



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0107773
(43) 공개일자 2007년11월07일

(51) Int. Cl.

G01N 21/89(2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-7021449

(22) 출원일자 2007년09월18일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2007년09월18일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2006/001465

국제출원일자 2006년02월17일

(87) 국제공개번호 WO 2006/087213

국제공개일자 2006년08월24일

(30) 우선권주장

10 2005 007 715.3 2005년02월18일 독일(DE)

10 2005 062 146.5 2005년12월22일 독일(DE)

(71) 출원인

쇼오트 아게

독일, 마인쯔 55122, 하텐베르그슈트라쎄 10

(72) 발명자

게르스트너 클라우스

독일 65474 비쇼프샤임 에레오노렌스트라쎄 2

오터만 클레멘스

독일 65795 하터샤임 에프스타이너 스트라쎄 4

훈칭거 베르나르트

독일 55263 와켄하임 마인저 웨그 7

(74) 대리인

박장원

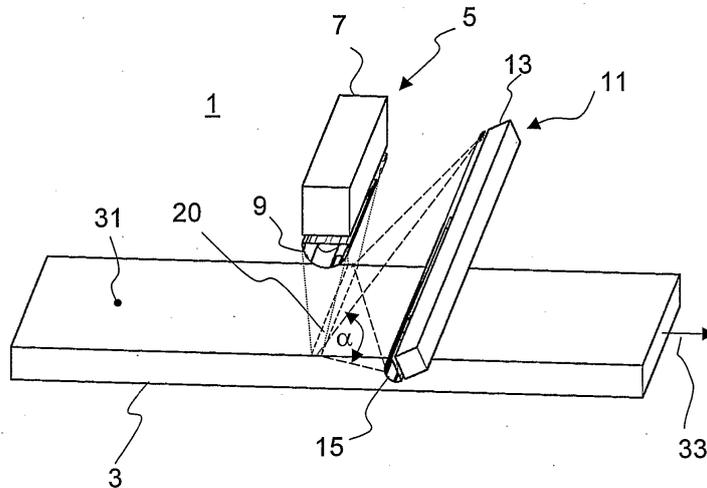
전체 청구항 수 : 총 77 항

(54) 결함 검출 및/또는 분류 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은, 특히 작업물 표면의 결함 검출 장치로서, 방사선이 작업물 위를 향하고 작업물, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

특히 작업물, 바람직하게는 판-형상 작업물 표면의 결함 검출 장치로서, 장치의 방사선이 작업물을 향하고 작업물에 의해, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 결함에 의해 영향을 받는 방사선의 적어도 일부분이 광학 검출기에 의해 검출되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 3

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 검출기는 서로 다른 기관 영역들에서 발생한 빛을 각각 검출하는 다수의 광 검출 픽셀과, 빛이 적어도 두 개의 서로 다른 입사 방향으로부터 각 기관 영역 위로 조사되도록 배치된 다수의 광원점을 구비한 조명 장치를 구비한 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 입사 방향은 적어도 45° , 바람직하게는 적어도 90° , 특히 바람직하게는 적어도 120° 각도를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 광학 검출기는 라인 카메라를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 6

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 검출기는 화상 카메라를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 7

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

4에프 장치가 상기 광학 검출기의 상류에 배치되거나 상기 조명 장치의 하류에 배치된 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 8

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 4에프 장치는 검출될 결함의 구조적 크기와 일치하지 않는 구조적 크기의 필터링 작업을 수행하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 9

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은 암시야 조명 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 10

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 암시야 조명 장치는 반사에 있어서 광학 검출기의 광축과 초점을 공유하도록 배치된 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 11

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 암시야 조명 장치는 투과에 있어서 광학 검출기의 광축과 초점을 공유하도록 배치된 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 12

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은 위상 대비 조명 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 13

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은 투과에 있어서 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 14

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은 반사에 있어서 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 15

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은 경사 입사광에 의해 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 16

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

광원은 그 초점이 조절되고, 광원과 광학 검출기는, 검출기의 광축이 광선에 대해 각도 α 를 형성하며 배치되며 상기 각도는 아래 관계를 만족하도록 배치된 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

$$\alpha > \arcsin(n_s \cdot \sin(\arctan(b/d)))$$

n_s 는 기관 굴절율을 나타내며, b 는 광선 초점의 최소 범위를 나타내며, d 는 기관의 두께를 나타낸다.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 광원은 그 초점이 기관 내부에 놓이도록 배치되는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 18

제16항 또는 제17항에 있어서,

상기 각도 α 는 빛 발생 방향에 대해 5° 이상 바람직하게는 50° 이하, 특히 바람직하게는 10° 내지 35° 범위 내인 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 19

제16항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 검출기는, 하나의 선은 기관을 조사한 빛에 의해 조사된 표면 영역을 검출하고 다른 하나의 선은 기

관에서 발생하는 빛에 의해 조사된 표면 영역을 검출하는 적어도 두 개의 선을 구비한 카메라를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 20

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 기관의 조사 강도가 적어도 2.5×10^6 와트/제곱미터인 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 21

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초점이 조절된 광원은 최대한 200마이크로미터, 바람직하게는 최대한 150마이크로미터의 최소 범위를 가진 초점을 구비한 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 22

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 검출기는 신호 증폭기, 특히 광전자 배증관 또는 다채널 관을 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 23

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경사 입사광은 카메라의 화상 시야에서 두 개의 주 표면 중 어느 하나의 주 표면만을 조사하는 좁은 광 다발을 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 24

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

경사 입사광은 에스-편광된 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 25

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

경사 입사광은 작업물에 대해 브루스터 각으로 방사되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 26

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 검출기는 작업물에 의해 반사된 빛의 편광에 실질적으로 수직하게 빛을 편광하는 편광기를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 27

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은, 광학 검출기의 측부에 배치되고 기관 표면에 수직한 작은 빛 요소를 구비하거나 아무것도 구비하지 않은 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 28

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 장치는 광선 형상 조절용 거울을 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 29

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 장치는 구형과가 발생하는 작업물에 다수의 초점을 형성하기 위한 다면체 거울을 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 30

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 장치는 작업물에 다수의 초점을 형성하기 위한 홀로그래픽 광학 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 31

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 요소는 바람직하게는 증발-코팅 유리를 함유한 위상 홀로그램을 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 32

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 요소는 굴절 요소에 배치되는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 33

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 요소는 반사 요소에 배치되는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 34

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 제한된 대역폭을 가지는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 35

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

광원의 스펙트럼이 300나노미터 이하의 파장에 놓인 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 36

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 작업물이 낮은 투과, 특히 50% 이하의 투과, 바람직하게는 25% 이하의 투과, 가장 바람직하게는 15% 이하의 투과를 포함하는 파장으로 빛을 방출하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 37

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 레이저를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 38

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 스캐닝 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 39

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 레이저 다이오우드 열을 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 40

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 선형 레이저 다이오우드 열을 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 41

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 레이저 또는 레이저 다이오우드 열은 세로 간섭성과 일치시키기 위해 한정된 수의 세로 모드로 방출하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 42

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 레이저 또는 레이저 다이오우드 열은 원하는 세로 간섭 성질을 형성하기 위해 단축 펄스와 함께 작동되는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 43

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 레이저 다이오우드 열은 원하는 적어도 하나의 FAC 렌즈와, 바람직하게는 추가적으로 작업물에 적어도 하나의 초점을 형성하는 적어도 하나의 SAC 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 44

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 원하는 교차 간섭을 형성하기 위해 위상 전방 스크램블러를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 45

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 형광 튜브를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 46

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 형광 튜브는 다수의 분광 방출 밴드를 구비한 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 47

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 홀로그래픽 광학 요소와 원통형 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 48

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 작업물은 유리, 특히 유리판을 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 49

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 작업물은 박막 유리를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 검출 장치.

