



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월04일

(11) 등록번호 10-1600094

(24) 등록일자 2016년02월26일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>G01N 21/896</i> (2006.01) <i>G01B 11/30</i> (2006.01)
 <i>G01N 21/47</i> (2006.01) <i>G01N 21/958</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-0048233</p> <p>(22) 출원일자 2010년05월24일
 심사청구일자 2015년04월30일</p> <p>(65) 공개번호 10-2010-0126233</p> <p>(43) 공개일자 2010년12월01일</p> <p>(30) 우선권주장
 61/180,469 2009년05월22일 미국(US)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌
 JP2009092389 A
 JP05273148 A
 JP06188173 A
 JP08211293 A</p> | <p>(73) 특허권자
 코닝 인코퍼레이티드
 미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자</p> <p>(72) 발명자
 버그, 데이비드 엠.
 미국, 뉴욕 14618, 로체스터, 웨스트폴 로드 1985
 이스트맨, 클라크 킴벌리
 미국, 뉴욕 14850, 이타카, 스나이더 힐 로드 16 9에이
 콜리어, 자크
 미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 웨스턴 레인 114</p> <p>(74) 대리인
 양영준, 김영</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 8 항

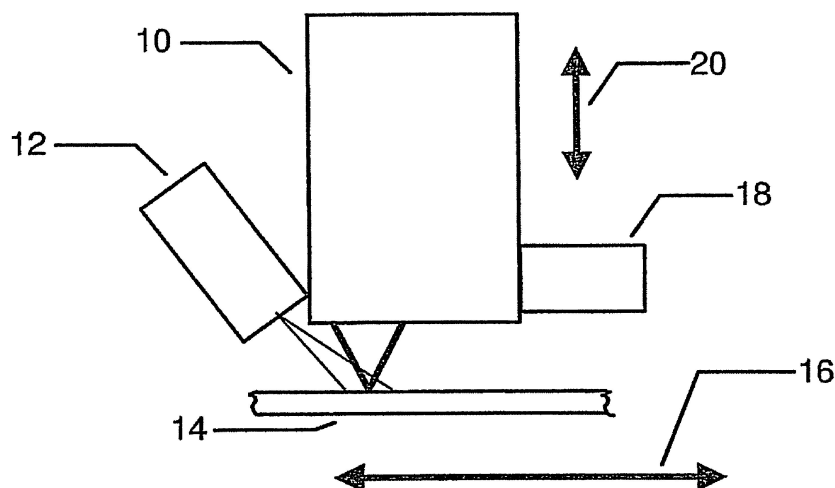
심사관 : 정진수

(54) 발명의 명칭 유리 시트 검사 시스템

(57) 요약

유리 검사 시스템은 유리 시트나 유리 리본(2, 14) 내부에 또는 상에 입자 및 결함을 검출하기 위해 제공된다. 상기 시스템은 검사될 표면(1)이 반사 렌즈(10)의 객체 평면에 있도록 장착된다. 상기 렌즈는 라인스캔 카메라(18) 상에, 상기 렌즈 둘레에 대한 접선 방향으로 길고 방사상 방향으로 짧은 막막형 스트라이프 영역을 이미지화한다. 라인 조명장치(12)는 그것이 상기 스트라이프 영역을 비추도록 장착될 수 있다. 상기 검사를 수행하기 위해, 상기 시스템은 상기 유리를 거쳐 상기 시스템을 이동시킴으로써 또는 상기 시스템이 고정되는 동안 상기 유리를 이동시킴으로써 상기 스트라이프의 장축에 수직하는 방향으로 상기 유리에 대해 이동된다. 이미지 정보는 이러한 동작 동안 상기 라인스캔 카메라에 의해 수집되고 이미지로 조합된다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

- (A) 유리 시트의 일부를 비추는 광원;
- (B) 상기 유리 시트의 내부 또는 유리 시트 상의 결함으로부터 산란된 광을 검출하고, 길이 L과 너비 W를 갖는 감광 영역(light sensitive area)을 형성하는 다수의 픽셀(pixels)을 포함하는 라인스캔(linescan) 카메라; 및
- (C) 결함으로부터 산란된 광을 상기 라인스캔 카메라로 전송하고, 개구율(numerical aperture) NA를 가지며,
 - (i) 제1 부분과 제2 부분을 갖고, 곡률반경이 R인 1차 오목 거울; 및
 - (ii) 2차 볼록 거울을 포함하는 광학 시스템을 포함하고,
 - (a) 상기 1차 오목 거울의 상기 제1 부분으로부터의 반사, 상기 2차 볼록 거울로부터의 반사, 및 상기 1차 오목 거울의 제2 부분으로부터의 반사를 포함하는 광로를 통해서 결함으로부터 산란된 광이 상기 라인스캔 카메라에 도달하고,
 - (b) 상기 1차 및 2차 거울의 곡률중심은 일치하고, 상기 2차 거울의 반경은 상기 1차 거울의 반경의 1/2과 동일하며,
- (c) L, W, 및 R은 이하의 관계식

$$L/R \leq 0.25;$$

$$NA \geq 0.10 \text{ 일 때, } W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046;$$

$$NA \geq 0.12 \text{ 일 때, } W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033; \text{ 및}$$

$$NA \geq 0.15 \text{ 일 때, } W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$$
 을 만족하는, 제1 표면과 제2 표면을 갖는 유리 시트를 검사하는 장치.

청구항 2

- (A) 유리 시트의 일부를 비추는 단계;
- (B) 상기 유리 시트로부터의 결함에 의해 산란된 광을 광학 시스템을 이용하여 라인스캔 카메라로 전송하는 단계 - 상기 광학 시스템은, 개구율 NA를 가지며,
 - (i) 제1 부분과 제2 부분을 갖고, 곡률반경이 R인 1차 오목 거울; 및
 - (ii) 2차 볼록 거울을 포함함 -; 및
- (C) 상기 유리 시트와 상기 라인스캔 카메라 사이의 상대운동을 제공하는 단계를 포함하고,
 - (a) 상기 1차 오목 거울의 제1 부분으로부터의 반사, 상기 2차 볼록 거울로부터의 반사, 및 상기 1차 오목 거울의 제2 부분으로부터의 반사를 포함하는 광로를 통해서 결함으로부터 산란된 광이 상기 라인스캔 카메라에 도달하고,
 - (b) 상기 1차 및 2차 거울의 곡률중심은 일치하고, 상기 2차 거울의 반경은 상기 1차 거울의 반경의 1/2과 동일하고,
- (c) 상기 라인스캔 카메라는 길이 L과 너비 W를 갖는 감광 영역을 형성하는 다수의 픽셀을 포함하며,

(d) L, W, 및 R은 이하의 관계식

$$L/R \leq 0.25;$$

$$NA \geq 0.10 \text{ 일 때, } W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046;$$

$$NA \geq 0.12 \text{ 일 때, } W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033; \text{ 및}$$

$$NA \geq 0.15 \text{ 일 때, } W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$$

을 만족하는, 제1 표면과 제2 표면을 갖는 유리 시트의 내부 또는 유리 시트 상의 결함을 검출하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 광학 시스템은 상기 유리 시트의 상기 제1 표면에 초점을 두었을 경우 상기 제1 표면에서 반경 D1의 점확산함수(point spread function)를 갖고, 상기 제2 표면에서 반경 D2의 점확산함수를 가지며,

D1과 D2는 0.2 내지 1.2 밀리미터 범위의 두께를 갖는 유리 시트에 대해, $D2/D1 \geq 35$ 의 관계식을 만족하는, 제1 표면과 제2 표면을 갖는 유리 시트를 검사하는 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 광학 시스템의 구경 조리개(aperture stop)는 상기 2차 거울에 위치하는, 제1 표면과 제2 표면을 갖는 유리 시트를 검사하는 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 광로는 반사 광학 표면(reflective optical surface)만을 포함하는, 제1 표면과 제2 표면을 갖는 유리 시트를 검사하는 장치.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 광학 시스템은 상기 유리 시트의 상기 제1 표면에 초점을 두었을 경우 상기 제1 표면에서 반경 D1의 점확산함수를 갖고, 상기 제2 표면에서 반경 D2의 점확산함수를 가지며,

D1과 D2는 0.2 내지 1.2 밀리미터 범위의 두께를 갖는 유리 시트에 대해, $D2/D1 \geq 35$ 의 관계식을 만족하는, 방법.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 광학 시스템의 구경 조리개는 상기 2차 거울에 위치하는, 방법.

