(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0044505
(43) 공개일자 2023년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/896 (2006.01) *G01N 21/89* (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01) *G06T 7/571* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/896 (2013.01)
G01N 21/8903 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7007266
(22) 출원일자(국제) 2021년08월03일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년02월28일
(86) 국제출원번호 PCT/US2021/044259
(87) 국제공개번호 WO 2022/031644
국제공개일자 2022년02월10일
(30) 우선권주장
63/060,896 2020년08월04일 미국(US)

(71) 출원인
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
(72) 발명자
길리스 얼 윌리엄
미국 뉴욕 14905 엘마이라 덱커 파크웨이 웨스트 87
그린바움 에린 러셀
미국 뉴욕 14450 페어포트 파스 애비뉴 144
(74) 대리인
리앤목특허법인

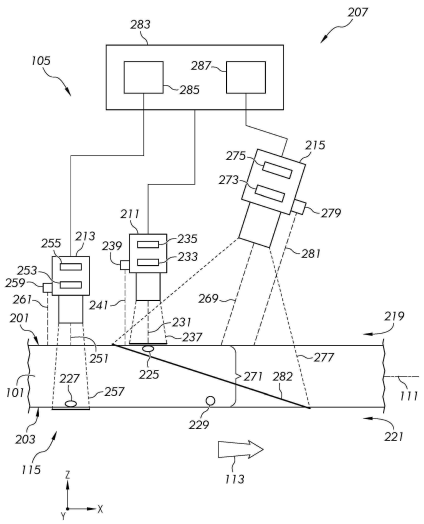
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **재료를 검사하는 방법들 및 장치**

(57) 요 약

재료를 검사하는 방법들은 재료를 이동시키는 단계 및 결함의 결함 위치를 식별하는 단계를 포함한다. 방법들은 카메라의 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 재료에 대해 이동하여 상기 결함 위치와 일치하도록 제2 이동 방향으로 제2 이동 경로를 따라 카메라를 이동시키는 단계를 포함한다. 방법들은 재료가 이동할 때 시야(FOV)를 통해 결함을 통과시키는 단계 및 재료가 이동하고 결함이 FOV를 통해 이동할 때 카메라로 결함의 이미지를 캡처하는 단계를 포함한다. 이미지들은 제1 주 표면의 제1 이미지, 제2 주 표면의 제2 이미지, 및 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 재료의 중간 부분의 제3 이미지를 포함한다. 방법들은 결함을 특성화하기 위해 복수의 이미지를 검토하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06T 7/0004 (2013.01)
G06T 7/571 (2017.01)
G01N 2021/8909 (2013.01)
G01N 2021/8967 (2013.01)
G06T 2207/10016 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

재료를 검사하는 방법으로서, 상기 방법은

제1 이동 방향으로 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 이동시키는 단계;

상기 재료 내의 결함의 결함 위치를 식별하는 단계;

카메라의 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 결함 위치의 위치와 일치하도록, 제1 이동 방향에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 카메라를 이동시키는 단계로서, 상기 제2 이동 경로는 상기 재료의 제1 주 표면에 평행한, 상기 카메라를 이동시키는 단계;

상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 시야(FOV)를 통해 상기 결함을 통과시키는 단계;

상기 재료가 상기 제1 이동 방향으로 이동하고 상기 결함이 상기 FOV를 통해 이동할 때 상기 카메라로 상기 결함의 복수의 이미지들을 캡처하는 단계로서, 상기 복수의 이미지들은 상기 결함 위치에서 상기 재료의 상기 제1 주 표면의 제1 이미지, 상기 결함 위치에서 상기 재료의 제2 주 표면의 제2 이미지, 및 상기 결함 위치에서 상기 제1 주 표면과 상기 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분의 제3 이미지를 포함하는, 상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계; 및

상기 결함을 특성화하기 위해 상기 복수의 이미지들을 검토하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 재료를 이동시키는 단계는 상기 복수의 이미지들이 캡처되는 동안 상기 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 연속적으로 이동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

청구항 1 내지 2 중의 어느 하나에 있어서,

상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계는, 상기 결함이 상기 시야(FOV)를 통해 통과하기 전의 상기 재료의 제4 이미지 및 상기 결함이 상기 시야(FOV)를 빠져나간 후의 상기 재료의 제5 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중의 어느 하나에 있어서,

상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계는, 상기 결함 위치를 조명원으로부터의 광에 노출시키는 단계를 포함하며, 상기 조명원은 암시야 조명원, 동축 조명원, 구배 조명원, 확산 조명원, 흐린 날 조명원, 명시야 조명원, 구조광 조명원, 또는 레이저 조명원 중의 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중의 어느 하나에 있어서,

상기 결함 위치를 식별하는 단계는 상기 카메라를 이동시키는 단계 및 상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계 이전에 발생하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

청구항 1 내지 5 중의 어느 하나에 있어서,

상기 재료는 유리 리본을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

재료를 검사하는 방법으로서, 상기 방법은

제1 이동 방향으로 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 이동시키는 단계;

상기 재료 내의 결함의 결함 위치를 식별하는 단계;

카메라의 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 결함 위치와 일치하도록, 상기 제1 이동 방향에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 카메라를 이동시키는 단계로서, 상기 제2 이동 경로는 상기 재료의 제1 주 표면에 평행하며, 상기 카메라와 상기 제1 주 표면 사이의 카메라 축은 상기 제1 주 표면에 대해 약 3도 내지 약 85도 범위 내에 있는 각도를 형성하는, 상기 카메라를 이동시키는 단계;

상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 시야(FOV)를 통해 상기 결함을 통과시키는 단계;

상기 카메라로, 상기 결함 위치에서 상기 제1 주 표면과 상기 재료의 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분의 복수의 이미지들을 캡처하는 단계;

상기 제1 주 표면으로부터 상기 결함의 깊이를 결정하기 위해 상기 복수의 이미지들을 검토하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계는, 상기 결함이 상기 중간 부분 내에 있을 때의 상기 결함의 제1 이미지, 상기 제1 이미지를 캡처한 후 제1 기간 동안 상기 중간 부분 내의 상기 결함의 제2 이미지, 및 상기 제2 이미지를 캡처한 후 제2 기간 동안 상기 중간 부분 내의 상기 결함의 제3 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 상기 복수의 이미지들을 검토하는 단계는 상기 깊이를 결정하기 위해 상기 제1 이미지, 상기 제2 이미지, 및 상기 제3 이미지의 선명도를 비교하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

청구항 8 내지 9 중의 어느 하나에 있어서,

상기 제1 이미지는 상기 결함이 상기 카메라의 피사계 심도(depth of field)에 진입하기 이전에 캡처되며, 상기 제2 이미지는 상기 피사계 심도 내에 위치된 상기 결함에 대해 캡처되며, 그리고 상기 제3 이미지는 상기 결함이 상기 피사계 심도를 빠져나간 후에 캡처되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

재료를 검사하는 방법으로서, 상기 방법은

제1 이동 방향으로 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 이동시키는 단계;

상기 재료 내의 제1 결함의 제1 결함 위치 및 제2 결함의 제2 결함 위치를 식별하는 단계;

제1 카메라의 제1 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 제1 결함 위치와 일치하도록, 상기 제1 이동 방향에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 제1 카메라를 이동시키는 단계로서, 상기 제2 이동 경로는 상기 재료의 제1 주 표면에 평행한, 상기 제1 카메라를 이동시키는 단계;

제2 카메라의 제2 시야(FOV)가 제3 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 제2 결함 위치와 일치하도록, 상기 제2 이동 경로에 실질적으로 수직인 상기 제2 이동 방향으로 상기 제3 이동 경로를 따라 상기 제2

카메라를 이동시키는 단계;

상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 제1 시야(FOV)를 통해 상기 제1 결함을 통과시키는 단계;

상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 제2 시야(FOV)를 통해 상기 제2 결함을 통과시키는 단계;

상기 제1 카메라로 상기 제1 결함 위치에서 상기 재료의 제1 부분의 제1 이미지를 캡처하는 단계;

상기 제2 카메라로 상기 제2 결함 위치에서 상기 재료의 제2 부분의 제2 이미지를 캡처하는 단계; 및

상기 제1 결함 및 상기 제2 결함을 특성화하기 위해 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지를 검토하는 단계로서, 상기 특성화는 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함의 위치, 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함의 유형, 또는 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함의 크기 중의 하나 이상을 결정하는 단계를 포함하는, 상기 검토하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 재료를 이동시키는 단계는 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지가 캡처되는 동안 상기 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 연속적으로 이동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 제1 이동 방향으로 상기 제1 이동 경로를 따른 상기 재료의 속도는 약 25 ㎜/s 내지 약 500 ㎜/s 범위 내에 있으며, 상기 제1 이동 방향으로 상기 제1 이동 경로를 따른 상기 제1 카메라의 속도는 제로인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

청구항 11 내지 13 중의 어느 하나에 있어서,

상기 제1 카메라 또는 상기 제2 카메라 중의 하나 이상의 노출 시간이 약 2 마이크로초 미만인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

청구항 11 내지 14 중의 어느 하나에 있어서,

상기 제1 시야(FOV)를 통해 상기 제1 결함을 통과시키는 단계는 상기 제1 이동 방향에 대해 상기 제2 이동 경로로부터의 하류에 위치된 상기 제3 경로로 상기 제2 시야(FOV)를 통해 상기 제2 결함을 통과시키는 단계 이전에 발생하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

청구항 11 내지 15 중의 어느 하나에 있어서,

제3 카메라의 제3 시야(FOV)가 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 재료 내의 제3 결함의 제3 결함 위치와 일치하도록 상기 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 제3 카메라를 이동시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

청구항 11 내지 16 중의 어느 하나에 있어서,

상기 제1 이미지는 상기 제1 결함 위치에서 상기 재료의 상기 제1 주 표면, 상기 제1 결함 위치에서 상기 재료의 제2 주 표면, 또는 상기 제1 결함 위치에서 상기 제1 주 표면과 상기 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분 중의 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

청구항 11에 있어서,

상기 제1 이미지를 캡처하는 단계 후에, 상기 제1 시야(FOV)가 상기 재료 내의 제3 결함의 제3 결함 위치와 일치하도록, 상기 제2 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 제1 카메라를 이동시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 재료가 상기 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 제1 시야(FOV)를 통해 상기 제3 결함을 통과시키는 단계 및 상기 제1 카메라로 상기 제3 결함 위치에서 상기 재료의 제3 부분의 제3 이미지를 캡처하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

청구항 11에 있어서,

상기 제1 부분의 상기 제1 이미지가 상기 제1 주 표면과 상기 재료의 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분을 포함하도록, 상기 제1 주 표면에 대해 약 3도 내지 약 85도의 범위 내의 각도로 상기 제1 카메라의 카메라 축을 배향시키는 단계를 더 포함하며, 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지를 검토하는 단계는 상기 제1 주 표면으로부터 상기 제1 결함의 깊이를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] < 관련 출원들에 대한 상호-참조 >

[0002] 본 출원은 2020년 8월 4일 출원된 미국 예비 출원 일련번호 제63/060,896호의 35 U.S.C. § 119 하의 우선권의 이익을 주장하며, 그 내용은 전체로서 참조로 본 명세서에 통합된다.

[0003] 본 개시는 일반적으로 재료를 검사하는 방법들에 관한 것으로서, 특히 카메라를 포함하는 검사 장치로 재료를 검사하는 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 유리 리본들은 예를 들어 액정 디스플레이(LCD), 전기 영동 디스플레이(EPD), 유기 발광 다이오드 디스플레이(OLED), 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 터치 센서, 광전지 등과 같은 디스플레이 응용 분야들에서 흔히 사용된다. 이러한 디스플레이들은 예를 들어 휴대폰, 태블릿, 랩탑, 시계, 웨어러블 및/또는 터치 가능 모니터들 또는 디스플레이들에 통합될 수 있다. 유리 리본들은 유리 리본의 이미지들을 캡처하는 카메라로 검사될 수 있으며, 이에 이미지들이 유리 리본 내의 결함들을 위해 검사된다. 유리 리본의 움직임이 검사를 위해 자주 멈출 수 있기 때문에 검사 프로세스는 시간 소모적이고 비용이 많이 들 수 있다. 또한, 주 표면들 사이의 유리 리본의 체적 또는 내부 부분을 검사하는 것은 어렵고 부정확할 수 있다. 이와 같이 보다 효과적이고 신속하게 재료를 검사할 수 있는 재료, 예를 들어 유리 리본 검사 방법들이 요구된다.

발명의 내용

[0005] 이하는 상세한 설명에서 설명된 일부 실시예들에 대한 기본적인 이해를 제공하기 위해 본 개시의 단순화된 요약을 제시한다.

[0006] 일부 실시예에서, 검사 장치는 제1 검사 장치 및 제2 검사 장치를 포함할 수 있다. 재료가 연속적으로 이동함에 따라, 제1 검사 장치는 재료 내의 결함의 결함 위치를 식별할 수 있다. 제2 검사 장치는 결함의 복수의 이미지를 캡처함으로써 결함 위치를 재방문할 수 있다. 예를 들어, 제2 검사 장치는 하나 이상의 카메라를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 하나의 카메라는 제1 주 표면의 이미지를 캡처할 수 있고, 제2 카메라는 제2 주 표면의

이미지를 캡처할 수 있으며, 제3 카메라는 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 재료의 중간 부분의 이미지를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 중간 부분의 캡처된 이미지에 기초하여, 중간 부분 내에 위치한 결함의 위치가 결정될 수 있다. 또한, 일부 실시예에서, 하나 이상의 카메라는 축, 예를 들어 재료의 이동 방향에 수직이고 제1 주 표면에 평행한 Y축을 따라 이동 가능할 수 있다. Y축을 따라 하나 이상의 카메라를 이동시킴으로써, 하나 이상의 카메라는 재료가 연속적으로 이동함에 따라 Y축을 따라 복수의 위치에서 복수의 결함의 이미지를 캡처할 수 있다.

[0007] 일부 실시예들에서, 재료를 검사하는 방법들은 제1 이동 방향으로 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 재료 내의 결함의 결함 위치를 식별하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 카메라의 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 결함 위치의 위치와 일치하도록, 제1 이동 방향에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 카메라를 이동시키는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 제2 이동 경로는 상기 재료의 제1 주 표면에 평행하다. 방법들은 상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 시야(FOV)를 통해 상기 결함을 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 재료가 상기 제1 이동 방향으로 이동하고 상기 결함이 상기 FOV를 통해 이동할 때 상기 카메라로 상기 결함의 복수의 이미지들을 캡처하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 복수의 이미지들은 상기 결함 위치에서 상기 재료의 상기 제1 주 표면의 제1 이미지, 상기 결함 위치에서 상기 재료의 제2 주 표면의 제2 이미지, 및 상기 결함 위치에서 상기 제1 주 표면과 상기 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분의 제3 이미지를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 결함을 특성화하기 위해 상기 복수의 이미지들을 검토하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 일부 실시예들에서, 상기 재료를 이동시키는 단계는 상기 복수의 이미지들이 캡처되는 동안 상기 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 연속적으로 이동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 일부 실시예들에서, 상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계는, 상기 결함이 상기 시야(FOV)를 통해 통과하기 전의 상기 재료의 제4 이미지 및 상기 결함이 상기 시야(FOV)를 빠져나간 후의 상기 재료의 제5 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 일부 실시예들에서, 상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계는, 상기 결함 위치를 조명원으로부터의 광에 노출시키는 단계를 포함하며, 상기 조명원은 암시야 조명원, 동축 조명원, 구배 조명원, 확산 조명원, 흐린 날 조명원, 명시야 조명원, 구조광 조명원, 또는 레이저 조명원 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0011] 일부 실시예들에서, 상기 결함 위치를 식별하는 단계는 상기 카메라를 이동시키는 단계 및 상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계 이전에 발생할 수 있다.

[0012] 일부 실시예들에서, 상기 재료는 유리 리본을 포함할 수 있다.

[0013] 일부 실시예들에서, 재료를 검사하는 방법들은 제1 이동 방향으로 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 재료 내의 결함의 결함 위치를 식별하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 카메라의 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 결함 위치와 일치하도록, 상기 제1 이동 방향에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 카메라를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 제2 이동 경로는 상기 재료의 제1 주 표면에 평행할 수 있다. 상기 카메라와 상기 제1 주 표면 사이의 카메라 축은 상기 제1 주 표면에 대해 약 3도 내지 약 85도 범위 내에 있는 각도를 형성할 수 있다. 방법들은 상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 시야(FOV)를 통해 상기 결함을 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 카메라로, 상기 결함 위치에서 상기 제1 주 표면과 상기 재료의 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분의 복수의 이미지들을 캡처하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 제1 주 표면으로부터 상기 결함의 깊이를 결정하기 위해 상기 복수의 이미지들을 검토하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 일부 실시예들에서, 상기 복수의 이미지들을 캡처하는 단계는, 상기 결함이 상기 중간 부분 내에 있을 때의 상기 결함의 제1 이미지, 상기 제1 이미지를 캡처한 후 제1 기간 동안 상기 중간 부분 내의 상기 결함의 제2 이미지, 및 상기 제2 이미지를 캡처한 후 제2 기간 동안 상기 중간 부분 내의 상기 결함의 제3 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 일부 실시예들에서, 상기 상기 복수의 이미지들을 검토하는 단계는 상기 깊이를 결정하기 위해 상기 제1 이미지, 상기 제2 이미지, 및 상기 제3 이미지의 선명도를 비교하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 일부 실시예들에서, 상기 제1 이미지는 상기 결함이 상기 카메라의 피사계 심도에 진입하기 이전에 캡처될 수

있으며, 상기 제2 이미지는 상기 피사계 심도 내에 위치된 상기 결함에 대해 캡처될 수 있으며, 그리고 상기 제3 이미지는 상기 결함이 상기 피사계 심도를 빠져나간 후에 캡처될 수 있다.