청구항 50

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 작업물은 플로우트 박막 유리를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 51

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 작업물은 다운드로우 박막 유리를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 52

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 작업물은 다운드로우 용융 박막 유리, 특히 오버플로우 다운드로우 유리를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 53

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 작업물은 표면 처리된, 특히 연마된 작업물을 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 54

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 작업물은 디스플레이용, 특히 TFT 디스플레이용 유리인 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 55

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 박막 유리는 1.8미터 이상의 폭을 구비한 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 56

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,
상기 박막 유리는 2.0미터 이상의 길이를 구비한 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치.

청구항 57

특히 선행하는 항들 중 어느 한 항에 의한, 특히 공작물 표면의 결함 검출 및/또는 분류 장치로서, 적어도 한 개의 광원으로부터의 방사선이 작업물을 향하고 작업물, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받으며, 상기 장치에 의해 제1 및 제2 광학 신호가 발생하고 그 신호들로부터 결함을 구별해낼 수 있는 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 58

제57항에 있어서,
상기 제1 광학 신호는 명시야 신호인 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 59

제57항 또는 제58항에 있어서,
상기 제2 광학 신호는 암시야 신호 또는 위상 대비 신호인 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 60

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 광학 신호는 입자를 포함한 결함에 관한 공간적으로 분해된 정보를 실질적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 61

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 광학 신호는 스크래치, 입자, 유리 결함을 포함한 결함에 관한 공간적으로 분해된 정보를 실질적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 62

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공간적으로 분해된 정보는 갈바노미터 스캐너의 편향각 또는 빛-방출 다이오우드 열로부터의 빛-방출 다이오우드에 할당된 선 신호를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 63

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

입자 또는 스크래치로의 분류는 두 개의 광학 신호를 제거함에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 64

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 신호의 제거는, 그 신호들이 검출기에 의해 검출되고 전자적 수단에 의해 전기 신호로 변환된 후에 수행되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 65

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명은 명시야 조명 장치와 암시야 조명 장치를 포함하는 조명인 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치.

청구항 66

선행하는 항들 중 어느 한 항에 따른 결함 검출 및/또는 분류 장치에 의해 검사된 박막 유리.

청구항 67

3나노미터 내지 30나노미터의 깊이를 가진 스크래치의, 제곱미터당 5이하, 바람직하게는 제곱미터당 3이하, 특히 바람직하게는 제곱미터당 1이하의 집중도를 포함한 박막 유리.

청구항 68

선행하는 항들 중 어느 한 항에 따른 장치를 포함한, 특히 TFT 디스플레이용 생산라인.

청구항 69

선행하는 항들 중 어느 한 항에 따른 결함 검출 및/또는 분류 장치용 조명 장치.

청구항 70

특히 작업물, 바람직하게는 판-형상 작업물 표면의 결함 검출 방법으로서, 선행하는 항들 중 어느 한 항에 따른 결함 검출 및/또는 분류 장치에 의해 방사선이 작업물을 향하고 작업물, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받는 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

청구항 71

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

광원의 초점이 조절되고, 검출기의 광축이 광선에 대해 각도 α 로 배치되고 각도는 아래 관계를 만족하도록 광원 및 광학 검출기가 배치된 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

$$\alpha > \arcsin(n_s \cdot \sin(\arctan(b/d)))$$

n_s 는 기관 굴절율을 나타내며, b 는 광선 초점의 최소 범위를 나타내며, d 는 기관의 두께를 나타낸다.

청구항 72

제70항 또는 제71항에 있어서,

상기 각도 α 는 입사광 방향에 대해 5° 이상, 바람직하게는 50° 이하, 특히 바람직하게는 10° 내지 15° 범위 내인 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

청구항 73

제70항 내지 제72항 중 어느 한 항에 있어서,

결함에 의해 방사된 산란광은, 어느 한 개의 선은 기관을 조사하는 빛에 의해 조사된 표면 영역을 검출하고 다른 한 개의 선은 기관에서 발생하는 빛에 의해 조사된 표면 영역을 검출하는 적어도 두 개의 선을 구비한 카메라에 의해 검출되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

청구항 74

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 그 초점이 기관 내부에 놓이도록 초점이 조절되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

청구항 75

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

기관이 적어도 $2.5 \cdot 10^6$ 와트/제곱미터의 조사 강도로 조사되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

청구항 76

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 최대한 200마이크로미터, 바람직하게는 최대한 150마이크로미터의 최소 범위를 가진 초점으로 그 초점이 조절되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

청구항 77

선행하는 항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 신호는 광학 검출기에서 신호 증폭기, 특히 광전자 배증관 또는 다채널 판에 의해 증폭되는 것을 특징으로 하는 결함 검출 방법.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 일반적으로 작업물 생산 및/또는 처리 공정에 있어서 품질 관리, 특히 작업물 표면 또는 내부 결함의 광학 검출 및/또는 분류에 관한 것이다.

배경기술

<2> 특히 통합 전자 장치 또는 광전자 장치의 대규모 생산에 있어서, 사용되는 기관의 표면 품질과 기관의 체적에 있어서 결함이 없을 것에 대한 매우 강력한 요구가 있다. 특히 본 분야에 있어서, 만연된 극심한 경쟁에서 살아남을 수 있도록 생산 비용을 더욱 낮출 수 있게 하기 위하여 특히 신속한 대량 생산에 대한 요구가 또한 있다.

생산 비용을 낮추기 위해, 예를 들어 한 기관에서 동시에 생산되는 하위 부품 수량을 증가시키기 위해 더 넓은 기관을 사용하게 된다. 한 기관에서 더 많은 수의 하위 부품을 생산하는데 걸리는 시간은 일반적으로 증가하지 않거나 단지 약간 증가하지만, 이는 그에 상응하는 더 넓은 표면 또는 더 많은 수의 하위 부품을 검사해야 하기 때문에 일반적으로 품질 관리 측면에서는 유효하지 않은 것이 사실이다.

<3> 다양한 종류의 결함, 예를 들어 유리 표면의 입자 또는 유리의 스크래치(scratch)가 존재하며 이러한 다양한 종류의 결함에 대한 추가적 처리 공정에 있어서 다양한 작업 사이클이 가능하기 때문에, 결함을 검출하는 것과 더불어 결함을 분류하는 것에도 또한 높은 가치가 부여된다.

발명의 상세한 설명

<4> 따라서 본 발명의 목적은 높은 결함 검출 속도와 함께 품질 보증에 대한 강력한 요구를 또한 만족시키는 기관 결함의 광학적 검출 및 분류를 제공할 수 있도록 하는 것이다.

<5> 상기 목적은 특허청구범위 독립 청구항에 기재된 발명에 의해 놀랍도록 단순한 방법으로 이미 달성되었다. 본 발명의 유리한 개량 및 제한은 특허청구범위 종속항에 특정되었다.

<6> 결과적으로, 본 발명은, 특히 작업물, 바람직하게는 유리판과 같은 판-형상 작업물 표면 결함 검출 장치 및 방법으로서, 방사선이 작업물을 향하고 작업물, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받는 것을 특징으로 하는 결함 검출 장치 및 방법을 제공한다. 특히, 광학 검출기를 이용하여 결함에 의해 영향을 받는 방사선의 적어도 일부분을 검출하는 것이 제공된다.

<7> 또한, 본 발명의 개량 발명은, 특히 작업물 표면의 결함 검출 및/또는 분류 장치 및 방법으로서, 적어도 한 개의 광원으로부터의 방사선이 작업물을 향하고 작업물, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받으며, 상기 장치에 의해 제1 광학 신호 및 제2 광학 신호가 발생하고 그 신호들로부터 결함을 구별하는 것이 가능한 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치 및 방법을 제공한다.