청구항 8

청구항 2에 있어서,

상기 광로는 반사 광학 표면만을 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 유리 시트의 검사에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 본 명세서 및 청구항에 사용되는 아래의 용어들은 아래에 정의된 의미로 사용될 것이다.
- [0003] "결함(Defects)"은 유리 시트 표면(on) 또는 내면(in)의 먼지(particles) 및 손상(defect)을 총칭하여 나타낸다.
- [0004] "유리 시트(glass sheet)"는 검사 시스템 즉, 리본으로부터 분리된 각각의 유리 조각 또는 유리 리본을 검사하기 위해 사용하는 시스템의 특정한 용도에 따라 적용되는 각각의 유리 조각 또는 각각으로 분리된 유리 리본을 나타낸다.
- [0005] "광(light)"은 일반적으로 전자기 방사선(electromagnetic radiation)을 나타내고, 가시영역과 비가시영역의 방사선을 포함한다.
- [0006] "라인스캔 카메라(Linescan camera)"는 픽셀로 구성된 광 감지영역(light sensitive area)을 갖는 검출기로, 광 감지영역의 길이(L)는 상기 영역의 너비보다 적어도 10배 이상이다. 라인스캔 카메라는 L/W의 비율이 10보다 큰 시간지연적분(TDI: time delay and integration) 카메라(이는 또한 시간 도메인 적분카메라로 알려짐)를 포함한다.
- [0007] 액정표시장치(LCD) 및 유기 발광 다이오드 디스플레이(OLED)와 같은 표시장치의 기관으로 사용되는 유리 시트는 대략 1 마이크로미터 이상의 치수를 갖는 결함으로부터 본질적으로 자유로운 표면을 가질 필요가 있다. 그에 따라 유리 시트의 상술한 결함을 검출하는 효과적인 방법을 찾기 위해 광범위한 시도를 수행하고 있다.
- [0008] 검사에 사용되는 일반적인 파장에 대해 투명하다는 사실 및 표시장치 용도로 0.2에서 1.2 밀리미터 치수와 같이 얇은 유리 시트라는 사실에서 오는 작은 사이즈의 결함은 어려운 검사를 하게 한다. 게다가 평판 패널 디스플레이의 요구가 증가함에 따라, 가동되는 유리생산 라인의 수 역시 증가한다. 검사 장비의 필요성이 증가함에 따라 이러한 적용을 위해 시스템의 적절성을 평가하는 중요한 요소는 이러한 장비의 생산비용과 복잡성이 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 제조설비에 용이하게 배치될 수 있는 소형기기로 손쉽게 조립할 수 있는 비교적 비싸지 않은 광학 요소를 제공하는 한편, 디스플레이 유리의 신뢰할 만한 검사와 관련된 성능기준을 충족시킬 수 있는 검사 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 바람직한 제1 형태에 따른 제1 면과 제2 면을 갖는 투명유리 시트를 검사하는 장치는:
- [0011] (A) 유리 시트의 일부를 검사하는(illuminates) 광원;
- [0012] (B) 상기 유리 시트의 내부 또는 상에 결함으로부터의 광산란(light scattered)을 검출하고, 길이 L과 너비 W를 갖는 감광 영역(light sensitive area)을 형성하는 다수의 픽셀(pixels)로 구성된 라인스캔(linescan) 카메라; 및
- [0013] (C) 결함으로부터 산란된 광(scattered light)을 상기 라인스캔(linescan) 카메라로 전송하고, 개구율(numerical aperture) NA를 가지며,
- [0014] (i) 제1 부분과 제2 부분을 갖고, 굴곡반경이 R인 1차 오목 거울; 및
- [0015] (ii) 2차 볼록 거울;
- [0016] 로 구성된 광학 시스템;을 포함하고,
- [0017] (a) 상기 1차 오목 거울의 상기 제1 부로부터의 반사, 상기 2차 볼록 거울로부터의 반사, 및 상기 1차 오목 거울의 제2 부로부터의 반사를 포함하는 광로(optical path)를 통해서 결함으로부터의 산란된 광(scattered light)이 상기 라인스캔(linescan) 카메라에 도달하고,
- [0018] (b) 상기 제1 및 제2 거울의 굴곡중심은 실제로 일치하고, 상기 제2 거울의 반경은 상기 1차 거울의 반경에 1/2

과 실제로 동일하며,

- [0019] (c) L, W, 및 R은
- [0020] $L/R \leq 0.25$;
- [0021] $NA \geq 0.10$ 일 때, $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046$;
- [0022] $NA \geq 0.12$ 일 때, $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033$; 및
- [0023] $NA \geq 0.15$ 일 때, $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$
- [0024] 을 만족하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 본 발명의 바람직한 제2 형태에 따른 제1 면과 제2 면을 갖는 투명유리 시트를 검사하는 장치는:
- [0026] (A) 유리 시트의 일부를 검사하는(illuminates) 광원;
- [0027] (B) 상기 유리 시트의 내부 또는 상에 결함으로부터의 광산란(light scattered)을 검출하고, 길이 L과 너비 W를 갖는 감광 영역(light sensitive area)을 형성하는 다수의 픽셀(pixels)로 구성된 라인스캔(linescan) 카메라; 및
- [0028] (C) 결함으로부터 산란된 광(scattered light)을 상기 라인스캔(linescan) 카메라로 전송하고, 개구율(numerical aperture) NA를 가지며,
- [0029] (i) 제1 부분과 제2 부분을 갖고, 굴곡반경이 R인 1차 오목 거울; 및
- [0030] (ii) 2차 볼록 거울;
- [0031] 로 구성된 광학 시스템;을 포함하고,
- [0032] (a) 상기 1차 오목 거울의 상기 제1 부분부터의 반사, 상기 2차 볼록 거울로부터의 반사, 및 상기 1차 오목 거울의 제2 부분부터의 반사를 포함하는 광로(optical path)를 통해서 결함으로부터의 산란된 광(scattered light)이 상기 라인스캔(linescan) 카메라에 도달하고,
- [0033] (b) 상기 제1 및 제2 거울의 굴곡중심은 실제로 일치하고, 상기 제2 거울의 반경은 상기 1차 거울의 반경에 1/2 과 실제로 동일하며,
- [0034] (c) 상기 광학 시스템은 상기 유리 시트의 상기 제1 면에 초점을 두었을(focused on) 경우 상기 제1 면에서 반경 D1의 점확산함수(point spread function)를 갖고, 상기 제2 면에서 반경 D2의 점확산함수(point spread function)를 가지며,
- [0035] D1과 D2는 0.2에서 1.2 밀리미터 범위의 두께를 갖는 유리기관일 때, $D2/D1 \geq 35$ 를 만족하는 것을 특징으로 한다.
- [0036] 본 발명의 바람직한 제3 형태에 따른 제1 면과 제2 면을 갖는 투명유리 시트의 내부 또는 상의 결함을 검출하는 방법은:
- [0037] (A) 유리 시트의 일부를 검사하는 단계(illuminating);
- [0038] (B) 상기 유리 시트로부터의 결함으로 인한 광산란(light scattered)을 개구율(numerical aperture) NA를 가지며,
- [0039] (i) 제1 부분과 제2 부분을 갖고, 굴곡반경이 R인 1차 오목 거울; 및
- [0040] (ii) 2차 볼록 거울;
- [0041] 로 구성된 광학 시스템을 이용하여 라인스캔(linescan) 카메라로 전송하는 단계;
- [0042] (C) 상기 유리 시트와 상기 라인스캔(linescan) 카메라 사이의 상대운동을 제공하는 단계(예를 들어, 상기 라인스캔(linescan) 카메라에 대하여 상기 유리 시트를 이동시킴으로써);를 포함하고,
- [0043] (a) 상기 1차 오목 거울의 상기 제1 부분부터의 반사, 상기 2차 볼록 거울로부터의 반사, 및 상기 1차 오목 거울의 제2 부분부터의 반사를 포함하는 광로(optical path)를 통해서 결함으로부터의 산란된 광(scattered

light)이 상기 라인스캔(linescan) 카메라에 도달하고,

- [0044] (b) 상기 제1 및 제2 거울의 굴곡중심은 실제로 일치하고, 상기 제2 거울의 반경은 상기 1차 거울의 반경에 1/2 과 실제로 동일하고,
- [0045] (c) 상기 라인스캔(linescan) 카메라는 길이 L과 너비 W를 갖는 감광 영역(light sensitive area)을 형성하는 다수의 픽셀(pixels)로 구성되며,
- [0046] (d) L, W, 및 R은
- [0047] $L/R \leq 0.25$;
- [0048] $NA \geq 0.10$ 일 때, $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046$;
- [0049] $NA \geq 0.12$ 일 때, $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033$; 및
- [0050] $NA \geq 0.15$ 일 때, $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$
- [0051] 을 만족하는 것을 특징으로 한다.
- [0052] 다른 형태에 따르면, 제1 형태 및 제2 형태의 장치 및/또는 제3 형태에 의한 방법은 다음 조건의 전부 또는 일부를 만족시킨다.
- [0053] (a) 개구율(numerical aperture, NA)은 다음의 관계식을 만족하는 광학 시스템:
- [0054] $0.10 \leq NA \leq 0.15$
- [0055] (b) 1:1의 확대비율을 갖는 광학 시스템;
- [0056] (c) 개구 조리개(aperture stop)가 제2 거울(mirror)에 배치되는 광학 시스템;
- [0057] (d) 픽셀 크기가 5 내지 20 마이크로미터 범위를 갖는 라인스캔카메라(linescan camera);
- [0058] (e) 반사광학표면(reflective optical surface)만을 포함하는 광학경로;
- [0059] (f) 광학 시스템의 초점필드 깊이(depth of field)를 통한 라인스캔 카메라의 픽셀의 크기보다 더 작은 상(image)의 변화를 위한 오브젝트 공간(object space)에서의 텔레센트릭(telecentric)을 갖춘 광학 시스템;
- [0060] (g) 광학 시스템의 초점필드 깊이 보다 작은 필드굴곡(field curvature)을 갖는 광학 시스템;
- [0061] (h) 라인스캔 카메라의 감광지역의 길이 L의 1%보다 작은 기하학적 왜곡(geometric distortion)을 갖는 광학 시스템;
- [0062] (i) 유리 시트와 1차 오목 거울부(primary concave mirror) 사이의 광학경로 길이 및 제2 오목거울부와 라인스캔 카메라 사이의 광학경로 길이 중 적어도 어느 하나에 적용되는 초점조정 메카니즘(focusing mechanism).
- [0063] 앞에서 상술한 설명 및 후술하는 상세한 설명은 단지 발명의 하나의 예에 불과하고 발명의 특징 및 본질을 이해하기 위한 틀 또는 개략적인 것을 제공하기 위한 것으로 이해되어야 한다. 추가적인 발명의 특징 및 이점은 이하의 상세한 설명에서 후술하고, 여기에 설명된 발명의 실시예로부터 인식 또는 묘사되는 것은 부분은 당해 기술분야의 당업자에 의해 명백한 것이다. 첨부된 도면은 발명의 이해를 좀 더 돕기 위한 것으로, 명세서에 결합되고 구성된다. 본 발명의 명세서 및 도면에 개시된 발명의 다양한 실시예들은 어느 실시예 또는 모두 결합된 상태로 이용되는 것으로 이해되어야 한다. 제한없는 실시예를 위해, 실시예의 다양한 특징들은 후술하는 것과 같은 형태로 결합될 수 있다.
- [0064] 제1 형태에 따르면, 제1 표면 및 제2 표면을 갖는 투명유리 시트의 검사를 위한 장치를 제공하며, 그 장치는 다음을 포함한다:
- [0065] (A) 유리 시트부를 발광시키기 위한 광원;
- [0066] (B) 길이(L) 및 폭(W)을 갖는 감광지역을 형성하는 다수의 픽셀을 포함하고, 결함(defects on) 또는 유리 시트의 표면 또는 내부의 결함에 의한 광산란(light scattered)을 검사하기 위한 라인스캔 카메라;
- [0067] (C) 산란된 광을 결합부로부터 라인스캔 카메라로 이동시키기 위해 광학 시스템은 개구율(NA)을 갖고 :

