분야에서 실제로 요구되는  $\pm 5$  도 범위 내에서, 2D 위상-인코딩된 이진 스케일(PEBS)의 하나의 테이터 셀의 길이에 대응하는 32  $\mu\text{m}$  초과로 평가된다.
- [0214] X 축과 Y 축의 경우, 비선형성 오차는  $\pm 15$  nm 미만이었으며, 4  $\mu\text{m}$  주기의 주기적인 구성 요소를 나타내지 않았다(b). 회전각의 비선형성 오차는  $\pm 2 \times 10^{-3}$  degree 이하이다.
- [0215] 비선형 오차에 대한 보상 알고리즘은 본 발명의 센서 구성에서 효과적으로 작동한다.
- [0216] 위치 센서와 각도 인코더에 의해 측정된 각 변위가 선형 회귀 분석(linear regression analysis)을 사용하여 분석되었을 때, 스케일 팩터(scale factor)와 R 제곱은 각각 0.999 922와 0.999 999 8이었다.
- [0217] 각도 측정의 선형성은 주로 수백 나노미터로 평가된 스케일 패턴의 위치 오차에 의해 제한된다. 따라서 각도 측정의 성능을 높이려면 위상 인코딩 이진 스케일(PEBS) 패턴의 위치 정확도를 향상시키고, ROI 오프셋(L)을 더 크게 설정하면, 이 오차 소스(error source)에 덜 민감하게 작용할 수 있다.
- [0218] 2D 위상 인코딩 이진 스케일의 직각도(squareness)는 역전 기법(reversal technique)을 사용하여 114  $\mu\text{rad}$ 로 평가되었으며, 2D 위치 측정의 정확도를 평가하기 전에 보상되었다.
- [0219] 도 16은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 절대 위치 센서의 결과를 나타낸다.
- [0220] 도 16을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치( 또는 X-Y- $\theta$  센서)는  $\pm 200$  nm 범위에서 50 nm 간격으로 동일하게 이격된 2D 위치를 측정한다. 각 측정 위치는 레이저 간섭계를 사용하여 제어되는 2 축의 lead zirconate titanate(PZT) 스테이지에 의해 생성된다. 10 회 측정에서 얻어진 위치 값들은 데이터 포인트로서 표시된다. 반복 측정의 표준 편차는 18 nm 미만이다. X-Y- $\theta$  센서의 평균 위치 값은 11 nm 내에서 레이저 간섭계의 위치 값과 일치했다.
- [0221] 절대 위치 측정 장치(100a)의 정확도가 16 mm X 16 mm 범위에서 평가된 경우, 최대 편차(maximum deviation)는 0.51  $\mu\text{m}$ 이다. 하지만, 주로 2D 위상 인코딩 이진 스케일의 보정되지 않은 위치 오차로 인해 발생한다. 이 오차는 더 높은 품질의 스케일을 사용하여 줄일 수 있다.
- [0222] 절대 위치 측정 장치(100a)의 정밀도는 데이터 처리에 사용된 데이터 수를 늘림으로써 향상 될 수 있다. 현재 관심 영역의 크기는 낮은 계산 부담으로 최소로 설정되었다.
- [0223] 재생 빈도(refresh rate)는 주로 카메라 프레임 속도(camera frame rate)에 의해 제한된다. 2D 위치의 측정 범위는 일반적으로 2D 위상 인코딩 이진 스케일의 크기에 의해 제한되지만, 2D FFT를 사용하는 예비 회전 각도 추

정의 모호성으로 인해  $\pm 45$  도 이내에서 절대 각도 변위를 측정할 수 있다.

- [0224] 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 위치 측정 장치는 단순하고 소형화된 구성으로 정확한 3D 평면 위치(X-Y- $\theta$ )를 정확하게 측정할 수 있다. 따라서 스케일 크기를 사용자가 정의하고 단일 또는 다중 센서 헤드를 배치하여, 다양한 정밀도의 다축 스테이지의 위치 제어 및 교정에 효과적으로 사용될 수 있다.
- [0225] 도 17은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 평면 정렬 장치를 설명하는 개념도이다.
- [0226] 도 18은 도 17의 평면 정렬 장치의 동작 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0227] 도 17 및 도 18을 참조하면, 3 자유도 평면 정렬 장치(200)는, 고정판(161) 및 이동판(165)을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지(160); 상기 스테이지(160)의 상기 고정판(161)에 장착된 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101); 상기 스테이지(160)의 상기 이동판(165)에 장착된 2차원 절대 위치 스케일(110); 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)의 스케일 이미지(110')를 분석하여 상기 스테이지(160)의 상기 이동판(165)의 3 자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부(150); 및 상기 이동판(165)의 변위량으로 상기 스테이지(160)를 구동하는 스테이지 구동부(170)를 포함한다.
- [0228] 상기 스테이지(160)는 평면 내에서 3 자유도 운동을 제공할 수 있다. 상기 스테이지는 두 개의 병진 운동과 하나의 회전 운동을 제공하는 XY $\theta$  스테이지 또는 3 개의 직선 운동을 이용하는 UVW 스테이지일 수 있다.
- [0229] 상기 스테이지(160)는 고정된 고정판(161)과 3 자유도 운동을 수행하는 이동판(165)을 포함한다. 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)는 상기 고정판(161)에 고정되고, 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)은 상기 스테이지의 이동판(165)에 장착될 수 있다. 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)은 상기 스테이지의 이동판(165)과 함께 이동할 수 있다. 이에 따라, 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)는 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)을 촬상하여 스케일 이미지(110')를 제공할 수 있다.
- [0230] 상기 스테이지(160)는 3 자유도의 각 축별로 모터를 포함할 수 있다. 각 모터는 직선 운동 또는 회전 운동을 제공하여 상기 이동판(165)을 이동시킬 수 있다.
- [0231] X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)는 상기 광원(120), 광학계(120), 및 광센서 어레이(130)를 포함할 수 있다. 상기 광센서 어레이(130)는 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)을 촬상한 스케일 이미지(110')를 신호 처리부(150)에 제공한다. 상기 신호 처리부(150)는 상기 스케일 이미지(110')의 중심 위치(X,Y) 및 회전각( $\theta$ ) 또는 상기 이동판(165)의 위치 및 회전각을 산출할 수 있다. 이에 따라, 상기 이동판에 장착된 기관은 소정의 위치 및 회전각으로 이동할 수 있다.
- [0232] 2차원 절대 위치 스케일(110)은 절대 위치 이진 코드가 인코딩된 2차원 위상 인코딩된 이진 스케일일 수 있다.
- [0233] 제어부(172)는 상기 신호 처리부(150)로부터 상기 2차원 절대 위치 스케일의 초기 중심 위치( $X_0, Y_0$ ) 및 초기 회전각( $\theta_0$ )을 제공받는다. 상기 제어부(172)는 미리 설정되거나 다른 센서를 통하여 검출된 변위량(dX,dY,d $\theta$ )를 제공받을 수 있다. 상기 변위량(dX,dY,d $\theta$ )은 각 모터의 구동량(dU,dV,dW)으로 변환될 수 있다. 상기 스테이지(160)가 UVW 스테이지인 경우, 상기 구동량(dU,dV,dW)은 좌표 변환을 포함할 수 있다. 상기 스테이지(160)가 XY $\theta$  스테이지인 경우, 상기 구동량(dU,dV,dW)은 좌표 변환없이 모터를 직접 구동하기 위한 물리량으로 변환될 수 있다. 상기 스테이지(160)의 이동판의 목표 위치( $X=X_0+dX, Y=Y_0+dY, \theta=\theta_0+d\theta$ )는 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )에 상기 변위량(dX,dY,d $\theta$ )을 합산한 값일 수 있다. 상기 스테이지 구동부(170)는 상기 제어부(172)로부터 상기 구동량(dU,dV,dW)를 제공받아, 각 모터를 제어할 수 있다.
- [0234] 상기 스테이지 구동부(170)는 상기 스테이지를 구동하는 구동 회로를 포함할 수 있다. 상기 스테이지의 모터는 회전 모터, 상기 모터의 회전 운동을 직선 운동으로 변환하는 스쿠르를 포함할 수 있다. 상기 스테이지의 모터는 선형 모터, 선형 액추에이터를 포함할 수 있다.
- [0235] 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법은, 상기 스테이지(160)의 이동판(165)의 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )를 측정하는 단계(S111); 상기 스테이지(160)의 이동판의 목표 위치와 상기 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )의 차이로 상기 스테이지의 변위량(dX,dY,d $\theta$ )을 설정하는 단계(S112); 상기 변위량(dX,dY,d $\theta$ )에 기반하여 상기 스테이지의 구동량(dU,dV,dW)을 산출하는 단계(S113); 및 상기 구동량(dU,dV,dW)으로 상기 스테이지(160)의 모터를 각각 구동하는 단계(S114);를 포함한다.
- [0236] 상기 스테이지(160)가 이동한 후 상기 스테이지의 현 위치(X,Y, $\theta$ )를 측정(S115)하여 상기 목표 위치( $X_0+dX,$

$Y_0+dY$ ,  $\Theta_0+d\Theta$ )에 도달을 확인하는 단계(S116)를 포함한다. 현 위치( $X, Y, \Theta$ )와 상기 목표 위치( $X_0+dX$ ,  $Y_0+dY$ ,  $\Theta_0+d\Theta$ )가 차이가 있는 경우, 위의 단계를 다시 반복하거나 오류 메시지를 생성한다.