<8> 결과적으로, 본 발명은, 특히 작업물 표면의 결함 검출 및/또는 분류 장치로서, 적어도 한 개의 광원으로부터의 방사선이 작업물 위를 향하고 작업물, 바람직하게는 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받으며, 상기 장치에 의해 제1 광학 신호 및 제2 광학 신호가 발생하고 그 신호들로부터 결함을 구별하는 것이 가능한 것을 특징으로 하는 결함 검출 및/또는 분류 장치를 제공한다.

<9> 본 발명에 있어서 결함의 종류를 구별하는 것, 예를 들어 기관 위에 놓인 입자를 기관에 위치한 스크래치 또는 기관에 삽입된 기포와 구별하는 것을 포함하는 분류는 후속 추가 공정에 매우 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

<10> 예를 들어, 입자가 검출되면 기관은 추가 청소 공정으로 투입될 수 있다. 상기 공정에서, 한 개 또는 그 이상의 검출 입자 및/또는 검출 스크래치의 위치는 추가 공정 작업을 제어하는 하류 정보 처리 시스템에 저장될 수 있다.

<11> 따라서, 미립자 코팅이 허용되고 스크래치가 있는 유리 영역이 사전 절단에 의해 분리되도록, 기관의 추가 청소 작업 또는 기관의 사전 절단 작업을 수행하는 것이 가능하다.

<12> 이 경우 입자의 방출은 사전 절단 전후에 모두 수행될 수 있다.

<13> 0.5마이크로미터 내지 5마이크로미터 범위 내의 직경을 가진 입자는 본 진보적 발명에 의해 안정적으로 검출될 수 있고 유리의 스크래치 및 기포와 구별될 수 있다. 상기 입자는 외부에서 혼합된 고체와, 예를 들어 유리 표면 위의 청소 약품 잔류물 또는 미세한 물방울과 같이 이전 청소 작업의 잔여물일 수 있다.

<14> 조명은 명시야(bright field) 조명 장치와 암시야(dark field) 조명 장치를 포함하는 것이 특히 바람직하다. 특히, 광학 검출기 또는 광학 검출기들은 적어도 암시야 영역을 검출하도록 배치된다.

<15> 강력하고 특히 통제된 광원으로서, 예를 들어 레이저 또는 다수의 레이저들이 적당하다.

<16> 광원은, 라인 카메라(line camera) 또는 다수 표면 영역의 병렬 검출 기능을 구비하거나 스캐닝 시스템과 동기된 광학 검출 기능을 구비한 다른 검출기와 함께 특히 작업물을 스캔하기 위해 특히 스캐닝 시스템을 포함할 수 있다.

<17> 광학 검출기는 바람직하게는, 높은 정밀도로 비교적 넓은 표면 영역을 동시에 검사할 수 있도록 하기 위해 서로 다른 기관 영역에서 발생하는 빛을 각각 검출하는 다수의 광 검출 픽셀(light detecting pixel)을 포함한다. 상기 다른 기관 영역은 반드시 분리된 영역을 의미하는 것이 아니며, 오히려 예를 들어 부분적으로 겹쳐진 영역을

의미할 수도 있다.

- <18> 또한, 빛이 적어도 두 개의 서로 다른 입사 방향으로부터 각 기관 영역 위로 입사되도록 배치된 다수의 광원점(light source point)을 구비한 조명 장치가 제공된다. 이는 예를 들어 스크래치와 같은 연장 구조를 검출할 수 있도록 하는데 유리한데, 이는 상기 구조에서 빛의 산란이 일반적으로 스크래치와 입사광 사이의 각도와 매우 밀접한 관계가 있기 때문이다. 이와 같은 방식에 의해, 표면을 따라 임의로 연장되고 안정적으로 검출되기에는 너무 가는 스크래치를 검출하는 것도 또한 가능하다. 여기서, 입사 방향이 적어도 45°, 바람직하게는 적어도 90°, 특히 바람직하게는 적어도 120°의 각도를 포함하는 것이 유리하다. 두 개의 입사 방향 사이의 각도가 적어도 120°인 것이, 빛이 두 개 이상의 방향으로부터 각 표면 영역 위로 조사되는 경우, 즉 예를 들어 적어도 세 방향으로부터 표면 위로 조사되는 경우에 특히 유리하다. 광원점은 반드시 전용 광원일 필요는 없다. 오히려, 한 개 또는 그 이상의 광원의 빛도 적당한 방식으로 분할될 수 있다.
- <19> 광학 검출기는, 표면을 따라서 연장된 검사 기관의 평행 영역을 검사하는데 사용될 수 있는 라인 카메라를 포함하는 것이 특히 바람직하다. 본 발명의 추가적 한정에 의하면, 광학 검출기는 표면을 따라서 단면으로 기관을 검출하거나, 심지어 한번에 기관 전체를 검출하는데 사용될 수 있는 화상 카메라(imaging camera)를 포함한다.
- <20> 특히 유리하게는 4에프 장치(4F arrangement)가 광학 검출기의 상류에 배치될 수 있다. 상기 장치는 기관 결합이 있는 곳에서의 산란광 효과를 특히 두드러지게 할 수 있다는 점에서 놀랍다. 이는 4에프 장치가, 검출될 결합 구조의 크기에 해당되지 않는 크기의 구조를 필터링하도록 배치된 경우에 특히 그러하다. 선택적으로 또는 부가하여, 4에프 장치는 위와 동일한 장점을 가지고 조명 장치의 하류에 위와 유사하게 배치될 수 있다.
- <21> 조명은 암시야 조명 장치를 포함하는 것이 특히 바람직하다. 특히, 광학 검출기 또는 검출기들은 적어도 암시야 영역을 검출하도록 배치된다. 직사광 신호를 배제함으로써, 암시야 장치는 특히 작은 결합을 정확하게 식별하는데, 즉 가장 엄격한 요구조건을 만족시키는 데 적당하다. 본 발명의 또 다른 개량 발명에 의하면, 상기 암시야 조명 장치는 반사에 있어서 잔여 배경 신호를 배제하기 위해 광학 검출기의 광축과 초점을 공유하도록 배치된다. 이 경우, 암시야 조명 장치는 투과에 있어서 광학 검출기의 광축과 초점을 공유하도록 배치될 수 있다.
- <22> 또한, 조명은 위상 대비(phase contrast) 조명 장치를 또한 포함할 수 있다. 이와 같은 장치에 의해, 표면 구조 또는 체적 구조에서 가장 작은 편차를 큰 명암차(contrast)로 검출할 수 있다.
- <23> 본 발명에 의하면, 조명은 투과, 반사 및 투과와 반사의 조합에 모두 사용될 수 있다.
- <24> 특히, 표면 결합을 검출하기 위해서는 경사 입사광에 의한 조명이 더욱 유리하다. 이 경우, 본 발명에 있어서 경사 입사는 조사되는 기관 표면에 대하여 경사진 입사를 의미한다. 경사 입사광은 유리하게는 카메라의 화상 시야(image field)에 있어서 단지 검사될 기관의 두 개의 주 표면 중 한 개의 주 표면에만 조사하는 좁은 광 다발(light bundle)을 포함할 수 있다.
- <25> 특히 바람직한 본 발명의 개량발명에 의하면, 빛은 그 초점이 조절되고 경사 입사 형태로 기관 위로 조사되며, 검출기의 광축은 아래 식을 만족하는 광선에 대한 각도 α 로 배치된다.
- <26> $\alpha > \arcsin(n_s \cdot \sin(\arctan(b/d)))$, 바람직하게는
- <27> $\alpha > 1.2 \cdot \arcsin(n_s \cdot \sin(\arctan(b/d)))$.
- <28> 여기서, n_s 는 기관의 굴절율을 나타내며, b 는 광선 초점의 최소 범위를 나타내며, d 는 기관의 두께를 나타낸다. 이런 의미에서, 초점은, 표면의 경계에서 최대 광도에 대한 광도가 1/e로 떨어지는 빛 전달 방향에 수직인 최소 범위의 표면으로써 이해된다. 이 경우, 초점이 기관 내부에 있는 것이 특히 바람직하다. 이는, 광선에 의해 조사된 표면이 검출기 측에서 보았을 때 겹치지 않도록 나란히 놓여 있는 경우 암시야 보기(viewing)를 가능하게 한다. 이와 동시에, 초점 조절에 의해 기관 표면에서 놓은 광도(light intensity)를 얻는다. 이 경우, 표면 조사 영역의 간격은 광학 검출기의 시선(sight line)으로 투영함에 있어서 100마이크로미터 내지 500마이크로미터의 범위 내에 있는 것이 바람직하다.
- <29> 여기서, 또한 검출기는 특히 기관 표면에 수직인 방향을 향할 수 있다. 이 경우 즉, 광축이 작업물 표면에 수직인 방향을 향하는 경우, 각도 α 는 입사각과 일치한다.
- <30> 특히, 본 발명의 이전 실시예에서, 검출기가 기관의 빛 방출면에 배치되고 조사 표면이 이머징 광선(emerging beam)과 예각을 형성하며 보여지는 것이 더욱 바람직하다. 그러나, 상기 각도는 이머징 광선 방향에 대하여 바