- [0068] (i) 제1 및 제2 부분을 갖고, 굴곡반경이 R인 1차 오목 거울(primary concave mirror) 및
- [0069] (ii) 2차 볼록 거울;을 포함하며,
- [0070] 여기서,
- [0071] (a) 결함에 의해 산란된 광은 광학경로에 의해 라인스캔 카메라에 도달하고, 상기 광학경로는 1차 오목 거울의 제1 부분에 의한 반사부, 2차 볼록 거울에 의한 반사부 및 1차 오목 거울의 제2 부분에 의한 반사부를 포함하며;
- [0072] (b) 1차 오목 거울 및 2차 볼록 거울의 굴곡(curvature)의 중심부가 대체로 일치하고, 2차 볼록 거울의 반경(radius)은 1차 오목 거울의 반경의 1/2과 같으며;
- [0073] (c) 길이(L), 폭(W) 및 반경(R)은 다음의 관계를 만족한다.
- [0074] $L/R \leq 0.25$; 및
- [0075] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046$, $NA \geq 0.10$; 및
- [0076] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033$, $NA \geq 0.12$; 및
- [0077] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$, $NA \geq 0.15$;
- [0078] 제2 형태에 따르면, 제1 형태에 따른 장치에서 유리 시트의 제1 표면에 초점이 맞춰질 때 광학 시스템은 표면에서 반경 D1의 점확산함수(point spread function) 및 제2 표면에 반경 D2의 점확산함수를 가지며, 여기서 D1 및 D2는 다음의 관계를 만족한다.:
- [0079] $D2/D1 \geq 35$
- [0080] 여기에서 유리 시트는 0.2 내지 1.2 밀리미터 범위의 두께를 갖는다.
- [0081] 제3 형태에 따르면, 제1 표면 및 제2 표면을 갖는 투명유리 시트의 검사를 위한 장치를 제공하며, 그 장치는 다음을 포함한다:
- [0082] (A) 유리 시트부를 발광시키기 위한 광원;
- [0083] (B) 길이(L) 및 폭(W)을 갖는 감광지역을 형성하는 다수의 픽셀을 포함하고, 결함(defects on) 또는 유리 시트의 표면 또는 내부의 결함에 의한 광산란(light scattered)을 검사하기 위한 라인스캔 카메라;
- [0084] (C) 산란된 광을 결함부로부터 라인스캔 카메라로 이동시키기 위해 광학 시스템은 개구율(NA)을 갖고 :
- [0085] (i) 제1 및 제2 부분을 갖고, 굴곡반경이 R인 1차 오목 거울(primary concave mirror) 및
- [0086] (ii) 2차 볼록 거울;을 포함하며,
- [0087] 여기서,
- [0088] (a) 결함에 의해 산란된 광은 광학경로에 의해 라인스캔 카메라에 도달하고, 상기 광학경로는 1차 오목 거울의 제1 부분에 의한 반사부, 2차 볼록 거울에 의한 반사부 및 1차 오목 거울의 제2 부분에 의한 반사부를 포함하며;
- [0089] (b) 1차 오목 거울 및 2차 볼록 거울의 굴곡(curvature)의 중심부가 대체로 일치하고, 2차 볼록 거울의 반경(radius)은 1차 오목 거울의 반경의 1/2과 같으며;
- [0090] (c) 광학 시스템은 유리 시트의 제1 표면에 초점이 맞춰질 때, 제1 표면에 반경 D1의 점확산함수를 갖고, 제2 표면의 반경 D2의 점확산함수를 가지며, 여기서 D1 및 D2는 다음의 관계를 만족한다.
- [0091] $D2/D1 \geq 35$
- [0092] 여기에서 유리 시트는 0.2 내지 1.2 밀리미터 범위의 두께를 갖는다.

- [0093] 제4 형태에 따르면, 제1 및 제2 형태 또는 제3 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 NA 는 $0.10 \leq NA \leq 0.15$ 의 범위를 만족한다.
- [0094] 제5 형태에 따르면, 제1 내지 제4 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 광학 시스템은 1:1 비율(magnification)을 갖는다.
- [0095] 제6 형태에 따르면, 제1 내지 제5 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템의 구경 조리개(aperture stop)는 제 2 거울에 위치한다.
- [0096] 제7 형태에 따르면, 제1 내지 제6 형태에 따른 장치 중 어느 하나에 있어서 상기 라인스캔(linescan) 카메라의 상기 픽셀 사이즈는 5 내지 20 마이크론의 범위를 갖는다.
- [0097] 제8 형태에 따르면, 제1 내지 제7 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 상기 광로(optical path)는 오직 반사 광학면(reflective optical surface)을 포함한다.
- [0098] 제9 형태에 따르면, 제1 내지 제8 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템은 광학 시스템의 필드 깊이를 초과하여 이미지 사이즈의 변경을 라인스캔 카메라의 픽셀 사이즈보다 작게 하기 위해 객체 공간(object space)에서 실질적으로 텔레센트릭(수직입사: telecentric)한다.
- [0099] 제10 형태에 따르면, 제1 내지 제9 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템의 곡률(field curvature)은 상기 광학 시스템의 필드 깊이보다 작다.
- [0100] 제11 형태에 따르면, 제1 내지 제10 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템의 기하학적 왜곡(geometric distortion)은 라인스캔 카메라의 광 감지영역(light sensitive area) 길이 L 보다 1% 작다.
- [0101] 제12 형태에 따르면, 제1 내지 제11 형태에 따른 상기 장치 중 어느 하나에 있어서
- [0102] (i) 광로의 길이가 유리 시트와 1차 오목 거울 객체(primary concave mirror object)의 제1 부분 사이에 있도록; 및
- [0103] (ii) 광로의 길이가 1차 오목 거울 객체의 제2 부분과 라인스캔 카메라 사이있도록 조절하는 하나 이상의 포커싱 메커니즘을 더 포함한다.
- [0104] 제13 형태에 따르면,
- [0105] (A) 상기 유리 시트의 일부분을 비추는 단계;
- [0106] (B) (i) 제1 부분과 제2 부분을 갖는 1차 오목 거울, 굴곡 반지름 R 을 갖는 거울; 및
- [0107] (ii) 제2 볼록 거울;을 포함하고, 개구율(NA : a numerical aperture)을 갖는 광학 시스템을 사용하여 상기 유리 시트부터 라인스캔 카메라까지 결합에 의해 산란된 광을 이동시키는 단계;
- [0108] (C) 유리 시트와 라인스캔 카메라 사이에
- [0109] (a) 상기 1차 오목 거울의 상기 제1 부분으로부터의 반사 및, 상기 제2 볼록 거울로부터의 반사 및, 상기 1차 오목 거울의 상기 제2 부분으로부터의 반사를 포함하는 광로에 의해 상기 라인스캔 카메라에 이르는 결합으로부터 광을 산란하고,
- [0110] (b) 상기 제1 및 상기 제2 거울들의 상기 굴곡 중심은 실질적으로 일치하고, 상기 제2 거울의 반지름은 상기 1차 거울 반지름의 절반(one-half)과 실질적으로 동일하고,
- [0111] (c) 상기 라인스캔 카메라는 길이 L 및 너비 W 을 갖는 광 감지영역으로 형성된 다수의 픽셀을 포함하고,
- [0112] (d) L , W , R 은 아래의 관계를 만족하는
- [0113] $L/R \leq 0.25$; 및
- [0114] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046$ $NA \geq 0.10$; 및
- [0115] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033$ $NA \geq 0.12$; 및
- [0116] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$ $NA \geq 0.15$;

- [0117] 상대적 움직임(relative motion)을 제공하는 단계;를 포함하는 제1 표면 및 제2 표면을 갖는 투명 유리 시트 상에 또는 안에 결함을 검출하는 방법을 제공한다.
- [0118] 제14 형태에 따르면, 제13 형태에 따른 상기 방법에 있어서 상기 광학 시스템이 반지름 D1의 포인트 스프레드 함수(point spread function)를 갖는 유리 시트의 제1 표면과 반지름 D2의 포인트 스프레드 함수를 갖는 제2 표면에 초점을 맞출때 0.2에서 1.2 밀리미터의 범위의 두께를 갖는 유리 시트에 대해 $D2/D1 \geq 35$ 를 만족한다
- [0119] 제15 형태에 따르면, 제13 또는 제14 형태에 따른 상기 방법에 있어서
- [0120] (i) 상기 광로의 길이가 유리 시트와 1차 오목 거울 객체(primary concave mirror object)의 제1 부분 사이에 있도록; 및
- [0121] (ii) 상기 광로의 길이가 1차 오목 거울 객체의 제2 부분과 상기 라인스캔 카메라 사이에 있도록 하는 하나 이상의 조절에 의해 상기 유리 시트의 이미지를 상기 라인스캔 카메라에 포커싱하는 단계를 더 포함한다.
- [0122] 제16 형태에 따르면, 제13 내지 제15 형태에 따른 상기 방법 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템은 광학 시스템의 필드 깊이(depth of field)를 초과하여 이미지 사이즈의 변경을 라인스캔 카메라의 픽셀사이즈보다 작게 하기 위해 객체 공간(object space)에서 실질적으로 텔레센트릭(수직입사: telecentric)한다.
- [0123] 제17 형태에 따르면, 제13 내지 제16 형태에 따른 상기 방법 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템의 곡률(field curvature)은 상기 광학 시스템의 필드 깊이보다 작다.
- [0124] 제18 실시예에 따르면, 제13 내지 제17 실시예에 따른 상기 방법 중 어느 하나에 있어서 상기 광학 시스템의 기하학적 왜곡(geometric distortion)은 라인스캔 카메라의 광 감지영역(light sensitive area) 길이 L 보다 1% 작다.