[0017] 일부 실시예들에서, 재료를 검사하는 방법들은 제1 이동 방향으로 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 재료 내의 제1 결함의 제1 결함 위치 및 제2 결함의 제2 결함 위치를 식별하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 제1 카메라의 제1 시야(FOV)가 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 제1 결함 위치와 일치하도록, 상기 제1 이동 방향에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 제1 카메라를 이동시키는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 제2 이동 경로는 상기 재료의 제1 주 표면에 평행할 수 있다. 방법들은 제2 카메라의 제2 시야(FOV)가 제3 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 제2 결함 위치와 일치하도록, 상기 제2 이동 경로에 실질적으로 수직인 상기 제2 이동 방향으로 상기 제3 이동 경로를 따라 상기 제2 카메라를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 제1 시야(FOV)를 통해 상기 제1 결함을 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 재료가 상기 제1 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 제2 시야(FOV)를 통해 상기 제2 결함을 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 제1 카메라로 상기 제1 결함 위치에서 상기 재료의 제1 부분의 제1 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 제2 카메라로 상기 제2 결함 위치에서 상기 재료의 제2 부분의 제2 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다. 방법들은 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함을 특성화하기 위해 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지를 검토하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 특성화는 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함의 위치, 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함의 유형, 또는 상기 제1 결함 및 상기 제2 결함의 크기 중의 하나 이상을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 일부 실시예들에서, 상기 재료를 이동시키는 단계는 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지가 캡처되는 동안 상기 제1 이동 경로를 따라 상기 재료를 연속적으로 이동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 일부 실시예들에서, 상기 제1 이동 방향으로 상기 제1 이동 경로를 따른 상기 재료의 속도는 약 25 ㎜/s 내지 약 500 ㎜/s 범위 내에 있을 수 있으며, 상기 제1 이동 방향으로 상기 제1 이동 경로를 따른 상기 제1 카메라의 속도는 제로일 수 있다.

[0020] 일부 실시예들에서, 상기 제1 카메라 또는 상기 제2 카메라 중의 하나 이상의 노출 시간이 약 2 마이크로초 미만일 수 있다.

[0021] 일부 실시예들에서, 상기 제1 시야(FOV)를 통해 상기 제1 결함을 통과시키는 단계는 상기 제1 이동 방향에 대해 상기 제2 이동 경로로부터의 하류에 위치된 상기 제3 경로로 상기 제2 시야(FOV)를 통해 상기 제2 결함을 통과시키는 단계 이전에 발생할 수 있다.

[0022] 일부 실시예들에서, 방법들은 제3 카메라의 제3 시야(FOV)가 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 재료에 대해 이동하여 상기 재료 내의 제3 결함의 제3 결함 위치와 일치하도록 상기 제2 이동 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 제3 카메라를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 일부 실시예들에서, 상기 제1 이미지는 상기 제1 결함 위치에서 상기 재료의 상기 제1 주 표면, 상기 제1 결함 위치에서 상기 재료의 제2 주 표면, 또는 상기 제1 결함 위치에서 상기 제1 주 표면과 상기 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0024] 일부 실시예들에서, 방법들은 상기 제1 이미지를 캡처하는 단계 후에, 상기 제1 시야(FOV)가 상기 재료 내의 제3 결함의 제3 결함 위치와 일치하도록, 상기 제2 방향으로 상기 제2 이동 경로를 따라 상기 제1 카메라를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0025] 일부 실시예들에서, 방법들은 상기 재료가 상기 이동 경로를 따라 이동할 때 상기 제1 시야(FOV)를 통해 상기 제3 결함을 통과시키는 단계 및 상기 제1 카메라로 상기 제3 결함 위치에서 상기 재료의 제3 부분의 제3 이미지를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 일부 실시예들에서, 방법들은 상기 제1 부분의 상기 제1 이미지가 상기 제1 주 표면과 상기 재료의 제2 주 표면 사이의 상기 재료의 중간 부분을 포함하도록, 상기 제1 주 표면에 대해 약 3도 내지 약 85도의 범위 내의 각도로 상기 제1 카메라의 카메라 축을 배향시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지를 검토하는 단계는 상기 제1 주 표면으로부터 상기 제1 결함의 깊이를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 추가적인 특징들 및 이점들은 다음의 상세한 설명에서 설명될 것이며, 부분적으로는 이 설명으로부터 당업자에

게 명백하게 될 것이며 또는 다음의 상세한 설명, 청구범위 및 첨부 도면들을 포함하여 본 명세서에서 기술된 실시예들을 실시함으로써 인식될 것이다. 전술한 일반적인 설명 및 이하의 상세한 설명은 모두 본 명세서에 개시된 실시예들의 본질 및 특성을 이해하기 위한 개요 또는 뼈대를 제공하기 위해 의도된 실시예들을 나타낸다. 첨부하는 도면들은 추가적인 이해를 제공하기 위해 포함되며 본 명세서에 통합되어 일부를 구성한다. 도면들은 본 개시의 다양한 실시예들을 예시하며, 그 설명과 함께 그 원리들 및 동작들을 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0028] 이들 및 다른 피처(feature)들, 실시예들 및 이점들은 이하의 상세한 설명이 첨부하는 도면들을 참조하여 읽을 때 더 잘 이해된다.

도 1은 본 개시의 실시예들에 따라 검사 장치의 예시적 실시예들을 개략적으로 도시한다.

도 2는 본 개시의 실시예들에 따라 도 1의 선 2-2를 따라 검사 장치의 평면도를 도시한다.

도 3은 본 개시의 실시예들에 따라 일정 시간이 경과한 후 도 2와 유사한 검사 장치의 평면도를 도시한다.

도 4는 본 개시의 실시예들에 따라 도 3 이후 일정 시간이 경과한 후 도 2-3과 유사한 검사 장치의 평면도를 도시한다.

도 5는 본 개시의 실시예들에 따라 도 4 이후 일정 시간이 경과한 후 도 2-4와 유사한 검사 장치의 평면도를 도시한다.

도 6은 본 개시의 실시예들에 따라 도 2에서 취해진 결함을 포함하는 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 재료의 중간 부분의 이미지를 도시한다.

도 7은 본 개시의 실시예들에 따라 도 6 이후 일정 시간이 경과한 후 도 3에서 취해진 결함을 포함하는 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 재료의 중간 부분의 이미지를 도시한다.

도 8은 본 개시의 실시예들에 따라 도 7 이후 일정 시간이 경과한 후 도 4에서 취해진 결함을 포함하는 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 재료의 중간 부분의 이미지를 도시한다.

도 9는 본 개시의 실시예들에 따라 도 8 이후 일정 시간이 경과한 후 도 5에서 취해진 결함을 포함하는 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의 재료의 중간 부분의 이미지를 도시한다.

도 10은 본 개시의 실시예들에 따라 결함을 포함하며 도 2에서 취해진 재료의 제1 주 표면의 이미지를 도시한다.

도 11은 본 개시의 실시예들에 따라 결함을 포함하며 도 2에서 취해진 재료의 제2 주 표면의 이미지를 도시한다.

도 12는 본 개시의 실시예들에 따라 제2 검사 장치의 측면도를 도시한다.

도 13은 본 개시의 실시예들에 따라 도 12 이후 일정 시간이 경과한 후의 제2 검사 장치의 측면도를 도시한다.

도 14는 본 개시의 실시예들에 따라 도 13 이후 일정 시간이 경과한 후의 제2 검사 장치의 측면도를 도시한다.

도 15는 본 개시의 실시예들에 따라 일 축을 따라 배열된 복수의 카메라 장치들을 포함하는 제2 검사 장치의 측면도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이제 예시적 실시예들이 도시된 첨부 도면들을 참조하여 이후 실시예들이 상세하게 설명될 것이다. 가능하면, 도면들 전체에 걸쳐 동일한 참조 번호들이 동일하거나 유사한 부분들을 지칭하기 위해 사용된다. 그러나, 본 개시는 많은 상이한 형태들로 구현될 수 있으며, 본 명세서에서 설명한 실시예들로 제한되는 것으로 간주되서는 안된다.

[0030] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "약"은 양, 크기, 제형, 매개변수, 및 기타 양 및 특성이 정확하지 않고 정확할 필요도 없지만, 근사치일 수 있거나 및/또는 더 큰 또는 더 작을 수 있으며, 필요에 따라 공차, 변환 인자, 반올림, 측정 오차 등, 및 당업자에게 공지된 기타 인자를 반영한다.

[0031] 범위들은 본 명세서에서 "약" 하나의 값, 및/또는 "약" 다른 값으로 표현될 수 있다. 그러한 범위가 표현될 때,

다른 실시예는 하나의 값으로부터 다른 값을 포함한다. 유사하게, 값들이, 예를 들어 선행사 "약"을 사용하여 근사치들로 표현될 때, 상기 값은 다른 실시예를 형성함을 이해할 것이다. 각각의 범위들의 종점들은 다른 종점과 관련하여 그리고 다른 종점과는 독립적으로 모두 중요하다는 것이 추가로 이해될 것이다.

[0032] 본 명세서에서 사용되는 방향 용어들 - 예를 들어, 위로, 아래로, 오른쪽, 왼쪽, 앞, 뒤, 상부, 하부- 은 단지 도시된 대로의 도면들을 참조하여 만들어지며, 절대적인 방향을 의미하는 것으로 의도되지는 않는다.

[0033] 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 본 명세서에 설명된 임의의 방법은 그 단계들이 특정 순서로 수행될 필요가 있는 것으로 해석되는 것이라고 의도되지 않으며, 임의의 장치에서 특정 배향들이 요구되는 것으로도 해석되지 않는다. 따라서, 방법 청구항은 실제로 그 단계들에 뒤따르는 순서를 실제로 언급하지 않거나, 또는 임의의 장치 청구항이 개별 구성 요소들에 대한 순서 또는 배향을 실제로 언급하지 않는 경우, 또는 단계들이 특정 순서로 제한되거나 또는 장치의 구성 요소들에 대하여 특정 순서 또는 배향이 언급되지 않는 것을 청구항들 또는 설명에서 특별히 언급되지 않는 경우, 어떤 점에서도 순서 또는 배향이 추론되는 것을 결코 의도한 것은 아니다. 이는 다음을 포함하여 해석에 대한 임의의 가능한 비-표현적 기초를 유지한다: 단계들의 배열, 작동 흐름, 구성 요소들의 순서 또는 구성 요소들의 방향과 관련된 논리 문제들; 문법적 구성 또는 구두점에서 파생된 평범한 의미; 및 명세서에 기술된 실시 예들의 수 또는 유형.

[0034] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 단수 형태들 "a", "an", 및 "the"는 문맥이 명시적으로 달리 지시하지 않는 한 복수의 기준들을 포함한다. 따라서, 예를 들어, "a" 구성 요소에 대한 언급은 문맥이 달리 명시적으로 지시하지 않는 한 2 개 이상의 그러한 구성 요소들을 갖는 양태들을 포함한다.

[0035] "예시적인(exemplary)", "예시(example)"라는 단어 또는 이들의 다양한 형태는 예, 예 또는 예시로서 제공되는 것을 의미하기 위해 본 명세서에서 사용된다. 본 명세서에서 "예시적인" 또는 "예시"로 설명된 임의의 양태 또는 디자인은 다른 양태들 또는 디자인들에 비해 선호되거나 유리한 것으로 해석되어서는 안된다. 또한, 예시들은 명확성과 이해의 목적으로만 제공되며, 개시된 주제 또는 본 개시의 관련 부분을 어떤 방식으로든 제한하거나 한정하려는 것이 아니다. 다양한 범위의 무수한 추가들 또는 대안적인 예시들이 제시될 수 있었지만, 간결함을 위해 생략되었음을 이해할 수 있다.

[0036] 본 명세서에 사용된 바와 같이, "포함하는(comprising)" 및 "포함하는(including)"이라는 용어들, 및 이들의 변형들은 달리 표시되지 않는 한 동의어로 해석되고 제한이 없는 것으로 해석되어야 한다. 포함하거나 포함하는 과도기 구절들 뒤에 오는 요소들의 목록은 비배타적 목록이므로 목록에 구체적으로 언급된 요소들 외의 요소들도 존재할 수 있다.

[0037] 본 명세서에 사용된 용어 "실질적인", "실질적으로" 및 이들의 변형들은 설명된 피쳐가 값 또는 설명과 동일하거나 대략 동일하다는 것을 나타내도록 의도된다. 예를 들어, "실질적으로 평면인" 표면은 평면 또는 거의 평면인 표면을 나타내기 위한 것이다. 더욱이, "실질적으로"는 두 값이 동일하거나 거의 동일함을 나타내기 위한 것이다. 일부 실시예들에서, "실질적으로"는 서로 약 10% 이내, 예를 들어 서로 약 5% 이내, 또는 서로 약 2% 이내의 값을 나타낼 수 있다.

[0038] 청구된 주제의 범위 또는 사상을 벗어나지 않고 본 발명에 대한 수정들이 이루어질 수 있다. 달리 명시되지 않는 한, "제1", "제2" 등은 시간적 측면, 공간적 측면, 순서, 양 등을 의미하려고 의도된 것이 아니다. 이들 용어들은 단지 식별자, 이름 등으로 사용된다. 예를 들어, 제1 단부 및 제2 단부는 일반적으로 단부 A 및 단부 B 또는 두 개의 다른 또는 두 개의 동일한 단부 또는 동일 단부에 해당한다. 마찬가지로, 제2 이미지를 캡처하는 것은 제1 이미지를 캡처하기 전에, 제1 이미지를 캡처한 후에, 및/또는 제1 이미지를 캡처하지 않고 일어날 수 있다.

[0039] 본 개시 내용은 재료(101)를을 검사하는 검사 장치 및 방법들에 관한 것이다. 이하, 재료(101)를 검사하는 방법들 및 장치를 예시적 실시예들을 통해 설명한다. 일부 실시예들에서, 재료(101)는 유리 성형 재료의 리본으로부터의 유리 리본을 포함할 수 있다. 본 출원의 목적상, "유리 리본"은 점성 상태의 유리 리본, 탄성 상태(예: 실온에서)의 유리 리본 및/또는 점성 상태와 탄성 상태 사이의 점탄성 상태의 유리 리본 중 하나 이상으로 간주된다. 일부 실시예들에서, 유리 리본은 유리 리본의 다른 부분으로부터 분리될 수 있는 유리 시트를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 유리 리본을 포함하는 것으로 제한되지 않을 수 있다. 오히려, 일부 실시예에서, 재료(101)는 플라스틱 재료, 세포 배양 겔, 컴퓨터 칩, 불투명 재료, 투명 재료 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 도 1에 개략적으로 도시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 재료(101)는 하나 이상의 검사 장치, 예를 들어 제1 검사 장치(103) 및 제2 검사 장치(105)를 포함하는 검사 시스템에 의해 검사될 수 있다. 재료(101)를

검사하는 방법은 제1 이동 방향(113)으로 제1 이동 경로(111)를 따라 재료(101)를 이동(예를 들어, 운반)시키는 것을 포함할 수 있다. 제1 검사 장치(103) 및 제2 검사 장치(105)는 제1 이동 경로(111)에 인접하게 위치될 수 있어서, 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 제1 이동 방향(113)으로 이동함에 따라, 재료(101)는 제1 검사 장치(103) 및 제2 검사 장치(105)에 의해 검사될 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 이동함에 따라 재료(101)가 제2 검사 장치(105)를 통과하기 전에 제1 검사 장치(103)를 먼저 통과할 수 있도록, 제1 이동 방향(113)에 대해 제1 검사 장치(103)로부터의 하류에 위치될 수 있다.

[0040] 제1 검사 장치(103)는 재료(101)가 제1 검사 장치(103)를 통과할 때 재료(101)를 검사할 수 있는 하나 이상의 카메라를 포함할 수 있어서, 제1 검사 장치(103)는 라인 스캔 카메라를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 검사 장치(103)는 하나 이상의 카메라에 추가하여 하나 이상의 조명원(들), 컴퓨터(들), 전원 공급 장치, 제어기(들) 등을 포함할 수 있다. 재료(101)를 검사함에 따라, 제1 검사 장치(103)는 재료(101)의 하나 이상의 이미지를 캡처할 수 있다. 재료(101)의 하나 이상의 이미지는, 예를 들어 컴퓨터가 처리하고 검사하여, 시각적으로 검사하기 위해 사용자에 의해 검토될 수 있다. 재료(101)의 검토시, 일부 실시예에서, 재료(101) 내의 하나 이상의 결함이 식별될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 검사 장치(103)는 하나 이상의 결함의 결함 위치(115, 117)를 식별할 수 있다. 일부 실시예에서, 방법들은 재료(101) 내 결함의 결함 위치를 식별하는 단계, 예를 들어 재료(101) 내 제1 결함(121)의 제1 결함 위치(115), 제2 결함(123)의 제2 결함 위치(117) 등을 식별하는 단계를 포함할 수 있다. 제1 검사 장치(103)에 의한 하나 이상의 결함(121, 123)의 결함 위치(115, 117)의 식별에 이어, 제2 검사 장치(105)는 하나 이상의 결함(121, 123)이 검토되거나 특성화될 수 있도록(예를 들어, 크기, 재료(101)의 에지로부터의 위치, 재료(101)의 두께 내의 위치 등으로 정량화됨) 결함 위치(115, 117)의 이미지들을 캡처할 수 있다. 도 1에 예시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 재료(101)는 X축을 따라 이동할 수 있어서, 제1 이동 방향(113)이 X축과 평행할 수 있다. 따라서 재료(101)는 X축에 직각인 Z축을 따라 측정될 수 있는 두께(예를 들어, 제1 주 표면과 제2 주 표면 사이의)를 포함할 수 있다.