람직하게는 5° 이상이고 또한 바람직하게는 50° 이하이며, 특히 바람직하게는 10° 내지 35° 의 범위 내이다. 5° 이상인 것이 직접 조명에 의한 영향을 배제하는 데 유리한 것으로 증명되었다. 그러나, 예를 들어 직각과 같이 과도하게 큰 각도는, 약한 스크래치와 같은 작은 구조에서의 산란이 일반적으로 적어도 부분적으로 여전히 미에(Mie) 타입인 것으로 밝혀졌기 때문에 덜 유리하다. 미에 산란에 있어서 전방 산란(forward scattering)이 바람직하다. 결과적으로, 빛 방출 방향 부근의 방향에서 산란 강도는 다른 방향에 있어서보다 더 높다.

- <31> 두 개의 조사 영역을 검출할 수 있도록 하기 위해서, 본 발명의 일 실시예에 의하면 광학 검출기는 적어도 두 개의 라인(line)을 구비한 카메라를 포함하는 것이 가능하다. 검출기는, 상기 라인들 중 어느 하나의 라인은 기관을 조사하는 빛에 의해 조사된 표면 영역을 검출하고 다른 라인은 기관으로부터 발산되는 빛에 의해 조사된 표면 영역을 검출하도록 광원 및 기관과 관련하여 배치된다.
- <32> 표면의 매우 약한 산란을 또한 검출하기 위한 본 발명의 추가적 일반적 개량발명은 특히 광전자 배증관(photomultiplier) 또는 다채널 판(multichannel plate)과 같은 광학 검출기용 신호 증폭기를 사용한다. 따라서, 광학 검출기는 특히 조사 광선과 함께 사용될 수 있다. 광선은 특히 이 경우 광도와 공간 분해능(spatial resolution)을 증가시키도록 그 초점이 조절될 수 있다. 스캐닝 시스템에 의해 작업물 표면을 스캔하는 레이저 방사선이 초점을 조절하는데 있어서 특히 적당하다.
- <33> 화상 검출기의 경우, 특히 다채널 판을 사용하는 것이 가능하다.
- <34> 유리 기관의 결함을 결정하기 위한 종래의 광학적 방법은, 특히 그러한 기관으로 TFT 디스플레이를 생산하는 경우, 넓은 면적의 기관에서 기관을 폐기시킬 수도 있는 불리한 효과를 일으키는 결함을 신속하고 완전하게 검사할 수 있도록 함에 있어서 충분히 민감하지 않다. 상기 결함은, 예를 들어 빛의 파장보다 매우 작은 미세한 폭을 가진 스크래치일 수 있다.
- <35> 그러나, 발명자들은, TFT 디스플레이의 생산에 있어서 방해가 되는 효과를 가진 구조를 암시야에서 높은 광도의 광원을 사용하여 식별할 수 있다는 것을 알아냈다. 본 발명의 특히 바람직한 실시예에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위해 기관으로의 조사 강도(irradiation intensity)가 적어도 2.5×10^6 와트/제곱미터(watt/m^2)인 광원과 산란광 검출이 사용된다. 상기 광도는 특히 광원들의 초점을 조절함으로써 도달될 수 있다. 이를 위해, 본 발명의 일 개량발명은 최대 200마이크로미터, 바람직하게는 최대 150마이크로미터의 최소 범위를 가진 초점을 구비한 초점 조절 광원을 제공한다.
- <36> 따라서, 본 발명은 예를 들어 100나노미터 크기 등급의 폭을 가진 스크래치와 같이 그 구조의 폭이 100나노미터인 결함의 안정적인 검출에 사용될 수 있다.
- <37> 경사 입사광은 유리하게는 에스-편광(s-polarize)될 수 있다. 결함이 없는 검사 기관 표면 영역에서의 반사는 표면 결함으로부터 발생하는 산란광 신호의 신호-대-잡음비가 개선되도록 감소한다. 이 경우, 경사 입사광이 작업물에 대해 브루스터 각도(Brewster angle)로 조사되는 것이 특히 바람직하다. 추가적으로 또는 선택적으로, 광학 검출기는 작업물에 의해 반사된 빛의 편광에 실질적으로 수직하게 빛을 편광시키는 편광기를 유사한 효과를 가지고 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 상기 "실질적으로"라는 용어는, 특히 본 발명에 있어서 주 표면에 대한 것을 의미하며 예를 들어 결함에 대한 것을 의미하지는 않는다. 즉, 편광기는 결함이 없는 표면 영역에서 반사된 빛이 차단되도록 설정된다.
- <38> 결함부에서 반사된 산란광과 결함이 없는 표면 영역에서 반사된 빛의 확실한 분리를 가능하게 하기 위해서, 특히 조명은, 광학 검출기 측에 배치되고 기관 표면에 수직한 작은 광 요소를 구비하거나 또는 기관 표면에 수직한 것이 아무것도 없는 조명을 포함하는 것이 유리하다.
- <39> 유리한 개량 발명에 있어서, 조명 장치는 광선 형상 조절을 위한 거울을 또한 구비할 수 있다. 일 개량 발명에 의하면, 이와 관련하여 조명 장치는 작업물에 다수의 초점을 형성하기 위해 구형과가 발산되는 다면체 거울(faceted mirror)을 포함한다. 다수의 개별 광원을 구비한 조명으로서, 작업물에 다수의 초점을 형성하기 위한 홀로그래픽 광학 요소(holographically optical element)를 구비한 조명 장치를 추가로 제공하는 것이 가능하다. 상기 홀로그래픽 광학 요소를 구비한 부재는 바람직하게는 증발-코팅(evaporation-coating) 유리를 포함한 위상 홀로그램(phase hologram)을 포함할 수 있다. 결과적으로, 홀로그래픽 동적 패턴은 증발-코팅 유리의 패턴화된 증기 침전에 의해 발생될 수 있다. 홀로그래픽 광학 요소는, 특히, 요구되는 기관의 조명이 홀로그래픽 광학 요소를 투과하는 한 개 또는 그 이상의 광원에 의해 수행될 수 있도록 굴절 요소(refractive element)에 배치될 수 있다. 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 홀로그래픽 광학 요소는 반사 요소에 배치된다. 광원은, 작업물 위로 입사되는 빛이 요구되는 각도로 분배될 수 있도록, 유리하게는 홀로그래픽 광학 요소

와 원통형 렌즈를 또한 포함할 수 있다.