발명의 효과

- [0125] 상기와 같이 이루어진 본 발명에 의하면, 제조설비에 용이하게 배치될 수 있는 소형기기로 손쉽게 조립할 수 있는 비교적 비싸지 않은 광학 요소를 제공하는 한편, 디스플레이 유리의 신뢰할 만한 검사와 관련된 성능기준을 충족시킬 수 있는 검사 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0126] 도 1은 본 발명의 검사 시스템의 실시예의 구성과 모션을 나타내는 계통도이다.
- 도 2는 라인스캔 카메라의 작동모드를 나타내는 계통도이다.
- 도 3은 조명기의 실시예의 계통도이다.
- 도 4는 라인스캔 카메라의 유리 시트의 표면 이미지 초점을 맞추는 다양한 시도를 나타내는 계통도이다. 특히, 좌측 패널은 렌즈/카메라/조명기와 면 사이 거리를 조절하며, 중간 패널은 "트롬본" 거울 어셈블리를 사용하여 표면부터 렌즈까지의 광학거리를 조절하며, 우측 패널은 카메라 센서 거리까지 렌즈를 조절한다.
- 도 5는 두 개의 반사구형요소를 사용하여 주로 먼 거리 중심의 반사 렌즈의 실시예를 위한 광선투사이다.
- 도 6은 두 개의 반사구형요소를 사용하여 주로 먼 거리 중심의 반사 렌즈의 실시예를 위한 광선투사이다.
- 도 7은 두 개의 반사구형요소를 사용하여 주로 먼 거리 중심의 반사 렌즈와 렌즈나 이미지면의 기준점을 변화시키는 거울 조립체의 실시예를 위한 광선투사이다.
- 도 8은 결함으로부터의 산란광을 위한 광로의 일부를 형성하는 1차 거울의 제1 및 제2 부분 뿐만 아니라 이미지를 레코딩하는 라인스캔 카메라(라인스캔 센서) 및 이미지되는 유리 표면(객체) 일부의 1차 거울 상의 프로젝션을 나타내는 개략도이다.
- 도 9는 반사 렌즈 개구율(NA)의 함수로서 라인스캔 센서의 정규화된 길이(L) 및 정규화된 폭(W)에 대한 작업 범위(만곡 아래 영역)를 나타낸 플롯이다(즉, R이 반사 렌즈의 1차 거울의 굴곡 반경인 L/R 및 W/R).
- 도 10은 유리 시트의 원하는 표면이 인-포커스를 유지하면서 유리 시트의 다른 표면이 아웃-오브-포커스를 유지하는 렌즈의 개구율의 역할을 기술하는 개략도이다.

도 11은 도 5의 텔레센트릭 반사 렌즈에 있어 유리 시트의 한 표면(-250 마이크로미터 지점)에서 다른 표면(250 마이크로미터 지점)까지의 점확산함수의 변이를 기술하는 ZEMAX 플롯이다.

도 12는 렌즈의 전체 시야에 걸쳐 유리 시트의 원하는 표면이 인-포커스를 유지하면서 유리 시트의 다른 표면이 아웃-오프-포커스를 유지하는 낮은 필드 굴곡의 역할을 기술하는 개략도이다.

도 13은 전체 시야에 걸쳐 검출 기하학 형태의 구성을 유지하는 텔레센트릭 렌즈의 장점을 기술하는 개략도이다.

도 14는 인-포커스 및 아웃-오프-포커스 모두 고품질 구성의 이미지 장점을 기술하는 개략도이다.

도 15는 본 발명의 검사 시스템 실시예의 대표적인 패키징을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0127] 언급한 바와 같이, 본 발명은 유리 시트검사와 관련된 것이며, 한 출원에서는, 디스플레이 검사와 관련되며, 개별시트형태 또는 분리된 비트로부터 유리리본형태 중 하나이다.

[0128] 결함검사는 일반적으로 디스플레이 유리의 제조종단 수행된다. 중요하게, 그러한 유리는 따로 감지될 필요가 있는 결함의 두 면("A"면과 "B"면)을 가진다. 결함을 감지하기 위하여, 디스플레이 유리는 결함으로부터 흩어지는 광을 기록하는 카메라시스템에 의해 이미징된다. 어떤 경우에서, 유리의 전체영역이 검사되며, 또다른 경우에는, 유리영역의 하나 이상 존이 감지되고 검사샘플로 사용된다.

[0129] 유리의 큰 영역이 빨리 검사되어야 하기 때문에, 라인스캔 카메라는 결함을 감지하는데 사용된다. 그러한 카메라는 한 치수(예컨대, 27mm)에서 긴 시야를 가지며 직각방향(예컨대, 1.3mm)에서 좁은 시야를 가진다. 프로세싱(분석)의 용이함을 위하여, 시야의 깊이에 어디서든 감지되는 결함은 바람직하기로 주로 센서에 일치하는 패턴을 생산한다.

[0130] 효과적인 검사를 수행하기 위하여, 어떤 실시예에서는, 검사 시스템은 다음의 특징을 가진다.

- [0131] (a) 라인스캔 카메라의 광감지영역의 길이(L) 만큼의 시야(FOV);
- [0132] (b) 작은 결함을 감지하는 충분히 높은 해상도;
- [0133] (c) 약하게 산란된 결함을 보기 위한 개구율(NA);
- [0134] (d) 유리 시트의 "A"와 "B"측의 결함이 구별되는 충분히 작은 영역깊이(DOF), 즉, 유리시트의 두께보다 작은 DOF가 보여짐;
- [0135] (e) 유리 시트의 면이 FOV를 지나는 초점에 남겨지는 주로 평평한 영역;
- [0136] (f) 서로 다른 파장의 광원이 사용되도록 컬러 보정;
- [0137] (g) 합리적 가격의 제조성; 및
- [0138] (h) 결함위치에 상관없이 일반적인 각도균형의 같은 그룹으로부터 유리 시트까지 광을 모으는 능력.

[0139] 광학용어와 관련하여, 이러한 특징들의 마지막은 검사장치에 대응되거나, 좀더 세밀하게, 검사 시스템의 렌즈 위치는 면 중심이거나 주로 객체면의 면 중심이며, 즉, 렌즈의 입구는 렌즈를 이루는 요소로부터 긴 거리여서, 객체면의 주요한 광선은 주로 렌즈의 광학축에 평행이며, 예컨대, 주요한 광선과 광학축 사이에 포함된 각도는 0.5도보다 작다. 면 중심 또는 주로 면 중심은 렌즈의 배율이 변하지 않는거나 주로 객체 거리를 변화시키지 않는다는 의미이다.

[0140] 역사적으로, 검사 시스템은 다양한 굴절에 의한 렌즈요소로 이루어진 렌즈들을 사용해왔다. 그러한 렌즈들은 상기 특징들 모두를 제공할 수 없었다. 예컨대, 굴절 기술에 기본을 둔 어떤 시스템은 "A"와 "B"측 결함을 구별하기에는 너무 큰 DOF를 가졌다. 또한, 검사수행에 사용된 많은 굴절력있는 렌즈들은 충분히 평평한 영역을 가지지 않아서, FOV의 모서리부 근처의 결함은 중심 근처로부터 서로다르게 초점이 맞춰진다. 결과적으로, 그러한 시스템은 "A"면과 "B"면의 결함을 일관되게 구별할 수 없다. 게다가, 원래, 굴절력있는 렌즈들은 파장의 제한된 범위를 위해 컬러 보정된다. 중요하게, 비용에 관련하여, 컬러가 보정되고, 큰 시야영역과 충분히 평평한 영역을 가진 굴절력있는 면 중심의 렌즈들은 확실히 복잡하며, 적어도 하나의 매우 큰 렌즈요소로 이루어지며 비싸다.

