



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0105593
(43) 공개일자 2014년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/30 (2006.01) G01N 21/86 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7020263
(22) 출원일자(국제) 2012년12월11일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년07월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/068935
(87) 국제공개번호 WO 2013/096003
국제공개일자 2013년06월27일
(30) 우선권주장
61/578,174 2011년12월20일 미국(US)

(71) 출원인
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 캄파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
쿼아오 이
미국 미네소타주 55133-3427 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
라이 잭 더블유
미국 미네소타주 55133-3427 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인

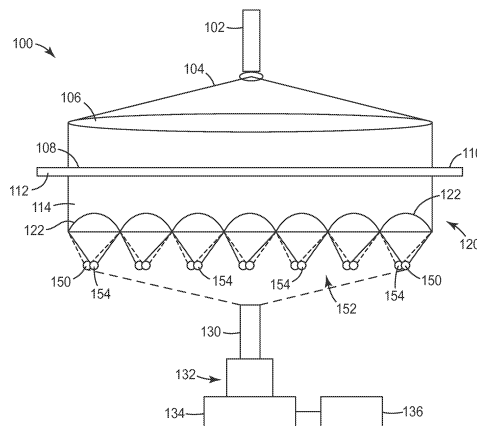
전체 청구항 수 : 총 42 항

(54) 발명의 명칭 표면 불균일도를 측정하기 위한 센서

(57) 요약

방법은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는 단계와, 샘플 영역을 통해 투과된 또는 샘플 영역으로부터 반사된 광을 렌즈들의 어레이로 집광하여 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성하는 단계와, 초점 스폿들의 샘플 어레이를 이미지화 렌즈를 통해 센서 상에 이미지화하는 단계와, 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위해 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지를 초점 스폿들의 기준 어레이와 비교하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

립닉 에반 제이

미국 미네소타주 55133-3427 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

호펠트 데이비드 엘

미국 미네소타주 55133-3427 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

특허청구의 범위

청구항 1

표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔(interrogating beam)을 형성하는 단계와,
 상기 샘플 영역을 통해 투과된 또는 상기 샘플 영역으로부터 반사된 광을 렌즈들의 어레이로 집광하여 초점 스폿(focus spot)들의 샘플 어레이(sample array)를 형성하는 단계와,
 상기 초점 스폿들의 샘플 어레이를 이미지화 렌즈를 통해 센서 상에 이미지화하는 단계와,
 상기 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위해 상기 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지를 초점 스폿들의 기준 어레이(reference array)와 비교하는 단계를 포함하는
 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 광원은 레이저를 포함하는
 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 2차원 조사 빔을 형성하기 위해 단일 광원의 출력 빔이 적어도 하나의 빔 확장 렌즈(beam expanding lens)에 의해 확장되는
 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 2차원 조사 빔은 다수의 광원에 의해 형성되는
 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 센서는 CCD 또는 CMOS 카메라를 포함하는
 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 이미지화 렌즈는 (1) 단일 요소 렌즈, 또는 (2) 다중 요소 렌즈 조합을 포함하는

방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 비교하는 단계는 상기 센서 내부에 있는 프로세서(processor)에 의해 수행되는 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 비교하는 단계는 상기 센서로부터 원격에 있는 프로세서에 의해 수행되는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 샘플은 재료의 이동 웹(web)인 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 비교하는 단계는 상기 샘플 어레이 내의 상기 초점 스폿들의 하기 특성들: X-Y 평면 내에서의 변위, 크기 및 세기 중 적어도 하나를 상기 기준 어레이 내의 상기 초점 스폿들의 특성들과 비교하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 비교하는 단계는 상기 기준 어레이 내의 상기 초점 스폿들의 위치에 대한 상기 샘플 어레이 내의 상기 초점 스폿들의 X-Y 평면 내에서의 변위를 비교하는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 집광된 광은 상기 샘플 영역을 통해 투과되는 방법.

청구항 13

표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는 적어도 하나의 광원과,

상기 표면의 상기 샘플 영역을 통해 투과된 또는 상기 샘플 영역으로부터 반사된 광을 캡처하여 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성하는 렌즈렛 어레이(lenslet array)와,

상기 렌즈렛 어레이에 의해 생성된 상기 초점 스폿들의 샘플 어레이를 센서 상에 이미지화하는 이미지화 렌즈와,

초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 상기 초점 스폿들의 샘플 어레이의 특성의 하기 변화들: (1) 상기 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 X-Y 평면 내에서의 변위, (2) 상기 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 크기, 및 (3) 상기 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 세기 중 적어도 하나를 결정하는 프로세서 - 상기 변화들은 상기 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 나타냄 - 를 포함하는

장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 초점 스폿들의 기준 어레이에 대한 상기 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 상기 변위를 결정하는

장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 광원과 상기 표면 사이에 빔 확장 렌즈를 더 포함하는

장치.

청구항 16

제13항에 있어서,

다수의 광원이 상기 조사 빔을 형성하는

장치.

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 광원은 레이저인

장치.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 이미지화 렌즈는 (1) 단일 요소 렌즈, 또는 (2) 다중 요소 렌즈 조합을 포함하는

장치.

청구항 19

제13항에 있어서,
상기 센서는 CCD 또는 CMOS 카메라를 포함하는
장치.

청구항 20

제13항에 있어서,
상기 프로세서는 상기 센서 내부에 있는
장치.

청구항 21

제13항에 있어서,
상기 프로세서는 상기 센서로부터 원격에 있는
장치.

청구항 22

제13항에 있어서,
상기 렌즈릿 어레이는 상기 샘플 영역을 통해 투과된 광을 캡처하는
장치.

청구항 23

재료의 표면 상의 선택된 샘플 영역 내에서의 왜곡(distortion)을 모니터링하기 위한 시스템으로서,
상기 표면의 상기 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는 광원과,
상기 표면의 상기 샘플 영역을 통해 투과된 또는 상기 샘플 영역으로부터 반사된 광을 캡처하여 초점 스폿들의
샘플 어레이를 형성하는 렌즈릿 어레이와,
상기 초점 스폿들의 샘플 어레이를 센서 상에 이미지화하기 위한 이미지화 렌즈와,
상기 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위해, 초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 상기 샘플 어
레이 내의 상기 초점 스폿들의 X-Y 평면 내에서의 변위, 크기 및 세기 중 적어도 하나를 측정하는 프로세서를
포함하는
시스템.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 기준 어레이에 대해, 상기 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 X-Y 방향으로의 상기 변위를 측정하는

시스템.

청구항 25

제23항에 있어서,

상기 렌즈릿 어레이는 상기 샘플 영역의 상기 표면을 통해 투과된 광을 캡처하는

시스템.

청구항 26

제23항에 있어서,

상기 재료의 상기 표면은 고정되지 않은

시스템.

청구항 27

제23항에 있어서,

상기 광원은 레이저이고, 상기 시스템은 상기 레이저와 상기 표면 사이에 빔 확장 렌즈를 더 포함하는

시스템.

청구항 28

제23항에 있어서,

상기 이미지화 렌즈는 (1) 단일 요소 렌즈, 또는 (2) 다중 요소 렌즈 조합을 포함하는

시스템.

청구항 29

제23항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 센서로부터 원격에 있는

시스템.