[0041] 도 2를 참조하면, 재료(101) 및 제2 검사 장치(105)의 평면도가 도 1의 선 2-2를 따라 도시되어 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 반대 방향을 향하고 그 사이에 재료(101)의 두께를 정의하는 제1 주 표면(201) 및 제2 주 표면(203)을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)의 두께는 약 2 밀리미터(㎜) 이하, 약 1 밀리미터 이하, 약 0.5 밀리미터 이하, 예를 들어, 약 300 마이크로미터(㎛) 이하, 약 200 마이크로미터 이하, 또는 약 100 마이크로미터 이하이지만, 다른 실시예에서 다른 두께가 제공될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 재료(101)의 두께는 약 20 마이크로미터 내지 약 200 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 750 마이크로미터 범위 내, 약 100 마이크로미터 내지 약 700 마이크로미터 범위 내, 약 200 마이크로미터 내지 약 600 마이크로미터 범위 내, 약 300 마이크로미터 내지 약 500 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 500 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 700 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 600 마이크로미터 범위, 약 50 마이크로미터 내지 약 500 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 400 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 300 마이크로미터 범위 내, 약 50 마이크로미터 내지 약 200 마이크로미터, 약 50 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터 범위 내, 약 25 마이크로미터 내지 약 1 마이크로미터 범위 내 약 125 마이크로미터 범위 내일 수 있으며, 그 사이의 두께의 모든 범위들 및 하위 범위들을 포함한다. 또한, 재료(101)는 다양한 조성을 포함할 수 있다. 예를 들어, 재료(101)가 유리 재료를 포함할 때, 재료(101)는 보로실리케이트 유리, 알루미노-보로실리케이트 유리, 알칼리 함유 유리, 또는 무알칼리 유리, 알칼리 알루미노실리케이트 유리, 알칼리 토류 알루미노실리케이트 유리, 소다석회 유리, 유리 세라믹 등을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 원하는 응용 분야, 예를 들어 디스플레이 응용 분야로 처리될 수 있다. 예를 들어, 재료(101)는 액정 디스플레이(LCD), 전기 영동 디스플레이(EPD), 유기 발광 다이오드 디스플레이(OLED), 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 터치 센서, 광전지 및 기타 전자 디스플레이를 포함하는 광범위한 디스플레이 응용 분야에서 사용될 수 있다.

[0042] 일부 실시예에서, 재료(101)는 제1 이동 방향(113)으로 제1 이동 경로(111)를 따라 연속적으로 이동될 수 있다. 일부 실시예에서, 연속적으로 이동함으로써, 재료(101)는 제2 검사 장치에 의한 검사 동안 이동을 멈추지 않을 수 있어서, 재료(101)가 제2 검사 장치(105)를 통과할 때 재료(101)의 속도는 0보다 높게 유지될 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 제2 검사 장치(105)를 지나 제1 이동 방향(113)으로 제1 이동 경로(111)를 따라 이동하는 동안 적어도 약 300 ㎜/s인 속도를 유지할 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 제2 검사 장치(105)를 지나 이동하는 동안 일정한 속도를 유지할 수 있다. 이와 같이, 제2 검사 장치(105)는 재료(101)의 이미지들, 예를 들어 재료(101)가 연속적으로 이동하는 동안 결함 위치들(115, 117)의 이미지들을 캡처할 수 있다. 일부 실시예들에서, 재료(101)는 X 방향으로 제1 이동 방향(113)으로 이동할 수 있는 반면, 재료(101)의 높이는 Y 방

향으로 놓일 수 있고 재료(101)의 두께는 Z 방향으로 정의될 수 있다. 재료(101)는 여러 방식으로 이동할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 재료(101)는 재료(101)의 중량을 지지할 수 있고 재료(101)를 제1 이동 방향(113)으로 이동시킬 수 있는 운반 장치(예를 들어, 하나 이상의 롤러, 벨트, 에어 쿠션 등) 상에 놓일 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 제1 이동 방향(113)으로 재료(101)를 유지하고 이동시킬 수 있는 파지(gripping) 장치(예를 들어, 하나 이상의 흡입 그립 등)에 의해 유지될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 이동 방향(113)으로 재료(101)의 운반 또는 이동 중에 재료(101)를 지지하거나 유지하는 구조체는 제1 주 표면(201) 및 제2 주 표면(203)이 제2 검사 장치(105)에 의해 검사되는 것(예를 들어, 캡처된 이미지들로)을 가리지 않을 수 있다.

[0043] 도 2는 제2 검사 장치(105)의 적어도 일부를 도시한다. 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 하나 이상의 카메라 장치, 예를 들어 카메라 장치(207)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 하나 또는 그 이상의 카메라 장치, 예를 들어 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및/또는 제3 카메라(215)를 포함할 수 있다. 카메라 장치(207)는 재료(101)의 측부, 예를 들어 제1 주 표면(201)을 향하는 재료(101)의 제1 측부(219)에 위치할 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 제2 주 표면(203)을 향하는 재료(101)의 제2 측부(221) 상에 위치될 수 있다. 도 12 내지 도 15를 참조하면, 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 도 2에 도시된 바와 같이 하나의 카메라 장치(예를 들어, 카메라 장치(207))에 한정되지 않을 수 있으며, 오히려 제2 검사 장치(105)는 제1 이동 방향(113)에 대해 카메라 장치(207)의 상류 또는 하류에 위치할 수 있는 추가적인 카메라 장치들을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)는 하나 이상의 결함(예를 들어, 도 1에 도시된 제1 결함(121) 및/또는 제2 결함(123))을 포함할 수 있다. 결함들은, 예를 들어 제1 결함(225), 제2 결함(227) 또는 제3 결함(229) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 재료(101)는 여러 유형의 결함(121, 123, 225, 227, 229), 예를 들어, 스크래치, 내포물, 기포, 표면 불연속성 또는 불투명하거나 투명한 특성을 가진 기타 유형의 결함들을 포함할 수 있다. 불투명 결함은 투명하거나 반투명하지 않고, 불투명한 결함을 통해 광의 통과를 차단하거나 약화시킬 수 있는 결함이며, 반면에 투명 결함은 광이 통과할 수 있는 결함이다. 일부 실시예에서, 결함(121, 123, 225, 227, 229)들은 제1 주 표면(201)(예를 들어, 제1 주 표면(201) 상에 위치한 제1 결함(225)), 제2 주 표면(203)(예를 들어, 제2 주 표면(203) 상에 위치한 제2 결함(227)), 또는 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 체적 또는 내부 부분 내에(예를 들어, 재료(101)의 체적 또는 내부 내에 위치된 제3 결함(229)) 중의 하나 이상에 위치할 수 있다.

[0044] 일부 실시예에서, 제1 카메라(211)는 재료(101)와 교차하는 제1 카메라 축(231)을 갖는 디지털 카메라를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라 축(231)은 재료(101)와 직각(예를 들어, 약 90도 각도)을 형성할 수 있거나, 또는 재료(101)와 약 80도 내지 약 100도 범위 내의 각도를 형성할 수 있다. 제1 카메라(211)는 재료(101), 예를 들어 재료(101)의 제1 주 표면(201)의 하나 이상의 이미지를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라(211)는 하나 이상의 이미징 렌즈(233)(예를 들어, 광학 렌즈, 광학 요소 등)를 포함할 수 있다. 본 명세서에 개시된 바와 같이, 이미징 렌즈(들)(예를 들어, 233)는 굴절에 의해 광 빔을 집속시키거나 분산시키는 광학적으로 투명한 투과성 광학 장치를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라(211)는 하나 이상의 이미징 렌즈(233)로부터 형성된 이미지를 수신하도록 위치될 수 있는 이미지 센서(235)를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 개시된 바와 같이, 이미지 센서(예를 들어, 235)는 빛의 강도를 신호로 변환하여 이미지를 형성하는 데 사용할 수 있는 데이터 또는 정보를 수신, 검출 및/또는 운반할 수 있다. 이와 같이, 이미지 센서(235)는 하나 이상의 이미징 렌즈(233)에 의해 형성된 이미지를 디지털화하여 디지털 이미지를 생성할 수 있다. 일부 실시예에서, 이미지 센서(235)는 CMOS(complementary metal-oxide-semiconductor) 센서, CCD(charge-coupled device) 어레이 등을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라(211)는 재료(101)의 검사 영역을 정의할 수 있는 시야(FOV; field of view)(237)를 포함할 수 있다. FOV는 카메라에 의해 주어진 시간에 보여질 수 있는 관찰 가능한 영역의 범위를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라(211)는 약 5 마이크론 내지 약 100 마이크론 범위 내에 있을 수 있는 피사계 심도(DOF; depth of field)를 포함할 수 있으며, DOF는 제1 주 표면(201)으로부터 측정된다. DOF는 이미지에서 허용할 수 있을 만큼 선명한 초점에 있는 가장 가깝고 가장 먼 물체들 사이의 거리를 포함할 수 있다.

[0045] 일부 실시예에서, 제1 카메라(211)는 하나 이상의 조명원, 예를 들어 제1 조명원(239)을 포함할 수 있다. 제1 조명원(239)은 예를 들어 발광 다이오드를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 조명원(239)은 제1 광(241)을 방출할 수 있으며, 여기서 제1 광(241)은 제1 파장 λ1(예를 들어, 520 nm 내지 530 nm 파장 범위의 광을 포함하는 녹색 광), 제2 파장 λ2(예를 들어, 615 nm 내지 631 nm 파장 범위의 광을 포함하는 적색광), 제3 파장 λ3(예를 들어, 약 400 nm 내지 약 750 nm 파장 범위의 광을 포함하는 백색광), 제4 파장 λ4(예를 들어, 약 400 nm와 약 750 nm 사이의 가시 파장 범위의 광을 포함하는 백색광) 등 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 조명원(239)은 암시야(dark-field) 조명원, 동축 조명원, 구배 조명원, 확산 조명원, 흐린 날 조

명원, 명시야 조명원, 구조광 조명원, 레이저 조명원 등 중 하나 이상을 재료(101)에 제공할 수 있다.

[0046] 일부 실시예에서, 제2 카메라(213)는 일부 측면에서 제1 카메라(211)와 유사하거나 동일할 수 있다. 예를 들어, 제2 카메라(213)는 재료(101)와 교차하는 제2 카메라 축(251)을 갖는 디지털 카메라를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라 축(251)은 재료(101)와 직각(예를 들어, 약 90도 각도)을 형성하거나, 재료(101)와 약 80도 내지 약 100도 범위 내에 있을 수 있는 각도를 형성할 수 있다. 제2 카메라(213)는 재료(101), 예를 들어 재료(101)의 제2 주 표면(203)의 하나 이상의 이미지를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라(213)는 하나 이상의 이미징 렌즈(253)(예를 들어, 광학 렌즈, 광학 요소 등)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라(213)는 하나 이상의 이미징 렌즈(253)로부터 형성된 이미지를 수신하도록 위치될 수 있는 이미지 센서(255)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 이미지 센서(255)는 CMOS 센서, CCD 어레이 등을 포함할 수 있다. 이미지 센서(255)는 하나 이상의 이미징 렌즈(253)에 의해 형성된 이미지를 디지털화하여 디지털 이미지를 생성할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라(213)는 재료(101)의 검사 영역을 정의할 수 있는 시야(FOV)(237)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라(213)는 약 5 마이크론 내지 약 100 마이크론 범위 내에 있을 수 있는 피사계 심도(DOF)를 포함할 수 있으며, DOF는 제2 주 표면(203)으로부터 측정된다.

[0047] 일부 실시예에서, 제2 카메라(213)는 하나 이상의 조명원, 예를 들어 제2 조명원(259)을 포함할 수 있다. 제2 조명원(259)은 예를 들어 발광 다이오드를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 조명원(259)은 제2 광(261)을 방출할 수 있으며, 여기서 제2 광(261)은 제1 파장 λ1(예를 들어, 520 nm 내지 530 nm 파장 범위의 광을 포함하는 녹색 광), 제2 파장 λ2(예를 들어, 615 nm 내지 631 nm 파장 범위의 광을 포함하는 적색광), 제3 파장 λ3(예를 들어, 약 400 nm 내지 약 750 nm 파장 범위의 광을 포함하는 백색광), 제4 파장 λ3 파장 λ4(예를 들어, 약 400 nm와 약 750 nm 사이의 가시 파장 범위의 광을 포함하는 백색광) 등 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 조명원(259)은 암시야 조명원, 동축 조명원, 구배 조명원, 확산 조명원, 흐린 날 조명원, 명시야 조명원, 구조광 조명원, 레이저 조명원 등 중 하나 이상을 재료(101)에 제공할 수 있다.

[0048] 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 제1 카메라(211) 또는 제2 카메라(213)와 일부 측면에서 유사하거나 동일할 수 있다. 예를 들어, 제3 카메라(215)는 교차하는 제3 카메라 축(269)을 갖는 디지털 카메라를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)와 제1 주 표면(201) 사이의 제3 카메라 축(269)은 약 20도 내지 약 70도 범위 내에 있을 수 있는 제1 주 표면(201)에 대한 각도를 형성할 수 있다. 제3 카메라(215)는 재료(101), 예를 들어 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)의 하나 이상의 이미지를 캡처할 수 있다. 중간 부분(271)은 재료(101)의 체적 또는 내부를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 하나 이상의 이미징 렌즈(273)(예를 들어, 광학 렌즈, 광학 요소 등)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 하나 이상의 이미징 렌즈(273)로부터 형성된 이미지를 수신하도록 배치될 수 있는 이미지 센서(275)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 이미지 센서(275)는 CMOS 센서, CCD 어레이, 등을 포함할 수 있다. 이미지 센서(275)는 하나 이상의 이미징 렌즈(273)에 의해 형성된 이미지를 디지털화하여 디지털 이미지를 생성할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 재료(101)의 중간 부분(271)의 검사 영역을 정의할 수 있는 시야(FOV)(277)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 약 5 마이크론 내지 약 100 마이크론의 범위 내에 있을 수 있는 피사계 심도(DOF)(282)를 포함할 수 있으며, DOF는 중간 부분(271) 내에서 측정된다. 따라서, 일부 실시예들에서, 방법들은 재료(101)의 제1 부분의 제1 이미지가 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 중간 부분(271)을 포함할 수 있도록 약 20도 내지 약 70도 범위 내의 제1 주 표면(201)에 대해 각도로 제3 카메라(215)의 제3 카메라 축(269)를 배향시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0049] 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 하나 이상의 조명원, 예를 들어 제3 조명원(279)를 포함할 수 있다. 제3 조명원(279)은 예를 들어 발광 다이오드를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 조명원(279)은 제3 광(281)을 방출할 수 있으며, 여기서 제3 광(281)은 제1 파장 λ1(예를 들어, 520 nm 내지 530 nm 파장 범위의 광을 포함하는 녹색 광), 제2 파장 λ2(예를 들어, 615 nm 내지 631 nm 파장 범위의 광을 포함하는 적색광), 제3 파장 λ3(예를 들어, 약 400 nm 내지 약 750 nm 파장 범위의 광을 포함하는 백색광), 제4 파장 λ4(예를 들어, 약 400 nm와 약 750 nm 사이의 가시 파장 범위의 광을 포함하는 백색 광) 등 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 광(281)은 암시야 조명원, 동축 조명원, 구배 조명원, 흐린 날 조명원, 명시야 조명원, 구조광 조명원, 레이저 조명원 등 중의 하나 이상을 재료(101)에 제공할 수 있다.

[0050] 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 카메라(211, 213, 215)에 의한 이미지 획득, 카메라(211, 213, 215)에 대한 전력 공급, 카메라(211, 213, 215)의 움직임 등을 제어하는 것을 도울 수 있는 추가의 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207)는 컴퓨팅 장치(283)(예를 들어, 컴퓨터, 서버, 데이터베이스 등)를 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치(283)는 카메라(211, 213, 215)의 동작 또는 카메라(211,

213, 215)의 움직임 중 하나 이상을 제어할 수 있는 제어기(285)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 제어기(285)는 카메라(211, 213, 215)로부터 이미지 데이터를 수신할 수 있는 다변수(multi-variable) 제어기를 포함할 수 있다. 제어기(285)는 재료(101)의 캡처된 이미지들을 평가하고 캡처된 이미지들에 기초하여 재료(101) 내의 결함들을 검출하기 위한 이미지 처리 소프트웨어를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제어기(285)는 프로세서, 메모리, 및/또는 입력/출력 장치를 포함할 수 있는 프로그래밍 가능한 논리 제어기를 포함할 수 있다. 제어기(285)는 본 명세서에 개시된 검사 방법들을 수행하기 위한 명령들을 저장하기 위한 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 컴퓨팅 장치(283)는 카메라(211, 213, 215) 및/또는 카메라(211, 213, 215)를 구동할 수 있는 임의의 모터들에 전력을 전달하기 위한 전원 공급 장치(287)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 컴퓨팅 장치(283)는 카메라(211, 213, 215)로 및/또는 카메라(211, 213, 215)로부터 데이터 및/또는 전력의 전송을 용이하게 할 수 있는 여러 방식으로 카메라(211, 213, 215)에 결합될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치(283) 및 카메라(211, 213, 215)들은 유선 통신선(예: 이더넷 케이블, 광섬유 케이블 등), 무선 통신 방식(예: 블루투스, Wi-Fi 등) 등을 통해 결합될 수 있다.

[0051] 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 재료(101)의 이미지 캡처를 용이하게 할 수 있는 추가의 구성요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 카메라 장치(207)는 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)로부터 재료(101)의 반대측에 배열될 수 있는 확산기 및 미러를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 상기 확산기 및 미러는 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)가 제1 측부(219)에 위치될 때 재료(101)의 제2 측부(221) 상에 위치될 수 있다. 일부 실시예에서, 확산기는 조명원(239, 259, 279)으로부터의 광(241, 261, 281)을 산란시켜 카메라(211, 213, 215)의 FOV 내에서 산란광을 형성할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 또는 제3 카메라(215) 중의 하나 이상은 재료(101)를 향해 광(241, 261, 281)을 지향시킬 수 있는 빔-스플리터를 포함할 수 있다.

[0052] 일부 실시예에서, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)는 재료(101)의 상이한 부분들의 이미지들을 캡처할 수 있으므로, 재료(101) 내의 상이한 위치들에 있는 결함들(121, 123, 225, 227, 229)이 명확하게 이미지화되고 검토될 수 있다. 예를 들어, 제1 주 표면(201)에 있는 DOF를 포함하는 제1 카메라(211)로 인해, 제1 주 표면(201)에 위치하는 결함들, 예를 들어 제1 결함(225)의 이미지들이 캡처될 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 주 표면(203)에 있는 DOF를 포함하는 제2 카메라(213)로 인해, 제2 주 표면(203)에 위치하는 결함, 예를 들어 제2 결함(227)의 이미지들이 캡처될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)에 있는 DOF를 포함하는 제3 카메라(215)로 인해, 중간 부분(271) 내에 위치된 결함, 예를 들어, 제3 결함(229)의 이미지들이 포착될 수 있다.