- [0237] 2차원 절대 위치 스케일(110)과 X-Y- $\Theta$  센서 헤드(101)는 중심 위치(X,Y) 및 회전각( $\Theta$ )을 실시간으로 직접 측정한다. 목표 위치( $X=X_0+dX$ ,  $Y=Y_0+dY$ ,  $\Theta=\Theta_0+d\Theta$ )가 주어진 경우, 상기 구동량(dU,dV,dW)를 통하여 상기 스테이지가 이동을 완료한 후, 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)이 목표 위치에 도달하였는지 확인할 수 있다. 따라서, 3 자유도 평면 정렬 장치(200)는 빠른 속도와 정밀도를 가지고 기관에 배열된 복수의 소자들을 검사하거나 소정의 공정을 수행하도록 스캐닝할 수 있다.
- [0238] 도 19는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 평면 정렬 장치를 설명하는 개념도이다.
- [0239] 도 20은 도 19의 평면 정렬 장치의 동작 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0240] 도 21a 및 도 21b는 도 19의 평면 정렬 장치의 동작을 설명하는 평면도이다.
- [0241] 도 19, 도 20, 도 21a, 및 도 21b를 참조하면, 3 자유도 평면 정렬 장치(300)는, 고정판(161) 및 이동판(165)을 포함하고 3 자유도 위치 정렬을 제공하는 스테이지(160); 상기 스테이지의 상기 고정판(161)에 장착된 X-Y- $\Theta$  센서 헤드(101); 상기 스테이지의 상기 이동판(165)에 장착된 2차원 절대 위치 스케일(110); 상기 X-Y- $\Theta$  센서 헤드가 촬상한 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)의 스케일 이미지(110')를 분석하여 상기 스테이지(160)의 3 자유도 운동의 위치를 추출하는 신호 처리부(150); 상기 스테이지(160)의 상기 이동판(165)에 장착된 기관(10)의 정렬 마크(12)를 검사하는 적어도 하나의 비전 카메라(182); 상기 기관(10)의 상기 정렬 마크(12)의 초기 위치(P)와 상기 정렬 마크의 최종 정렬 위치(O)의 차이에 기반한 상기 스테이지의 구동량(dU,dV,dW)으로 상기 스테이지(160)를 구동하는 스테이지 구동부(170)를 포함한다.
- [0242] 고정판의 좌표계는 X-Y이고, 이동판의 좌표계는 X'-Y'이고, 기관의 좌표계는 X''-Y''일 수 있다. 2차원 절대 위치 스케일(110)은 X'-Y' 좌표계에 정렬될 수 있다.
- [0243] 상기 스테이지(160)는 XY $\Theta$  스테이지 또는 UVW 스테이지일 수 있다. 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)은 상기 이동판(165)의 하부면에 노출되도록 장착될 수 있다. 3자유도 운동의 위치는 두 개의 병진 운동과 하나의 회전 운동을 포함할 수 있다.
- [0244] 기관(10)은 상기 스테이지의 상기 이동판(165) 상에 배치될 수 있다. 상기 기관(10)은 인쇄회로 기관, 반도체 기관, LCD, OLED, 플라스틱 기관, 금속 기관, 유리 기관, 또는 세라믹 기관일 수 있다. 상기 기관(10)은 적어도 하나의 정렬 마크(12)를 포함할 수 있다. 상기 정렬 마크(12)는 십자형일 수 있다.
- [0245] 적어도 하나의 비전 카메라(182)는 상기 이동판(165)의 위에 장착된 기관의 정렬 마크(12)를 촬상할 수 있다. 상기 비전 카메라(182)는 상기 비전 제어부(184)에 영상을 제공하고, 상기 비전 제어부(184)는 데이터 처리를 통하여 상기 기관의 정렬 마크(12)의 초기 위치(P)를 제공할 수 있다. 상기 비전 제어부(184)는 상기 정렬 마크(12)의 최종 정렬 위치(O)와 상기 기관의 정렬 마크(12)의 초기 위치(P)를 사용하여, 변위량(dX,dY,d $\Theta$ )을 산출할 수 있다.
- [0246] 상기 변위량(dX,dY,d $\Theta$ )은 비전 카메라(182)가 촬상한 이미지에서 최종 정렬 위치(O)와 정렬 마크(12)의 초기 위치(P)의 차이를 분석하여 산출될 수 있다.
- [0247] 상기 스테이지(160)는 상기 변위량(dX,dY,d $\Theta$ )에 기반하여 이동될 수 있다. 구체적으로, 제어부(172)는 상기 변위량(dX,dY,d $\Theta$ )을 제공받아 상기 스테이지(160)의 모터들을 구동하는 구동량(dU,dV,dW)으로 변경하고, 상기 구동량(dU,dV,dW)은 스테이지 구동부(170)에 제공되고, 상기 스테이지 구동부(170)는 모터를 제어할 수 있다.
- [0248] 상기 스테이지(160)가 XY $\Theta$  스테이지인 경우, 제어부(172)는 상기 변위량(dx,dy,d $\Theta$ )을 좌표변환없이 구동량(dU,dV,dW)으로 변경한다. 한편, 상기 스테이지(160)가 UVW 스테이지인 경우, 제어부(172)는 상기 변위량(dx,dy,d $\Theta$ )을 좌표변환을 통하여 구동량(dU,dV,dW)으로 변경한다.
- [0249] 제어부(172)는 상기 신호 처리부(150)로부터 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)의 초기 중심 위치( $X_0, Y_0$ ) 및 초기 회전각( $\Theta_0$ )을 제공받는다. X-Y- $\Theta$  센서 헤드(101)와 상기 신호 처리부(150)는 상기 스테이지(160)가 이동함에 따른 상기 스테이지(160)의 현 위치(X,Y, $\Theta$ )를 실시간으로 확인할 수 있다. 상기 스테이지(160)의 현 위치(X,Y, $\Theta$ )가 목표 위치( $X_0+dX, Y_0+dY, \Theta_0+d\Theta$ )인 경우, 비전 카메라(182)는 기관의 정렬 마크(12)를 촬상하고, 상기 비전 카메라는 상기 비전 제어부에 영상을 제공하고, 상기 비전 제어부(184)는 데이터 처리를 통하여 상기

기판의 정렬 마크(12)의 현 위치(P')가 최종 정렬 위치(O)에 위치하는 지를 확인한다.

- [0250] 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)와 상기 신호 처리부는 상기 스테이지의 현 위치(X,Y, $\theta$ )를 추적할 수 있어, 별도의 추가 알고리즘이 요구되지 않는다.
- [0251] 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법은, 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)와 상기 신호 처리부(150)를 사용하여 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)의 3 자유도의 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )를 측정하는 단계(S212); 상기 비전 카메라(182)를 사용하여 상기 기판의 정렬 마크(12)의 3 자유도의 초기 위치(P)를 측정하는 단계(S213); 상기 기판의 정렬 마크의 3 자유도의 초기 위치(P)와 상기 기판의 정렬 마크의 3 자유도의 최종 정렬 위치(O)의 차이로 변위량(dX,dY,d $\theta$ )을 설정하는 단계(S214); 상기 스케일(110)의 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )와 상기 변위량(dX,dY,d $\theta$ )을 이용해 상기 스테이지의 구동량(dU,dV,dW)을 계산하는 단계(S215); 상기 구동량(dU,dV,dW)으로 상기 스테이지(160)의 모터를 각각 구동하는 단계(S216); 및 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)와 상기 신호 처리부(150)를 사용하여 상기 스테이지의 이동판(165)의 3 자유도의 현 위치(X,Y, $\theta$ )를 측정하는 단계(S217)를 포함한다.
- [0252] 상기 절대 위치 이진 스케일의 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )는, 상기 변위량(dX,dY,d $\theta$ )을 상기 구동량(dU,dV,dW)으로 변환시, 회전 원점에 대한 정보를 제공할 수 있다.
- [0253] 3 자유도 평면 정렬 장치의 동작 방법은, 상기 스테이지의 이동판(165)의 3 자유도의 현 위치(X,Y, $\theta$ )가 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)의 3 자유도의 초기 위치( $X_0, Y_0, \theta_0$ )와 상기 변위량(dX,dY,d $\theta$ )에 의하여 주어지는 목표 위치( $X_0+dX, Y_0+dY, \theta_0+d\theta$ )인지를 판단하는 단계(S218); 상기 비전 카메라(182)를 사용하여 상기 기판의 정렬 마크(12)의 3 자유도의 현 위치를 측정하는 단계(S219); 및 기판의 정렬 마크(12)의 3 자유도의 현 위치(P')와 3 자유도의 최종 정렬 위치(O)의 차이를 비교하는 단계(S220); 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0254] 도 22는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 UVW 스테이지를 설명하는 사시도이다.
- [0255] 도 23은 도 22의 UVW 스테이지의 운동을 설명하는 평면도이다.
- [0256] 도 22 및 도 23을 참조하면, UVW 스테이지(260)는 고정판(161), 이동판(165), 상기 고정판과 상기 이동판 사이에 배치된 4 개의 XY $\theta$  스테이지(262,263,264,265)를 포함한다. 상기 4 개의 XY $\theta$  스테이지(262,263,264,265)는 X-Y 좌표축을 기준으로 서로 일정한 간격을 가지고 서로 대칭적으로 정렬되어 배치될 수 있다. 4 개의 XY $\theta$  스테이지(262,263,264,265)는 3 개의 XY $\theta$  구동 스테이지(262,263,264)와 하나의 XY $\theta$  무구동 스테이지(265)를 포함할 수 있다. 이 중에서 3 개의 XY $\theta$  구동 스테이지(262,263,264)는 구동력을 모터를 통하여 제공받을 수 있다. 상기 구동력을 제공받는 3 개의 XY $\theta$  구동 스테이지(262,263,264)는 U 구동 스테이지(263), V 구동 스테이지(264), 및 W 구동 스테이지(262)를 포함할 수 있다. U 구동 스테이지(263) 및 V 구동 스테이지(264)는 Y축 방향의 구동축을 가지고, x축 방향으로 서로 이격되어 배치될 수 있다. W 구동 스테이지(262)는 X축 방향의 구동력을 가질 수 있다. W 구동 스테이지(262)와 더미 스테이지(265)는 y축 방향으로 서로 이격되어 배치될 수 있다.
- [0257] U 구동 스테이지(263) 및 V 구동 스테이지(264) 각각은 모터로부터 구동력을 제공받고 제1 방향 구동 선형 스테이지(263a), 상기 제1 방향 선형 스테이지에 탑재된 제2 방향 무구동 선형 스테이지(263b), 및 상기 제2 방향 무구동 선형 스테이지에 탑재된 무구동 회전 스테이지(263c)를 포함할 수 있다. 상기 U 구동 스테이지 및 V 구동 스테이지의 제1 방향 구동 선형 스테이지(263a)는 고정판의 Y축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0258] 상기 W 구동 스테이지(262)는 모터로부터 구동력을 제공받고 제1 방향 구동 선형 스테이지(262a), 상기 제1 방향 선형 스테이지에 탑재된 제2 방향 무구동 선형 스테이지(262b), 및 상기 제2 방향 무구동 선형 스테이지에 탑재된 무구동 회전 스테이지(262c)를 포함할 수 있다. 상기 W 구동 스테이지(262)의 제1 방향 구동 선형 스테이지는 고정판의 X축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0259] 더미 스테이지(262)는 제1 방향 무구동 선형 스테이지, 상기 제1 방향 선형 스테이지에 탑재된 제2 방향 무구동 선형 스테이지, 및 상기 제2 방향 무구동 선형 스테이지에 탑재된 무구동 회전 스테이지를 포함할 수 있다.
- [0260] 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)는 상기 고정판(161)의 중심에 배치될 수 있다. 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)와 상기 2차원 절대 위치 스케일(110) 사이에 일정한 간격을 유지하기 위하여, 상기 X-Y- $\theta$  센서 헤드(101)는 상기 고정판(161)으로부터 일정한 높이에 고정될 수 있다.

[0261] 상기 이동판(165)의 그 중심에 사각형 관통홀(165a)이 배치될 수 있다. 상기 2차원 절대 위치 스케일(110)은 상기 X-Y-θ 센서 헤드(101)를 바라보도록 상기 관통홀(165a)에 삽입되어 고정될 수 있다.

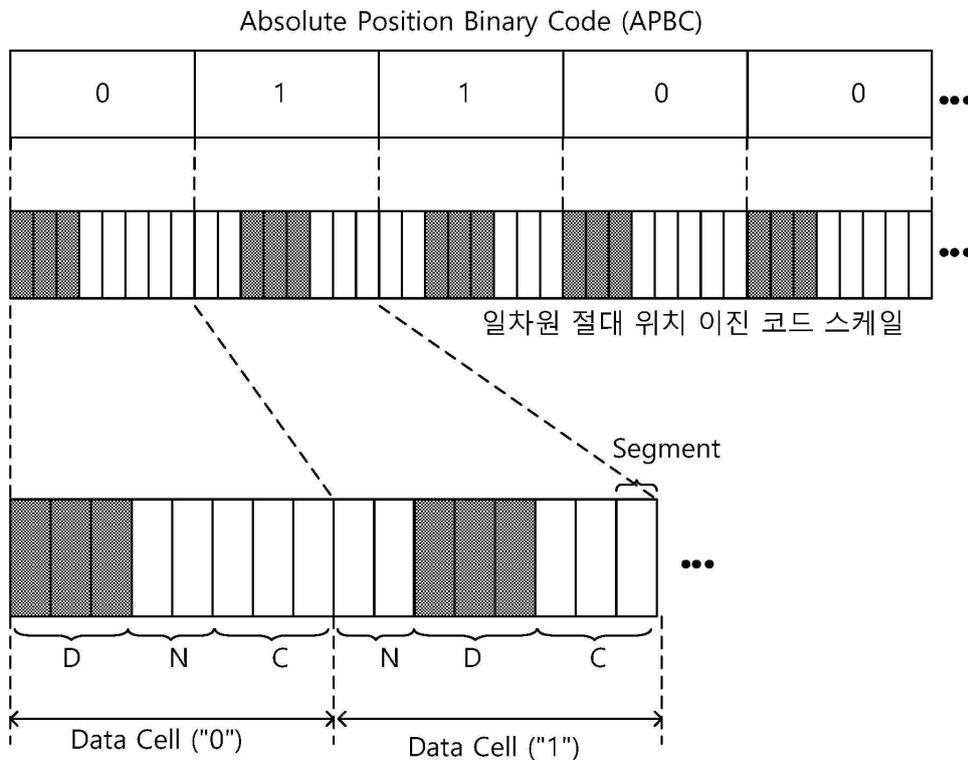
[0262] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