청구항 30

광원을 가요성 재료의 고정되지 않은 웨브의 표면에 근접하게 위치시키는 단계 - 상기 광원은 상기 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성함 - 와,

상기 샘플 영역을 통해 투과된 광을 렌즈릿 어레이 상에 집광시키는 단계 - 상기 렌즈릿 어레이는 대응하는 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성함 - 와,

상기 초점 스폿들의 샘플 어레이를 이미지화 렌즈를 통해 카메라의 센서 상에 이미지화하는 단계와,

초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 상기 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 X-Y 방향으로의 변위를 측정하도록 상기 센서 상의 상기 이미지를 처리하고, 상기 초점 스폿들의 상기 측정된 변위들에 기초하여 상기 샘플 영역 내에서의 불균일도를 계산하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 31

제30항에 있어서,

상기 이미지화 렌즈는 (1) 단일 요소 렌즈, 또는 (2) 다중 요소 렌즈 조합을 포함하는

방법.

청구항 32

제30항에 있어서,

상기 초점 스폿들의 샘플 어레이의 상기 이미지는 상기 카메라 내부에 있는 프로세서에 의해 처리되는

방법.

청구항 33

제30항에 있어서,

상기 초점 스폿들의 샘플 어레이의 상기 이미지는 상기 카메라로부터 원격에 있는 프로세서에 의해 처리되는

방법.

청구항 34

웹브 재료가 제조됨에 따라 상기 웹브 재료를 실시간으로 검사하고 상기 웹브 재료의 표면 내의 선택된 샘플 영역의 왜곡 레벨을 계산하기 위한 방법으로서,

광원을 가요성 재료의 고정되지 않은 웹브의 표면에 근접하게 위치시키는 단계 - 상기 광원은 적어도 하나의 레이저 및 빔 확장 렌즈를 포함하고, 상기 광원은 상기 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성함 - 와,

상기 샘플 영역을 통해 투과된 또는 상기 샘플 영역으로부터 반사된 광을 렌즈렛 어레이 상에 집광시키는 단계 - 상기 렌즈렛 어레이는 대응하는 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성함 - 와,

상기 초점 스폿들의 샘플 어레이를 이미지화 렌즈를 통해 카메라의 센서 상에 이미지화하는 단계와,

초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 상기 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 X-Y 방향으로의 변위를 측정하도록 상기 센서 상의 상기 이미지를 처리하고, 상기 측정된 변위들에 기초하여 상기 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 계산하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 이미지화 렌즈는 (1) 단일 요소 렌즈, 또는 (2) 다중 요소 렌즈 조합을 포함하는

방법.

청구항 36

제34항에 있어서,

상기 이미지는 CCD 카메라로부터 원격에 있는 프로세서에 의해 처리되는 방법.

청구항 37

제34항에 있어서,

상기 계산된 불균일도의 레벨을 사용자에게 출력하기 위한 사용자 인터페이스를 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 38

제37항에 있어서,

상기 출력에 응답하여 상기 제조된 웹 재료에 대한 공정 제어 파라미터를 업데이트하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 39

웹 재료를 실시간으로 검사하기 위한 온라인 컴퓨터 검사 시스템으로서,

표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는 광원과,

상기 표면의 상기 샘플 영역을 통해 투과된 광을 캡처하여 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성하는 렌즈릿 어레이와,

상기 초점 스폿들의 샘플 어레이를 센서 상에 이미지화하기 위한 이미지화 렌즈와,

초점 스폿들의 기준 어레이에 대한 상기 초점 스폿들의 샘플 어레이의 특성의 측정된 변화에 기초하여 상기 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위한 컴퓨터 실행 소프트웨어를 포함하는

온라인 컴퓨터 검사 시스템.

청구항 40

제39항에 있어서,

웹 검사 모델을 저장하기 위한 메모리를 더 포함하고, 상기 컴퓨터는 상기 샘플 영역 내의 상기 불균일도를 상기 모델과 비교하고 상기 웹 재료 내의 불균일 결함의 심각도를 계산하기 위한 소프트웨어를 실행하는

온라인 컴퓨터 검사 시스템.

청구항 41

제39항에 있어서,

결함의 심각도를 사용자에게 출력하기 위한 사용자 인터페이스를 더 포함하는
온라인 컴퓨터 검사 시스템.

청구항 42

소프트웨어 명령어들을 포함하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체로서,

상기 소프트웨어 명령어들은 컴퓨터 프로세서로 하여금,

웹 재료의 제조 동안 상기 웹 재료의 표면 상의 하나 이상의 샘플 영역의 측정된 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지를 온라인 컴퓨터 검사 시스템으로 수신하게 하고,

상기 초점 스폿들의 샘플 어레이의 상기 이미지를 초점 스폿들의 기준 어레이와 비교하게 하고,

상기 샘플 어레이 내의 상기 초점 스폿들과 상기 기준 어레이 내의 상기 초점 스폿들 사이의 선택된 특성의 변화에 기초하여 상기 웹 재료 내의 불균일 결함의 심각도를 계산하게 하는

비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

명세서

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 그 개시 내용이 전체적으로 본 명세서에 참고로 포함된, 2011년 12월 20일자로 출원된 미국 가출원 제61/578,174호의 이익을 청구한다.

[0003] 본 개시 내용은 재료의 이동 웹(web)의 검사를 위한, 컴퓨터 시스템과 같은 재료 검사 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 이상적인 조건 하에서, 제조 라인이 완벽하게 균일하고 가변성이 없는 제품을 생성할 수 있다. 그러나, 공정 변수 및 재료 제형 오차가 실제 제조시 제품 불균일도를 초래할 수 있다. 예를 들어, 웹형 중합체 재료의 시트가 컴퓨터 또는 이동 장치의 디스플레이에 사용하기 위해 의도될 때, 제조 동안 발생하는 왜곡(distortion) 또는 파형 결함(waviness defect)이 고객의 제품에 대한 시지각(visual perception)에 강하게 영향을 미칠 수 있다.

[0005] 제조된 제품이 제조 공정을 통해 진행함에 따라 제조된 제품의 품질을 모니터링하기 위해 이미지화-기반 검사 시스템이 사용되었다. 검사 시스템은 예를 들어 CCD 카메라와 같은 센서를 사용하여 제품 재료의 선택된 부분의 디지털 이미지를 캡처한다. 검사 시스템 내의 프로세서(processor)가, 샘플 또는 그의 선택된 영역이 고객에게 판매하기에 적합하게 결함이 없는지를 결정하기 위해, 재료의 샘플의 캡처된 디지털 이미지를 신속하게 평가하기 위한 알고리즘을 적용한다.

[0006] 검사 시스템은 각각의 결함이 제조된 재료의 단일 영역에 국소화되는 "점(point)" 결함을 식별할 수 있다. 그러나, 재료의 웹가 불균일한 큰 영역을 포함할 수 있고, 그러한 결함은 예를 들어 반점(mottle), 채터(chatter), 밴딩(banding), 기다란 자국(streak) 및 왜곡을 포함할 수 있다. 이들 분산되고 비-국소화된 결함은 국소화된 점 결함보다 컴퓨터 검사 시스템이 검출하고 정량화하기에 더욱 어려울 수 있다.