- [0141] 본 출원서에 따르면, 굴절보다는 반사에 기초한 렌즈 시스템이 유리 시트 표면 일부의 라인스캔 카메라상에 이미지를 형성하는데 사용된다. 하기에 논의된 바와 같이(예를 들어, 도 9 참조), 상기 반사 렌즈 시스템은 상기 라인스캔 카메라의 특성에 강하게 결합되는 구조와 광학 속성을 가져, 이러한 두 구성요소들이 소정의 합리적인 가격으로 굴절 시스템에 의해 달성할 수 없는 성능의 레벨을 함께 제공하도록 동작한다.
- [0142] 본원에 개시된 유형의 반사 렌즈(10)를 사용한 검사 시스템에 대한 대표적인 구조가 도 1에 도시된다. 이 도면에 도시된 바와 같이, 상기 반사 렌즈(10) 및 라인스캔 카메라(18)뿐만 아니라, 상기 시스템은 일반적으로 상기 유리 시트의 일부를 비추는 조명장치(12), 상기 라인스캔 카메라(19)의 광 감지 표면에 상기 유리 표면의 이미지를 포커싱하는 포커싱 시스템(20), 및 상기 유리 시트와 상기 렌즈/카메라 어셈블리 사이의 상대 모션(relative motion)(측상 모션(16))을 생성하는 트랜슬레이터(translator)를 포함한다. 전형적으로, 상기 상대 모션은, 원하는 경우 대향되는 배열 또는 시트 모션과 렌즈/카메라 모션의 조합이 사용될 수 있을지라도, 상기 렌즈/카메라 어셈블리 고정장치를 고정하는 동안 상기 유리 시트를 트랜슬레이팅함으로써 달성된다. 계속 유리 리본을 이동시키는 경우, 상기 리본의 모션은 상기 시트와 상기 렌즈/카메라 어셈블리 사이의 일부 또는 모든 상대 모션을 제공하는데 사용될 수 있다.
- [0143] 도 2는 보다 상세하게 상대 모션을 도시한다. 특히, 이 도면은 상기 상대 모션(26)이 라인스캔 센서(21)의 센서 픽셀들(22)을 스쳐 지나가는 유리 표면(24)의 이미지를 어떻게 생성하고, 이에 따라 상기 카메라가 시간의 함수에 따라 각 픽셀에 도달하는 분산된 광의 레벨을 나타내는 디지털 출력을 생성하도록 하는 것을 도시한다. 라인스캔 센서(21), 특히 이 카메라의 TDI 형식의 사용은 대량의 이미지 정보가 빠르게 제어될 수 있는 장점을 제공한다. 하지만, 상기 라인스캔 카메라는 그 형태가 상기 이미지 모션을 교차하는 방향으로 매우 길고 이미지 모션에 따른 방향으로 매우 짧은 단점을 갖는다. 이러한 직사각 형태는 이미징 챌린지(imaging challenge)를 제기하고, 본 출원서는 일반적으로 상기에 그리고 아래에 보다 자세히 논의된 반사 렌즈의 사용을 통해 극복한다.
- [0144] 종래기술에 공지된 바와 같이, TID 라인스캔 카메라의 경우, 상기 카메라는 상대 모션의 방향과 평행한 방향으로 로우(rows) 어레이 및 그 방향에 수직인 컬럼(columns) 어레이를 갖는 픽셀 어레이를 포함한다. 또한, 종래기술에 공지된 바와 같이, 그러한 카메라에 대해, 로우의 각 멤버(member)에 의한 광의 수집은 상기 카메라와 기록될 이미지 사이의 상대 모션에 의해 동기화되고, 입사광에 대한 노출 결과 상기 픽셀들에 의해 축적된 전하가 컬럼에서 컬럼으로 주기적으로 통합된다. 이러한 방식으로, 상기 카메라에 비례하는 모션이 모션이 있는 객체로부터 광에 대한 상기 카메라의 감도는 단일 컬럼 픽셀의 감도에 비해 상당히 증가된다.
- [0145] 상기에 언급된 바와 같이, 라인스캔 카메라는 한 방향으로 넓은 시야를 갖는다. 라인스캔 센서는 다른 방향으로 매우 좁거나(종래 센서에 대해 1 픽셀), 또는 상대적으로 좁을(예컨대, 상업적으로 이용가능한 TDI 센서의 경우 96 픽셀) 수 있다. 어느 경우든, 두 방향에서의 센서 길이 간 비율은 10보다 크다.
- [0146] 일반적으로 입자 방향에 사용된 라인스캔 카메라(센서)는 선형 크기(선형 치수; linear dimension)에 있어 5 μ m-20 μ m 범위의 픽셀을 갖는다. 이러한 직경의 결합, 예컨대, 입자들이 광학적으로 검출될 수 있다. 따라서, 라인스캔 센서 상의 이러한 결합의 이미지들을 직접 전달하는 방식을 제공하는 통합 배열의 렌즈는 상기 크기 범위 내의 입자들에 대한 충분한 민감도를 갖는 대면적을 검사하는 수단을 제공한다. 또한, 센서는 통상 서브-픽셀 해상도 기술을 사용한 픽셀보다 상당히 더 작은 결합을 검출하는데 사용된다. 이러한 기술의 예는 반사되거나 분산된 광의 양에 의해 결합의 크기를 추론하는 것이다. 이러한 방법은 충분한 민감도를 갖는 대면적을 검사하는 능력을 보유하는 반면 검출기 픽셀보다 훨씬 더 작은 검출가능한 입자의 범위를 확장하는데 사용될 수 있다. 어느 경우든, 하기에 논의된 바와 같이, 본원에 개시된 검사 시스템의 반사 렌즈는 이러한 형태의 결합들을 검출하기 위해 통합 배열로 충분한 이미지 품질을 제공한다. 보다 자세하게, 상기 반사 렌즈는 상기 이미지가 감지 제한되도록 상기 센서 픽셀 크기와 적어도 유사한 이미지-측 해상도를 제공한다. 또한, 상기 렌즈는 각 라인에 할당된 짧은 노출 시간 동안 충분한 광을 모으기 위해 상대적으로 작은 f-넘버(상대적으로 큰 개구율)를 갖는다.
- [0147] 도 3은 도 1의 조명기로 채용될 수 있는 장비의 실시예를 나타낸다. 이 도면에 나타낸 바와 같이, IR 범위에서 동작하는 레이저 광원(32), 광섬유 번들(39)에 의해 광원(32)에 연결된 광섬유 라인광(38), 및 유리 시트에 조명라인(34)을 생성하는 원통형 콘덴서 렌즈(36)를 포함한다. 또한, 포커싱된 조명이 바람직할 지라도, 몇몇 애플리케이션에서는 확산 조명이 적합할 수 있다.
- [0148] 도 4는 유리 시트(14)의 표면, 예컨대 라인스캔 카메라(18)의 광 감지영역 상에 A측 표면의 이미지를 포커싱하기 위한 대표적인 접근방식을 나타낸다. 도 4의 좌측 패널은 유리 시트에 대한 전체 검사 어셈블리(조명기(12), 렌즈(10), 및 카메라(8))를 이동시키는 것(20)을 나타내는 반면, 중심 패널은 유리 시트(14; 객체)에서

렌즈로 광로 길이를 변경하기 위해 본 실시예에서 거울 어셈블리, 특히 "트롬본(trombone)" 세트의 거울을 이동시키는(20) 것을 나타낸다. 이동하는 거울 어셈블리의 사용은 본 발명의 반사 렌즈에 의해 제공된 비교적 긴 워킹 거리(working distance)로 용이해진다. 도 4의 우측 패널은 포커스를 변경하기 위해 렌즈에서 라인스캔 카메라(18)까지의 거리를 조절하는(20) 것을 나타낸다. 또한, 본 발명의 반사 렌즈는 렌즈의 비교적 긴 백(back) 워킹 거리인 경우 이러한 접근방식을 용이하게 한다. 라인스캔 카메라(18)를 물리적으로 이동시키는 것보다 오히려, 원할 경우, 중심 패널에 나타난 타입의 이동시키는 거울 어셈블리, 예컨대 트롬본 어셈블리가 렌즈와 라인스캔 카메라(18)간 광학 거리를 변경하기 위해 사용될 수 있다.

[0149] 원한다면 유리 시트(14)의 양 표면이 유리 시트의 한 표면(예컨대 A측) 및 다른 표면(예컨대 B측) 상에 포커스된 2개의 라인스캔 카메라(18)를 따라 이미지 빔을 분할하도록 빔 분할기를 이용하여 동시에 검사될 수 있다.

[0150] 도 5 및 6은 본 발명의 검사 시스템에 사용될 수 있는 대표적인 예시의 반사 렌즈를 나타낸다. 일반적으로, 이들 렌즈는 미국 특허 제3,748,015호에 개시된 형태의 렌즈이며, 이들 전체 내용은 참조에 의해 여기에 반영된다. 각각의 렌즈는 오목의 1차 거울(5; 도면 우측의 좀더 큰 미러) 및 볼록의 2차 거울(6; 도면 중심의 좀더 작은 미러)를 포함한다. 1차 거울(5) 및 2차 거울(6)의 굴곡 중심은 일치하거나 또는 거의 일치하며, 2차 거울(6)의 반경이 1차 거울(5)의 반경의 1/2이거나 거의 1/2이다. 2개 렌즈의 시효는 표 1에 기술되어 있으며, 그 치수는 mm이고, 표시 "대형"은 도 5 렌즈에 대한 것이고, 표시 "소형"은 도 6의 렌즈에 관한 것이다.

[0151] 이들 도면의 렌즈 형태는 유리 시트의 각각의 표면을 검사하기 위한 현재의 굴절 렌즈 분해능의 성능을 초과한다. 이들 렌즈는 평평한 시야를 가지며, 따라서 유리 시트의 한 표면 상에 놓인 모든 결함은 동일하게 인-포커스되고, 유리 시트의 대향하는 다른 표면 상에 놓인 모든 결함은 렌즈 시야의 위치에 상관없이 동일하게 아웃-오브-포커스된다. 이는 한 표면, 즉 A측 상의 결함과 다른 표면, 즉 B측 상의 결함의 구별을 용이하게 한다. 굴절 렌즈는 광학 디자인에서 정 및 부의 굴곡을 균형 맞춤으로써 거의 정정되어야 하는 원래의 만곡된 초점 평면을 갖는다.