[0053] 일부 실시예에서, 재료(101)를 검사하는 방법들은 재료(101) 내의 결함의 결함 위치를 식별하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 1을 간단히 참조하면, 제1 검사 장치(103)는 초기에 재료(101) 내의 제1 결함(121)의 제1 결함 위치(115)를 식별할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 결함 위치(115)는 제1 결함(121)이 재료(101)에 위치하는 대략적인 위치를 포함할 수 있다. 도 2를 참조하면, 이 식별 후에, 제2 검사 장치(105)는 제1 결함 위치(115)에서 이미지들을 캡처하여 제1 결함(121)의 검토(예를 들어, 제1 주 표면(201) 및 제2 주 표면(203)에서 또는 그 사이에서 Z 방향으로 제1 결함(121)의 위치, 제1 결함(121)의 크기, 제1 결함(121)의 유형 등)를 용이하게 할 수 있다. 일부 실시예에서, 방법들은 재료(101)가 제1 이동 방향(113)으로 이동하고 결함(예를 들어, 제1 결함(121))이 FOV를 통해 이동함에 따라, 상기 카메라(211, 213, 215)로 결함(예를 들어, 제1 결함(121))의 복수의 이미지들을 캡처하는 단계를 포함한다. 일부 실시예에서, 복수의 이미지는 제1 결함 위치(115)에서 제1 주 표면(201)의 제1 이미지, 제1 결함 위치(115)에서 제2 주 표면(203)의 제2 이미지, 및 제1 결함 위치(115)에서 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)의 제3 이미지를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 2의 실시예들에서, 제1 결함 위치(115)는 복수의 결함, 예를 들어 제1 결함(225), 제2 결함(227) 및 제3 결함(229)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 제1 결함 위치(115)는 도 2에 도시된 결함들의 수보다 크거나 작게 포함할 수 있다. 중간 부분(271)의 복수의 이미지가 도 6 내지 도 9에 도시된 반면, 제1 주 표면(201)의 이미지는 도 10에 도시되어 있고, 제2 주표면(203)의 이미지는 도 11에 도시되어 있다.

[0054] 일부 실시예에서, 복수의 이미지를 캡처하는 것은 결함 위치(예를 들어, 제1 결함 위치(115))를 조명원(239, 259, 279)으로부터의 광(241, 261, 281)에 노출시키는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 조명원(239, 259, 279)는 암시야 조명원, 동축 조명원, 구배 조명원, 확산 조명원, 흐린 날 조명원, 명시야 조명원, 구조광 조명원, 또는 레이저 조명원 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 암시야 조명원은 이미지 센서에 의해 수집되지 않을 수 있는 광으로 재료(101)의 일부를 조명함으로써 콘트라스트를 향상시킬 수 있으며, 따라서 이미지의 일부를 형성하지 않을 수 있다. 일부 실시예에서, 동축 조명원은 광이 카메라의 광축에 실질적으로

평행하게 투사될 수 있도록 측부에 고정될 수 있는 조명원으로부터 광을 전환시키는 빔-스플리터 또는 반투명 미러를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 구배 조명원은 재료(101)를 향해 광을 방출할 수 있고 조명의 세기는 구배로 변할 수 있다. 일부 실시예에서, 확산 조명원은 광을 투과시키기 위해 조명원으로부터의 광을 산란시키거나 확산시키는 확산기를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 흐린 날 조명원은 돔으로부터의 광을 재료(101)를 향해 반사시킴으로써 독립형 연속 확산 조명을 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 명시야 조명원은 재료(101)를 통해 백색광을 투과시키는 것을 포함할 수 있으며, 재료(101)의 콘트라스트는 재료(101)의 조밀한 영역에서 투과광의 감쇠에 의해 야기될 수 있다. 일부 실시예에서, 구조광 조명원은 재료(101) 상에 광의 패턴을 투사하는 것을 포함할 수 있고, 재료(101)로부터의 광의 변형에 기초하여, 재료(101)의 깊이 및 표면 정보가 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 레이저 조명원은 재료(101)를 향해 공간적으로 간섭성 광을 방출하는 레이저를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 결함 위치를 광(241, 261, 281)에 노출시킴으로써, 제1 조명원(239), 제2 조명원(259) 또는 제3 조명원(279) 중의 하나 이상은 각각의 제1 광(241), 제2 광(261) 및/또는 제3 광(281)을 재료(101)를 향해 투과시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 조명원(239), 제2 조명원(259) 또는 제3 조명원(279) 중 하나 이상은 암시야 조명원, 동축 조명원 또는 구배 조명원 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 한 유형의 조명원으로부터의 한 유형의 광이 재료(101)를 향해 전송될 수 있으며, 여기서 카메라들 중 하나는 광에 기초하여 이미지를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 복수의 유형의 조명원으로부터의 복수의 상이한 유형의 조명이 재료(101)를 향해 전송될 수 있으며, 여기서 복수의 상이한 카메라가 광을 캡처할 수 있다(예를 들어, 각각의 카메라는 한 유형의 광을 캡처할 수 있음). 이러한 방식으로, 복수의 카메라에 의해 캡처될 수 있는 상이한 유형의 광은 결함의 더 많은 이미지를 제공할 수 있고, 따라서 결함에 관한 더 정확한 정보를 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 재료(101)를 이동시키는 것은 복수의 이미지가 캡처되는 동안 제1 이동 경로(111)를 따라 재료(101)를 연속적으로 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 개시된 바와 같이, 연속적으로 이동됨으로써, 재료(101)는 카메라(211, 213, 215)에 의한 이미지 획득 동안 이동을 멈추지 않을 수 있어, 재료(101)의 속도는 재료(101)가 제2 검사 장치(105)를 통과할 때 0보다 높게 유지될 수 있다.

[0055] 도 2 및 도 10를 참조하면, 복수의 이미지는 제1 결함 위치(115)에서 재료(101)의 제1 주 표면(201)의 제1 이미지(1001)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 재료(101)가 제1 이동 방향(113)으로 이동함에 따라, 제1 카메라(211)는 제1 주 표면(201)의 하나 이상의 이미지를 캡처할 수 있으며, 여기서 하나 이상의 이미지는 제1 이미지(1001)를 포함할 수 있다. 제1 결함(225)은 제1 이미지(1001)가 제1 결함(225)을 표시할 수 있도록 제1 카메라(211)의 FOV를 통과할 수 있다. 도 2 및 도 11을 참조하면, 복수의 이미지는 제1 결함 위치(115)에서 재료(101)의 제2 주표면(203)의 제2 이미지(1101)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 재료(101)가 제1 이동 방향(113)으로 이동함에 따라, 제2 카메라(213)는 제2 주 표면(203)의 하나 이상의 이미지를 캡처할 수 있으며, 여기서 하나 이상의 이미지는 제2 이미지(1101)를 포함할 수 있다. 제2 결함(227)은 제2 이미지(1101)가 제2 결함(227)을 표시할 수 있도록 제2 카메라(213)의 FOV를 통과할 수 있다.

[0056] 도 2-9를 참조하면, 복수의 이미지는 제1 결함 위치(115)에서 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)의 제3 이미지를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 방법들은 제3 카메라(215)로 제1 결함 위치(115)에서 재료(101)의 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)의 복수의 이미지(예를 들어, 도 6-9에 도시됨)를 캡처하는 것을 포함한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 제3 이미지는 도 6-9에 도시된 중간 부분(271)의 이미지(예를 들어, 601, 701, 801, 901) 중 하나 이상을 참조할 수 있으며, 여기서 상이한 이미지(601, 701, 801, 901)들은 상이한 시간 기간에서 제3 결함(229)을 나타낸다. 방법들은 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 이동할 때 FOV를 통해 제3 결함(229)을 통과시키는 것을 포함할 수 있다. 도 2 내지 도 5는 시간 기간 동안 재료(101)가 제1 이동 방향(113)으로 이동할 때 재료(101)의 진행을 도시한다. 따라서, 일부 실시예에서, 복수의 이미지를 캡처하는 것은 중간 부분(271) 내의 결함(예를 들어, 제3 결함(229))의 제1 이미지, 제1 이미지를 캡처한 후 제1 기간 동안 중간 부분(271) 내의 결함(예를 들어, 제3 결함(229))의 제2 이미지, 및 제2 이미지를 캡처한 후 제2 기간 동안 중간 부분(271) 내의 결함(예를 들어, 제3 결함(229))의 제3 이미지를 캡처하는 것을 포함할 수 있다.

[0057] 도 2는 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF를 아직 통과하지 않은 제1 시간(t)에서의 재료(101)를 도시한다. 도 3은 제2 시간(t + 1)에서의 재료(101)를 예시하며, 여기서 "1"은 제1 시간(t) 이후의 제1 시간 간격을 나타내고, 제3 결함(229)은 아직 제3 카메라(215)의 DOF를 통과하지 않았지만 도 2에서보다 DOF에 더 근접하게 있다. 도 4는 제3 시간(t + 2)에서의 재료(101)를 예시하며, 여기서 "2"는 제1 시간(t) 이후의 제2 시간 간격을 나타내고 제3 결함(229)은 제3 카메라(215)의 DOF를 통과한다. 도 5는 제4 시간(t + 3)에서의 재료(101)를 예시하고, 여기서 "3"은 제1 시간(t) 이후의 제3 시간 간격을 나타내며, 제3 결함(229)은 제3 카메라(215)의 DOF를 통과하여 나갔다. 따라서, 도 3은 제3 결함(229)이 도 2에 도시된 위치에 도달한 후의 시점에서 제

3 결함(229)의 위치를 도시한다. 도 4는 제3 결함(229)이 도 3에 도시된 위치에 도달한 후의 시점에서 제3 결함(229)의 위치를 도시한 것이다. 도 5는 제3 결함(229)이 도 4에 도시된 위치에 도달한 후의 시점에서 제3 결함(229)의 위치를 도시한다. 도 6은 도 2에 도시된 위치에서 제3 결함(229)의 제1 이미지(601)를 도시한다. 도 7은 도 3에 도시된 위치에서 제3 결함(229)의 제2 이미지(701)를 도시한다. 도 8은 도 4에 도시된 위치에서 제3 결함(229)의 제3 이미지(801)를 도시한다. 도 9는 도 5에 도시된 위치에서 제3 결함(229)의 제4 이미지(901)를 도시한다.

[0058] 도 2 및 도 6을 참조하면, 제1 이미지(601)는 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF에 진입하기 전에 캡처될 수 있으므로, 제1 이미지(601)는 초점이 맞지 않은 위치에서의 제3 결함(229)을 나타낼 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 제3 결함(229)은 초점이 맞지 않을 수 있고, 따라서 명료성 및 선명성이 부족할 수 있다. 도 3 및 도 7을 참조하면, 제2 이미지(701)는 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF에 진입하기 전에 캡처될 수 있어, 제2 이미지(701)는 초점이 맞지 않는 위치에서의 제3 결함(229)을 나타낼 수 있다. 도 7에 예시된 바와 같이, 제2 이미지(701)의 제3 결함(229)은 여전히 초점이 맞지 않을 수 있고, 따라서 명료성 및 선명성이 부족할 수 있다. 그러나, 도 2에서보다 도 3에서 제3 결함(229)이 DOF에 더 가깝기 때문에, 제2 이미지(701)의 제3 결함(229)이 제1 이미지(601)의 제3 결함(229)보다 초점이 더 잘 맞을 수 있다. 도 4 및 도 8에 도시된 바와 같이, 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF를 통과함에 따라 제3 이미지(801)가 캡처될 수 있어, 제3 이미지(801)는 초점이 맞춰진(또는 다른 이미지들보다 초점이 더 잘 맞는) 위치에서 제3 결함(229)을 나타낼 수 있다. 도 8에 도시된 바와 같이, 제3 이미지(801)의 제3 결함(229)은 초점이 맞아 선명하고 명료할 수 있다. 따라서, 제3 이미지(801)의 제3 결함(229)은 제1 이미지(601) 또는 제2 이미지(701) 중 어느 하나보다 초점이 더 잘 맞을 수 있다. 도 5 및 도 9에 도시된 바와 같이, 제4 이미지(901)는 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF를 빠져나간 후에 캡처될 수 있어, 제4 이미지(901)는 초점이 맞지 않는 위치에서 제3 결함(229)을 나타낼 수 있다. 도 9에 도시된 바와 같이, 제4 이미지(901)의 제3 결함(229)은 초점이 맞지 않아 명료성 및 선명성이 부족할 수 있다. 일부 실시예에서, 제4 이미지(901)의 제3 결함(229)은 제1 이미지(601)의 제3 결함(229) 또는 제2 이미지(701)의 제3 결함(229)과 유사한 명료성을 가질 수 있다. 그러나, 제4 이미지(901)의 제3 결함(229)은 초점이 맞지 않을 수 있고 제3 이미지(801)의 제3 결함(229)보다 덜 선명할 수 있다(예를 들어, 여기서 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF에 있을 때 제3 이미지(801)가 캡처됨).

[0059] 도 2 내지 9에 도시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 복수의 이미지를 캡처하는 것은 제3 결함(229)이 제3 카메라(215)의 DOF를 통과하기 전, 도중 및 후에 발생할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 복수의 이미지를 캡처하는 것은 결함(예를 들어, 제3 결함(229))이 시야(FOV)를 통과하기 전의 재료(101)의 이미지(예를 들어, 제1 이미지(601) 또는 제2 이미지(701)), 또는 결함(예를 들어, 제3 결함(229))이 시야(FOV)를 벗어난 후의 재료(101)의 이미지(예를 들어, 제4 이미지(901)) 중의 하나 이상을 캡처하는 것을 포함한다. 이러한 방식으로, 일부 실시예에서, 이미지(예를 들어, 제3 이미지(801))는 DOF 내에 위치한 결함(예를 들어, 제3 결함(229))으로 캡처될 수 있고, 다른 이미지(예를 들어, 제4 이미지(901))는 결함(예를 들어, 제3 결함(229))이 DOF를 벗어난 후에 캡처될 수 있다.

[0060] 일부 실시예에서, 방법들은 결함, 예를 들어 제3 결함(229)을 특성화하기 위해 복수의 이미지를 검토하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 결함의 특성화는 결함의 크기, 결함의 형상, 결함의 유형, 결함의 위치 등 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 방법들은 제1 주 표면(201)으로부터 제3 결함(229)의 깊이를 결정하기 위해 복수의 이미지를 검토하는 것을 포함할 수 있다. 제1 주 표면(201)으로부터 제3 결함(229)의 깊이를 결정하기 위해, 복수의 이미지를 검토하는 것은 복수의 이미지, 예를 들어 제1 이미지(601), 제2 이미지(701), 제3 이미지(801), 제4 이미지(901) 등의 선명도를 비교하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 6 내지 도 9를 참조하면, 복수의 이미지에서 제3 결함(229)의 선명도가 비교될 수 있다. 도 6 및 도 7을 비교하면, 제2 이미지(701)의 제3 결함(229)이 제1 이미지(601)의 제3 결함(229)보다 더 선명하다. 도 7 및 도 8을 비교하면, 제3 이미지(801)의 제3 결함(229)이 제2 이미지(701)의 제3 결함(229)보다 더 선명하다. 도 8 및 도 9를 비교하면, 제4 이미지(901)의 제3 결함(229)은 제3 이미지(801)의 제3 결함(229)보다 덜 선명하다. 따라서, 제3 결함(229)이 제1 이동 방향(113)으로 이동하는(예를 들어, 도 2-5에 도시됨) 기간에 걸쳐 복수의 이미지들(601, 701, 801, 901)이 캡처되기 때문에, 제3 결함(229)이 후자에 발생하는 이미지(예를 들어, 제3 이미지(801))에서 더 선명하기 때문에 제3 결함(229)이 제1 주 표면(201)보다 제2 주 표면(203)에 더 근접할 수 있다고 결정될 수 있다. 역으로, 제3 결함(229)이 제1 주 표면(201)에 보다 근접하게 위치된 경우, 제3 결함(229)은 보다 빠른 시기에서 DOF(282)를 통과할 수 있다. 이러한 방식으로, (예를 들어, 제1 주 표면(201)에 더 근접한) 제3 결함(229)의 캡처된 이미지는 제1 이미지(601) 또는 제2 이미지(701)에서 더 선명하고 더 초점이 맞을 수 있으며, 후자의 이미지, 예를 들어 제3 이미지(801) 및 제4 이미지(901)에서 덜 선명하고 더 초점이 맞

지 않을 수 있다.

[0061] 제3 카메라(215)는 4개의 개별 위치에서 제3 결함(229)의 4개의 이미지(601, 701, 801, 901)를 캡처하는 것으로 제한되지 않는다. 오히려, 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 복수의 이미지를 검토하고 제1 주 표면(201)으로부터 결함의 깊이를 결정할 때 더 큰 정확도를 허용할 수 있는 추가 이미지(예를 들어, 4개 이상의 이미지)들을 캡처할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 제3 카메라(215)는 제3 결함(229)의 7개의 이미지를 캡처할 수 있다. 제3 결함(229)의 이미지가 이미지들의 중간(예를 들어, 제3 이미지 또는 제4 이미지)에서 가장 명료하고 가장 초점에 맞는 경우, 그러면 제3 결함(229)이 제1 주 표면(201) 및 제2 주 표면(203)으로부터 대략 등거리에 있는 재료(101)의 두께의 중심을 향하여 위치할 수 있음을 알 수 있다. 제3 결함(229)의 이미지가 이전 이미지들(예를 들어, 제1 이미지 또는 제2 이미지)에서 가장 선명하고 가장 초점이 맞는 경우, 제3 결함(229)이 제1 주 표면(201) 쪽으로 더 가깝게 위치할 수 있음을 알 수 있다. 제3 결함(229)의 이미지가 후자의 이미지(예를 들어, 제6 이미지 또는 제7 이미지)에서 가장 선명하고 가장 초점이 맞는 경우, 제3 결함(229)이 제2 주 표면(203)을 향하여 더 가깝게 위치할 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 복수의 이미지 내의 결함들의 선명도 및 초점의 정도를 비교함으로써, 방법들은 재료(101)의 두께(예를 들어, Z-방향) 내에서 결함의 위치를 결정하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 검토는 인간 오퍼레이터 또는 사용자에 의해 수행될 수 있으며, 다른 실시예에서 검토는 소프트웨어 또는 인공 지능에 의해 수행될 수 있다.