발명의 내용

[0007] 일 태양에서, 본 개시 내용은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔(interrogating beam)을 형성하는 단계를 포함하는 방법에 관한 것이다. 광이 샘플 영역을 통해 투과되거나 샘플 영역으로부터 반사되어 렌즈들의 어레이로 초점 스폿(focus spot)들의 샘플 어레이(sample array)를 형성한다. 초점 스폿들의 샘플 어레이는, 이하에서 간단히 이미지화 렌즈로 지칭되는, 단일 요소 렌즈 또는 다중 요소 렌즈 조합일 수 있는 이미지화 렌

를 통해 센서 상에 이미지화된다. 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위해 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지가 초점 스폿들의 기준 어레이(reference array)와 비교된다.

[0008] 다른 태양에서, 본 개시 내용은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는 적어도 하나의 광원과, 표면의 샘플 영역을 통해 투과된 또는 샘플 영역으로부터 반사된 광을 캡처하여 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성하는 렌즈릿 어레이(lenslet array)와, 렌즈릿 어레이에 의해 생성된 초점 스폿들의 샘플 어레이를 센서 상에 이미지화하는 이미지화 렌즈와, 초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 하기 변화: (1) 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 X-Y 평면 내에서의 변위, (2) 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 크기, 및 (3) 샘플 어레이 내의 초점 스폿의 세기 중 적어도 하나를 결정하는 프로세서를 포함하고, 여기서 변화들은 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 나타내는, 장치에 관한 것이다.

[0009] 다른 태양에서, 본 개시 내용은 재료의 표면 상의 선택된 샘플 영역 내에서의 왜곡을 모니터링하기 위한 시스템에 관한 것이다. 시스템은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는 광원과, 표면의 샘플 영역을 통해 투과된 또는 샘플 영역으로부터 반사된 광을 캡처하여 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성하는 렌즈릿 어레이와, 초점 스폿들의 샘플 어레이를 센서 상에 이미지화하기 위한 이미지화 렌즈와, 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위해, 초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 샘플 어레이 내의 초점 스폿들의 X-Y 평면 내에서의 변위, 크기 및 세기 중 적어도 하나를 측정하는 프로세서를 포함한다.

[0010] 또 다른 태양에서, 본 개시 내용은 광원을 가요성 재료의 고정되지 않은 웨브의 표면에 근접하게 위치시키는 단계를 포함하고, 여기서 광원은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성하는, 방법에 관한 것이다. 샘플 영역을 통해 투과된 광이 렌즈릿 어레이에 의해 집광되며, 여기서 렌즈릿 어레이는 대응하는 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성한다. 초점 스폿들의 샘플 어레이는 이미지화 렌즈를 통해 카메라의 센서 상에 이미지화된다. 센서 상의 이미지는 초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 X-Y 방향으로의 변위를 측정하도록 처리되고, 초점 스폿들의 측정된 변위들에 기초하여 샘플 영역 내에서의 불균일도를 계산한다.

[0011] 또 다른 태양에서, 본 개시 내용은 웨브 재료가 제조됨에 따라 웨브 재료를 실시간으로 검사하고 웨브 재료의 표면 내의 선택된 샘플 영역의 왜곡 레벨을 계산하기 위한 방법에 관한 것이다. 방법은 광원을 가요성 재료의 고정되지 않은 웨브의 표면에 근접하게 위치시키는 단계를 포함하고, 여기서 광원은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성한다. 샘플 영역을 통해 투과된 광이 렌즈릿 어레이에 의해 집광되며, 여기서 렌즈릿 어레이는 대응하는 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성한다. 초점 스폿들의 샘플 어레이는 이미지화 렌즈를 통해 카메라의 센서 상에 이미지화되고, 센서 상의 이미지는 초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 X-Y 방향으로의 변위를 측정하도록 처리된다. 이어서, 측정된 변위들에 기초하여 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨이 계산된다.

[0012] 또 다른 태양에서, 본 개시 내용은 웨브 재료를 실시간으로 검사하기 위한 온라인 컴퓨터 검사 시스템에 관한 것이다. 시스템은 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 이미지를 형성하는 광원과, 표면의 샘플 영역을 통해 투과된 광을 캡처하여 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성하는 렌즈릿 어레이와, 초점 스폿들의 샘플 어레이를 센서 상에 이미지화하기 위한 이미지화 렌즈와, 초점 스폿들의 기준 어레이에 대한 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 측정된 변화에 기초하여 샘플 영역 내에서의 불균일도의 레벨을 결정하기 위한 컴퓨터 실행 소프트웨어를 포함한다.

[0013] 또 다른 태양에서, 본 개시 내용은 소프트웨어 명령어들을 포함하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체로서, 소프트웨어 명령어들은 컴퓨터 프로세서로 하여금, 웨브 재료의 제조 동안 웨브 재료의 표면 상의 하나 이상의 샘플 영역의 측정된 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지를 온라인 컴퓨터 검사 시스템으로 수신하게 하고, 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지를 초점 스폿들의 기준 어레이와 비교하게 하고, 샘플 어레이 및 기준 어레이 내의 초점 스폿들 사이의 변화에 기초하여 웨브 재료 내의 불균일 결함의 심각도를 계산하게 하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체에 관한 것이다.