[0152] 도 5 및 6에 있어서, 객체 및 이미지 평면이 동일 평면 상에 나타나 있다. 많은 애플리케이션의 경우, 이는 상호 수직인 객체와 이미지 평면을 갖게하는데 좀더 편리하다. 그와 같은 방향은 하나 또는 그 이상의 터닝 거울을 사용함으로써 달성될 수 있다. 도 7은 객체 또는 이미지 평면을 방향지우고 포커싱하는데 사용될 수 있는 트롬본(trombone) 구성으로 배열된 3개의 터닝 거울(7)을 사용하는 실시예를 기술한다.

[0153] 도 8은 도 5-7의 반사 렌즈에서의 1차 거울(80)의 기능을 기술한다. "객체" 82와 "라인스캔 센서" 84로 나타낸 작은 직사각형들은 각각 검사된 유리의 영역 및 이미지 센서의 영역을 나타낸다. 점선의 직사각형(1차 거울(80)의 제1 및 제2 부분)으로 나타난 바와 같이, 1차 거울(80) 상의 풋프린트가 좀더 크다. 도 5-7과 함께 본 도면의 예로부터 알 수 있는 바와 같이, 유리 시트(객체)로부터 산란된 광은 오목의 1차 거울(5)의 제1 부분으로부터의 반사, 볼록의 2차 거울(6)로부터의 반사, 및 오목의 1차 거울(5)의 제2 부분으로부터의 반사를 포함하는 광로에 의해 라인스캔 센서에 도달한다. 도 8에서 직사각형으로 나타냈을 지라도, 제1 및 제2 부분은 통상 키드니(kidney) 형태의 구성을 가질 것이다. 예컨대, 미국 특허 제3,951,546호 및 제7,158,215호 참조.

[0154] 특히, 본 발명의 반사 렌즈를 위한 이미지 평면에서의 최상의 포커스를 갖는 유리 시트의 표면의 일부는 거울의 굴곡 중심과 객체간 거리와 거의 동일한 반경을 갖는 만곡형태(아치형)를 갖는다. 상술한 바와 같이, 라인스캔 카메라는 직사각형 형태를 갖는다. 본 발명에 있어서는, 이러한 직사각형 형태와 관련된 이미지 수차(image aberration)가 이하의 관계를 만족하는 1차 거울의 굴곡 반경(R), 렌즈의 개구율(NA), 및 센서의 길이(L)와 폭(W)을 제공하는 유리 시트의 제조에서 초래된 형태의 결함들을 검출하기 위한 검사 시스템의 성능을 저하시키지 않는다는 것을 알아냈다:

[0155] $L/R \leq 0.25$;

[0156] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.046$ for $NA \geq 0.10$;

[0157] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.033$ for $NA \geq 0.12$;

[0158] $W/R \leq 0.14 * (\sqrt{1 - (L/R)^2} - 1) + 0.020$ for $NA \geq 0.15$.

[0159] 이들 관계의 플롯이 도 9에 나타나 있으며, 수평축은 1차 거울의 굴곡 반경으로 정규화된 길이(L)를 나타내며(즉, L/R), 수직축은 다시한번 1차 거울의 굴곡 반경으로 정규화된 폭(W)을 나타낸다(즉, W/R).

[0160] 도 10은 유리 시트(2)의 원하는 어느 한 표면(1)에 인-포커스(in-focus)를 유지하면서 다른 표면(3)에 아웃-오

브-포커스(out-of-focus)를 유지하는 렌즈의 개구율의 역할을 설명하는 개략도이다. 한 표면(1)에 인-포커스를 유지하고 다른 표면(3)에 아웃-오브-포커스를 유지하는 것은 대부분의 경우 항상 유리 시트(2)의 한 표면 이상에 결함이 발생할 경우 중요하다. 유리 시트(2)가 좀더 얇아지고, 표면들간 거리가 감소함에 따라, 각기 다른 표면들 상의 결함들을 구별하기가 점점 곤란해진다. 여기에 개시된 검사 시스템의 2가지 형태의 반사 렌즈는 결함이 표면 상에 발생함에 따라 그 결함을 정확하게 분류시킬 수 있게 한다.

[0161] 첫째로, 렌즈는 충분한 개구율로 형성될 수 있어, 다른 표면(3)이 거의 아웃-오브-포커스되는 동안 그 대상의 표면이 인-포커스될 수 있도록 충분히 작은 깊이의 필드(field)를 갖는다. 약 0.1 또는 그 이상의 개구율은 0.2~1.2 mm 범위의 두께를 갖는 유리 시트를 달성하는데 실용적이다. 인-포커스와 아웃-오브-포커스간 이러한 차이점은 유리 시트의 한 표면(-250 마이크로 지점)에서 다른 표면(250 마이크로 지점)까지의 도 5의 반사 렌즈에 대한 포커스를 통한 점확산함수의 플롯으로 도 11에 나타나 있다. 도 11에 있어서, 윗은 마이크로미터이고, 에어리 반경(Airy Radius)은 2.714 mm이고, 필드는 1이고, RMS 반경은 23.021이고, GEO 반경은 31.909이고, 스케일 바는 200이고, 기준은 주광선이며, 표면은 IMA이다. 표 1에 나타난 바와 같이, 도 5의 렌즈는 0.12의 개구율을 갖는다. 0.7 mm의 얇은 유리 시트의 광학 두께에 거의 대응하기 때문에, 0.5 mm의 범위는 이러한 플롯을 구성하는데 사용된다. 디포커스(defocus)된 지점이 ~0.12의 직경이고, 이는 인-포커스 지점보다 200X 큰 직경으로 검사(irradiance)에 있어 4×10^4 낮다. 샘플의 기계적인 핸들링(예컨대, 샘플의 기계적인 진동)으로 인해, 원하는 이미지가 완전히 포커스되지 않더라도, 원하지 않는 측으로부터의 결함이 원하는 측으로부터의 결함보다 많이 나타날 것이다.

[0162] 좀더 일반적으로, 특정 실시 예에서 유리 시트의 제 2 면 위에 있는 결함들로부터 제 1 면 위에 있는 결함들을 구별하는 것을 용이하게 하기 위해, 상기 광학 시스템은 제 1 면 위에 초점이 맞춰질 때 그 면에서 반경 D1의 포인트 확장 함수(point spread function)를 갖고, 제 2 면에서 반경 D2의 포인트 확장 함수를 가지며, 이때 D1과 D2는 $D2/D1 \geq 35$ 를 만족시킨다. 도 11에 도시된 바와 같이, 도 5의 반사 렌즈는 전체적으로 이러한 기준을 만족시킨다.

[0163] 둘째로, 상기 렌즈의 시계는 원호(circular arc)를 따라 정확하게 평평하고, 그 원호에 가까운 선을 따라 사실상 평평하다. 도 12는 평면 시계가 큰 시계 만곡부(121)를 구비한 시계와는 대조적으로 반대면(3) 위에 있는 것들로부터 한 면(1)에 있는 결함들을 구별하는 역할을 나타내고 있다. 큰 개구율과 평면 시계(120)의 조합은 다른 면(3)들이 사실상 렌즈의 전체 시계(field of view) 이상의 아웃-포커스(out of focus)를 유지하는 동안 초점이 맞아 관심 면(surface of interest)(1)으로 놓여 진다.

[0164] 도 13은 비텔레센트릭(131) 구성에 대해 전체 시계 이상의 검출 구조의 견고함이 유지되는 사실상 텔레센트릭 구성(130)의 장점을 나타내는 개략도이다. 둘 또는 그 이상의 부분적인 반사면을 갖는 투명 기판을 검사하는 시스템은 다른 면에 의해 반사된 광을 이미징 시스템으로 확산시켜 한 면 위에 결함들의 가짜 또는 "유령" 이미지들(133)을 받는다. 이러한 가짜 이미지들은 사실상 결함의 진짜 이미지를 바꿀 수 있다. 더욱이, 그들은 종종 진짜 이미지보다 더 밝다. 이들 유령 이미지들은 이미지 프로세스 기술에 의해 진짜 이미지에서 분리된다. 그러나, 유령 이미지와 진짜 이미지들 사이의 관계가 렌즈의 시계 너머에서 변한다면, 이러한 이미지 프로세싱 작업은 더 어려워진다.

[0165] 그러나, 상기 이미징 시스템이 텔레센트릭 또는 사실상 텔레센트릭이라면, 그때 진짜 이미지들과 가짜 이미지들 사이의 공간 관계는 시계 너머에서 고정되고, 사실상 이미지 프로세싱의 복잡함을 줄인다. 도 13은 현재 공개된 반사 렌즈들의 유용함을 나타내는 것이다. 특히, 이는 객체 공간에서 텔레센트리시티(telecentricity) 또는 사실상 텔레신트리시티가 어떻게 제 1 면 위의 결함의 이미지(132)와 제 2 면에 의해 반사된 유령 이미지 사이의 시계 이상에서 일정한 관계를 유지하는 지를 보여주고 있다.

[0166] 도 14는 전체 시계 너머에 잘 선택된 이미지 다시 말해, 다시 말해, 일치되지 않는 이미지 품질(141)과는 대조적으로 인-포커스와 아웃-포커스 모두 일치되는 이미지 품질(140)의 중요성을 나타내고 있다. 이러한 도면에서 도시될 수 있듯이, 시계 너머에서 결합하는 인-포커스와 아웃 포커스는 다른 표면(3) 위의 결함들로부터 관심 표면 위의 결함들을 구별하는 것을 돕는다. 이는 이미지 프로세싱이 관심의 특징을 추출하기 위해 제공될 때 매우 중요하다. 그런 일치되는 이미지 품질(140)은 라인스캔 카메라가 상술한 치수를 가질 때 얻어진다.