[0062] 일부 실시예에서, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)는 약 8 초당 프레임(fps; frames per second) 내지 1000 fps 범위 내의 이미지 캡처 속도로 이미지를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)는, 1000 fps에 해당할 수 있는 매 약 1 ms의 조명 펄스로, 약 100 fps에 해당할 수 있는 밀리초(ms)당 10 노출의 노출 속도로 이미지를 캡처할 수 있다. 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)로 이미지 획득 및 데이터 전송을 더욱 용이하게 하기 위해, 제2 검사 장치(105)는 하나 이상의 비닝(binning)(예를 들어, 이미지의 일부 픽셀들을 결합 또는 평균화), 스킵핑(skipping)(예를 들어, 특정 픽셀들의 판독 건너뛰기), 윈도우잉(windowing)(예를 들어, 전체 픽셀 값 범위의 세그먼트를 선택한 다음 해당 세그먼트 내의 픽셀 값들을 표시), 또는 서브샘플링(subsampling)(예를 들어, 이미지 크기 줄이기) 중의 하나 이상의 방법들을 사용할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 검사 공정 동안 재료(101)가 연속적으로 이동함에 따라 카메라(211, 213, 215)들과 재료(101) 사이의 거리를 능동적으로 측정하고 추적할 수 있는 거리 센서(예를 들어, 레이저)를 포함할 수 있다.

[0063] 도 12를 참조하면, 제2 검사 장치(105)의 실시예들이 도시되어 있다. 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 하나 이상의 카메라 장치, 예를 들어 상기 카메라 장치(207), 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203), 제4 카메라 장치(1205) 등을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203) 또는 제4 카메라 장치(1205) 중 하나 이상은 카메라 장치(207)와 실질적으로 동일할 수 있다. 예를 들어, 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203) 및 제4 카메라 장치(1205)가 카메라 장치(207)와 실질적으로 동일한 경우, 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203) 및 제4 카메라 장치(1205)는 각각 도 1 내지 11에 대해 도시되고 및 설명된 카메라 장치(207)의 구조체들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203) 및 제4 카메라 장치(1205)는 제1 카메라(211), 제2 카메라(213), 제3 카메라(215), 컴퓨팅 장치(283), 제어기(285), 전원 공급 장치(287) 등을 포함할 수 있다. 다만, 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203) 및 제4 카메라 장치(1205)는 카메라 장치(207)와 실질적으로 동일한 것으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 제2 카메라 장치(1201), 제3 카메라 장치(1203) 또는 제4 카메라 장치(1205) 중의 하나 이상은 카메라 장치(207)의 일부(전부는 아닌) 부분들을, 예를 들어 제1 카메라(211), 제2 카메라(213), 제3 카메라(215), 컴퓨팅 장치(283), 제어기(285), 전원 공급 장치(287) 등의 전부가 아닌 일부를 포함함으로써, 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 유사하게 예를 들어, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213), 제3 카메라(215), 컴퓨팅 장치(283), 제어기(285), 전원 공급 장치(287) 등의 전부가 아닌 일부를 포함함으로써, 도 1-11에 대해 도시되고 기술된 모든 부분들보다 적은 부분을 포함할 수 있다. 따라서, 제2 검사 장치(105)는 동일하거나 동일하지 않을 수 있는 하나 이상의 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)를 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 예시된 4개의 카메라 장치를 포함하는 것으로 제한되지 않고, 대신에 하나 이상의 카메라 장치를 포함할 수 있다.

[0064] 일부 실시예에서, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들은 제1 이동 방향(113)에서 제1 이동 경로(111)를 따라 연속적으로 배열될 수 있다. 예를 들어, 제1 이동 방향(113)에 대해, 카메라 장치(207)는 제2 카메라 장치(1201)의 상류에 위치할 수 있고, 제2 카메라 장치(1201)는 제3 카메라 장치(1203)의 상류에 위치할 수 있으며, 제3 카메라 장치(1203)는 제4 카메라 장치(1205)의 상류에 위치할 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 장치

(207, 1201, 1203, 1205)들은, 예를 들어 인접한 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들 사이의 등거리 간격 또는 비등거리 간격으로 서로 이격될 수 있다.

[0065] 일부 실시예에서, 카메라 장치들(207, 1201, 1203, 1205)은 각각 가이드 부재(1211, 1213, 1215, 1217)에 부착될 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207)는 제1 가이드 부재(1211)에 부착될 수 있다. 제2 카메라 장치(1201)는 제2 가이드 부재(1213)에 부착될 수 있고, 제3 카메라 장치(1203)는 제3 가이드 부재(1215)에 부착될 수 있으며, 제4 카메라 장치(1205)는 제4 가이드 부재(1217)에 부착될 수 있다. 가이드 부재들(1211, 1213, 1215, 1217)은 제1 이동 방향(113)에 실질적으로 수직인 제2 이동 방향(1219)으로 카메라 장치들(207, 1201, 1203, 1205)의 이동을 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 가이드 부재들(1211, 1213, 1215, 1217)은 빔, 로드 또는 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들이 이동 가능하게 부착될 수 있는 다른 구조체들을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 가이드 부재(1211, 1213, 1215, 1217)들 각각은 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들이 별도의 축들을 따라 이동될 수 있도록 축을 따라 선형으로 연장될 수 있다. 예를 들어, 제2 검사 장치(105)는 재료(101)에 대해 카메라 장치들(207, 1201, 1203, 1205)의 위치 및 이동 제어를 용이하게 할 수 있는 구동 장치(1228), 하나 이상의 구동 모터(1229), 모터 인코더(1230), 또는 모터 제어기(1231) 등을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 단일 구동 장치(예를 들어, 구동 장치(1228))가 카메라 장치(207) 및 제1 가이드 부재(1211)에 결합되어 카메라 장치(207)의 이동을 야기할 수 있다. 일부 실시예에서, 실질적으로 동일한 구동 장치들(예를 들어, 구동 장치(1228)에 대해)은 다른 카메라 장치(1201, 1203, 1205) 및 다른 가이드 부재(1213, 1215, 1217)에 결합되어 다른 카메라 장치(1201, 1203, 1205)들의 이동을 야기할 수 있다.

[0066] 구동 장치(1228)를 참조하면, 일부 실시예에서, 구동 모터(1229), 모터 인코더(1230) 및 모터 제어기(1231)는 서로에게 데이터(예를 들어, 제어 명령, 배치 위치 데이터 등), 전력 등의 전달을 용이하게 하기 위해 전기적으로 연결될 수 있다. 일부 실시예에서, 구동 모터(1229)는 카메라 장치(207) 중 하나 이상이 가이드 부재(1211)에 대해 이동하게 하거나, 또는 카메라 장치(207)와 가이드 부재(1211)가 일제히 함께 이동하게 할 수 있는 정밀 구동 모터를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 구동 모터(1229)는 재료(101)에 대한 카메라 장치(207)의 정확한 위치가 제어될 수 있도록 카메라 장치(207)가 정확한 증가량(increment)으로 이동하게 할 수 있다. 일부 실시예에서, 모터 인코더(1230)는 구동 모터(1229)의 동작을 제어하는 것을 도울 수 있고 카메라 장치(207)의 정확한 위치가 알려질 수 있도록 모터 위치의 측정치를 모터 제어기(1231)에 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 모터 제어기(1231)는 모터 인코더(1230)로부터 위치 명령들을 수신하는 것과 함께 구동 모터(1229) 및 모터 인코더(1230)에 제어 명령을 전달할 수 있다.

[0067] 일부 실시예에서, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들은 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 제1 이동 방향(113)으로 이동할 때 재료(101) 내의 결함들의 위치를 일치시키기 위해 별도의 이동 경로를 따라 이동될 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207)는 제1 이동 경로(111)에 실질적으로 수직이고 제2 이동 경로(1221)에 평행할 수 있는 제2 이동 경로(1221)를 따라 이동할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 카메라 장치(1201)는 제1 이동 경로(111)에 실질적으로 수직이고 제2 이동 경로(1221)에 평행할 수 있는 제3 이동 경로(1223)를 따라 이동할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 카메라 장치(1203)는 제1 이동 경로(111)에 실질적으로 수직이고 제2 이동 경로(1221)에 평행할 수 있는 제4 이동 경로(1225)를 따라 이동할 수 있다. 일부 실시예에서, 제4 카메라 장치(1205)는 제1 이동 경로(111)에 실질적으로 수직이고 제2 이동 경로(1221)에 평행할 수 있는 제5 이동 경로(1227)를 따라 이동할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 이동 경로(1221), 제3 이동 경로(1223), 제4 이동 경로(1225) 및 제5 이동 경로(1227)를 분리하는 거리는 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)가 제2 이동 방향(1219)(예: Y축에 평행한)으로 이동하지만 제1 이동 방향(113)(예: X-축에 평행한)으로는 이동하지 않음으로 인해 감소될 수 있다. 제1 이동 방향(113)(예를 들어, X축에 평행한)으로 이동하지 않음으로써, 카메라 장치들(207, 1201, 1203, 1205)(예를 들어, 제1 카메라, 제2 카메라, 제3 카메라 등을 포함함)의 속도는 제1 이동 방향(113)에서 제1 이동 경로(111)를 따라 0일 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 이동 경로(1223)로부터 제2 이동 경로(1221), 제4 이동 경로(1225)로부터 제3 이동 경로(1223), 및/또는 제5 이동 경로(1227)로부터 제4 이동 경로(1225)를 분리하는 거리는 약 300㎜ 내지 약 700㎜, 또는 약 500㎜ 범위 내에 있을 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치들(207, 1201, 1203, 1205) 중 하나 이상은 적어도 부분적으로 제1 이동 방향(113)으로(예를 들어, X-축에 평행하게) 이동될 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들 중의 하나 이상을 제1 이동 방향(113)으로(예를 들어, X-축에 평행하게), 예를 들어, 재료(101)가 제1 이동 방향(113)으로 이동하는 속도보다 작을 수 있는 속도로 이동시킴으로써, 결함들 중 하나가 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들의 FOV 내에 있는 시간이 증가할 수 있다. 따라서, 결함이 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들 중 하나의 FOV 내에 있는 시간의 증가로 인해 이미지의 수 및/또는 이미지 품질이 증가될 수 있다.

[0068] 일부 실시예에서, 방법들은 카메라(예를 들어, 카메라 장치들(207, 1201, 1203, 1205))를 이동시키고 복수의 이미지를 캡처하기 전에 하나 이상의 결함 위치를 식별하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시되고 설명된 바와 같이, 제1 검사 장치(103)는 식별된 임의의 결함의 결함 위치를 식별할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 재료(101)는 하나 이상의 결함, 예를 들어, 제1 결함 위치(1234)에 위치한 제1 결함(1233), 제2 결함 위치(1236)에 위치한 제2 결함(1235), 제3 결함 위치(1238)에 위치한 제3 결함(1237) 및 제4 결함 위치(1240)에 위치한 제4 결함(1239)을 포함할 수 있다. 결함들(1233, 1235, 1237, 1239)은 재료(101) 내의 상이한 위치, 예를 들어 X-축 및 Y-축을 따라 상이한 위치들에 위치할 수 있다. X-축 및 Y-축을 따른 이러한 상이한 위치들을 수용하기 위해, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들은 Y-축을 따라 결함 위치들(1234, 1236, 1238, 1240)과 일치하도록 이동될 수 있다(예를 들어, 이동 경로(1221, 1223, 1225, 1227)들을 따라). 예를 들어, 재료(101)를 이동시키는 것은 이미지(예를 들어, 제1 이미지, 제2 이미지 등)가 캡처되는 동안 제1 이동 경로(111)를 따라 재료(101)를 연속적으로 이동시키는 것을 포함할 수 있다.

[0069] 도 12-13을 참조하면, 일부 실시예에서, 방법들은 카메라 장치(207)의 시야(FOV)(예를 들어, 제1 시야(FOV)(1301))가 결함 위치(예를 들어, 제1 결함 위치(1234))와 일치시키기 위해 제2 이동 경로(1221)를 따라 재료(101)에 대해 이동할 수 있도록, 제1 이동 방향(113)에 실질적으로 수직일 수 있는 제2 이동 방향(1219)으로 제2 이동 경로(1221)를 따라 카메라(예를 들어, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및/또는 제3 카메라(215)를 포함하는 카메라 장치(207))를 이동시키는 것을 포함할 수 있으며, 여기서 제2 이동 경로(1221)는 재료(101)의 제1 주 표면(201)에 평행할 수 있다. 예를 들어, 제1 검사 장치(103)(예를 들어, 도 1에 도시된)가 결함 위치(1234, 1236, 1238, 1240)들을 식별한 후, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들은 재료(101) 및 그에 따라 결함들(1233, 1235, 1237, 1239)DL 제 이동 방향(113)으로 이동할 때 결함들(1233, 1235, 1237, 1239)을 가로막을 수 있는 위치로 이동될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 제1 이동 방향(113)은 X 방향일 수 있는 반면 제2 이동 방향(1219)은 Y 방향일 수 있다. 카메라 장치(207)는 제2 이동 경로(1221)를 따라 제2 이동 방향(1219)으로 이동하여 제1 결함 위치(1234)가 위치하는 Y-축을 따라 위치를 일치시킬 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207)는 제1 FOV(1301)를 통과하는 제1 결함 위치(1234) 전에 Y-축을 따라 원하는 위치에 도달할 수 있다. 따라서, 도 13에 도시된 바와 같이, 방법들은 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 이동할 때 제1 FOV(1301)를 통해 결함(예를 들어, 제1 결함(1233))을 통과시키는 것을 포함할 수 있다.

[0070] 일부 실시예에서, 제1 FOV(1301)를 통해 제1 결함(1233)을 통과시키는 동안, 방법들은 카메라 장치(207)(예를 들어, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 또는 제3 카메라(215) 중 하나 이상)를 사용하여 제1 결함 위치(1234)에서 재료(101)의 제1 부분의 제1 이미지(예를 들어, 601, 701, 801, 901, 1001 또는 1101 중 하나 이상)를 캡처하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 이미지를 캡처하는 것은 도 2-11에 도시된 재료(101)의 하나 이상의 부분의 하나 이상의 이미지를 캡처하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 제1 이미지는 제1 결함 위치(1234)에서의 재료(101)의 제1 주 표면(201), 제1 결함 위치(1234)에서 재료(101)의 제2 주 표면(203), 또는 제1 결함 위치(1234)에서 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)(예를 들어, 도 2에 도시됨) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 2-11에 대해 설명된 바와 같이, 카메라 장치(207)는 제1 카메라(211)로 제1 주 표면(201)의 제1 이미지(1001)를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 제2 카메라(213)로 제2 주 표면(203)의 제2 이미지(1101)를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 제3 카메라(215)로 중간 부분(271)의 복수의 이미지(예를 들어, 601, 701, 801, 901)를 캡처할 수 있다. 따라서, 제1 FOV(1301)는 이미지 위치에 따라 FOV 237, FOV 257 또는 FOV 277 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0071] 일부 실시예에서, 제1 FOV(1301)를 통한 제1 결함(1233)의 통과는 제2 결함(1235)이 제1 이동 방향(113)에 대해 제2 이동 경로(1221)로부터의 하류에 위치한 제3 이동 경로(1223)를 갖는 제2 FOV(1305)를 통과하기 전에 발생할 수 있다. 예를 들어, 재료(101)의 리딩 에지(1303)(예를 들어, 제1 이동 방향(113)에 대한 재료(101)의 전방 에지)로부터 제1 결함(1233)을 분리하는 거리는 리딩 에지(1303)으로부터 제2 결함(1235)을 분리하는 거리보다 작을 수 있다. 따라서, 제1 결함(1233)은 제2 결함(1235)보다 리딩 에지(1303)에 더 가까울 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 결함(1233) 및 제2 결함(125)을 X 방향으로 분리하는 거리가 작은 경우, 카메라 장치(207)가 제1 결함(1233) 및 제2 결함(1235) 모두의 이미지를 캡처할 수 없고(예를 들어, 카메라 장치(207)가 제1 결함(1233)으로부터 제2 결함(1235)으로 시간에 맞춰 이동할 수 없기 때문에), 이어서 제2 카메라 장치(1201)가 제2 결함(1235)을 캡처할 수 있다. 예를 들어, 제2 카메라 장치(1201)는 제2 FOV(1305)를 포함할 수 있어, 제2 카메라 장치(1201)는 제2 결함 위치(1236)가 위치하는 Y축을 따른 위치와 일치하도록 제3 이동 경로(1223)를 따라 제2 이동 방향(1219)으로 이동할 수 있다. 제2 카메라 장치(1201)는 제2 결함 위치(1236)가 제2 FOV(1305)를 통과하

기 전에 Y축을 따라 원하는 위치에 도달할 수 있다. 따라서, 도 13에 도시된 바와 같이, 제2카메라 장치(1201)는 Y축을 따라 원하는 위치로 이동하였다.