**부호의 설명**

- [0263] 100: 절대 위치 측정 장치
- 110: 2차원 절대 위치 스케일
- 110': 스케일 이미지

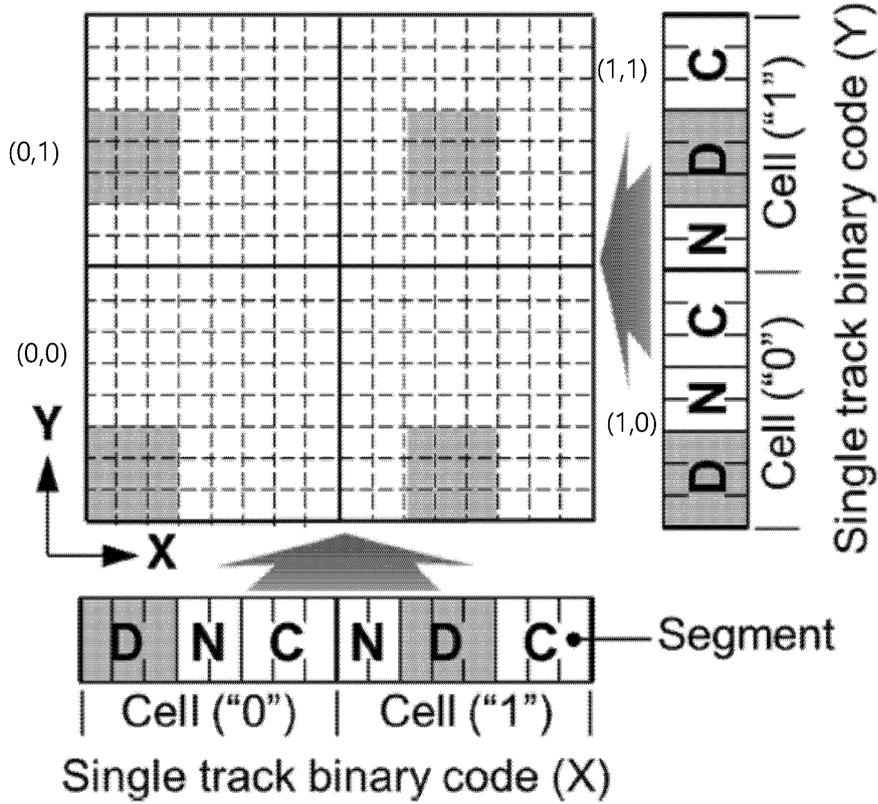
**도면**

**도면1**

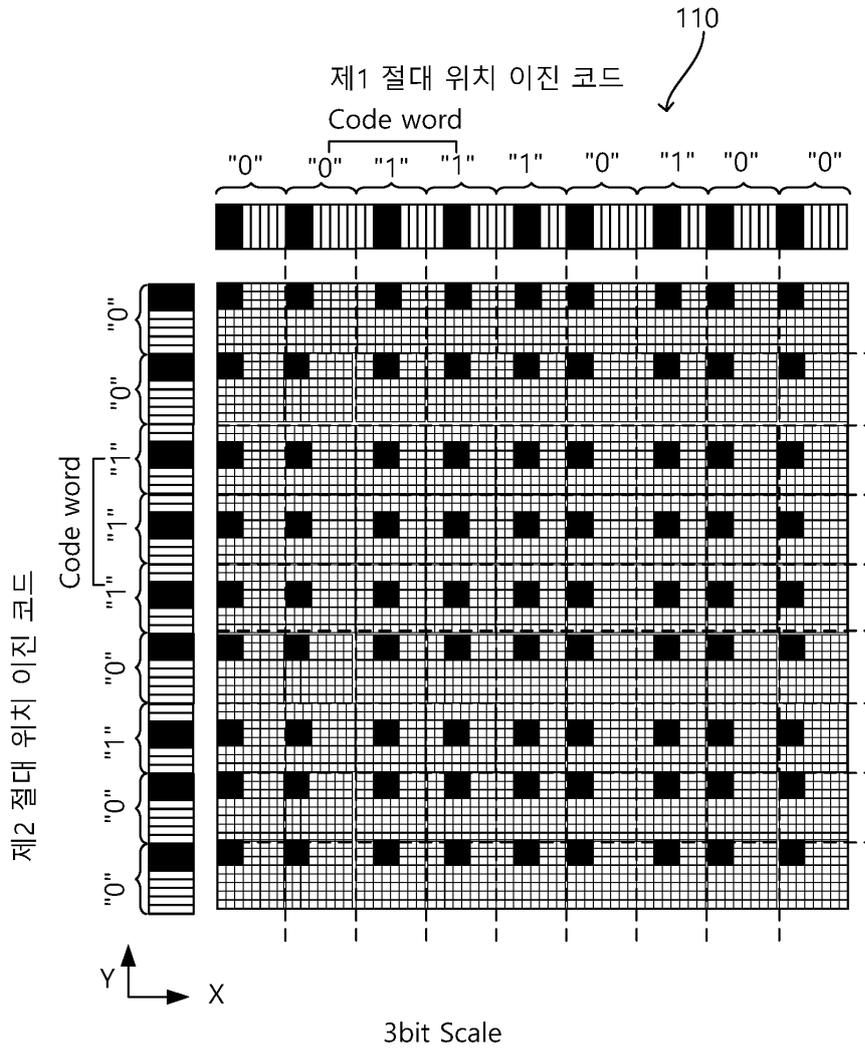


도면2

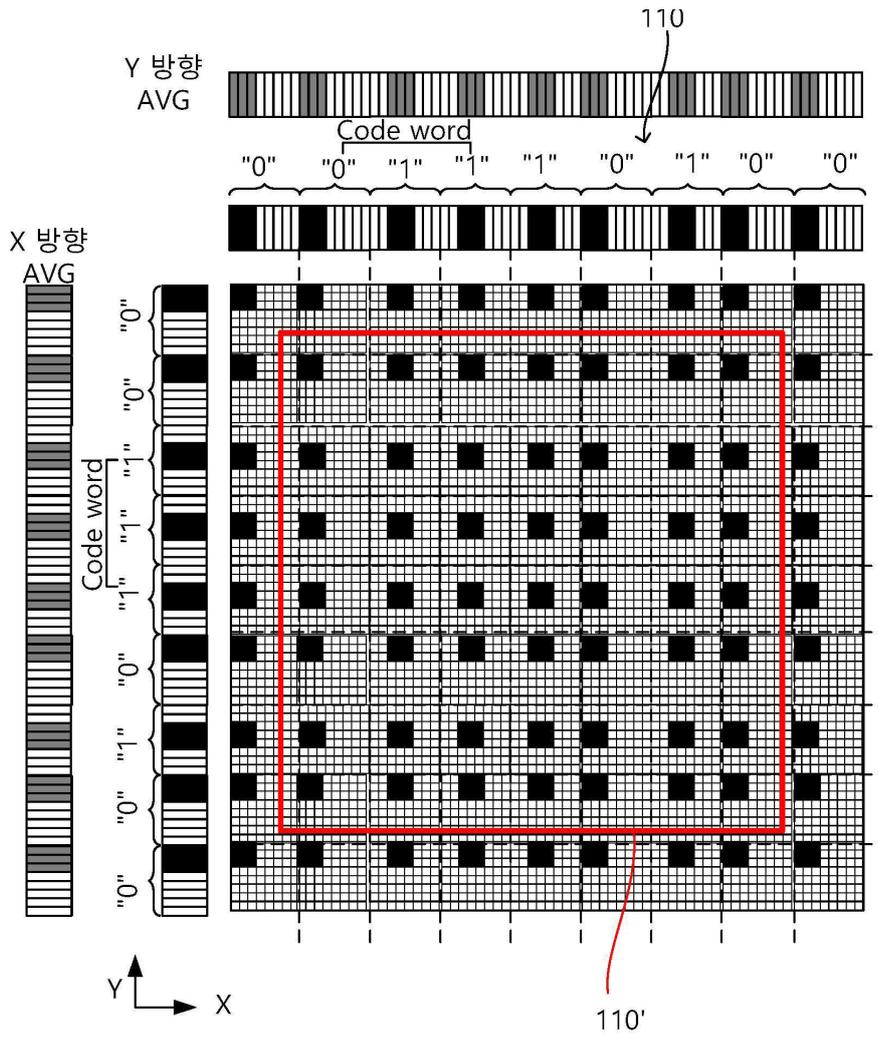
### 2D phase-encoded binary scale (PEBS)