[0167] 반사 렌즈의 텔레센트리시티 또는 사실상 텔레센트리시티는 또한 포커싱에서의 값이다. 그러므로, 렌즈에서 객체까지의 거리를 줄이는 것은 이러한 감소가 너무 크지 않는 한 배율을 변화시키거나 또는 이미지의 품질을 떨어뜨리지 않고 렌즈에서 객체까지 대응하는 광학 거리를 증가시키는 효과가 있다. 이는 객체 측면뿐만 아니라 이미지 측면에서 텔레센트릭 또는 사실상 텔레센트릭인 렌즈의 결과이고, 렌즈 설계의 대칭에서 일어난다. 그

러므로, 객체의 측면 위에 초점을 맞추는 것 이외에도, 포커싱은 또한 렌즈에서 객체까지 거리 변화를 보상하기 위해 렌즈와 센서 사이의 유효 통로 길이를 변화시켜 이를 수 있다.

[0168] 도 15는 본 발명의 검사 시스템의 실시 예의 대표적인 구성요소 패키징: 즉, 검사될 표면에 대한 위치(150); 조명장치(152); 라인스캔 카메라에 대한 위치(156); 및 포커싱 메커니즘(158)을 나타낸다. 이 실시 예의 반사 렌즈(154)는 도 5의 것과 같다. 표 1로부터, 이 렌즈의 1차 거울의 직경은 대략 150 mm 또는 약 6인치이다. 따라서, 전체 검사 시스템은 초소형 패키지, 이를 테면, 5,000 입방 센티미터 또는 300 입방 인치 정도의 체적을 갖는 패키지로 제공될 수 있다.

[0169] 초소형 패키지에서 상기 검사 시스템을 패키징하는 능력 뿐만 아니라, 반사 렌즈의 사용으로 인해, 상기 시스템은 굴절 렌즈를 사용하는 기존 검사 시스템보다 더 저렴한 비용으로 생산될 수 있다. 특히, 상기 반사 렌즈는 적은 비용으로 광시야를 커버하도록 제작될 수 있는 구면 요소를 사용한다. 자세하게, 굴절 렌즈와 비교해 보면, 구면 거울은 제작하기 쉽고 저렴함 물질로 만들어질 수 있다. 또한, 반사 렌즈로서, 그것은 모든 파장에서 보정된 컬러가 존재한다.

[0170] 따라서, 본 출원서는 유리 시트의 하나 또는 양쪽 표면을 검사하기 위한 시스템을 제공한다. 상기 시스템은 검사될 표면이 반사 렌즈의 객체 평면에 있도록 장착된다. 상기 렌즈는 통합 배율을 갖는 라인스캔 카메라상에 상기 렌즈 둘레에 대한 접선 방향으로 길고 방사상 방향으로 짧은 박막형 스트라이프 영역(thin stripe area)을 이미지화한다. 라인 조명장치는 그것이 상기 스트라이프 영역을 비추도록 장착될 수 있다. 상기 검사를 수행하기 위해, 상기 시스템은 상기 유리를 거쳐 상기 시스템을 이동시킴으로써 또는 상기 시스템이 고정되는 동안 상기 유리를 이동시킴으로써, 상기 스트라이프의 장축(long axis)에 수직하는 방향으로 상기 유리에 대해 이동된다. 이미지 정보는 이러한 동작 동안 상기 라인스캔 카메라에 의해 수집되며 면상 이미지(areal image)로 조합된다. 일부 실시 예들에 있어, 어플리케이션에 따라 수집 동안 상기 라인스캔 센서 상의 이미지 포커스를 맞추기 위한 이미지 조정(adjustments)이 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 포커스 위치의 장소는 상기 유리에서 렌즈까지 거리를 측정하는 외부 센서에 의해 또는 포커스를 유지하기 위해 상기 거리가 어떻게 조정되어야 하는지를 결정하는 라인스캔 카메라로부터 이미지를 처리함으로써 감지될 수 있다.

[0171] 본 발명의 범위와 정신을 벗어나지 않는 다양한 변형들이 전술한 출원서로부터 당업계의 통상의 지식을 가진 자들에게 명백해질 것이다. 하기의 청구항들은 변형, 변경 및 이러한 실시 예들의 상응물들 뿐만 아니라 본원에서 설명한 소정의 실시 예들을 포함하도록 한다.

표 1

	대형	소형
반경, 1차 거울	304.8	204.216
직경, 1차 거울	152	127
반경, 2차 거울	152.426	102.1
미러 정점 거울	151.111	100.929
작업 거리*	152	102
NA(개구율)	0.12	0.12
FOV(시야)	28×2	28×2

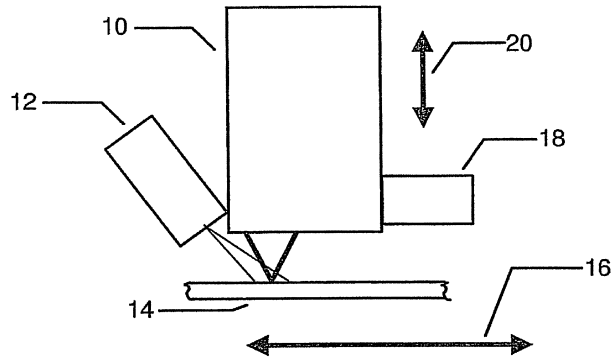
[0173] *"작업 거리(Working Distance)"는 상기 2차 거울의 정점에서 상기 객체 평면까지의 거리이다.

부호의 설명

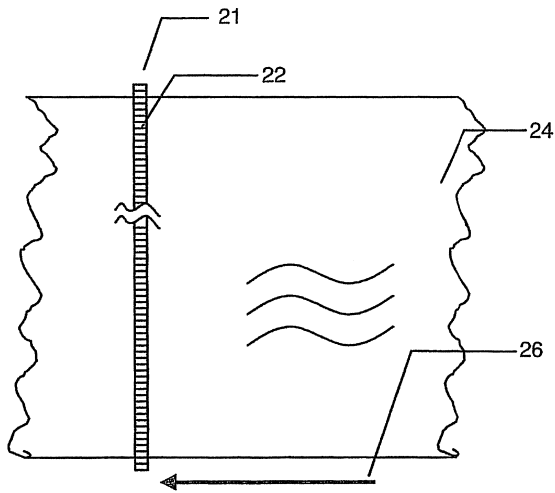
- [0174] 10 : 반사 렌즈,
 12 : 조명기,
 18 : 라인스캔 카메라,
 21 : 라인스캔 센서,
 32 : 광원.