[0072] 도 14를 참조하면, 일부 실시예에서, 제2 결함(1235)은 제2 FOV(1305)를 통과할 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 방법들은 제2 카메라(예를 들어, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213), 또는 제3 카메라(215) 중 하나 이상을 포함하는 제2 카메라 장치(1201))를, 제2 카메라 장치(1201)의 제2 FOV(1305)가 제2 결함 위치(1236)와 일치하기 위해 제3 이동 경로(1223)를 따라 재료(101)에 대해 이동할 수 있도록, 제2 이동 방향(1219)으로 제3 이동 경로(1223)을 따라 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 방법들은 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 이동할 때 제2 FOV(1305)를 통해 제2 결함(1235)을 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 방법들은 제2 카메라 장치(1201)로 제2 결함 위치(1236)에서 재료(101)의 제2 부분의 제2 이미지(예를 들어, 601, 701, 801, 901, 1001, 또는 1101 중 하나 이상)를 캡처하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 이미지를 캡처하는 것은 도 2-11에 도시된 재료(101)의 하나 이상의 부분의 하나 이상의 이미지를 캡처하는 것을 포함할 수 있어서, 제2 이미지는 제2 결함 위치(1236)에서 재료(101)의 제1 주 표면(201), 제2 결함 위치(1236)에서 재료(101)의 제2 주 표면(203), 또는 제2 결함 위치(1236)에서 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 재료(101)의 중간 부분(271)(예를 들어, 도 2에 도시됨) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0073] 일부 실시예에서, 방법들은 제1 결함(1233) 및 제2 결함(1235)을 특성화하기 위해 제1 이미지 및 제2 이미지(예를 들어, 제1 결함(1233)의 제1 이미지(들) 및 제2 결함(1235)의 제2 이미지(들))를 검토하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 특성화는 제1 결함(1233) 및 제2 결함(1235)의 위치(예를 들어, 제1 주 표면(201), 제2 주 표면(203), 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이의 부분(271) 중간 부분 내의 위치에 위치된), 제1 결함(1233)과 제2 결함(1235)의 결함 유형, 제1 결함(1233)과 제2 결함(1235)의 크기 등을 포함할 수 있다.

[0074] 도 13을 참조하면, 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)로 제1 결함(1233)의 제1 이미지를 캡처한 후, 방법들은 제1 FOV(1301)가 재료(101)의 제3 결함(1237)의 제3 결함 위치(1238)와 일치하도록 제2 이동 경로(1221)를 따라 특정 방향으로(예를 들어, 제2 이동 방향(1219)으로 또는 제2 이동 방향(1219)의 반대 방향으로) 카메라 장치(207)를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(예를 들어, 카메라 장치(207), 예를 들어) 중 하나가 결함(예를 들어, 제1 결함(1233))의 이미지를 캡처한 후, 카메라 장치는 다른 결함을 캡처하기 위해 카메라 장치의 각각의 이동 경로를 따라 이동할 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 제3 결함(1237)의 이미지를 캡처하기 위한 위치로 이동할 수 있다. 예를 들어, 방법들은 재료(101)가 제1 이동 경로(111)를 따라 이동함에 따라 제1 FOV(1301)를 통해 제3 결함(1237)을 통과시키는 단계, 및 카메라 장치(207)로 제3 결함 위치(1238)에서 재료(101)의 제3 부분의 제3 이미지를 캡처하는 단계를 포함한다. 제3 부분은, 예를 들어 제1 주 표면(201), 제2 주 표면(203), 또는 중간 부분(271) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 다만, 카메라 장치(207)는 제1 결함(1233)의 이미지들을 캡처한 후 제3 결함(1237)의 이미지들을 캡처하는 것으로 한정되지 않는다. 오히려, 도 14에 도시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 제3 결함(1237) 및 제4 결함(1239)의 이미지들을 캡처할 수 있는 추가적인 카메라 장치(예를 들어, 제3 카메라 장치(1203), 제4 카메라 장치(1205))를 포함할 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207)가 제3 결함(1237)의 이미지를 캡처하는 위치로 이동하는 대신에, 제3 카메라 장치(1203)는 제3 결함(1237)의 이미지를 캡처하는 위치로 이동할 수 있고, 제4 카메라 장치(1205)는 제4 결함(1239)의 이미지를 캡처하는 위치로 이동할 수 있다. 따라서, 도 13-14에 도시된 바와 같이, 카메라 장치(207)는 제5 결함(1307)의 이미지를 캡처하기 위한 위치로 이동될 수 있다.

[0075] 도 15를 참조하면, 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 각각의 가이드 부재(1211, 1213, 1215, 1217)에 대해 하나의 카메라 장치를 포함하는 것으로 제한되지 않는다. 오히려, 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 하나의 가이드 부재에 부착된 복수의 카메라 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 카메라 장치(207) 및 제1 가이드 부재(1211)에 부착된(및 함께 이동 가능한) 제3 카메라 장치(1501)를 포함할 수 있다. 제3 카메라 장치(1501)는 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205) 중의 임의의 것과 유사하거나 동일할 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라 장치(207)는 하나의 결함(예를 들어, 제1 결함(1233))의 이미지를 캡처하기 위해 이동할 수 있는 반면, 다른 카메라 장치(예를 들어, 제3 카메라 장치(1501))는 다른 결함(예를 들어, 제3 결함(1237))의 이미지를 캡처하기 위해 이동할 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 방법들은 제3 카메라 장치(1501)의 제3 FOV(1503)이 재료(101) 내의 제3 결함(1237)의 제3 결함 위치(1238)와 일치시키기 위해 제2 이동 경로(1221)를 따라 재료(101)에 대해 이동할 수 있도록, 이동 방향(예를 들어, 제2 이동 방향(1219), 또는 제2 이동 방향(1219)의 반대인 제3 이동 방향(1502))으로 제2 이동 경로(1221)를 따라 제3 카메라(예를 들어, 제3 카메라 장치(1501))를 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 이런 방식으로, 두 결함이 Y축을 따라 다른 위치에 있지만 X축을 따라 비슷하거나 동일한 위치에 있는 경우, 두 결함들의 이미지들은 제1 가이드 부재

(1211)에 부착되거나 및/또는 제1 가이드 부재(1211)에 대해 이동할 수 있는 두 개의 별도의 카메라 장치들에 의해 캡처될 수 있다.

[0076] 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 재료(101)의 속도 또는 이미지들이 캡처될 수 있는 속도 중의 하나 이상으로 인해 고속 검사 장치로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 재료(101)는 이미지 캡처 동안 연속적으로(예를 들어, 멈추지 않고) 이동할 수 있다. 재료(101)는, 예를 들어 약 25 밀리미터/초(㎜/s) 내지 약 500 ㎜/s의 범위 내일 수 있는 속도로 제1 이동 방향(113)으로 제1 이동 경로(111)를 따라 이동할 수 있다. 일부 실시예에서, 복수의 카메라의 노출은 약 5 ms 미만, 약 100 마이크로초 미만, 또는 약 10 마이크로초 미만일 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라들 중 하나의 노출은 카메라가 광 수집을 중지할 때 결정될 수 있으며, 이는 이미지 센서의 디지털 셔터 또는 조명 펄스에 의해 제한될 수 있다. 일부 실시예에서, 카메라들(예를 들어, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)) 중의 하나 이상은 6.6 ms 노출 시간과 동일할 수 있는 150 fps로 이미지를 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 이미지(예: 제1 이미지, 제2 이미지 등)가 캡처될 때 카메라들(예: 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215)) 중의 하나 이상의 노출 시간은 약 2 마이크로초 미만일 수 있다. 일부 실시예에서, 노출 시간은 켜져 있는(예를 들어, 재료(101)에 광을 제공하는) 조명원 및 열려 있는 카메라(예: 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 제3 카메라(215))의 셔터에 기초하는 노출 시간으로 인해, 조명원 또는 카메라 센서의 조합에 의해 제어될 수 있다.

[0077] 일부 실시예에서, 제2 검사 장치(105)는 다수의 상이한 유형의 카메라를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들 중의 하나 이상은 카메라(211, 213, 215)들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 부가적으로, 또는 대안적으로, 일부 실시예에서, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)들 중 하나는 특정 유형의 결함의 이미지를 검사하고 캡처하는 데 적합할 수 있는 하나 이상의 특수 검사 카메라를 포함할 수 있다. 예를 들어, 카메라 장치(207, 1201, 1203, 1205)가 제1 이동 방향(113)으로(예를 들어, X축에 평행한) 제한된 이동의 결과로서 이동 경로(1221, 1223, 1225, 1227)들 사이의 감소된 간격으로 인해, 일부 실시예에서, 특수 검사 카메라가 제공될 수 있고 특정 결함을 검사하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 초기에, 제1 검사 장치(103)는 재료(101)의 이미지를 캡처하고 결함들의 위치를 식별할 수 있다(예를 들어, 매크로-스캔). 일부 실시예에서, 제1 검사 장치(103)는 특정 결함들의 특성(예를 들어, 결함의 크기, 결함의 위치, 결함의 형상 등)에 기초하여 특수 검사 카메라들에 의해 검토될 수 있는 특정 결함들을 식별할 수 있다. 일부 실시예에서, 특수 검사 카메라는 이러한 특정 결함들을 검사하는 데 적합할 수 있다. 따라서, 특수 검사 카메라는 재료(101) 및 결함이 제1 이동 방향(113)으로 이동함에 따라 해당 결함의 이미지를 캡처하기 위해 (예를 들어, 이동 경로(1221, 1223, 1225, 1227)들 중의 하나 이상을 따라) 이동될 수 있다. 일부 실시예에서, 특수 검사 카메라는 파면(wavefront) 센서, 레이저 센서 등을 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시예에서 특정 유형의 조명원이 결함에 기초하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 제1 검사 장치(103)가 하나의 유형의 결함을 식별할 때, 제2 검사 장치(105)는 조명원 중 하나로부터의 특정 유형의 광을 그 결함을 향해 지향하게 할 수 있으며, 여기서 특정 유형의 광은 결함의 개선된 이미지 획득을 용이하게 할 수 있다.

[0078] 제2 검사 장치(105)는 여러 이점을 얻을 수 있다. 예를 들어, 복수의 카메라(예를 들어, 제1 카메라(211), 제2 카메라(213) 및 제3 카메라(215))를 포함함으로써, 제2 검사 장치(105)는 재료(101)의 복수의 상이한 부분들, 예를 들어 제1 주 표면(201), 제2 주 표면(203), 및 제1 주 표면(201)과 제2 주 표면(203) 사이에 있는 중간 부분(271)의 이미지들을 캡처할 수 있다. 일부 실시예에서, 중간 부분(271)의 일련의 이미지들이 캡처될 수 있다. 상기 일련의 이미지를 비교함으로써, 사용자는 중간 부분(271)에 위치한 결함의 위치를 결정할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 복수의 카메라들은 축, 예를 들어 연속적으로 이동하는 재료의 이동 방향에 수직이고 재료의 제1 주 표면에 평행한 Y축을 따라 이동될 수 있다. Y축을 따라 복수의 카메라를 이동시킴으로써, 복수의 카메라는 Y축을 따라 상이한 위치들에 위치될 수 있는 상이한 결함들의 이미지들을 캡처할 수 있다. 이와 같이, 복수의 카메라는 제1 검사 장치에 의해 초기에 식별될 수 있는 결함들을 재방문할 수 있다.

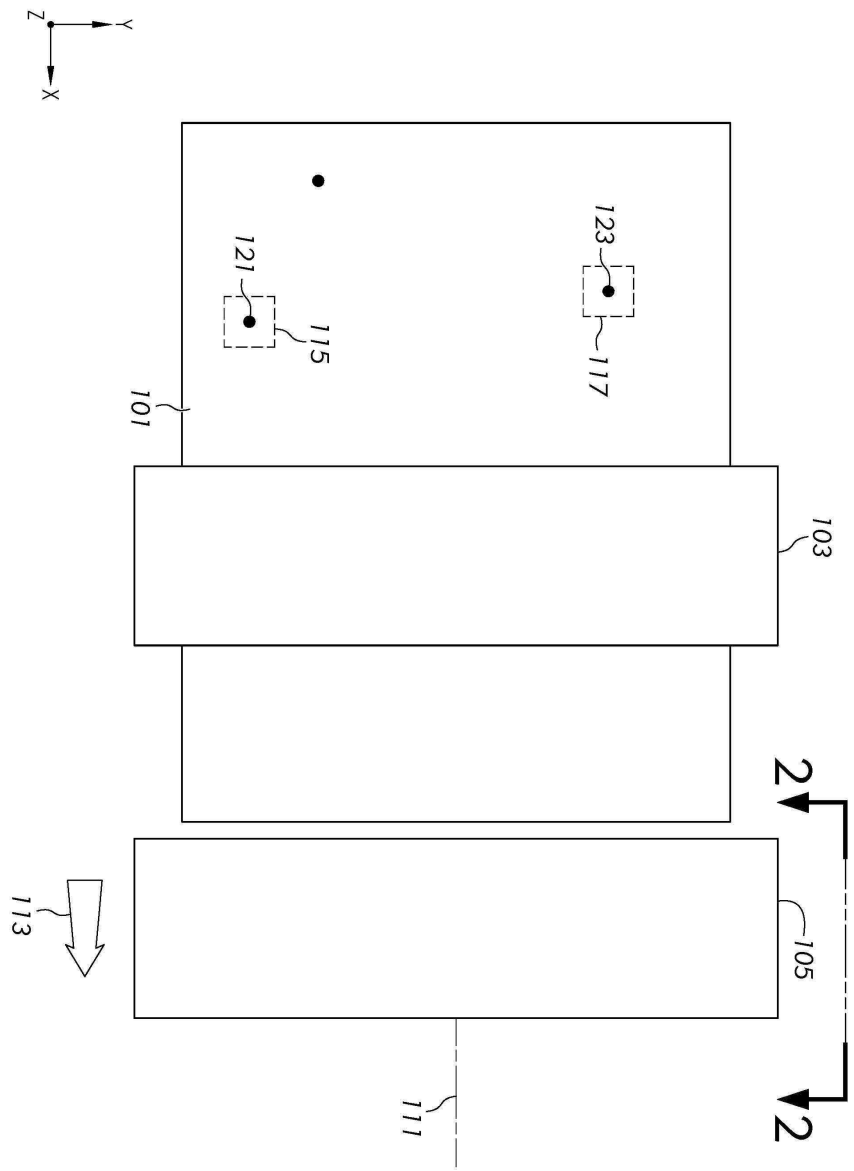
[0079] 또한, 복수의 카메라는 검사 및 재방문 과정 동안 재료가 연속적으로 이동하도록 하여 처리 속도를 높일 수 있다. 일부 실시예에서, 특정 결함을 재방문하기 위해, 복수의 카메라는 X축을 따라 한 위치에서 특정 결함의 이미지의 제1 세트를 획득할 수 있고, 이어서 상이한 복수의 카메라가 X축을 따라 상이한 위치에 있는 특정 결함의 이미지들의 제2 세트를 획득할 수 있다. 일부 실시예에서, 특정 결함의 다수의 이미지 세트들은 상이한 카메라들에 의해 캡처될 수 있으며, 이는 결함과 관련된 더 나은 신뢰 등급을 제공하는 다수의 이미지 세트(예를 들어, 상이한 카메라들에 의한)로 인해 유익할 수 있다. 신뢰 등급은 결함의 더 정확한 위치, 결함의 크기 추정, 결함 유형의 특성화 등을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 결함의 이미지의 제1 세트를 캡처하는 데 제1 유형의 조명이 사용될 수 있는 반면, 제2의 상이한 유형의 조명은 결함의 제2 이미지 세트를 캡처하는 데 사용할 수

있다. 또한, 복수의 카메라가 서로 다른 축을 따라 위치하고 이동 가능하기 때문에, 복수의 카메라는 Y 방향으로 더 정확한 위치 지정을 달성할 수 있는 반면 X 방향으로는 덜 정확한 위치 지정이 필요할 수 있다. 예를 들어, 복수의 카메라는 결함이 복수의 카메라의 FOV에 진입하기 전에 결함의 이미지 캡처를 시작할 수 있고, 결함이 FOV를 통과할 때 그리고 심지어 결함이 FOV를 빠져나간 후에도 결함의 이미지 캡처를 계속할 수 있다. 또한, 복수의 카메라는 Y축을 따라 재료(101)의 폭을 초과할 수 있는 Y축을 따라 일정한 거리를 이동할 수 있으므로, 복수의 카메라는 실질적으로 Y 방향으로 재료(101)의 전체 폭을 따라 재료(101)의 이미지를 캡처할 수 있다.

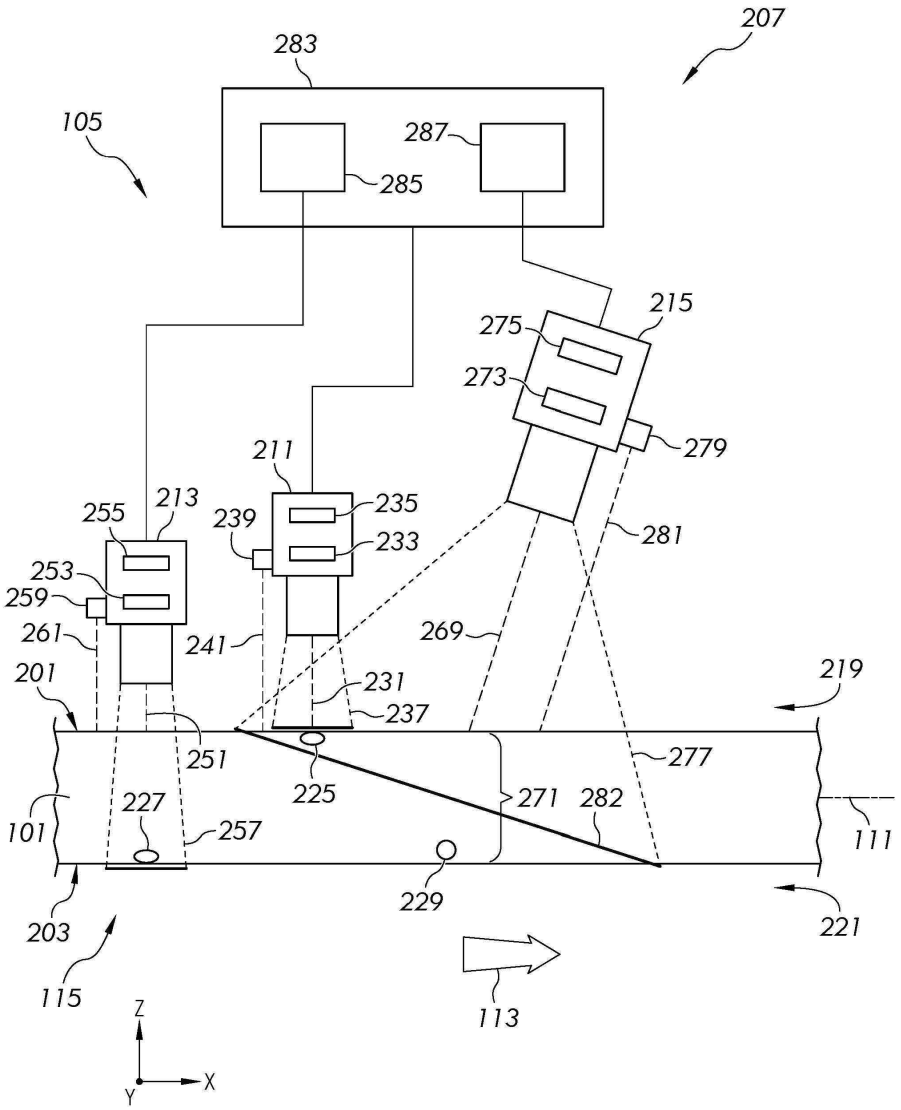
[0080] 다양한 실시예들이 그들의 특정의 예시적이며 특수한 예시들과 관련하여 상세하게 설명되었지만, 개시된 특징들의 다수의 수정들 및 조합들이 이하의 청구범위의 범위로부터 벗어나지 않고 가능하기 때문에 본 개시 내용은 이에 제한되는 것으로 간주되어서는 안 됨을 이해해야 한다.