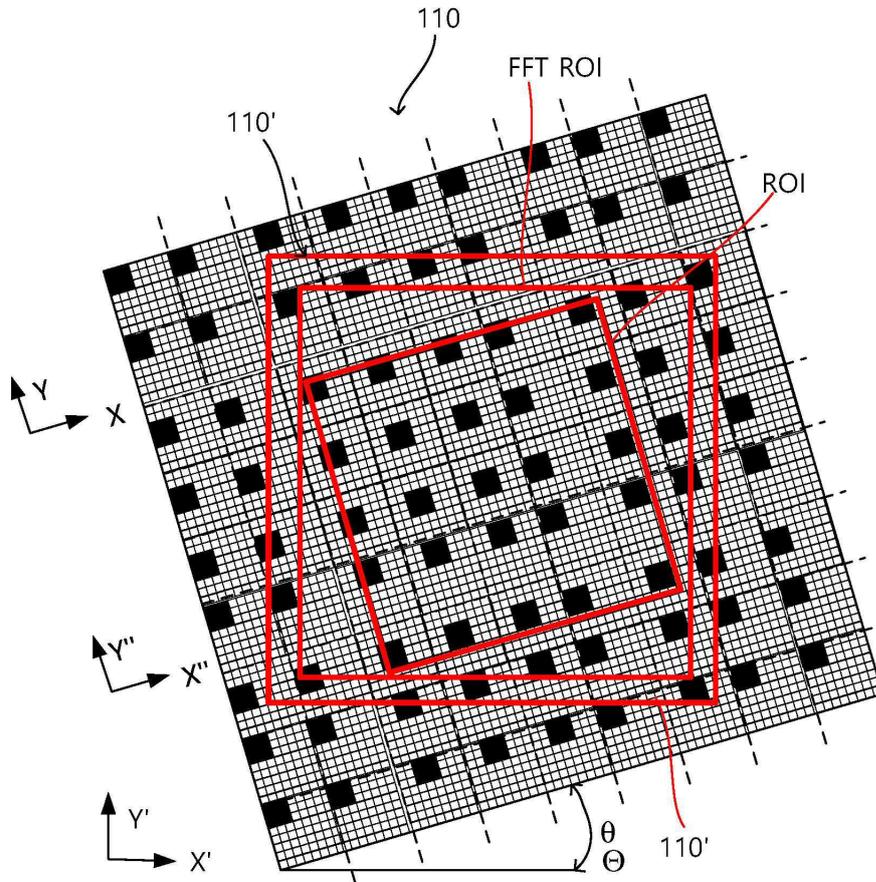
도면3



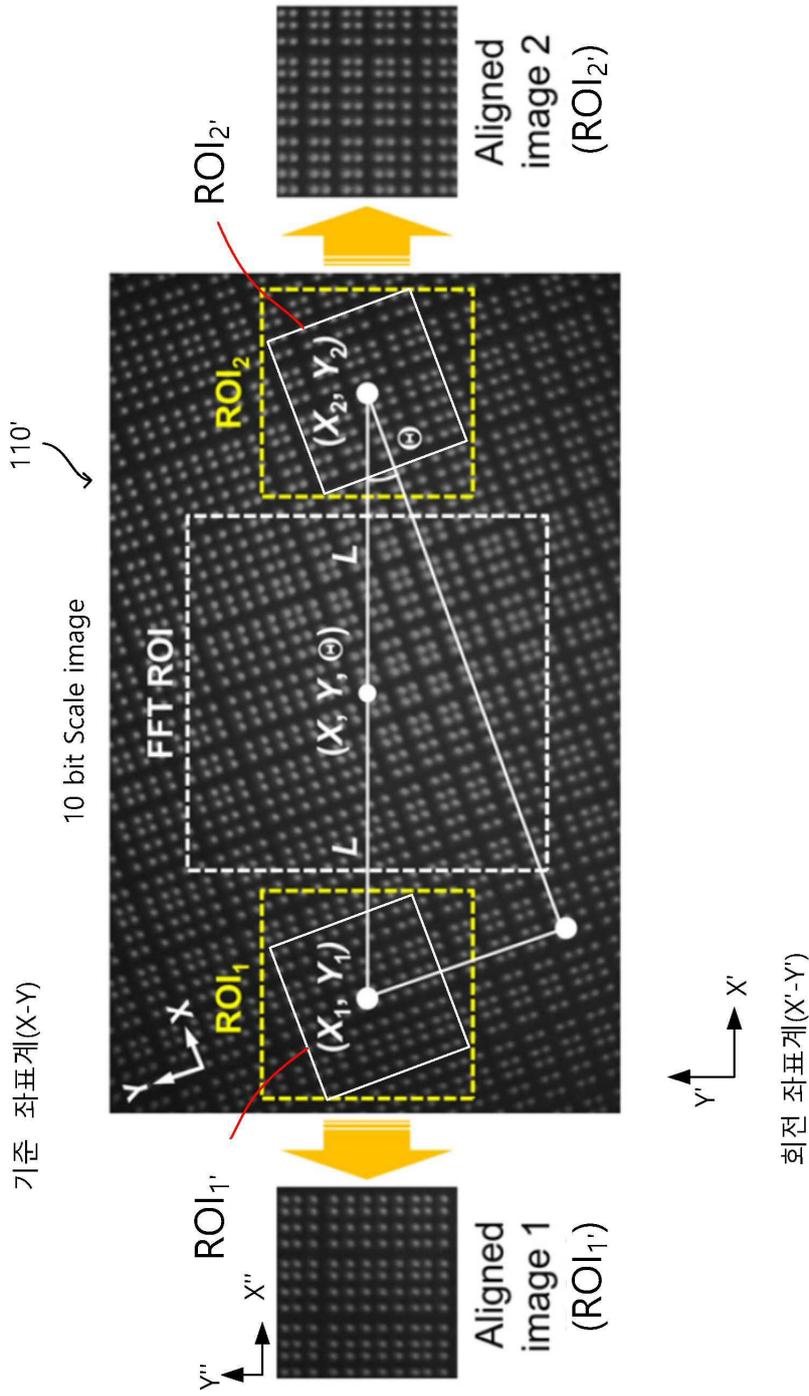
도면4



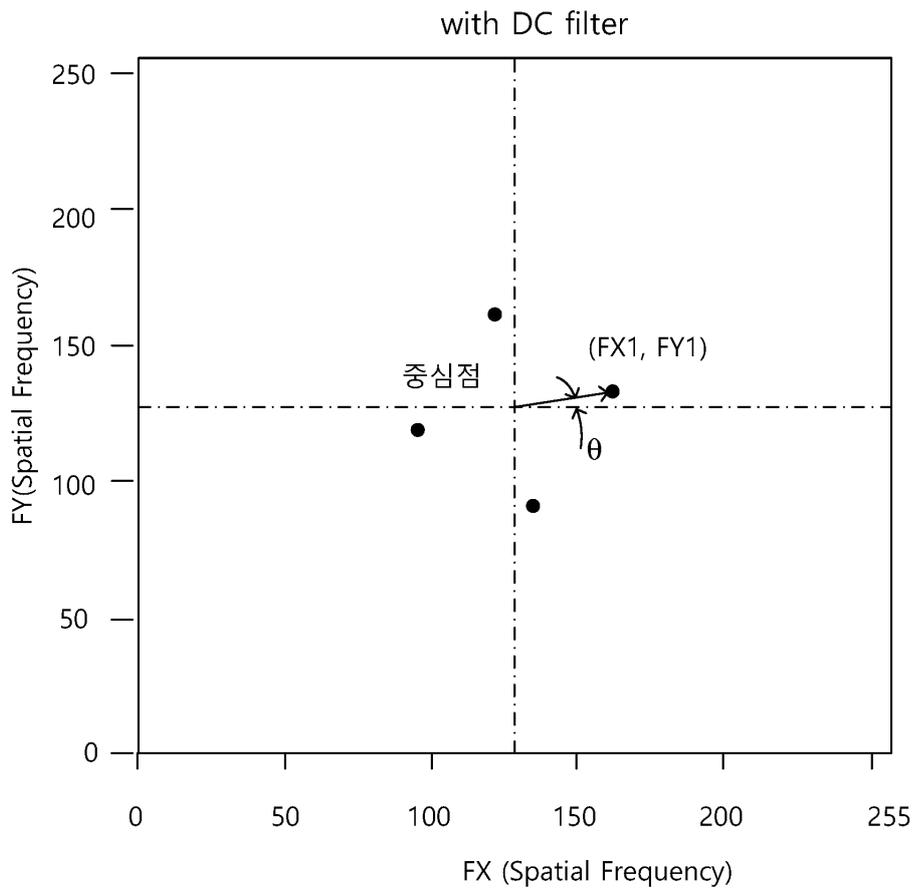
도면5



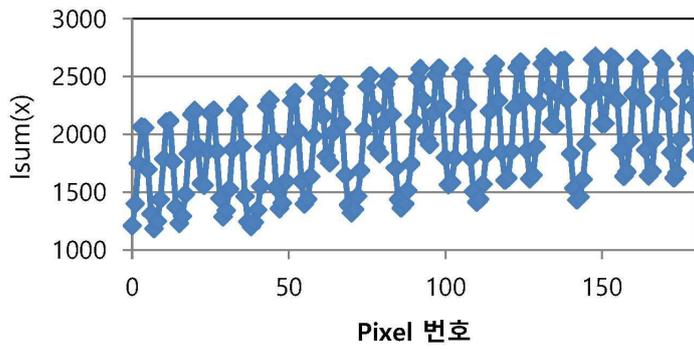
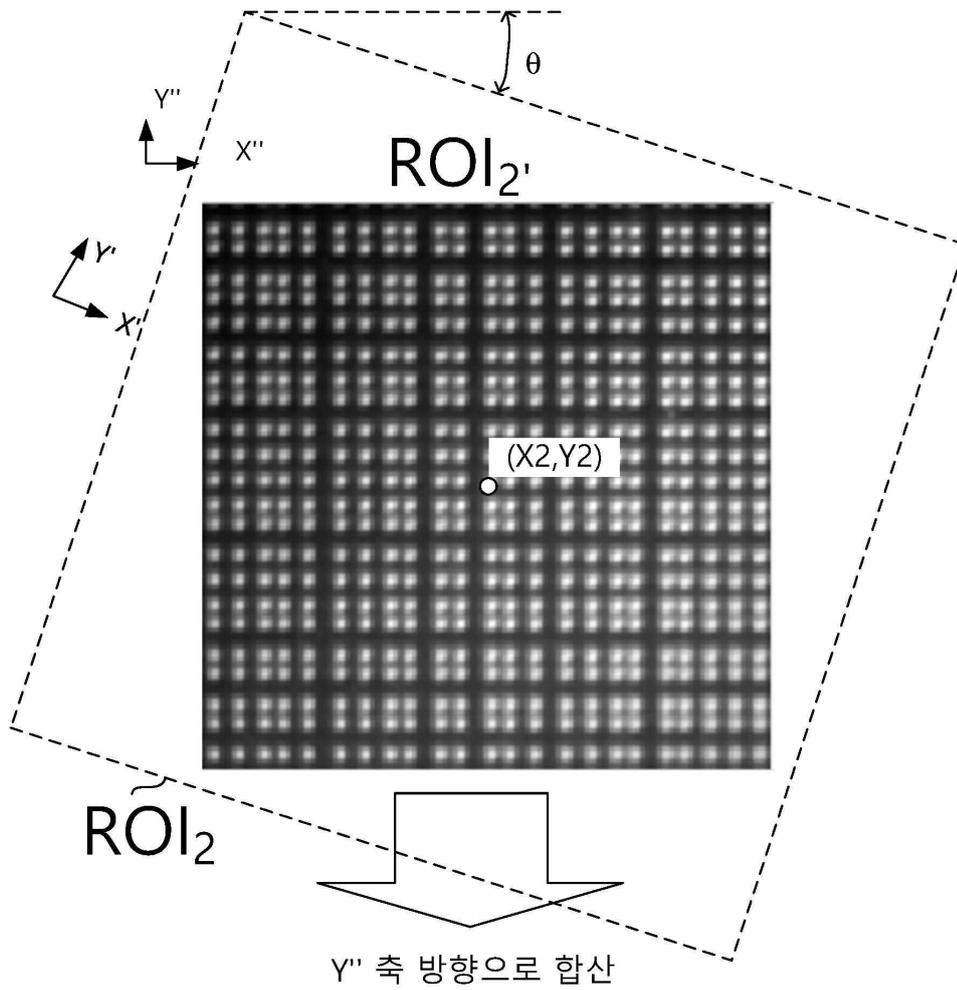
도면6