- <40> 사용되는 하나 또는 그 이상의 광원은 유리하게는 제한된 대역폭(bandwidth)을 또한 가질 수 있다. 산란 강도는 일반적으로 산란 요소의 형태와 크기의 함수이다. 가능한 한 작은 결함이라도 검출될 수 있도록, 예를 들어 스펙트럼이 300나노미터 이하의 파장에 놓여있는 광원을 사용하는 것이 유리하다.
- <41> 광원이 유리하게는, 검사될 작업물이 낮은 투과, 특히 50% 이하의 투과, 바람직하게는 25% 이하, 가장 바람직하게는 15% 이하의 투과를 포함하는 파장으로 빛을 방출하는 것이 또한 가능하다. 표면 결함 또는 표면 오염을 검출하는 경우, 발견된 결함이 작업물의 어느 면에 있는지 쉽게 구별하는 것이 상기 방식으로 또한 가능하다. 작업물이 투명하여 추가 광원을 사용하는 경우, 표면 결함과 체적 결함을 구별하는 것이 또한 가능하다.
- <42> 집중적인 특히 방향성 광원으로서 예를 들어, 레이저 또는 다수의 레이저가 적당하다.
- <43> 광원은, 라인 카메라 또는 다수 표면 영역의 병렬 검출 기능을 구비하거나 스캐닝 시스템과 동기된 광학 검출 기능을 구비한 다른 검출기와 함께 특히 작업물을 스캔하기 위해 특히 스캐닝 시스템을 포함할 수 있다.
- <44> 본 발명에 따른 장치에서 높은 광도, 따라서 높은 민감도(sensitivity)를 달성하기 위해서, 동시에 작동되는 다수의 광원 또는 동시에 방출되는 광원점들을 구비한 광원을 사용하는 것이 특히 유리하다. 레이저 다이오우드 열(array)은 상기 목적에 적당하다. 이 경우, 선형 레이저 다이오우드 열을 사용하는 것이 바람직하다. 또 다른 개량 발명에 의하면, 예를 들어 단일 광 다발을 발생하는 분광 장치(collimator arrangement)를 포함하는 레이저 다이오우드 열이 사용된다. 상기 광원은 특히 라인 카메라와 더불어 광학 검출기로서 특히 유리하다. 또한, 레이저 또는 레이저 다이오우드 열은 세로 간섭(longitudinal coherence)과 조화를 이루기 위해 제한된 수의 세로 모드로 방출할 수 있다. 또한, 레이저 또는 레이저 다이오우드 열은 요구되는 세로 간섭성을 형성하기 위해 단축 펄스(short timed pulse)와 함께 작동되거나 작동될 수 있다.
- <45> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 레이저 다이오우드 열은 작업물에 적어도 한 개의 초점을 발생시키는 적어도 한 개의 FAC 렌즈, 바람직하게는 추가적으로 적어도 한 개의 SAC 렌즈를 포함할 수 있다. 따라서, 작업물에 선형 초점을 발생시키는 것이 가능하고, 이는 작업물 결함으로부터의 산란광을 검출하기 위해 초점에 평행하게 차례로 배치된 라인 카메라와 더불어 매우 적당하다. 광원은 요구되는 가로 간섭성(transverse coherence)을 형성하기 위해 위상 전방 스크램블러(phase front scrambler)를 포함할 수 있다. 따라서, 특히 명백한 신호를 발생하는 불필요한 간섭 효과를 배제하는 것이 가능하다.
- <46> 본 발명의 추가적 실시예에 의하면, 광원은 형광 튜브를 또한 포함할 수 있다. 상기 광원은, 특히 각 표면 영역이 각 경우마다 서로 다른 방향으로부터의 빛에 의해 조사되는 방식으로 다수 표면 영역을 조사하도록 작업물 표면에 평행한 장치에 사용될 수 있다. 작업물을 좀 더 분석하기 위해, 다수의 분광 방사 밴드(spectral emission band)를 구비한 형광 튜브를 사용하는 것이 또한 가능하다. 따라서, 예를 들어, 형광과 산란광의 측정이 가능하다. 형광 튜브는 광학 검출기의 요소로서 바람직하게는 라인 카메라에 평행하게 배치된다.
- <47> 본 발명의 특히 바람직한 실시예에 의하면, 작업물은 유리를 포함하거나 유리는 작업물로서 검사된다. 특히, 본 발명은 박막 유리를 검사하는데 사용될 수 있다. 이와 관련하여, 본 발명은 플로우트 박막 유리(float thin glass), 다운드로우 박막 유리(downdraw thin glass), 다운드로우 용융 박막 유리(downdraw fusion thin glass), 특히 오버플로우 다운드로우 유리(overflow downdraw glass)의 품질을 검사하는데 적당하다.
- <48> 처리된 표면의 잔여 표면 결함, 특히 연마된 작업물도 여전히 식별되거나/식별되고 구별될 수 있다. 예를 들어, 극히 미세한 연마 스크래치도 여전히 식별될 수 있다.
- <49> 디스플레이용 유리 특히, TFT 디스플레이를 검사하는데 본 진보적 장치가 사용된다. 생산 공정에 있어서 연마 작업 또는 취급 도중 발생할 수 있는 가장 작은 스크래치라도 유리에 적용된 코팅에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문에, 상기 유리는 그 표면 상태에 대하여 특히 엄격한 조건이 요구된다.
- <50> 심지어 1.8미터 이상의 폭 및/또는 2.0미터 이상의 길이를 가진 박막 유리와 같이 넓은 면적의 기관도 본 발명에 의하여 신속하게 검사될 수 있으며, 따라서 그러한 기관을 사용하는 TFT 디스플레이를 생산하기 위한 생산 사이클은 늦춰지지 않거나 단지 아주 비실질적으로 늦춰질 뿐이다.
- <51> 본 진보적 장치에 의해 검사되고 이러한 방식의 검사 결과를 사용하여 정렬된 박막 유리는 그 결함의 집중도(concentration) 또는 결함의 수가 분명히 감소한다. 예를 들어 검사된 박막 유리에 있어서, 3나노미터 내지 30나노미터의 깊이를 가진 스크래치의 집중도는 제곱미터당 5 이하, 바람직하게는 제곱미터당 3 이하, 특히 바람

직하계는 제곱미터당 1 이하이다.

- <52> 수율의 실질적인 증가는 결함 종류의 식별 및/또는 분류에 의해 또한 달성될 수 있고, 그 결과 파편(scrap) 또는 무의미한 폐기물(blanking waste)은 단지 필요한 최소한의 범위에서만 발생한다.
- <53> 본 발명은 대표적 실시예와 도면을 참고로 하여 이하 더 자세히 설명되고, 동일하고 유사한 요소에는 동일한 도면 부호가 부여되고, 다양한 대표적 실시예의 특성이 서로 조합될 수 있다.