도면

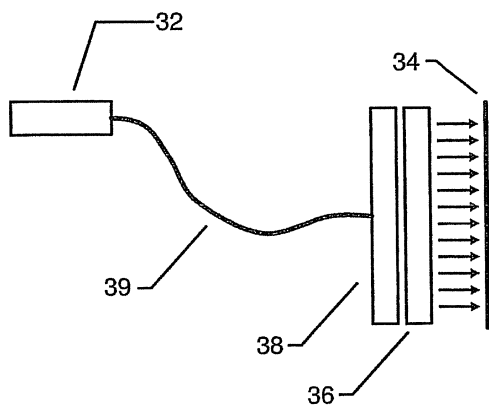
도면1



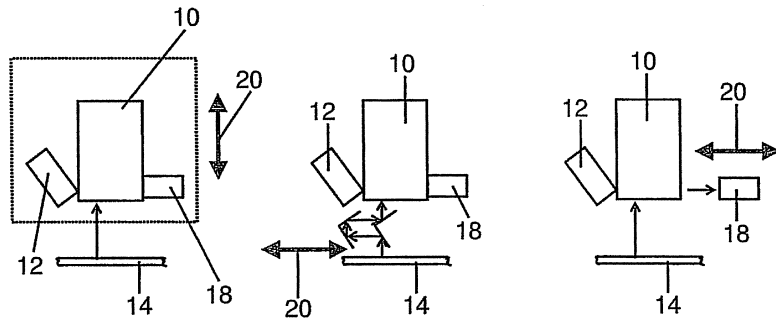
도면2



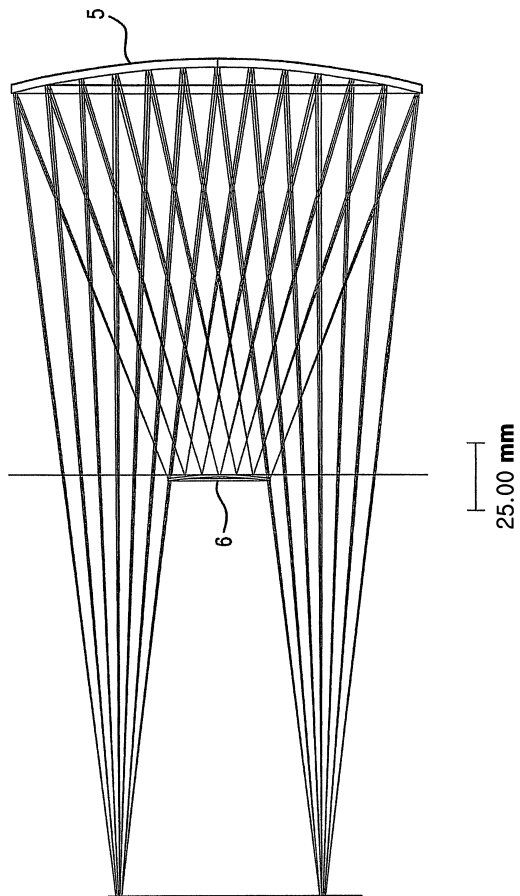
도면3



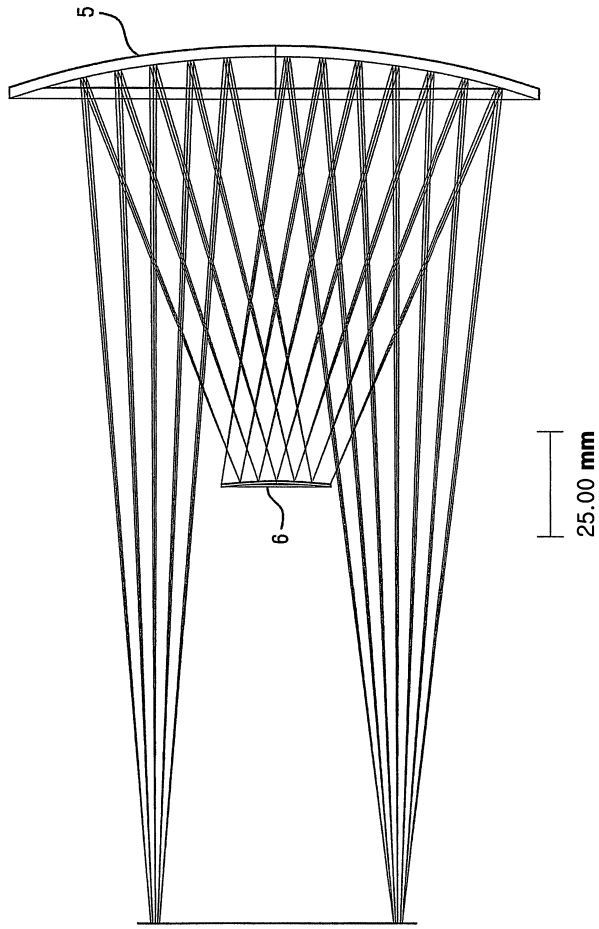
도면4



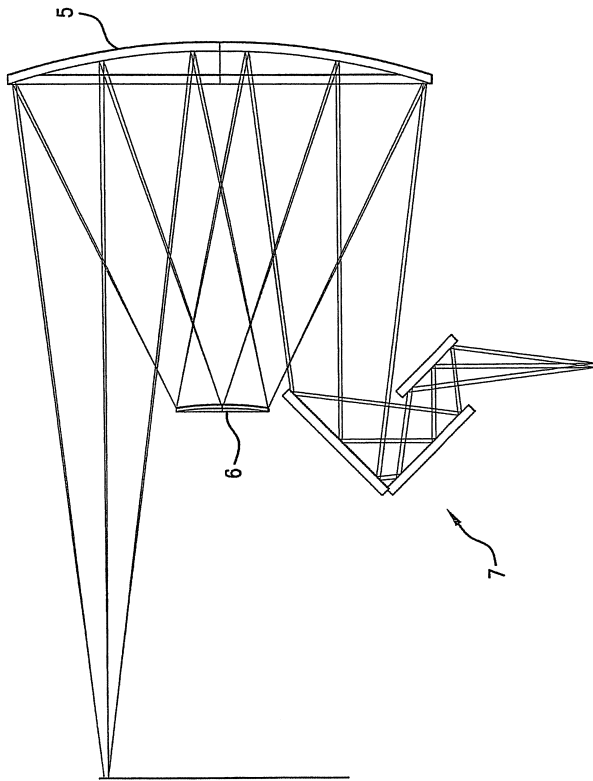
도면5



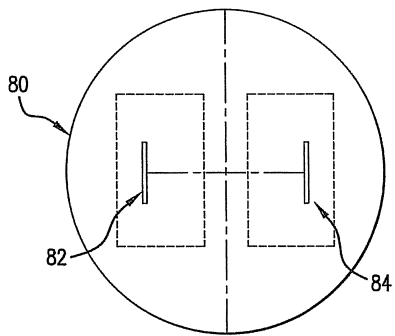
도면6



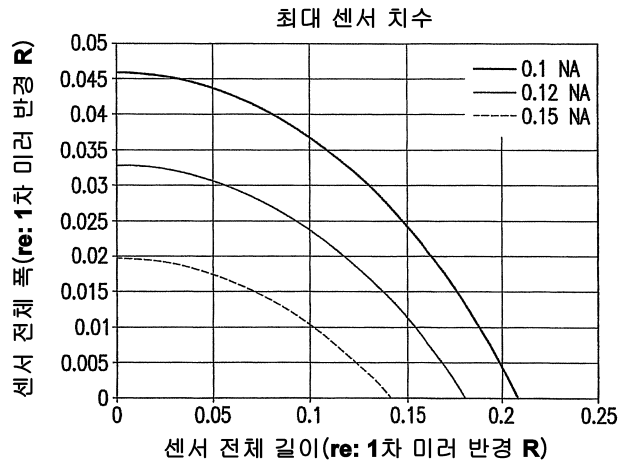
도면7



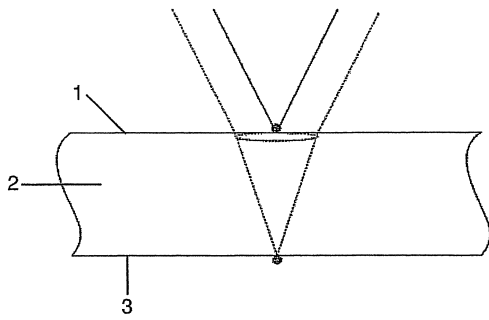
도면8



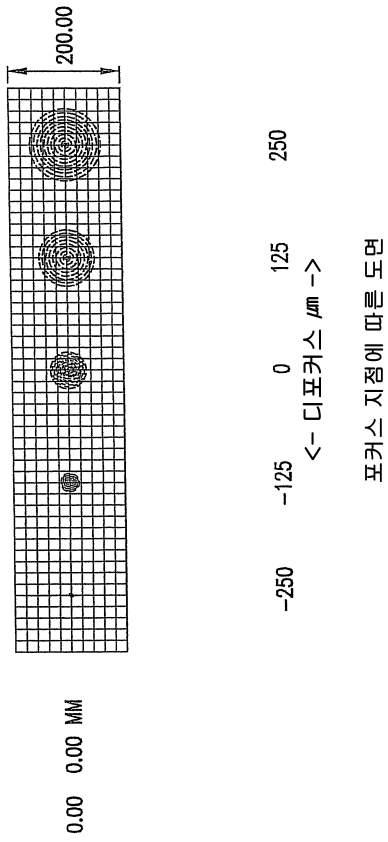
도면9



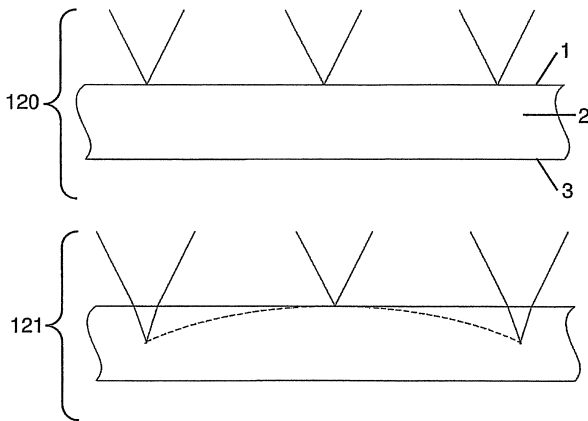
도면10



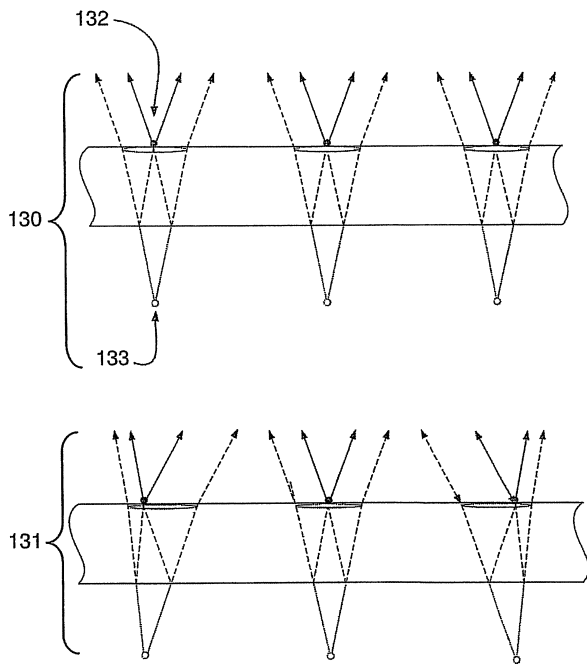
도면11



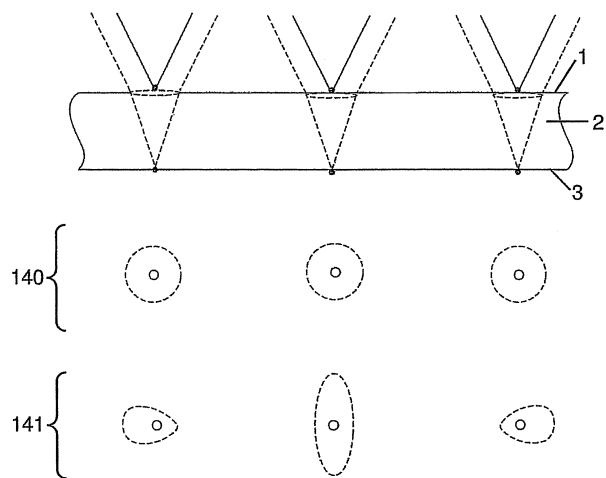
도면12



도면13



도면14



도면15