도면

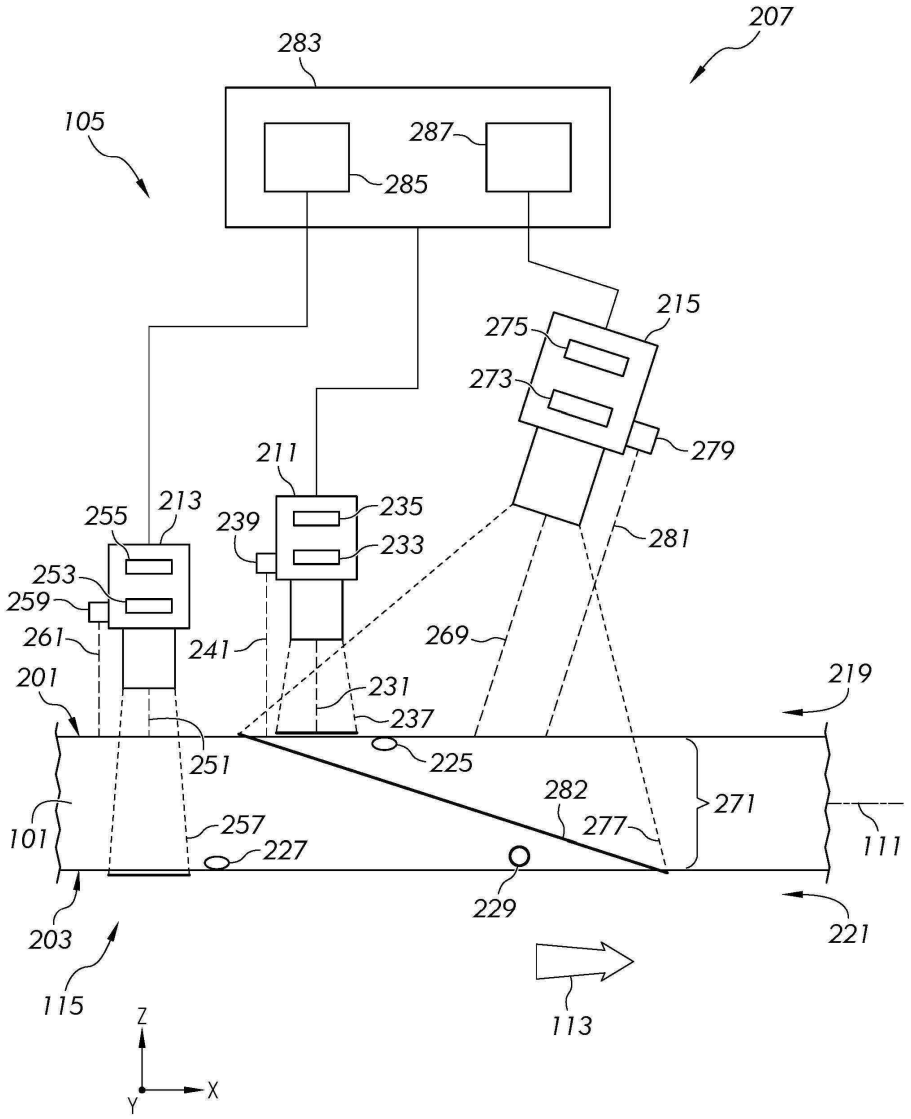
도면1



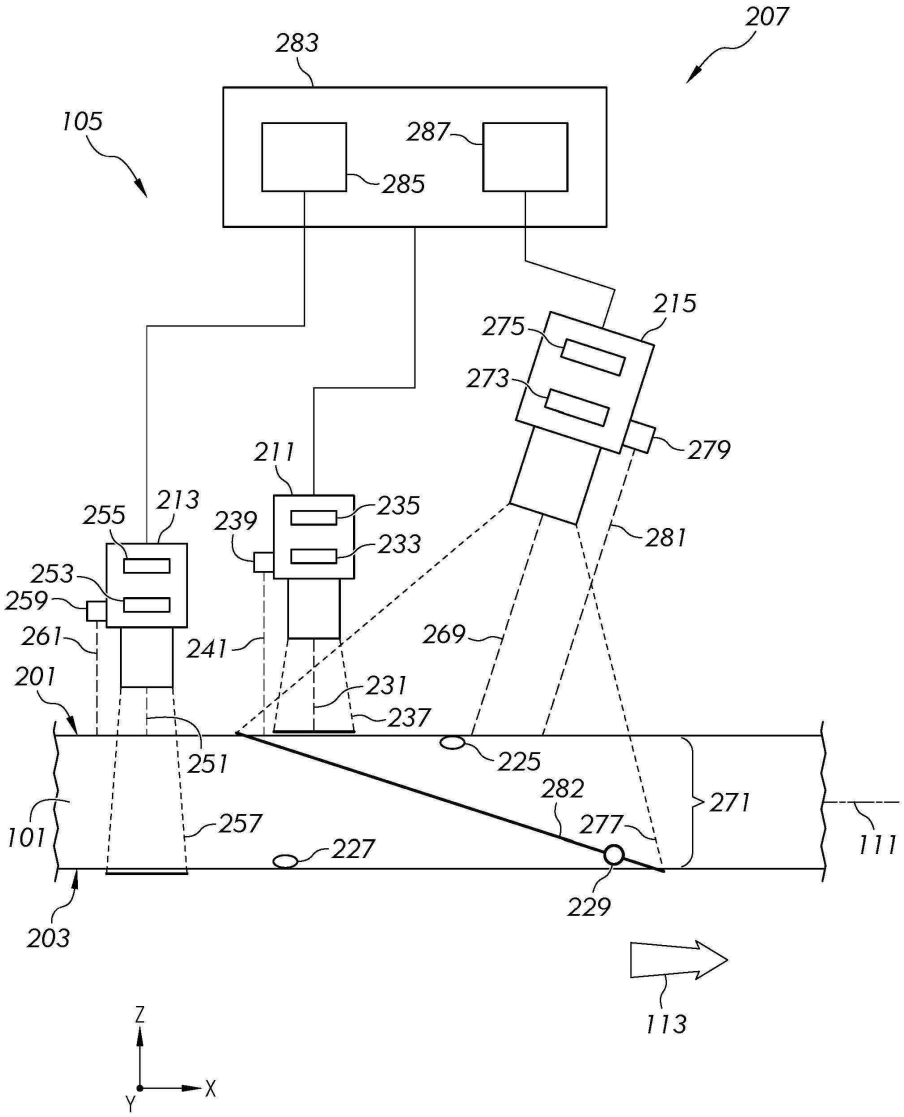
도면2


207
283
105
287
285
215
275
273
279
211
213
255
239
235
233
281
253
259
261
241
269
201
231
237
219
251
225
277
227
271
282
257
101
111
229
203
221
115
113
Z
Y
X

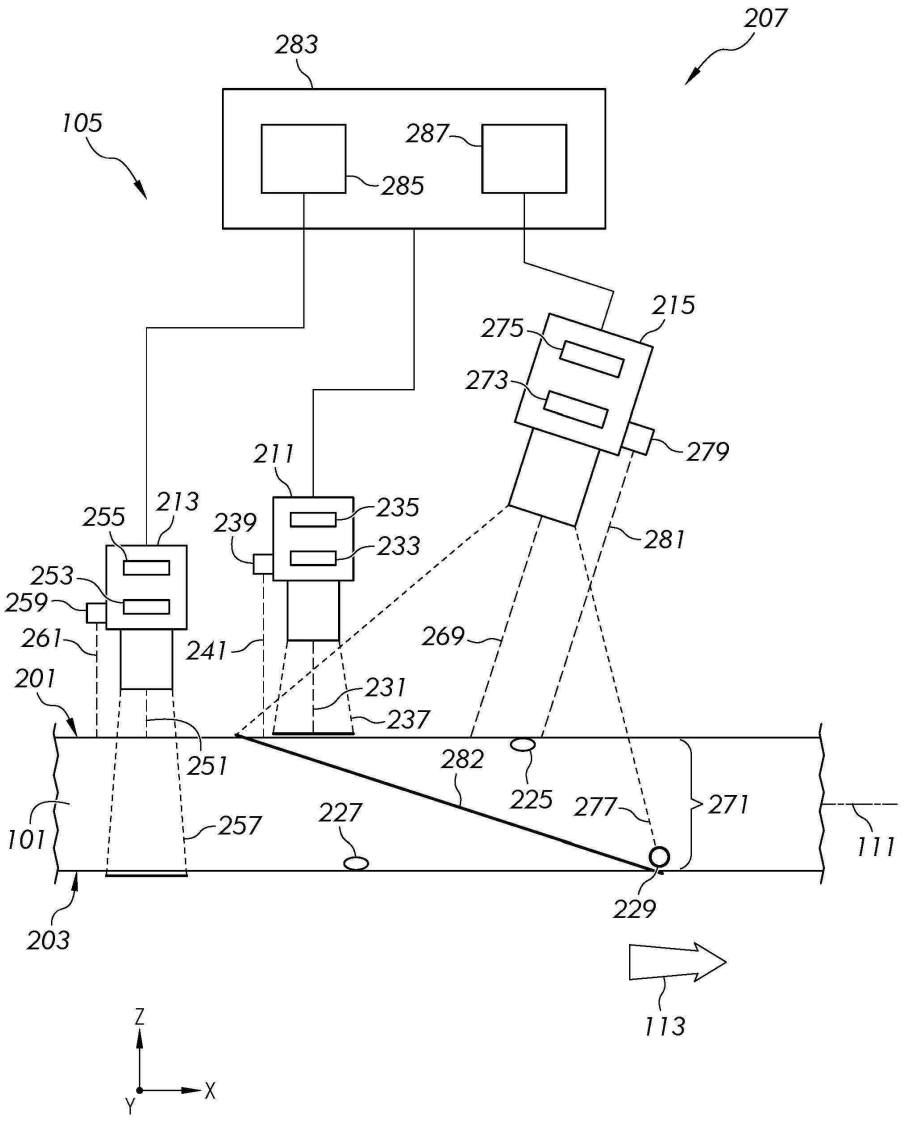
도면3


207
283
105
287
285
215
275
273
279
211
235
213
255
239
233
281
253
259
261
241
269
201
231
219
237
251
225
282
271
101
257
277
111
227
229
203
221
115
113
Z
X
Y

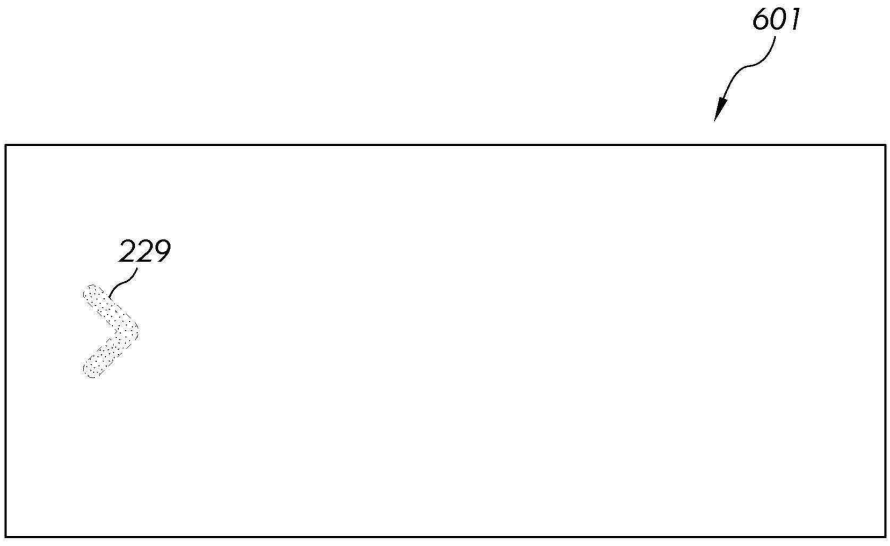
도면4


207
283
105
287
285
215
275
273
279
211
213
255
239
235
233
281
253
259
261
241
269
201
231
237
251
225
282
271
101
257
277
111
227
229
203
113
Z
X
Y

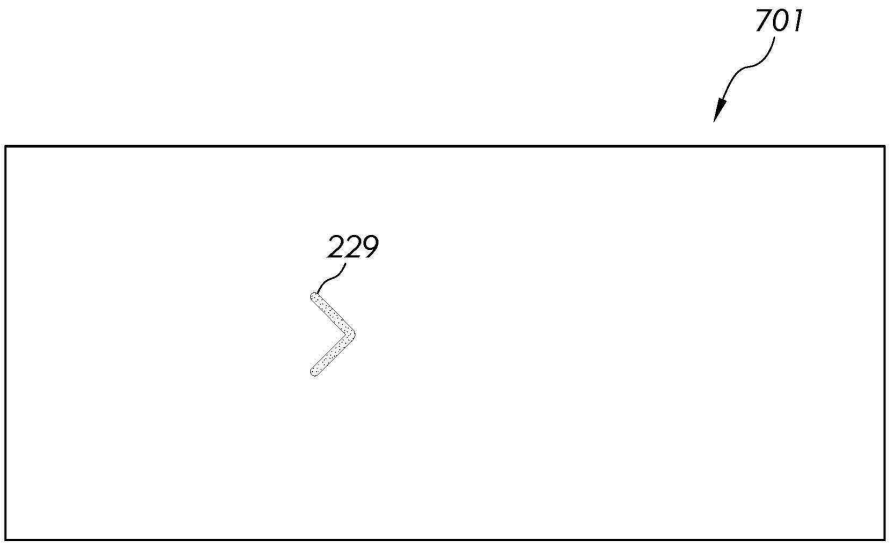
도면5


207
283
105
287
285
215
275
273
279
211
213
255
239
235
233
281
253
259
261
241
269
201
231
237
251
282
225
277
271
111
101
257
227
203
229
113
Z
Y
X