실시예

- <67> 도 1은 작업물(3) 표면 및/또는 내부 결함 검출 장치의 개략도이다. 전체적으로 도면 부호 1이 부여된 본 대표적 실시예에 의한 장치는, 특히 박막 유리 기관(3) 결함의 존재 여부를 검사하는데 사용된다. 다운드로우 박막 유리, 다운드로우 용융 박막 유리, 특히 오버플로우 다운드로우 유리 또는 플로우트 유리의 생산 결과로써 발생하는 전형적인 결함뿐만 아니라 작업중 발생하는 결함도 식별할 수 있다. 특히, 본 장치는 매우 넓은 기관, 예를 들어 1.8미터 이상의 폭 및/또는 2.0미터 이상의 길이를 가진 박막 유리의 신속한 검사에도 또한 매우 적합하다.
- <68> 상기 결함은, 예를 들면 표면 처리 작업시 남아있을 수 있는 것과 같은 박막 유리 기관(3) 표면(31)의 연마 스크래치일 수 있다. 결함 검출 장치(1)는, 특히 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받는 조명 장치(11)의 방사선이 작업물을 향하게 하는데 사용된다. 따라서, 결함에 의해 영향을 받는 방사선의 적어도 일부분이 광학 검출기(5)에 의해 검출된다. 도 1에 도시된 대표적 실시예의 경우, 광학 검출기는 라인 카메라(7)를 포함한다. 라인 카메라의 광학 초점 조절 시스템은, 카메라(7)의 각 픽셀이 박막 유리 기관(3)의 다른 표면 영역을 검출하거나 박막 유리 기관의 표면 영역에서 방출되는 빛을 검출하도록 설계된다. 검출된 표면 영역은 전체적으로 도 1에 점선으로 도시된 연장된 표면 영역(20)을 형성한다. 상기 표면 영역(20)은, 광학 검출기(5)를 한번만 통과하도록 기관을 이동시킴으로써 전체 표면(31) 또는 전체 기관(3)이 검출될 수 있도록 특히 기관(3)의 전체 폭을 따라서 연장된다. 이를 위해, 기관(3)과 검출기는 모두 이동할 수 있다.
- <69> 조명 장치(11)는, 적어도 두 개의 서로 다른 입사 방향으로부터의 빛이 라인 카메라의 각 픽셀이 검출하는 각 기관 영역 위로 조사되도록 배치된 다수의 광원점이 형성되도록 설계된다.
- <70> 도 1에 도시된 예의 경우, 이는 형광 튜브(13)를 포함한 광원을 구비함으로써 달성된다. 형광 튜브는 라인 카메라에 평행하게 연장되고, 적당한 방법으로 조준 되며, 실질적으로 좁은 표면 영역(20)이 조사되도록 원통형 렌즈(15)에 의해 그 초점이 조절된다. 또한, 조사는 경사 입사광에 의해 수행되며, 직접 반사된 빛이 라인 카메라(7)에 도달되지 않도록 라인 카메라는 실질적으로 수직하게 표면을 향한다. 형광 튜브는, 형광 튜브의 어떤 임의의 세로 부분이라도 광원점을 형성하도록 빛을 등방향으로(isotropically) 방사한다. 상기 방식으로, 서로 다른 방향으로부터의 다수의 빛이 각 검출 기관 영역으로 조사된다. 따라서, 도 1에 도시된 장치의 경우, 빛은 최대 각도 α 만큼 서로 다른 모든 가능한 입사 방향으로부터 기관(3)의 모서리부에서 오른쪽 영역으로 조사된다. 따라서, 형광 튜브의 길이 및 영역(20)으로부터 형광 튜브까지의 거리는, 다양한 입사 방향이 적어도 45° , 바람직하게는 적어도 90° , 특히 바람직하게는 적어도 120° 의 각도를 포함하도록 선택될 수 있다. 이러한 방식으로, 표면의 임의 방향을 따라서 형성된 스크래치라도 안정적으로 검출될 수 있다. 또한, 도 1에 도시된 바와 같이, 기관 표면(31)에 수직한 작은 광 부품을 구비하거나 특히 여기서는 그러한 부품을 구비하지 아닌 한 조명 장치(11)에 의한 조명이 광학 검출기 측에 배치된다.
- <71> 결함 특성에 관한 추가 정보를 얻기 위하여, 형광 튜브는 다수의 분광 방사 밴드를 구비할 수 있다. 형광 신호 및/또는 제어 신호가 상기 방식으로, 예를 들어 적당한 광학 검출기 필터와 함께 다양한 파장으로 검출될 수 있다.
- <72> 경사광 입사 및 수직 검출 기능을 구비한 장치에 의해, 단지 산란광만이 광학 검출기에 의해 검출된다. 결과적으로, 본 대표적 실시예의 조명은 특별히 암시야 조명 장치를 또한 구성한다.
- <73> 도 1에 도시된 장치(1)의 변형물이 도 2에 도시되어 있다. 도 1에 도시된 대표적인 실시예의 변형에 있어서, 광학 검출기(5)는 픽셀이 표면의 정사각형 또는 직사각형 영역(20)을 검출하는 화상 카메라(17)를 포함한다. 또한, 본 예에서 조명 장치(11)는 도 1에 도시된 대표적인 실시예에 따라서 구성되고, 상기와 유사하게 기관(3)의 표면(31), 특히 픽셀에 의해 검출되는 표면 영역(20)을 경사광 입사에 의해 조사하고 암시야 조명을 구현하도록 배치된 다수의 형광 튜브(13)를 포함한다.
- <74> 본 대표적 실시예의 경우도 또한 적어도 두 개의 서로 다른 입사 방향으로부터의 빛이 각 기관 영역으로 조사되

도록 광원점이 형광 튜브를 따라서 배치되며, 개별 픽셀에 의해 검출되는 각 표면 영역에 대한 입사 방향은 영역(20) 내에서 적어도 45°, 바람직하게는 적어도 90°, 특히 바람직하게는 적어도 120°의 각도 α 를 포함한다.