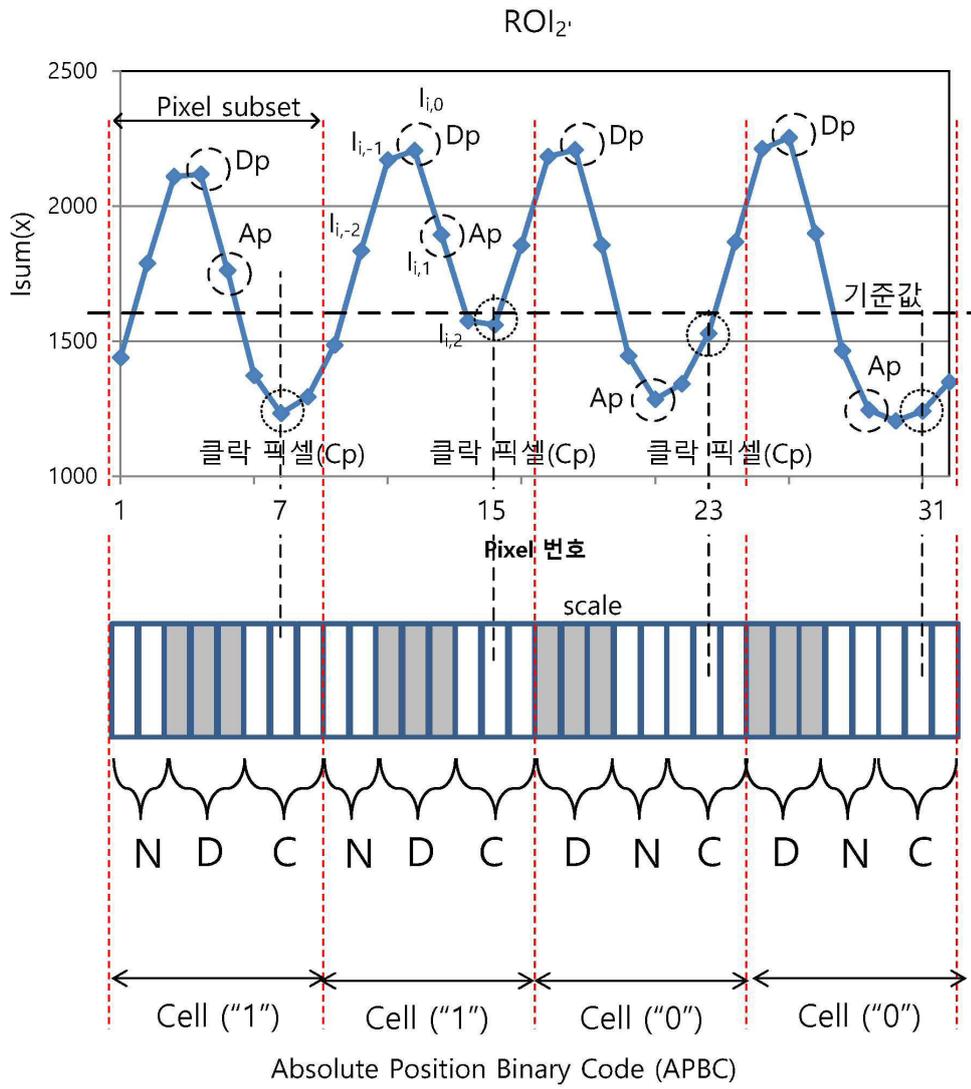
도면7



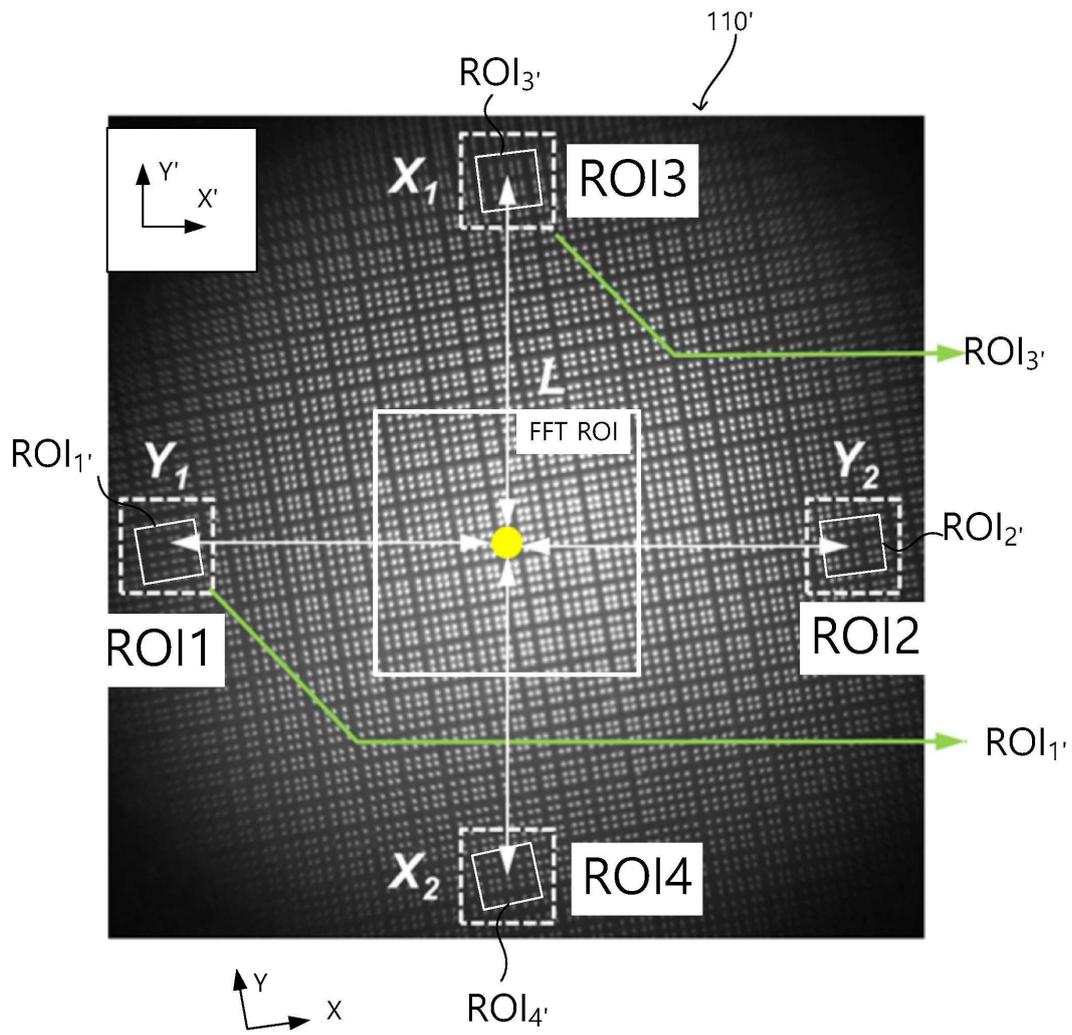
도면8



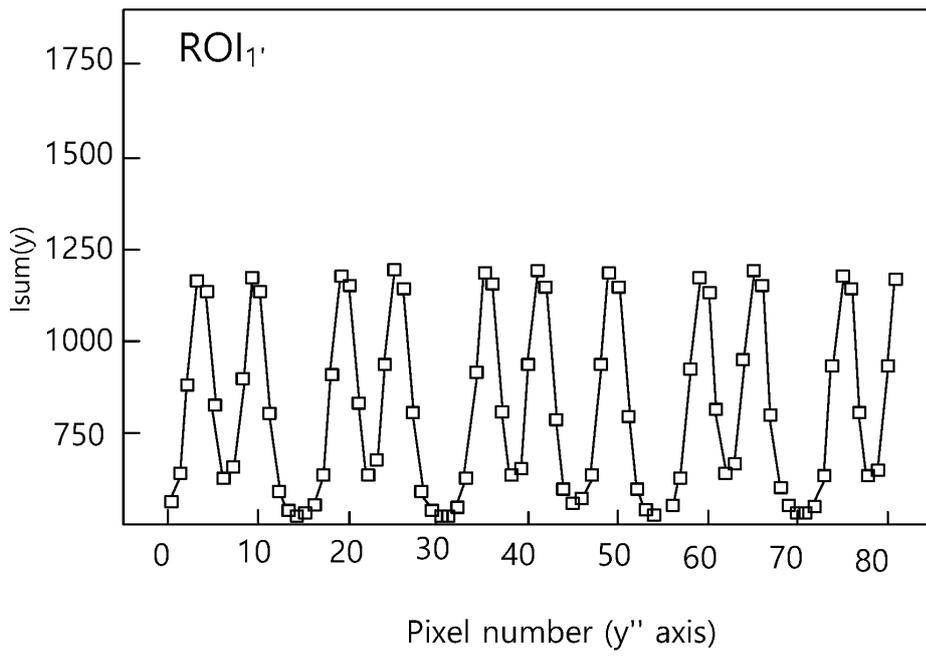
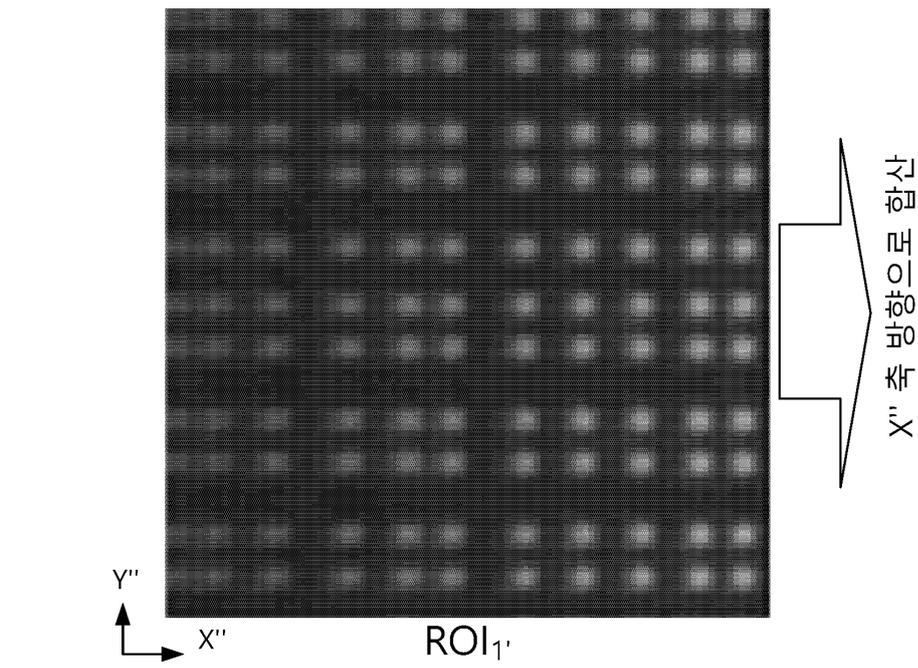
도면9