[0014] 본 발명의 하나 이상의 실시예의 상세 사항이 첨부 도면 및 이하의 설명에 기재되어 있다. 본 발명의 다른 특징, 목적 및 이점이 설명 및 도면, 그리고 특허청구범위로부터 명백하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1a 및 도 1b는 재료의 표면 내의 점 결함을 측정하기 위해 사용되는 방법 및 장치의 개략도.
- 도 2는 표면의 샘플 영역의 불균일도를 측정하기 위한 센서의 일 실시예의 개략도.
- 도 3은 재료의 샘플 영역에서 불균일도의 레벨을 측정하기 위한 방법의 일 실시예를 예시하는 흐름도.
- 도 4는 예시적인 웹 제조 플랜트 내의 검사 시스템의 예시적인 실시예의 개략적인 블록 다이어그램.
- 도 5는 예에 사용되는 초점 스폿들의 기준 어레이의 이미지.
- 도 6은 예에 사용되는 초점 스폿들의 샘플 어레이의 이미지.
- 도 7은 도 6의 이미지 데이터의 표면 등고선 지도.
- 도면에서 동일 도면 부호는 동일 요소를 가리킬 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 제조된 재료 내의 결함을 측정하기 위해 사용될 수 있는 하나의 방법이 도 1a 및 도 1b에 도시된다. 도 1a를 참조하면, 예를 들어 레이저와 같은 광원(10)이 조사 광 빔(12)을 기준 샘플 재료(16)의 기준 표면(14) 상으로 투사한다. 기준 표면(14)은 실질적으로 평평하고, 왜곡, 밴딩, 기다란 자국 등과 같은 불균일 결함이 없다. 샘플 재료(16)를 통해 투과된 광 빔(18)이 푸리에 변환(Fourier Transform) 렌즈(20)를 통과하고, 센서(22) 상에 이미지화된다. 빔(18)은 광원(10), 렌즈(20) 및 기준 표면(14)의 각도 정렬의 특성인 기준 초점 스폿(24)을 센서(22) 상에 형성한다. 이어서, 예를 들어 X-Y 평면 내에서의 스폿의 위치와 같은 기준 초점 스폿(24)의 선택된 특성이 컴퓨터(도 1a에 도시되지 않음)의 메모리에 저장된다.
- [0017] 도 1b를 참조하면, 광원(30)이 조사 광 빔(32)을 샘플 재료(36)의 표면(34) 상으로 투사한다. 표면(34)은 예를 들어 왜곡, 밴딩, 기다란 자국 등과 같은 적어도 하나의 불균일 결함을 포함한다. 샘플 재료(36)를 통해 투과된 광 빔(38)이 푸리에 변환 렌즈(40)를 통과하고, 센서(42) 상으로 투사된다. 빔(38)은 샘플 재료(36)의 표면(34)의 특성인 초점 스폿(44)을 센서(42) 상에 형성한다.
- [0018] 센서(42) 상의 초점 스폿(44)의 선택된 특성이 메모리에 저장된 기준 스폿(24)의 특성과 비교되면, 표면(34) 내의 불균일 결함은 초점 스폿(44)의 측정가능한 변화를 야기할 것이다. 예를 들어, 표면(34) 내의 소정의 불균일 결함은 광 빔(38)의 각도 편차 θ 와 초점 스폿(24, 44)의 중심들 사이의 대응하는 선형 편차 x 를 야기할 것이다.
- [0019] 도 1a 및 도 1b에 도시된 방법과 장치는 샘플 재료의 표면 특성의 일점 측정(one-point measurement)만을 제공한다. 재료의 표면 상의 큰 샘플 영역에 걸쳐 불균일 결함을 측정하기 위해, 레이저 빔이 샘플 영역의 선택된 부분을 가로질러 스캐닝될 수 있으며, 이는 시간 소모적이고, 재료가 제조됨에 따라 샘플 영역의 표면 특성을 실시간으로 신속하게 평가하는 것을 어렵게 할 수 있다.
- [0020] 도 2를 참조하면, 표면 불균일도를 측정하기 위한 시스템 및 장치(100)가 조사 광 빔(104)을 방출하는 적어도 하나의 광원(102)을 포함한다. 적합한 광원(102)은 분석될 표면의 유형에 따라 폭넓게 달라질 수 있지만, 레이저와 같은, 명확한 파면을 갖는 광원이 특히 바람직하고, 적합한 레이저는 He-Ne 레이저, 다이오드 레이저 등을 포함한다.
- [0021] 조사 광 빔(104)은 빔을 샘플 재료(112)의 표면(110) 상의 선택된 샘플 영역(108) 위에 놓이도록 추가로 확장시키는 광학 렌즈 시스템(106)을 통과한다. 다수의 조사 광 빔(104)이 광원(102)으로서 사용되면, 빔을 샘플 영역(108) 위에 놓이도록 충분히 확장시키는 데 렌즈 시스템(106)이 필요하지 않을 수 있다.
- [0022] 예를 들어, 본 명세서에 기술된 분석 방법 및 장치는 샘플 재료(112)의 웹형 물의 표면을 검사하기에 특히 적합하지만 이에 제한되지 않는다. 일반적으로, 웹 롤은 하나의 방향(웹 폭(cross-web) 방향)으로 고정된 치수를 그리고 직교 방향(웹 하류(down-web) 방향)으로 미리설정된 또는 부정의 길이를 갖는 임의의 시트형 재료일 수 있는 제조된 웹 재료를 포함할 수 있다. 시스템(100)을 사용하여 효과적으로 분석될 수 있는 웹 재료의 예는 표면(110)이 광원(102)에 의해 방출된 광을 고도로 산란시키지 않는 투과성 또는 반사성 샘플 재료(112)를 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 예는 금속, 종이, 직물(woven), 부직물(non-woven), 유리, 중합체 필름, 연성 회로 또는 이들의 조합을 포함한다. 금속은 강철 또는 알루미늄과 같은 재료를 포함할 수 있다. 직물 재료는 일반적으로 다양한 천을 포함한다. 부직물은 종이, 필터 매체, 또는 절연 재료와 같은 재료를 포함한다. 필름은 예를 들어 라미네이트 및 코팅된 필름을 비롯한 투명 및 불투명 중합체 필름을 포함한다.