- <75> 상기 모든 대표적 실시예의 경우, 박막 유리 기관(3)은 그 길이가 검사되도록 공급 장치(도시되지 않음)에 의해 공급 방향(33)을 따라서 안내된다.
- <76> 도 1 및 도 2에 도시된 대표적 실시예의 경우, 다수의 광학 검출기가 서로 나란히 공급 방향(33)을 교차하도록 배치될 수 있다. 일반적으로, 표면을 고해상도로 검사할 수 있도록 하기 위해 기관을 전체 폭에 걸쳐 공급 방향을 교차하는 방식으로 그 전체 폭에 대해 검출하는, 공급방향을 교차하도록 배치된 다수의 광학 검출기를 구비한 특히 넓은 기관(3)용 장치에는 기준이 주어진다.
- <77> 도 3A 및 도 3B는 진보적 장치의 개량부의 일부를 도시한다. 여기서, 도 3A는 라인 카메라(7), 광학 검출기(5)의 상류에 배치된 4에프 장치(25)를 구비한 광학 검출기(5)를 도시한다. 4에프 장치는 공통 초점면에 다이아프램(30)이 배치된 두 개의 원통형 렌즈(26, 27)를 포함한다.
- <78> 도 3B에 도시된 바와 같이 조준되고 초점이 조절된 형광 튜브(13)를 구비한 조명 장치(11)의 예에서, 동일하게 설계된 4에프 장치가 이와 유사한 방식으로 하류에 배치된다. 하류 및 상류에 각각 배치된 4에프 장치를 구비한 조명 장치와 광학 검출기는 예를 들면 도 1 또는 도 2에 도시된 대표적 실시예에서 사용된다.
- <79> 4에프 장치의 다이아프램(30)에 의해, 4에프 장치(25)는 검출될 결함의 구조적 크기에 해당하지 않는 구조적 크기를 필터링할 수 있다.
- <80> 도 4는 진보적 결함 검출 장치(1)의 추가적인 대표적 실시예를 도시한다. 본 발명의 실시예는 결함, 특히 TFT 디스플레이용 박막 유리 기관 표면(31) 스크래치의 위상 대비 검출에 기초하고 있다.
- <81> 기본적인 설계는 도 1에 도시된 예와 유사하나, 광학 검출기는 그 광축이 표면(31)에 의해 반사된 조명 장치의 광선 안에 놓여 있도록 설계된다.
- <82> 조명 장치(11)의 상류에는 슬릿 다이아프램(slit diaphragm)(30)과, 슬릿 다이아프램(30)의 빛을 기관 표면(31)으로 집중시키는 원통형 렌즈가 배치된다. 광학 검출기(5)의 라인 카메라(7)의 상류측 반사 광선에는 추가 원통형 렌즈(36)와 선형 빛 감쇠 영역(39)을 구비한 위상 판(38)이 배치된다. 이 경우 위상 판(38)은 직접 반사광이 선형 영역(39)에 의해 감쇠되도록 배치된다. 만일 결함 또는 다른 오염물이 박막 유리 기관(3)의 표면(31) 또는 내부에 존재한다면, 이는 빛의 산란을 유도할 것이다. 그 후 산란광은 반사 광선으로부터 이탈된 방향을 나타내며, 판(38)의 선형 감쇠 영역(39)을 측방으로 통과하여 라인 카메라에 도달한다. 따라서, 이는, 결함이 간섭 현상 발생에 의해 쉽게 식별될 수 있도록, 라인 카메라(7)의 각 픽셀에 대하여 산란 광선과 감쇠된 직사 광선 사이의 간섭을 발생시킨다. 여기서, 또한, 다이아프램(30)의 임의의 각 세로 영역은, 다이아프램(30)의 슬릿에 의해 조사되는 각 표면 영역이 서로 다른 다수의 방향으로부터 조사되도록 광원점을 형성한다. 예를 들어, 임의의 방향으로 형성된 스크래치를 검출할 수 있도록 하기 위해, 본 경우 입사 방향은 적어도 45°, 바람직하게는 적어도 90°, 특히 바람직하게는 적어도 120°의 각도를 포함하는 것이 특히 유리하다.
- <83> 또한, 도 1 내지 도 4에 도시된 모든 실시예에 있어서, 편광된 빛을 사용하는 것이 유리하다. 상기 대표적 실시예들에서와 같이 만일 반사에서 측정이 이루어진다면, 이 경우 표면(31)에 대하여 에스-편광된 빛을 방사하는 조명 장치(11)를 사용해야 함이 또한 명백하다. 이는 결함이 없는 표면 영역에서 반사를 억제하고 개선된 신호-대-잡음 비를 만든다. 상기 모든 장치에서, 조명 장치(11)는 유리하게는 빛이 브루스터 각(Brewster angle) 또는 그와 유사한 각도로 표면으로 조사되도록 또한 배치될 수 있다.
- <84> 또한, 상기 모든 대표적 실시예에서, 조명 장치는 빛이 반사되지 않고 기관(3)을 관통하여 투과되도록 면(31)의 반대쪽에 위치한 기관(3) 면(32)에 또한 배치될 수 있다. 조명 장치(11)의 위치는 도 1, 도 2, 도 4에 도시된 위치가 기관(3)에 각각 반영된다.
- <85> 또한, 도 1 및 도 4에 도시된 대표적 실시예의 경우, 조명 장치에 의해 선형적으로 조사되는 영역은 적당한 조건 및/또는 경사광 입사와 관련된 초점 조절에 의해 좁게 유지될 수 있기 때문에, 라인 카메라에 의해 검출된 영역(20)에서 또는 화상 시야에서 두 개의 주 표면들 중 단지 한 개의 주 표면, 즉 표면(31, 32)들 중 한 개의 표면만이 조사된다. 상기 장치는 본 발명의 개량에 따른 광선 경로를 도시한 도 5에 개략적으로 도시되어 있다. 광학 검출기(5)와 조명 장치(도시되지 않음)의 배치는, 예를 들면 도 1에 도시된 예와 일치할 수 있다. 경사 입사광 다발(40)은 표면(31)의 영역(41) 및 그 반대쪽 표면(32)의 영역(42)을 조사한다. 광 다발의 굴절은 도면에

고려되지 않았다. 광학 검출기(5)의 라인 카메라(7)에 의해 검출되는 영역(20)은 영역(41)의 내부, 그러나 영역(42)의 외부에 위치한다.

- <86> 결과적으로, 카메라(7)의 화상 시야에 있어서 두 개의 표면 중 단지 한 개의 표면만이 조사된다. 이는, 표면(32) 결합으로부터 산란된 빛에 의해 야기된 신호가 위와 같은 방식으로 억제되기 때문에 특히 유용하다. 따라서, 예를 들면 TFT 디스플레이 생산용 기관(3)은 어떤 경우, 비록 코팅을 확실히 손상시키지만 광학적으로는 전적으로 불분명한 스크래치가 코팅 면의 반대쪽 면에 존재할 가능성이 있더라도, 코팅 면에 스크래치가 없어야 사용될 수 있다. 따라서, 도 5에 도시된 바와 같은 장치에 의해 파편(scrap)이 상당히 감소할 수 있다.
- <87> 그러나 반대쪽 면(32)의 결합 검출을 방지하기 위해 추가적 장치가 고려될 수 있다. 예를 들면, 만일 결합이 작업물 검사에서 여전히 중요한 스크래치와 같은 단지 표면 결합이라면, 기관(3)을 침투하지 않는 적당한 파장의 빛을 사용하는 것이 또한 가능하다. 따라서, 예를 들면, 제한된 대역폭과 300나노미터보다 짧은 파장의 스펙트럼을 가진 광원이 플루오트 유리에 사용될 수 있다. 상기와 같이 짧은 파장의 빛은 더 이상 투과되지 않고, 따라서 단지 표면의 또는 기껏해야 표면 부근의 결합만이 식별된다. 일반적으로, 작업물의 상부 및 그 내부의 결합을 구별하기 위해 또는 반대쪽 면 결합의 검출을 배제시키기 위해, 작업물이 낮은 투과, 특히 50% 이하의 투과, 바람직하게는 25% 이하, 가장 바람직하게는 15% 이하의 투과를 포함하는 파장으로 빛을 방출하는 광원을 사용하는 것이 유리할 수 있다.
- <88> 상술한 바와 같이, 만일 바람직하게는 브루스터 각으로 입사되는 편광된 빛이 사용된다면, 본 발명의 또 다른 개량 발명에 의하면, 기관(3)에 의해 반사된 빛의 편광에 대해 실질적으로 수직하게 빛을 편광시키는 편광기(45)를 구비한, 도 5에 도시된 바와 같은 광학 검출기(5)를 제공하는 것이 가능하다. 결과적으로, 에스-편광된 빛을 사용한다면, 편광기는 에스-편광된 반사광이 편광기(45)에 의해 차단되도록 설정될 것이다.
- <89> 도 6은 도 1에 도시된 예의 또 다른 변형물을 도시한다. 본 예에서, 형광 튜브 대신에 레이저, 특히 레이저 바(50), 예를 들어 표면(31)에 평행한 방향으로 선형으로 배치된 다수의 레이저 다이오우드를 구비한 레이저 다이오우드 열이 사용된다. 상기 레이저 다이오우드 열은 작업물에 적어도 한 개의 초점을 형성하는 적어도 한 개의 FAC 렌즈와, 바람직하게는 추가적으로 적어도 한 개의 SAC 렌즈를 포함할 수 있다. 원하지 않는 간섭 효과를 방지하기 위해, 동위상 파면 스크램블러가 추가로 제공될 수 있다. 또한, 레이저 다이오우드 열은 세로 간섭과 조화를 이루기 위해 제한된 수의 세로 모드로 방사할 수 있고, 그리고/또는 원하는 세로 간섭 특성을 형성하기 위해 단축 펄스와 함께 작동될 수 있다.
- <90> 비록 레이저가 강하고 높은 품질의 평행광을 방사하기 때문에 특히 유리하지만, 그럼에도 불구하고 상기 효과는 본 발명에 따라서 라인 카메라(7)의 픽셀에 의해 검출되는 각 표면 영역을 위해 다양한 입사 방향의 빛을 사용하고자 할 경우에는 엄밀하게는 방해가 된다. 이를 달성하기 위해, 적당한 광선 형상 조절 장치가 레이저의 하류에 배치된다. 도 6에 도시된 예의 경우, 조명 장치는 이를 위해 기관 위에 다수의 초점을 형성하기 위한 홀로그래픽 광학 요소를 포함한다. 특히, 상기 홀로그래픽 광학 요소는 위상 홀로그램을 포함한다. 특히, 위상 홀로그램 판(52)은 레이저 바(50)의 상류에 배치된다.
- <91> 위상 홀로그램은 유리하게는 유리판의 굴절 요소로서 증발-코팅 유리의 정형화된 증착에 의해 형성될 수 있다. 위상 홀로그램은 또한, 빛이 다양한 입사 방향으로 픽셀에 의해 검출되는 각 표면 영역으로 조사되도록 광선을 표면 방향에서 굴절시키고 초점을 조절한다. 유리판 대신에, 굴절 요소로서 원통형 렌즈를 사용하는 것이 또한 가능하다. 따라서, 예를 들어, 측방(lateral direction)에서의 초점 조절 작업은 원통형 렌즈에 의해 수행될 수 있고, 표면(31)을 따른 다양한 입사 방향에서의 초점 조절 작업은 위상 홀로그램에 의해 수행될 수 있다.
- <92> 본 예에서, 조명 장치는 광선 형상 조절용 거울을 추가로 포함한다. 특히, 본 예에서, 위와 유사하게 작업물에 다수의 초점을 형성하는데 기여하는 오목 거울면(concave mirror facet)들을 구비한 다면체 거울(faceted mirror)(54)이 제공된다. 이는 조사되는 표면 영역의 광도를 증가시키기 위해 빛이 정확하게 다시 역반사되도록 반사 광선에 배치된다.
- <93> 오목 거울면 대신에 또는 오목 거울면에 추가하여, 빛을 다양한 입사 방향으로 검출 표면 영역으로 역반사시키기 위해 거울(54)을 반사 요소 및 홀로그래픽 광학 요소를 위한 지지부로서 구성하는 것이 또한 가능하다.
- <94> 도 7은 결합을 검출하기 위해 초점이 조절된 레이저광이 사용되는 경우 본 발명의 추가적인 대표적 실시예를 도시한다. 박막 유리 기관(3)의 표면(32) 방향으로 입사된 광 다발(40)은 초점 F가 기관(3) 내부에 놓이도록 렌즈(56)에 의해 초점이 조절된다. 이 경우 빛은 초점이 최대한 200마이크로미터, 바람직하게는 최대한 150마이크로미터의 범위를 가지도록 렌즈(56)에 의해 초점이 조절된다. 특히 이 경우 목표는 약 50마이크로미터 내지 100마