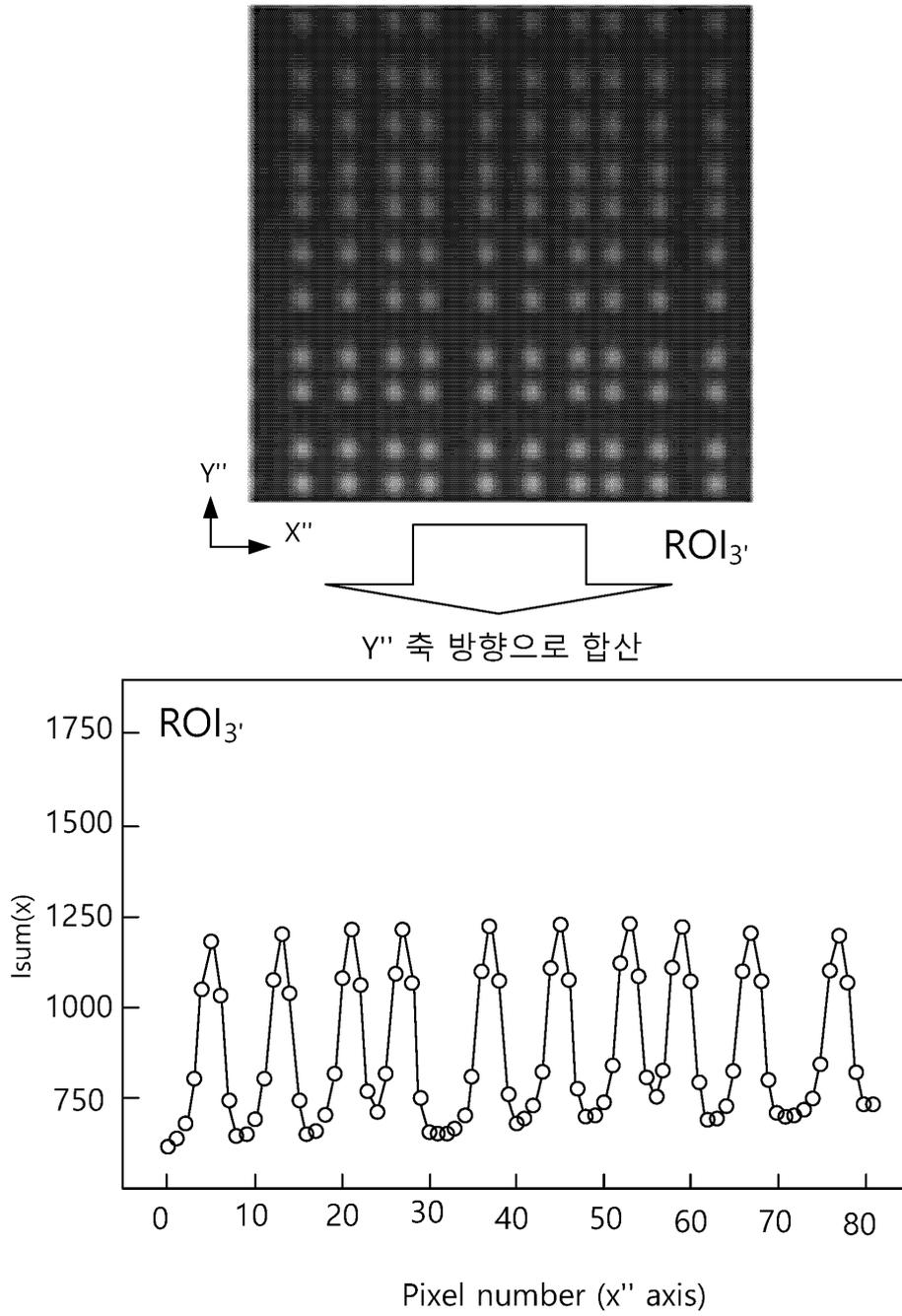
도면10



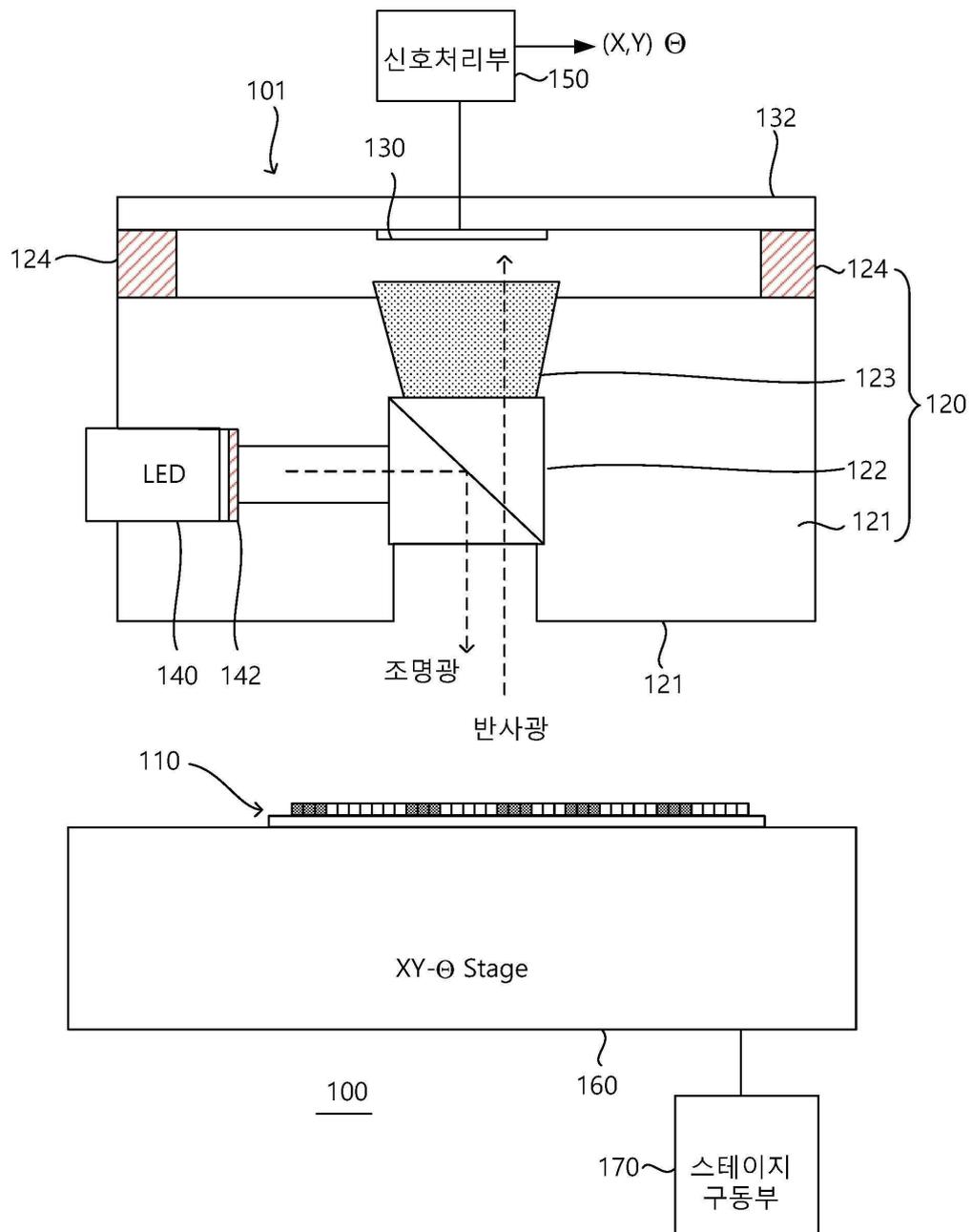
도면11



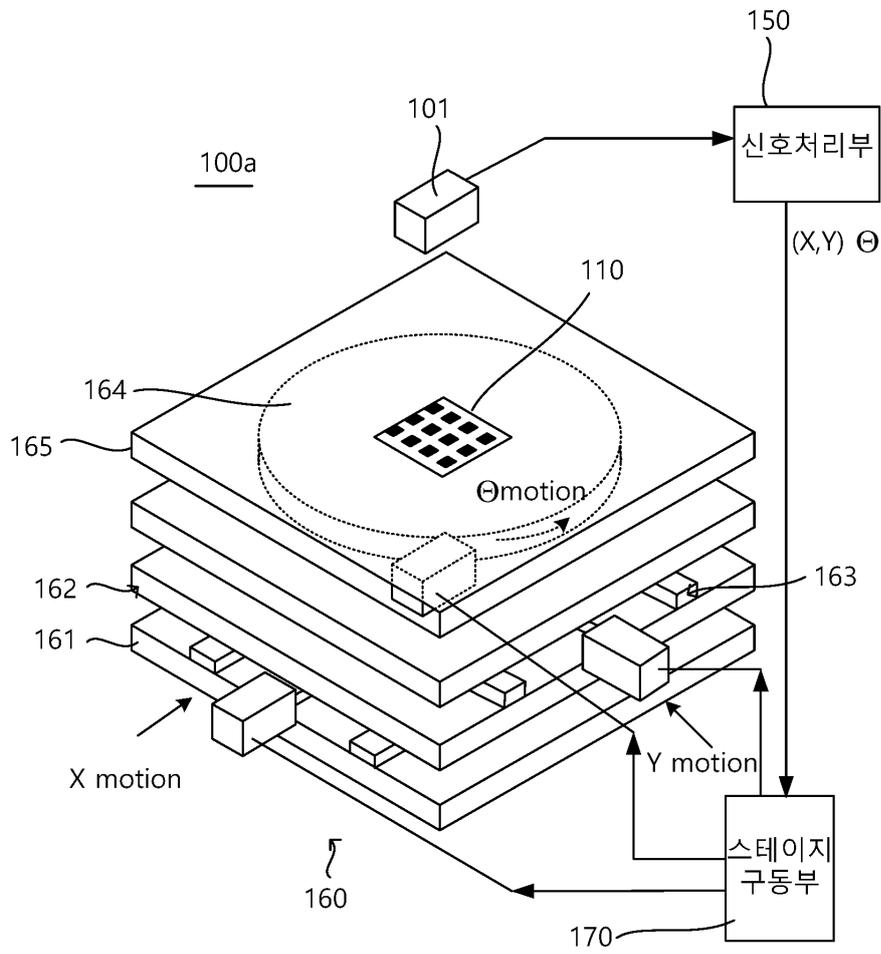
도면12



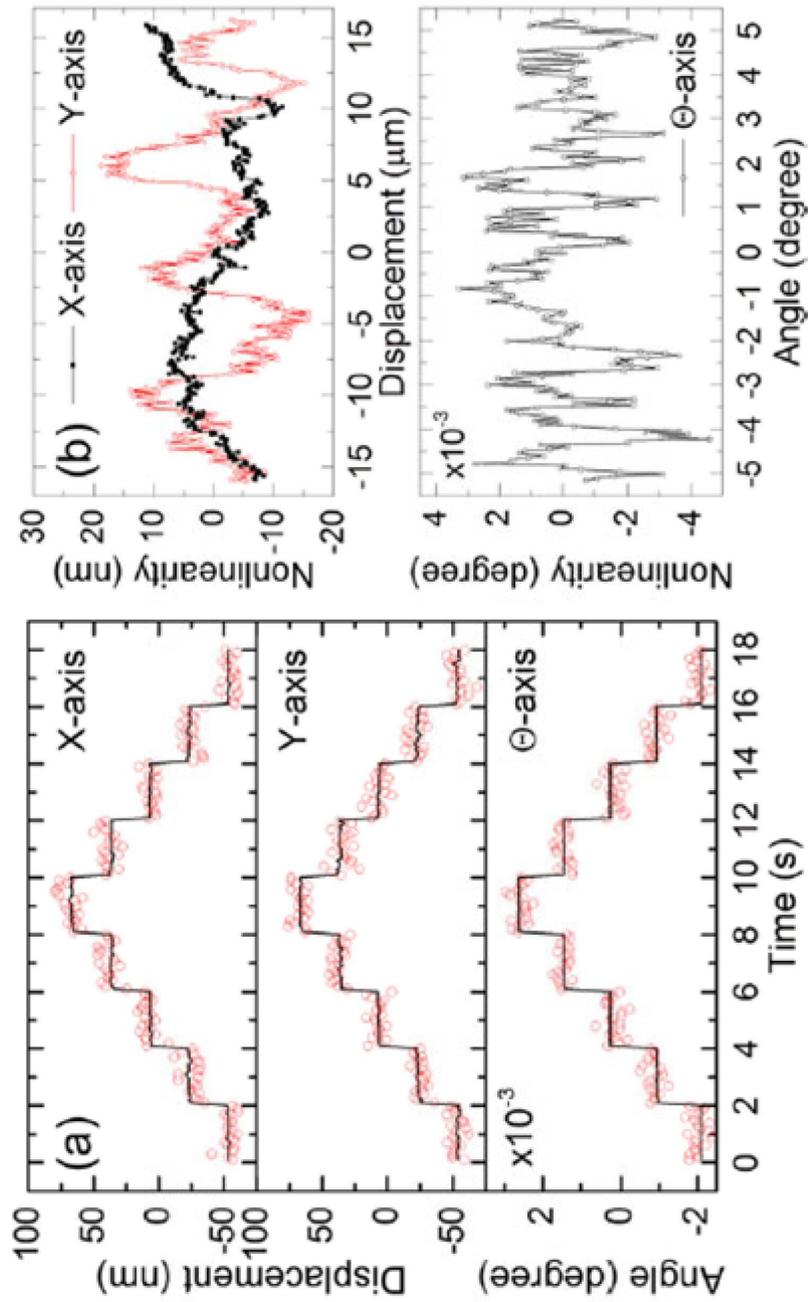
도면13



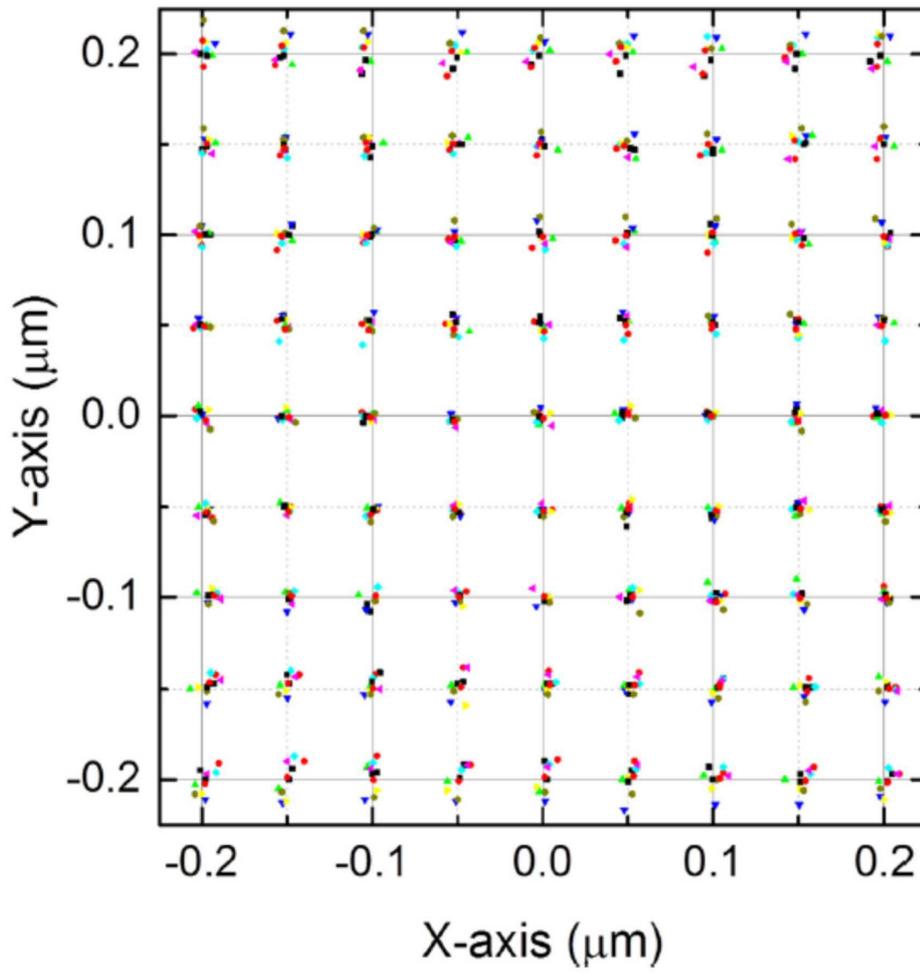
도면14