- [0023] 표면(110)은 샘플 재료(112)의 넓은 영역에 걸쳐 연장될 수 있는, 예를 들어 반점, 채터, 밴딩, 기다란 자국 및 왜곡(도 2에 도시되지 않음)과 같은 불균일부를 포함한다. 광원(102)과 렌즈 시스템(106)은 특정 표면 분석 응용에 적합하게 크기설정된 샘플 영역(108)을 제공하도록 선택될 수 있다.
- [0024] 2차원 광 빔(114)이 샘플 재료(112)의 표면(110)을 통해 투과되고/되거나 그로부터 반사된 다음에 렌즈들의 어레이(120)에 입사하게 된다. 선형이거나 2차원일 수 있는 렌즈 어레이(120)는 투과된 또는 반사된 광 빔(114)의 적어도 일부분을 캡처하기 위해, 본 명세서에서 렌즈릿으로 지칭될 수 있는, 적합한 개수 및 배열의 렌즈 요소들(122)을 포함한다. 렌즈 어레이(120)가 임의의 적합한 크기 및 형상일 수 있지만, 렌즈 어레이(120)의 크기 및 형상은 바람직하게는 렌즈 어레이(120) 내의 모든 렌즈릿(122)이 투과된 광 빔(114)에 의해 채워지도록 선택된다. 다수의 투과된 광 빔(114)이 광원(102)으로서 이용되면, 렌즈 어레이(120) 내의 렌즈릿은 바람직하게는 렌즈 시스템(106)(존재하는 경우)으로부터의 각도 발산과 샘플 재료(112)에 의해 유발되는 각도 편차의 양의 조합이 다수의 투과된 광 빔이 단일 렌즈릿에 입사하게 또는 렌즈릿들 사이의 영역에 입사하게 하지 않도록 배열된다. 다수의 렌즈 어레이(120)는 선택적으로 투과된 광 빔(114)의 크기에 맞도록 서로 인접하게 배치될 수 있다.
- [0025] 렌즈릿들(122) 각각은 초점 스폿(150)을 생성하도록 선택되는 만곡된 표면을 포함하고, 렌즈 어레이(120)에 의해 생성되는 초점 스폿의 2차원 어레이(152)는 표면(110)의 샘플 영역(108) 내의 특징부의 특성이다. 도 2에 도시된 실시예에서, 초점 스폿들의 어레이(152)는 이미지화 렌즈 시스템(130)에 의해, 예를 들어 CCD 또는 CMOS 카메라(134)를 포함하는 적합한 센서 시스템(132) 상에 이미지화된다.
- [0026] 센서 시스템(132)은 카메라(134) 내부에 있거나 그 외부에 있거나 그로부터 원격에 있을 수 있는 프로세서(136)를 포함한다. 프로세서(136)는 메모리에 저장되는 초점 스폿들(154)의 기준 어레이를 포함한다. 초점 스폿들(154)의 기준 어레이는 실질적으로 불균일 결함이 없는 기준 샘플 재료(112)의 장치(100)를 사용한 사전 분석으로부터 형성되거나, 이상적인 샘플 재료의 거동의 이론적인 모델에 기초하여 계산될 수 있다.
- [0027] 샘플 영역(108)의 임의의 부분 내의 불균일 결함은 샘플 재료(112)의 그 부분을 통해 투과되는 광의 변화를 유발하며, 이는 렌즈릿 어레이(120) 내의 아래에 있는 렌즈릿(122)에 의해 수집된다. 예를 들어, 샘플 영역(108) 내의 불균일 결함은 조사 광 빔의 각도 편향, 각도 발산, 또는 변경된 투과율을 유발할 수 있다. 이들 변경은 초점 스폿들의 기준 어레이에 대해, (1) X-Y 평면 내에서의 초점 스폿들의 위치, (2) 초점 스폿들의 크기, 또는 (3) 초점 스폿들의 세기 중 적어도 하나의 변화를 형성할 수 있다.
- [0028] 도 2에 도시된 실시예에서, 조사 빔(114)의 각도 편향은 샘플 영역(108) 아래에 있는 렌즈릿들(122) 중 적어도 일부에 의해 검출되며, 이는 프로세서(136)의 메모리에 저장된 초점 스폿들(154)의 기준 어레이와 비교할 때, 어레이(152) 내의 초점 스폿들(150) 사이의 X 및 Y 방향들 중 적어도 하나로의 대응하는 변위를 유발한다. 프로세서(136)는 2차원 어레이(152) 내의 각각의 초점 스폿(150)의 X-Y 평면 내에서의 위치를 기준 초점 스폿 어레이 내의 그의 대응하는 기준 초점 스폿(154)의 위치와 비교하기 위해 임의의 적합한 알고리즘을 이용한다. 렌즈 어레이(120) 내의 각각의 렌즈릿(122)에 의해 생성되는 초점 스폿들(150, 154)의 도심(centroid) 영역들 사이의 이러한 선형 변위는 샘플 영역(108)의 대응하는 위에 놓인 영역 내의 불균일 결함의 심각도에 비례한다.
- [0029] 도 1a 및 도 1b에 도시된 점 측정 장치에 비해, 도 2의 장치는 큰 샘플 영역(108)에 걸쳐 불균일부의 신속한 2차원 맵핑을 가능하게 하기 위해 다수의 점을 동시에 측정한다. 초점 스폿들(150)의 어레이의 2차원 맵은 두 방향(예를 들어, 웹 재료에서, 웹 폭 및 웹 하류 방향)으로의 샘플 균일도의 정확한 표현이다. 또한, 초점 스폿들(154)의 기준 어레이로부터 초점 스폿들(150)의 2차원 어레이의 변위는 프로세서(136) 내의 알고리즘을 사용하여 처리하고 해석하기에 비교적 간단하다.
- [0030] 장치(100)의 감도는 주로 2개의 인자: 1) 렌즈 어레이(120) 내의 렌즈릿들(122)의 초점 길이(렌즈릿들(122)의 초점 거리가 길수록, 감도가 높아짐); 및 2) 초점 스폿들(150, 154) 사이의 도심 이동을 추적하기 위해 사용되는 프로세서(136) 내의 이미지화 처리 알고리즘과 센서 시스템(132)의 분해능에 의해 결정된다. 예를 들어, 스폿의 도심이 카메라(134)의 센서 상의 단일 픽셀보다 많은 픽셀과 만나는 경우, 프로세서(136)는 스폿 내에 놓인 픽셀들의 세기들의 도심을 계산한다. 이어서, 어레이 내의 인접한 렌즈릿에 마주하는(subtend) 픽셀들의 영역과 충돌하기 전에 얼마나 많은 픽셀이 남아 있는지에 의해 시스템의 각도 범위가 결정된다.
- [0031] 장치(100)에서, 실린더형 렌즈들의 어레이 또는 렌티큘러(lenticular) 렌즈 어레이가 렌즈 어레이를 대체하도록 사용될 수 있고, 라인 스캔 카메라가 CCD 또는 CMOS 카메라를 대체하도록 사용될 수 있다. 그러나, 이러한 대안적인 실시예는 하나의 방향(예를 들어 웹을 가로지름)으로의 불균일도 측정만을 허용한다.