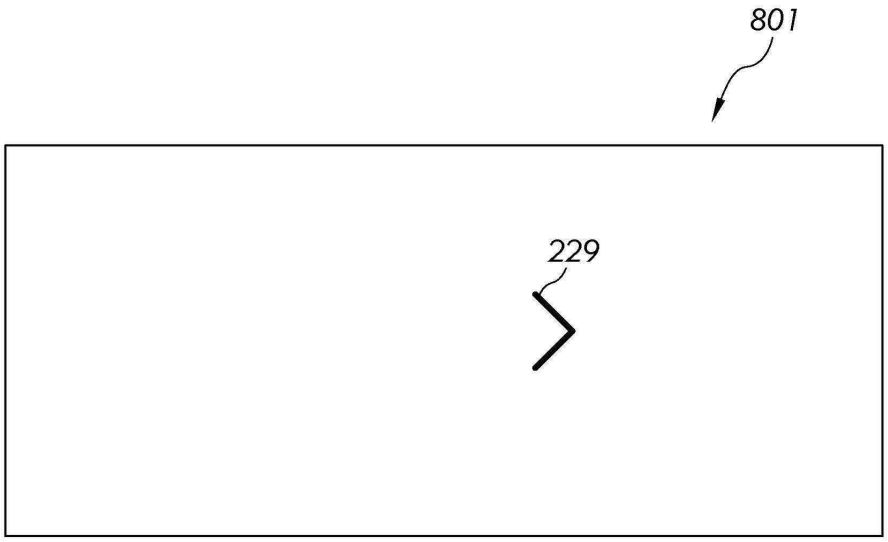
도면6


601
229

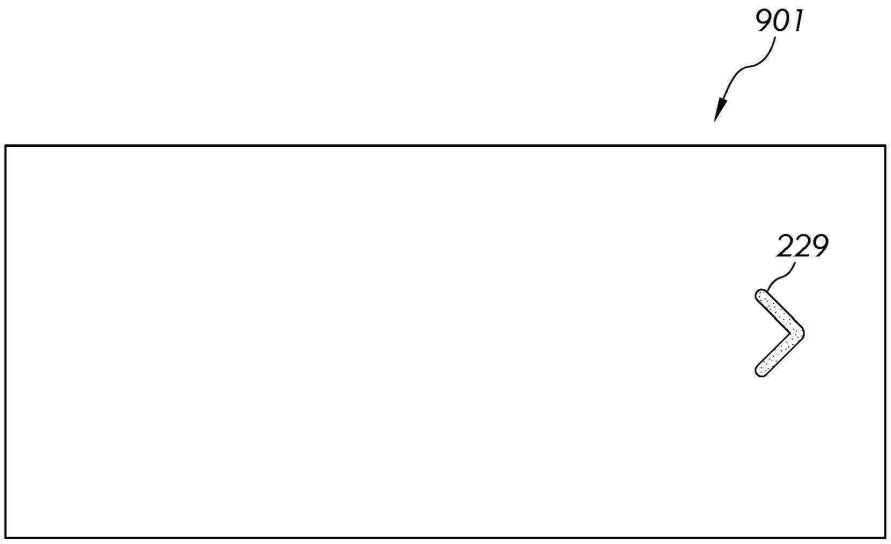
도면7



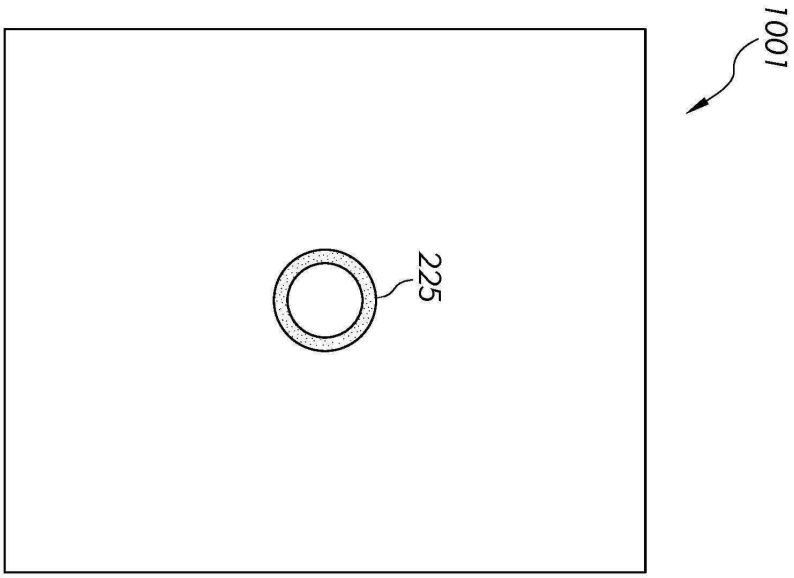
도면8



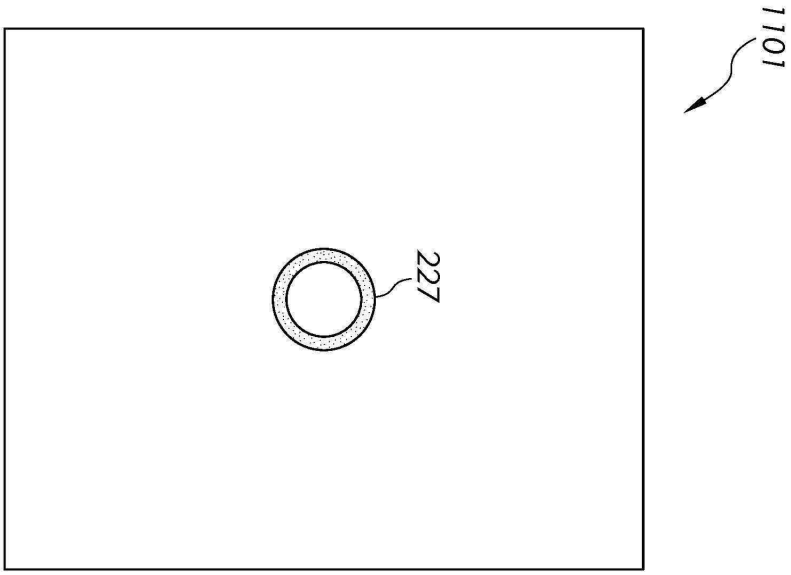
도면9



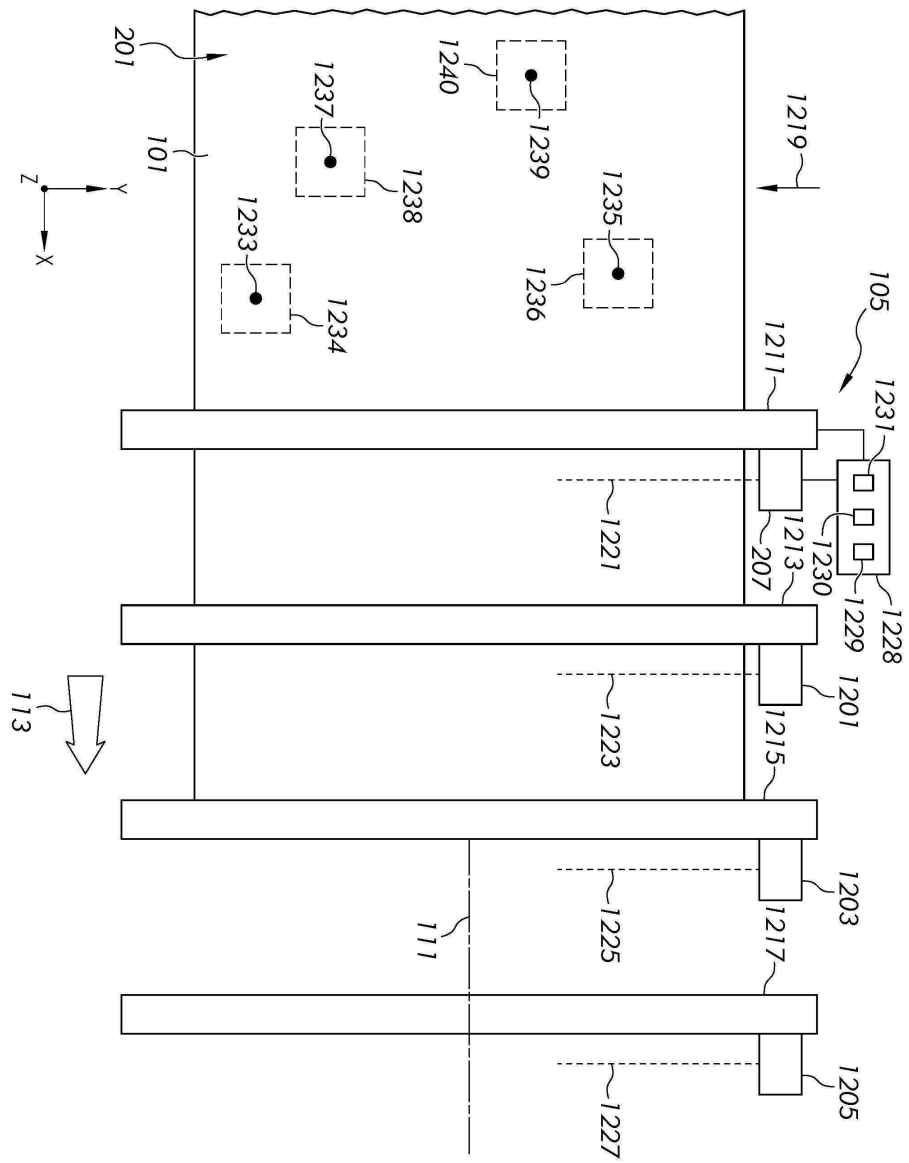
도면10



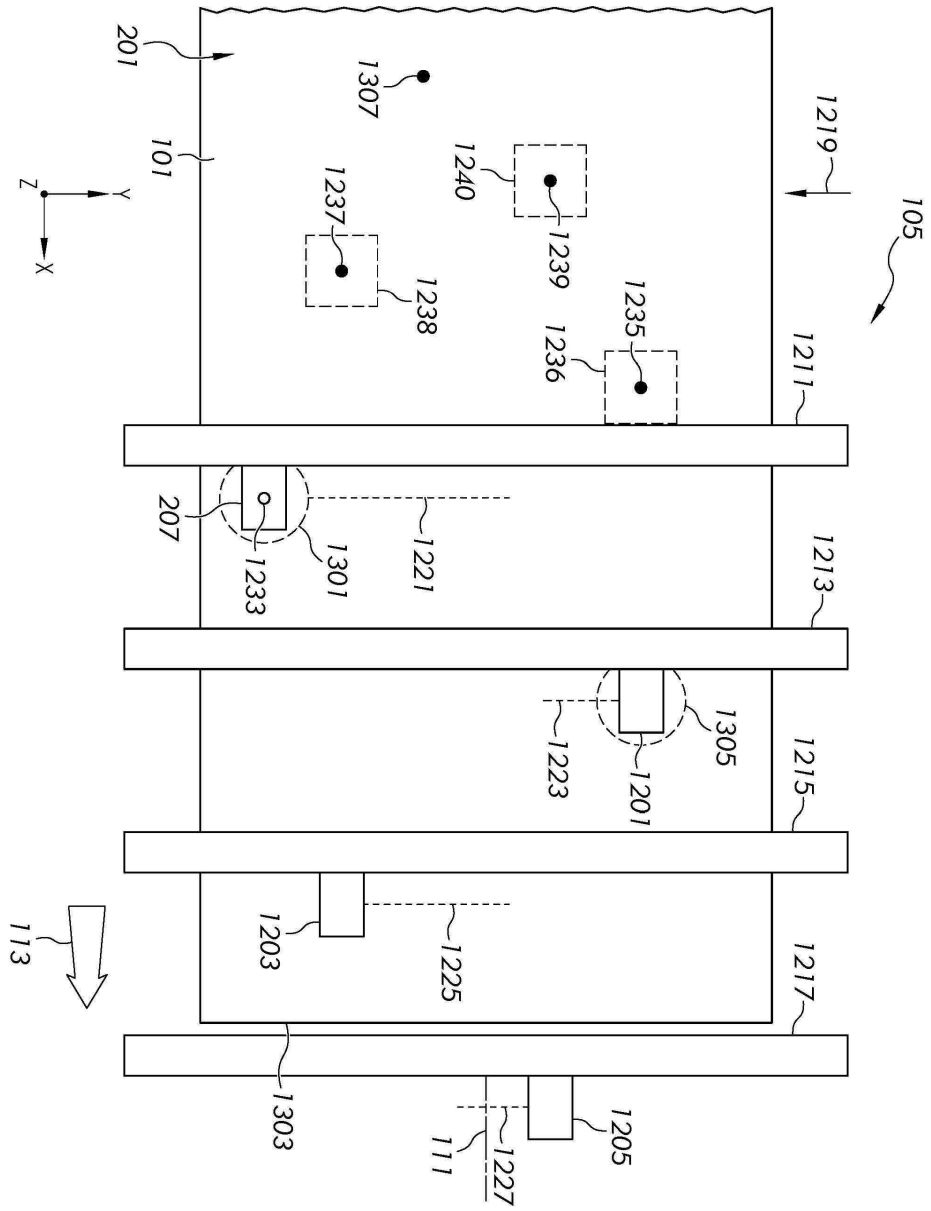
도면11



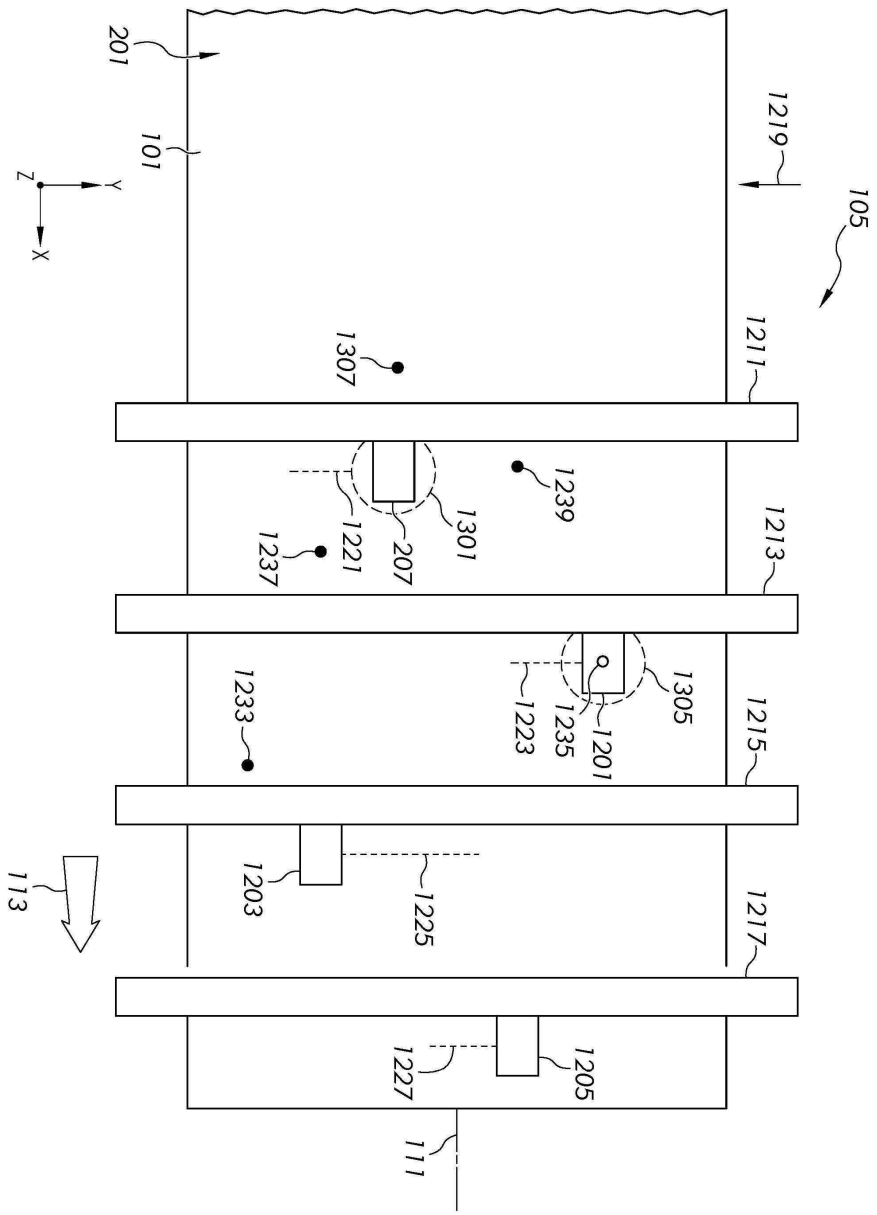
도면12


201
1240
1239
1237
1238
101
1235
1236
1233
1234
1219
105
1211
1231
1221
1213
1230
207
1229
1228
1201
1223
1215
113
1203
1225
1217
111
1205
1227

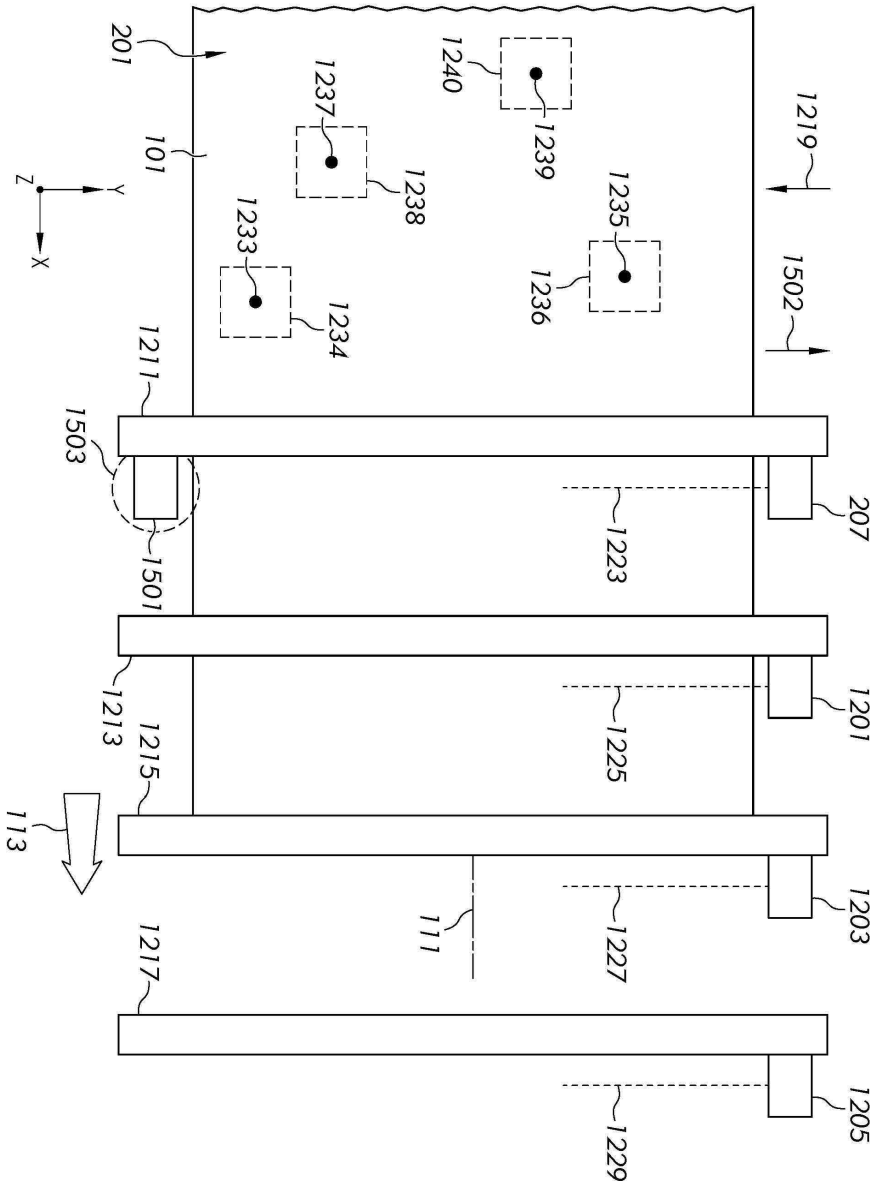
도면13


201
1307
101
1240
1219
1237
1239
105
1238
1235
1236
1211
207
1221
1213
1233
1301
1223
1305
1215
1201
1203
1225
113
1217
1303
1205
111
1227

도면14


201
101
Z
Y
X
1219
105
1211
1307
1239
1213
1301
1221
207
1237
1305
1233
1223
1235
1201
1215
113
1203
1225
1217
1227
1205
111

도면15


201
101
1240
1239
1237
1238
1233
1234
1235
1236
1219
1502
1211
1503
1501
1223
207
1213
1215
1225
1201
113
111
1227
1203
1217
1229
1205
Z
Y
X