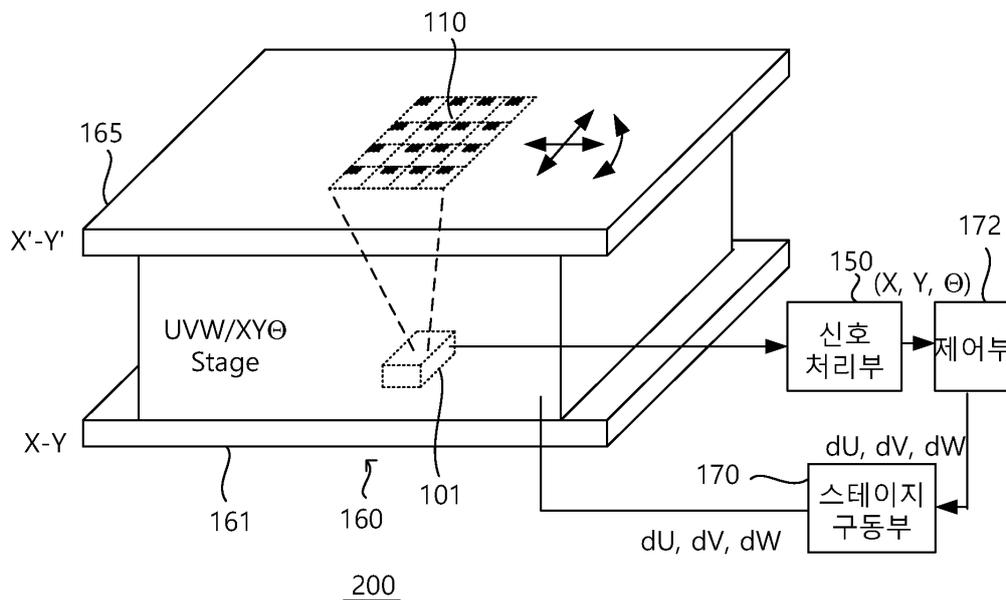
도면15



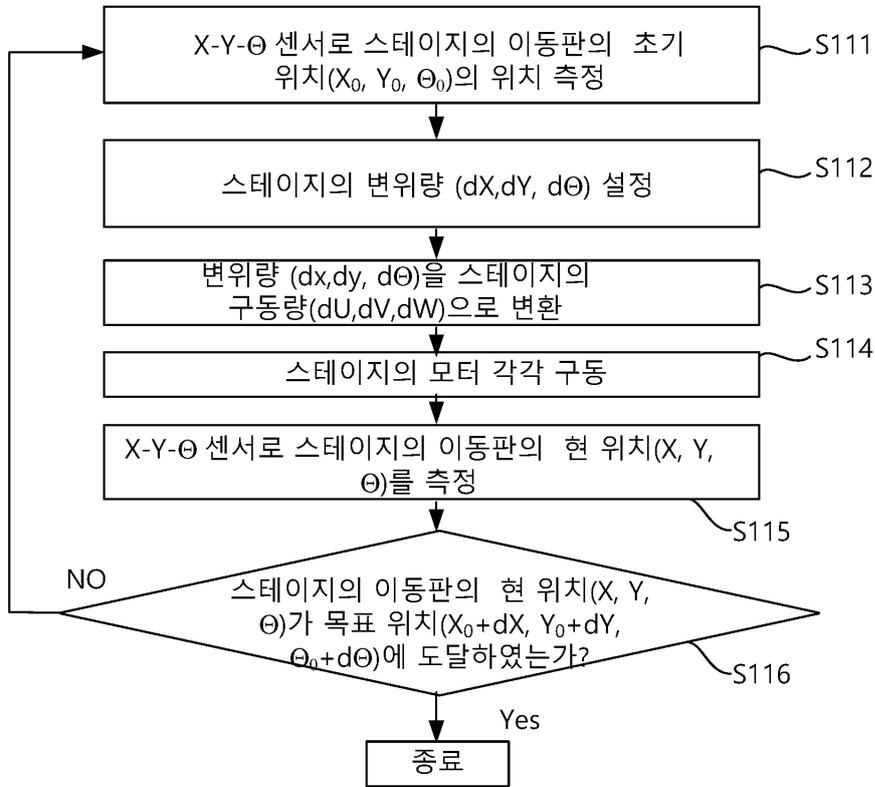
도면16



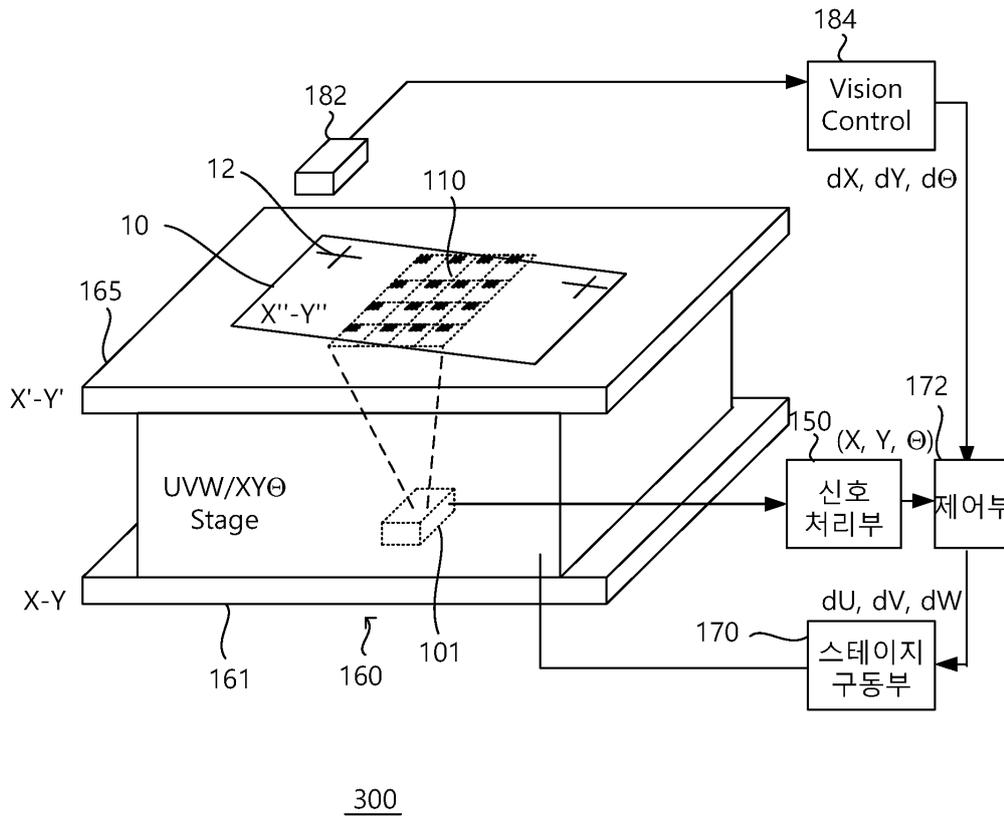
도면17



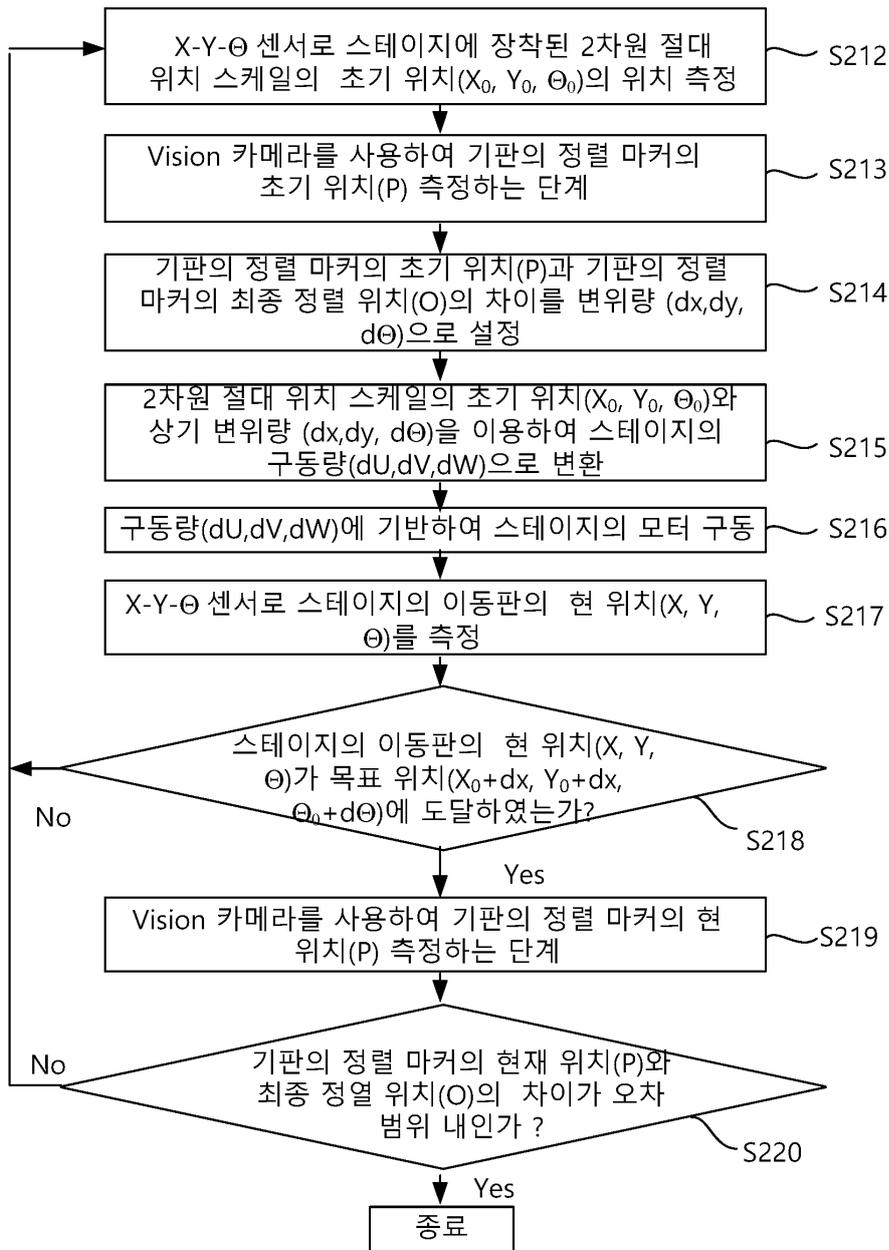
도면18



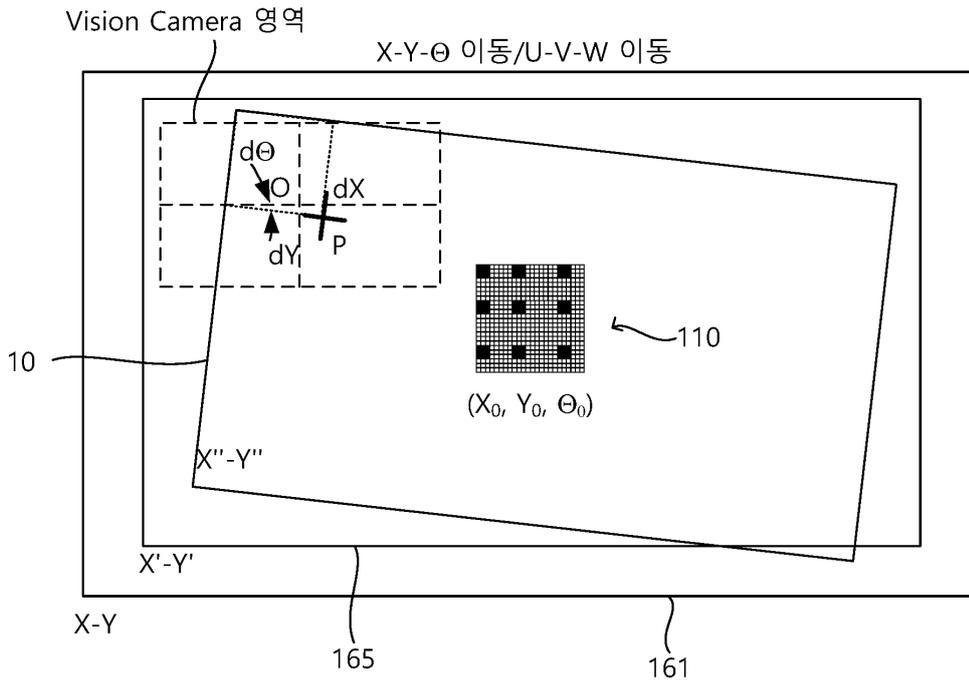
도면19