- [0032] 도 3은 재료의 샘플 영역에서 불균일도의 레벨을 결정하기 위해 도 2의 장치를 작동시키는 방법(300)을 예시하는 흐름도이다. 단계(302)에서, 적어도 하나의 광원의 출력 빔이 표면의 선택된 샘플 영역 상에 2차원 조사 빔을 형성한다. 단계(304, 306)에서, 샘플 영역을 통해 투과된 또는 샘플 영역으로부터 반사된 광이 렌즈들의 어레이에 의해 집광되어 대응하는 초점 스폿들의 샘플 어레이를 형성한다. 단계(308)에서, 초점 스폿들의 샘플 어레이가 CCD 카메라와 같은 센서 상에 이미지화된다. 단계(310)에서, 센서 상의 샘플 어레이의 이미지가 기준 초점 스폿 어레이에 대한 선택된 초점 스폿 특성의 선택된 변화를 결정하도록 처리된다. 초점 스폿 특성의 측정가능한 변화의 예는 스폿 위치, 스폿 크기 또는 스폿 세기의 차이를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 단계(312)에서, 이러한 변화가 샘플 영역의 불균일도를 평가 및/또는 특성화하기 위해 사용된다.
- [0033] 몇몇 실시예에서, 도 2의 장치는 제조 동안 웨브 재료를 검사하기 위해 하나 이상의 검사 시스템에 이용될 수 있다. 제품 내로의 통합을 위해 개별 시트로의 변환 준비가 된 완성된 웨브 롤을 생성하기 위해, 미완성된 웨브 롤이 하나의 웨브 제조 플랜트 내의 또는 다수의 제조 플랜트 내의 다수의 공정 라인 상에서 처리될 수 있다. 각각의 공정에 대해, 웨브가 그로부터 제조 공정으로 공급되는 소스 롤로서 웨브 롤이 사용된다. 각각의 공정 후, 웨브는 전형적으로 다시 웨브 롤로 수집되고, 상이한 제품 라인으로 이동되거나 상이한 제조 플랜트로 운송되며, 거기에서 이는 이어서 폴리고 처리되며 다시 롤로 수집된다. 궁극적으로 완성된 웨브 롤이 생성될 때까지 이러한 공정이 반복된다. 많은 응용에 대해, 웨브 롤들 각각을 위한 웨브 재료는 하나 이상의 웨브 제조 플랜트의 하나 이상의 제조 라인에서 적용되는 다수의 코팅을 구비할 수 있다. 코팅은 일반적으로 제1 제조 공정의 경우에 베이스 웨브 재료의 노출된 표면에 또는 후속 제조 공정의 경우에 이전에 적용된 코팅의 노출된 표면에 적용된다. 코팅의 예는 접착제, 하드코트(hardcoat), 낮은 접착성의 배면 코팅, 금속화된 코팅, 중성 밀도 코팅, 전기 전도성 또는 비전도성 코팅, 또는 이들의 조합을 포함한다.
- [0034] 도 4에 도시된 검사 시스템(400)의 예시적인 실시예에서, 웨브(426)의 샘플 영역이 2개의 지지 롤들(423, 425) 사이에 위치된다. 검사 시스템(400)은 샘플 영역(426)으로부터 롤 및 위치 정보를 수집하도록 기준 마크(fiducial mark) 판독기(402)를 제어하는 기준 마크 컨트롤러(401)를 포함한다. 또한, 기준 마크 컨트롤러(401)는 웨브(426)의 선택된 샘플 영역 및/또는 지지 롤러(423, 425)와 연관되는 하나 이상의 고정밀 인코더로부터 위치 신호를 수신할 수 있다. 이러한 위치 신호에 기초하여, 기준 마크 컨트롤러(401)는 각각의 검출된 기준 마크에 대한 위치 정보를 결정한다. 기준 마크 컨트롤러(401)는 롤 및 위치 정보를 웨브(424)의 표면 상의 특징부의 치수에 관한 검출된 데이터와의 관련을 위해 분석 컴퓨터(429)에 전달한다.
- [0035] 시스템(400)은 또한 각각 레이저 광원(450) 및 빔 확장 렌즈 시스템(beam expanding lens system)(452)을 포함하는 하나 이상의 광학 이미지화 시스템(412A 내지 412N)을 포함한다. 광학 시스템(412)은 웨브가 처리됨에 따라 재료의 연속적으로 이동하는 웨브(426)의 표면(424)에 근접하게 위치되고, 디지털 이미지 데이터를 얻기 위해 연속적으로 이동하는 웨브(426)의 순차적인 샘플 영역들을 스캐닝한다.
- [0036] 광학 시스템(412)은 웨브 표면(424)의 샘플 영역(426) 상에 조사 빔(413)을 생성하기 위해 광 빔을 빔 확장 광학계(452) 내로 투사한다. 웨브(426)의 샘플 영역을 통해 투과된 광(415)은 렌즈 어레이(454)에 의해 집광된다. 렌즈 어레이(454)는 초점 스폿들의 샘플 어레이를 생성하며, 이는 이미지화 렌즈 시스템(456)에 의해 수집되고 센서 시스템(458) 상에 이미지화된다.
- [0037] 이미지 데이터 획득 컴퓨터(427)가 센서 시스템(458)으로부터 이미지 데이터를 수집하고, 이러한 이미지 데이터를 분석 컴퓨터(429)로 전송한다. 분석 컴퓨터(429)는 이미지 획득 컴퓨터(427)로부터의 이미지 데이터의 스트림을 처리하고, 초점 스폿들의 샘플 어레이를 메모리에 저장된 초점 스폿들의 기준 어레이와 비교하기 위해 디지털 이미지를 하나 이상의 알고리즘으로 분석한다. 컴퓨터는 웨브 재료(426)의 샘플 영역에서 불균일도의 레벨을 계산하기 위해 기준 어레이 내의 그의 대응하는 초점 스폿에 대한 샘플 어레이 내의 각각의 초점 스폿의 변화를 평가한다. 분석 컴퓨터(429)는 그 결과를 적절한 사용자 인터페이스 상에 표시할 수 있고/있거나 그 결과를 데이터베이스(431)에 저장할 수 있다.
- [0038] 도 4에 도시된 검사 시스템(400)은 웨브 표면(424) 내에서의 불균일 결함의 존재를 검출하기 위한 알고리즘을 적용하기 위해 웨브 제조 플랜트 내에 사용될 수 있다. 검사 시스템(400)은 또한 웨브가 제조됨에 따라 각각의 결함의 심각도를 실시간으로 지시하는 출력 데이터를 제공할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 검사 시스템은 불균일부의 존재와 그 심각도에 관해 웨브 제조 플랜트 내의, 공정 엔지니어와 같은 사용자에게 실시간 피드백을 제공하여, 사용자가 제조를 상당히 지연시키거나 대량의 사용불가 재료를 생성함이 없이 문제를 해결하기 위해 공정 조건을 조절함으로써 재료의 특정 배치(batch) 또는 일련의 배치 내의 발생하는 불균일부에 신속히 대응하게 할 수 있다. 컴퓨터 검사 시스템(400)은 궁극적으로 불균일부에 대한 등급 라벨을 할당함으로써(예컨대,

"양호" 또는 "불량") 또는 주어진 샘플의 불균일 심각도의 측정치를 연속 스케일 또는 더욱 정확하게는 샘플링 된 스케일로 생성함으로써 심각도 레벨을 계산하기 위한 알고리즘을 적용할 수 있다.

[0039] 분석 컴퓨터(429)는 웹(426)의 샘플 영역에 대한 불균일도 등급 또는 웹(426)에 대한 물 식별 정보 및 가능하게는 각각의 측정된 특징부에 대한 위치 정보를 비롯한 다른 정보를 데이터베이스(431) 내에 저장할 수 있다. 예를 들어, 분석 컴퓨터(429)는 공정 라인의 좌표계 내에서 불균일부의 각각의 측정된 영역의 이미지 영역 또는 공간 위치를 결정하기 위해 기준 마크 컨트롤러(401)에 의해 생성된 위치 데이터를 이용할 수 있다. 즉, 기준 마크 컨트롤러(401)로부터의 위치 데이터에 기초하여, 분석 컴퓨터(429)는 현재 공정 라인에 의해 사용되는 좌표계 내에서 불균일부의 각각의 영역에 대한 x, y 및 가능하게는 z 위치 또는 범위를 결정한다. 예를 들어, 좌표계는 x 치수가 웹(426)을 가로지른 거리를 나타내고, y 치수가 웹의 길이를 따른 거리를 나타내며, z 치수가 웹에 이전에 적용된 코팅, 재료 또는 다른 층의 개수에 기초할 수 있는 웹의 높이를 나타내도록 정의될 수 있다. 게다가, x, y, z 좌표계에 대한 원점은 공정 라인 내의 물리적 위치에 정의될 수 있고, 전형적으로 웹(426)의 초기 공급 배치와 관련된다.

[0040] 데이터베이스(431)는 데이터 저장 파일 또는 하나 이상의 데이터베이스 서버 상에서 실행되는 하나 이상의 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)을 비롯한 다수의 상이한 형태 중 임의의 형태로 구현될 수 있다. 데이터베이스 관리 시스템은 예를 들어 관계형(RDBMS), 계층형(HDBMS), 다차원형(MDBMS), 객체 지향형(ODBMS 또는 OODBMS) 또는 객체 관계형(ORDBMS) 데이터베이스 관리 시스템일 수 있다. 일례로서, 데이터베이스(431)는 미국 워싱턴주 레드몬드 소재의 마이크로소프트 코퍼레이션(Microsoft Corporation)으로부터 상표명 SQL 서버(Server)로 입수 가능한 관계형 데이터베이스로서 구현된다.

[0041] 일단 공정이 종료되었으면, 분석 컴퓨터(429)는 데이터베이스(431)에 수집된 데이터를 네트워크(439)를 통해 변환 제어 시스템(440)으로 전송할 수 있다. 예를 들어, 분석 컴퓨터(429)는 물 정보뿐만 아니라, 특징부 치수 및/또는 이상(anomaly) 정보 및 각각의 특징부에 대한 각각의 서브-이미지를 후속 오프라인 상세 분석을 위해 변환 제어 시스템(440)에 전달할 수 있다. 예를 들어, 특징부 치수 정보가 데이터베이스(431)와 변환 제어 시스템(440) 사이의 데이터베이스 동기화에 의해 전달될 수 있다.

[0042] 몇몇 실시예에서, 분석 컴퓨터(429)보다는 변환 제어 시스템(440)이 제품들 중, 각각의 이상이 결함을 야기할 수 있는 제품들을 결정할 수 있다. 일단 완성된 웹 롤에 대한 데이터가 데이터베이스(431)에 수집되었으면, 데이터는 변환 사이트에 전달될 수 있고/있거나 이상을 웹 롤 상에 마킹하되, 웹의 표면 상에 제거가능한 또는 세척가능한 마크로 직접, 또는 웹 상에 이상을 마킹하기 전에 또는 그 동안에 웹에 적용될 수 있는 커버 시트 상에 마킹하기 위해 사용될 수 있다.

[0043] 분석 컴퓨터(429)의 구성요소는 적어도 부분적으로 하나 이상의 하드웨어 마이크로프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 응용 특정 집적 회로(ASIC), 현장 프로그램가능 게이트 어레이(FPGA), 또는 임의의 다른 등가 집적 회로 또는 개별 논리 회로뿐만 아니라 그러한 구성요소들의 임의의 조합을 비롯한, 분석 컴퓨터(429)의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 명령어로서 구현될 수 있다. 소프트웨어 명령어는 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 프로그램가능 판독 전용 메모리(PROM), 소거가능 및 프로그램가능 판독 전용 메모리(EPROM), 전자적 소거가능 및 프로그램가능 판독 전용 메모리(EEPROM), 플래시 메모리, 하드 디스크, CD-ROM, 플로피 디스크, 카세트, 자기 매체, 광학 매체, 또는 다른 컴퓨터-판독가능 저장 매체와 같은 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체 내에 저장될 수 있다.

[0044] 예의 목적을 위해 제조 플랜트 내에 위치되는 것으로 도시되지만, 분석 컴퓨터(429)는 제조 플랜트 외부에, 예컨대 중앙 위치에 또는 변환 사이트에 위치될 수 있다. 예를 들어, 분석 컴퓨터(429)는 변환 제어 시스템(440) 내에서 작동할 수 있다. 다른 예에서, 기술된 구성요소는 단일 컴퓨팅 플랫폼 상에서 실행되며, 동일한 소프트웨어 시스템 내에 집적될 수 있다.

[0045] 이제 본 개시 내용의 청구 요지가 하기의 비제한적인 예를 참조하여 기술될 것이다.

[0046] 예

[0047] 도 2의 장치를 준비하였고, 레이저(102)에 의해 방출된 빔(104)을 약 14.5 cm²(2.25 제곱 인치)의 면적을 커버하도록 렌즈 시스템(106)에 의해 확장시켰다. 약 25.8 cm²(4 제곱 인치)의 면적을 갖는 렌즈렛 어레이(120)가 샘플 재료(112)의 샘플 영역(108)을 통해 투과된 광을 캡처함에 따라, 초점 스폿들의 샘플 어레이(152)가 이미지화 렌즈 시스템(130)을 통해 CCD 카메라(134)에 이미지화되었다.

[0048] 도 5는 초점 스폿들(154)의 기준 어레이의 이미지를 도시하고, 도 6은 확장된 레이저 빔과 렌즈렛 어레이(120)

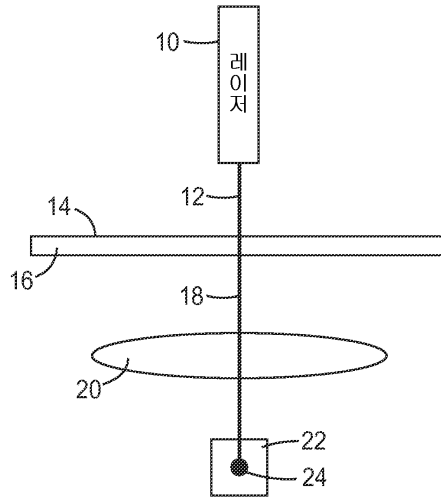
사이에 재료의 불균일 샘플이 배치된 때 생성된 초점 스폿들(150)의 이동된 샘플 어레이를 도시한다. 도 6에 열거된 수치 값은 초점 스폿들(154)의 기준 어레이의 이미지에 대한 초점 스폿들(150)의 샘플 어레이의 이미지의 X 및 Y 변위이다.

[0049] 도 7은 도 6에 도시된 데이터로부터 계산된 웨브 왜곡 진폭의 표면 등고선 지도이다. 웨브 경사 방향과 같은 다른 정보가 또한 얻어질 수 있다.

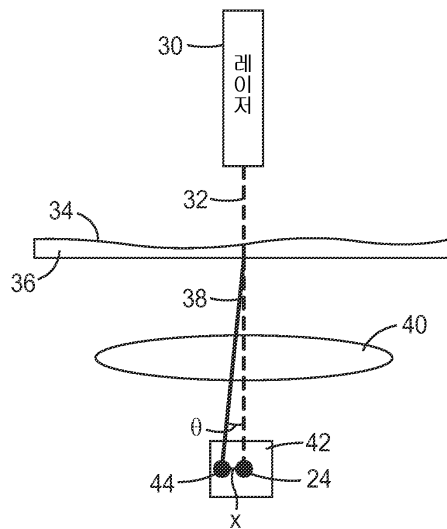
[0050] 본 발명의 다양한 실시예가 설명되었다. 이들 및 다른 실시예가 하기 특허청구범위의 범주 내에 속한다.