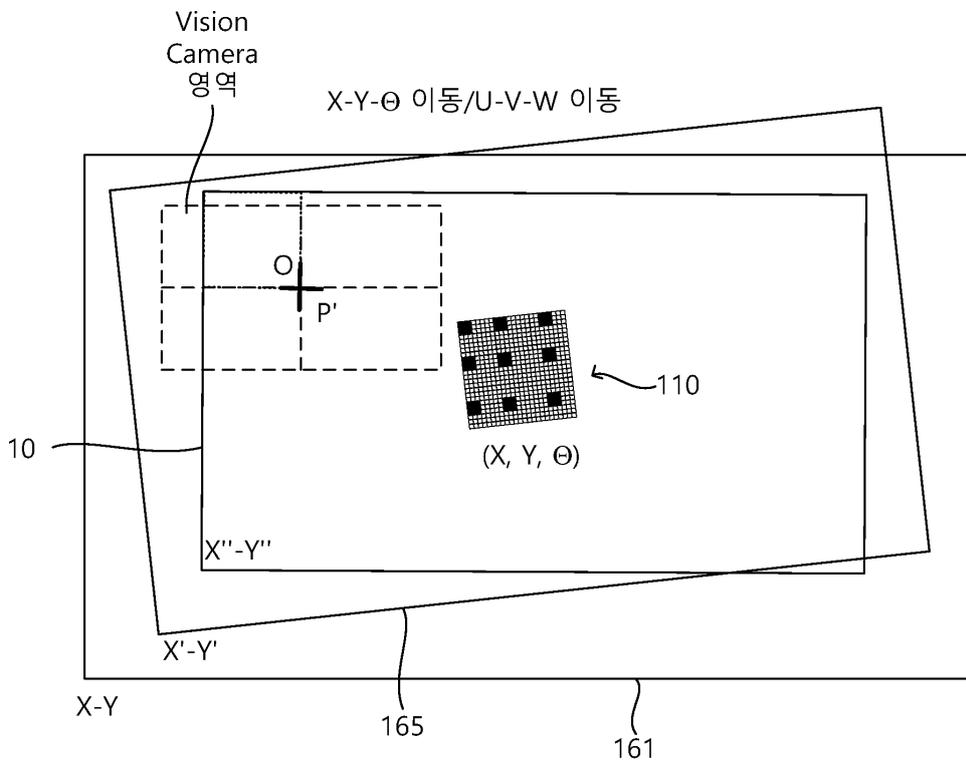
도면20



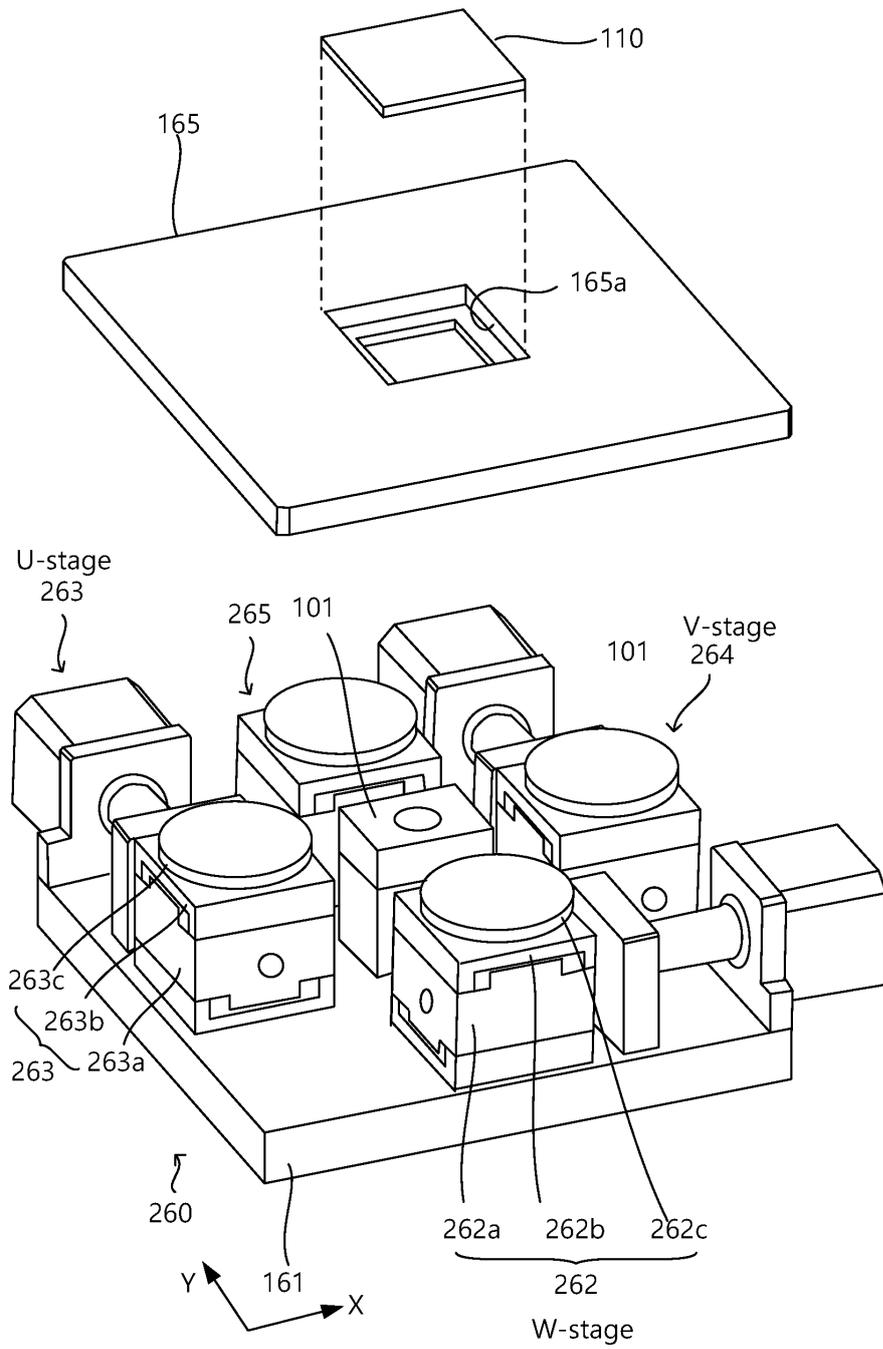
도면21a



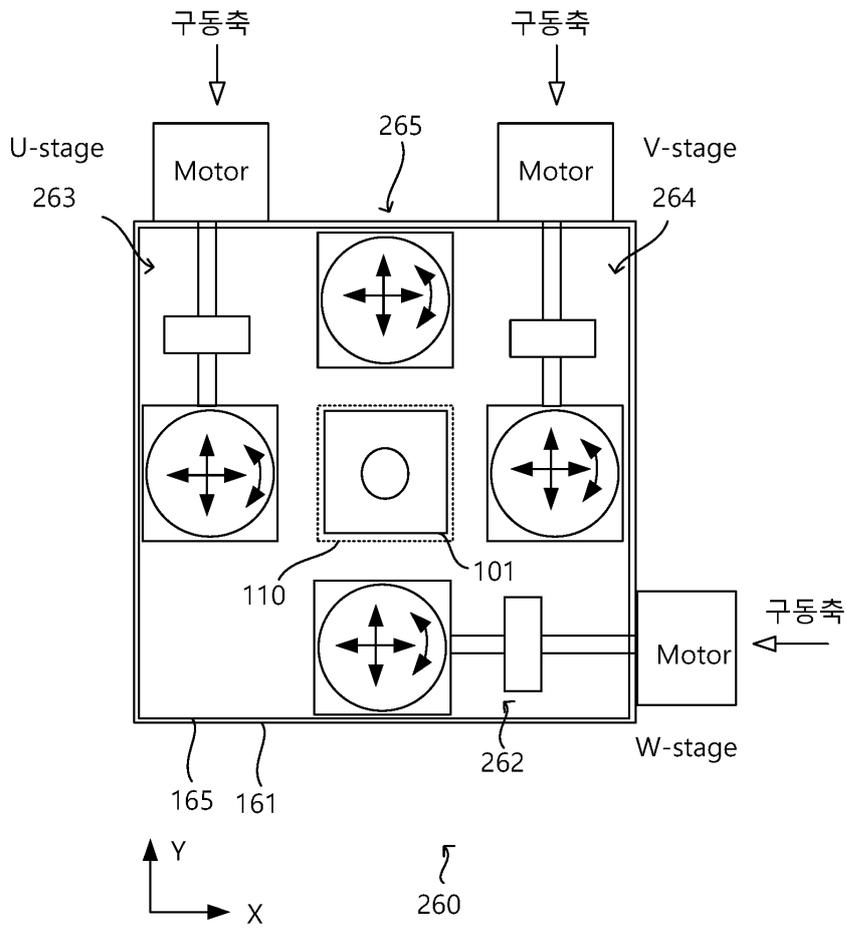
도면21b



도면22



도면23



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15의 1번째줄

【변경전】

제14 항에 있어서,

【변경후】

제10 항에 있어서,