도면

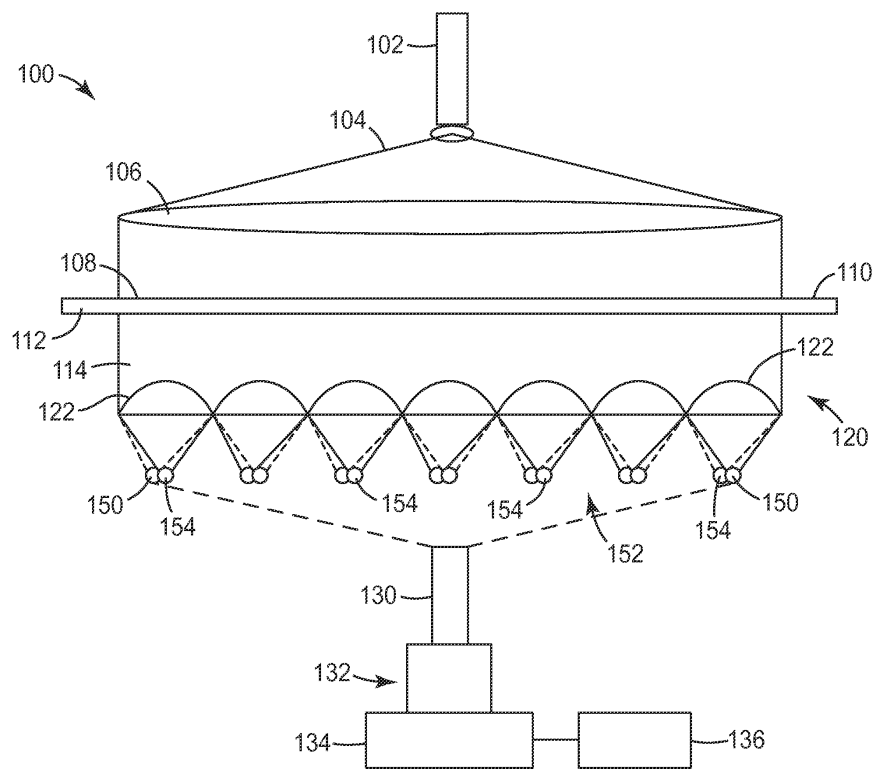
도면1a



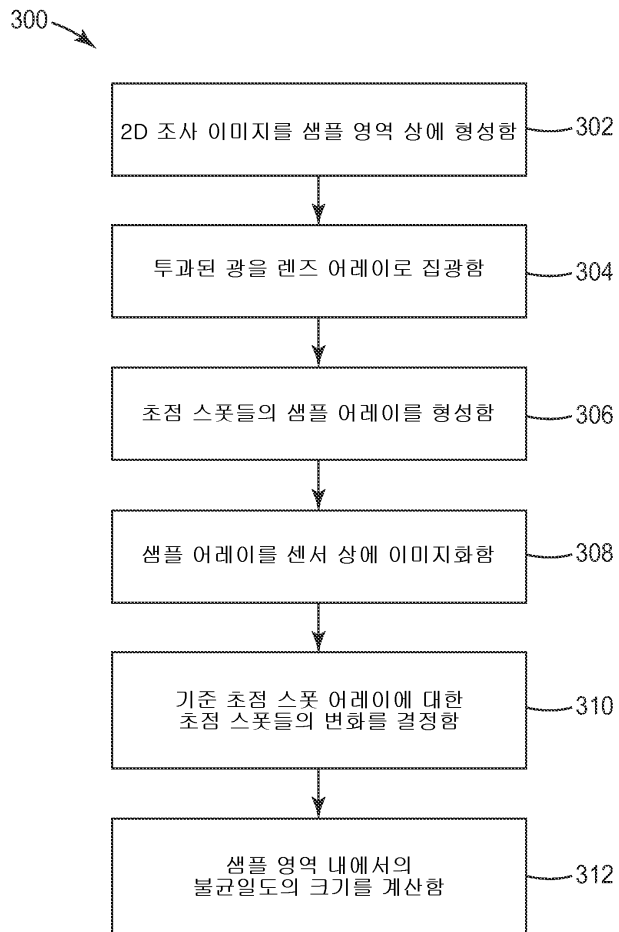
도면1b



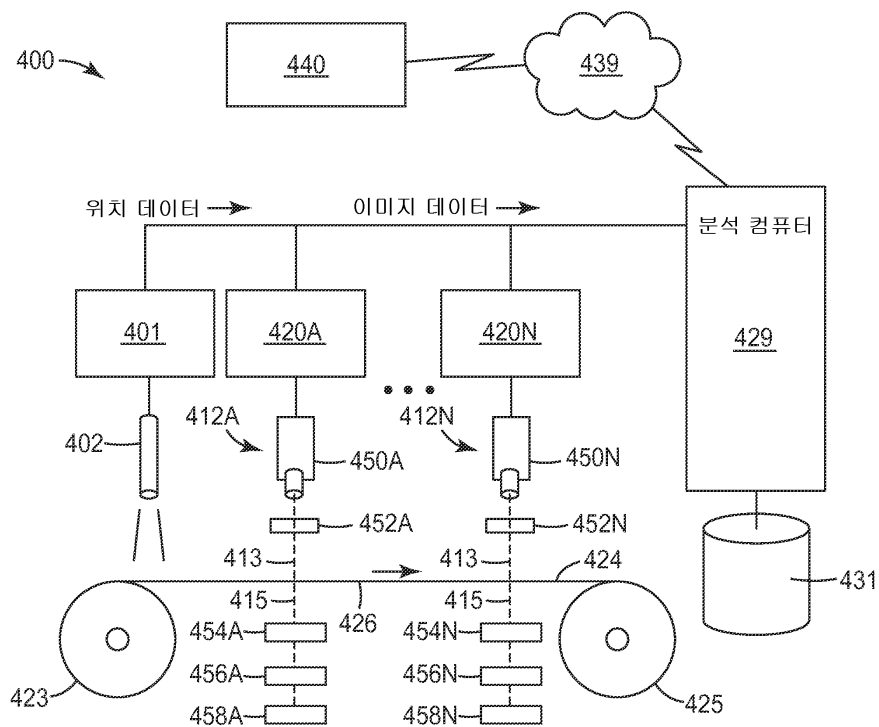
도면2



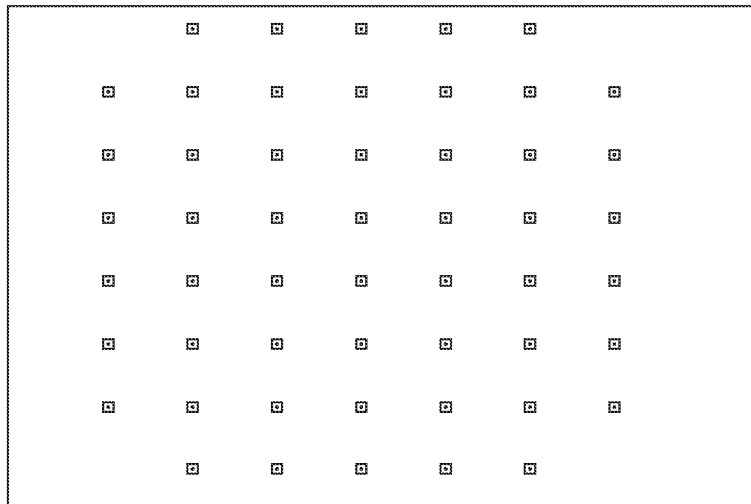
도면3



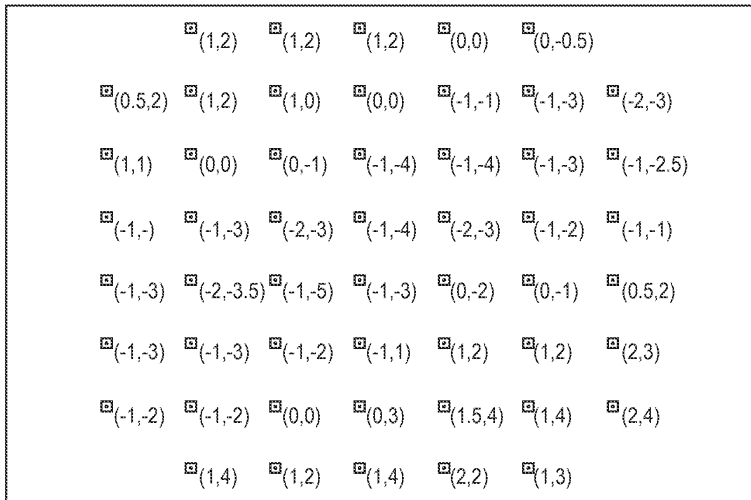
도면4



도면5



도면6



도면7