이크로미터의 범위에서 가능한 한 작은 범위의 초점을 가지는 것이다. 레이저 또는 다수의 레이저 광원을 구비한 레이저 바가 광원(명확히 하기 위해 도 7에는 도시되지 않음)으로써 사용된다. 결과적으로, 기관의 조사 강도가 적어도 2.5×10^6 와트/제곱미터(watt/m^2)인 높은 광도가 초점 조절에 의해 얻어질 수 있다.

<95> 광원에 의해 조사되고 결함에서 빛이 산란되는 영역(41, 42)이 표면(31, 32)에 나타난다. 도 5에 도시된 대표적 실시예의 경우와 같이, 검출기(7)는 기관(3)에 대하여 입사광 방향에 반대쪽 면에 배치되며, 따라서 표면 영역(42)에서 산란된 빛은 투과되어 검출기(5)에 의해 검출된다. 그러나, 검출기는 검출기(5)를 향하는 기관(3) 면(31)의 영역(41)이 검출기(5)에 의해 또한 검출되도록 배치된다. 또한, 새로 발생한 광 다발의 광축(58)과 중간 광선(60)은 예각 α 을 이루도록 배치된다. 상기 각도 α 는 두 영역(41, 42)이 검출기(5) 측에서 보았을 때 겹치지 않도록 선택된다. 이는 상기 각도 α 가 다음과 같을 때 보장된다.

<96> $\alpha > \arcsin(n_s \cdot \sin(\arctan(b/d)))$

<97> n_s 는 기관의 굴절률, b 는 광선 초점의 최소 범위, d 는 기관의 두께를 의미한다. 상기 관계에서, 기관에서의 빛의 굴절(도 7에 도시되지 않음)이 추가로 또한 설명된다. 상기 각도는 도시된 예에서 5° 이상이다. 상기 하한치는 짧은 초점 거리를 가지고 초점을 조절하는 경우 광 다발의 모서리 영역으로부터의 직사광의 검출을 방지하는 의미가 있다. 여기서 각도 α 는 적어도 10° , 특히 바람직하게는 10° 내지 30° 범위 내의 값을 가지는 것이 바람직하다.

<98> 굴절로 인하여, 광선은 기관을 이동하면서 기관 표면에 수직한 방향으로 편향된다. 그 결과, 주어진 각도 α 에 대해 영역(41, 42)은 비교적 높은 굴절률과 함께 검출기(5) 측에서 보았을 때 투영부에서 서로 가까이 이동한다. 그러나, 만일 각도가 상기 특정 관계에 의해 선택된다면, 검출기용 영역(41, 42)은 독립적으로 검출될 수 있다. 따라서 식별된 결함이 기관(3)의 어느 면(31, 32)에 놓여있는지 확인하는 것도 또한 가능하다.

<99> 검출기의 광축(58)이 기관(3)의 표면(31)에 수직한 방향을 향하므로, 각도 α 는 또한 여기서 빛의 입사각에 해당한다.

<100> 두 조사 영역을 검출할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광학 검출기는 적어도 두 개의 선(71, 72)을 구비한 라인 카메라(7)를 포함하는 것이 가능하다. 검출기(5)의 광학 시스템(63)에 의해 선(72)들 중 하나의 선이 기관을 조사하는 빛에 의해 조사된 표면 영역(42)을 검출하고 나머지 선(71)이 기관에서 발생한 빛에 의해 조사된 표면 영역(41)을 검출하도록, 상기 카메라는 광원 및 기관(3)과 관련하여 배치된다.

<101> 투과 측정 장치 또는 도 7에 도시된 바와 같이 입사광에 반대로 배치된 검출기를 구비한 장치는 검출기가 빛 입사 측에 배치된 장치인 것이 바람직하다.

<102> 도 7에 도시된 장치는 표면 영역(41, 42)이, 광원 및 검출기(5)의 배치에 있어서 그들의 치수에 기초하여 발생하는 문제 없이 비스듬한 각도에서 관찰되는 것을 허용한다. 이 경우, 상기 문제는 특히, 기본 설정된 짧은 초점 거리 렌즈들 또는 초점 조절용 렌즈를 기초로 하여 발생할 수 있다. 짧은 초점 거리 렌즈는 기관의 표면(31, 32)에서 높은 광도를 발생시키기는 데 유리하다. 그러나, 초점 조절용 렌즈(56)는 기관 영역에, 바람직하게는 기관 내부에 초점이 위치하도록 기관 표면(32)에 매우 가까이 배치되어야 한다는 사실에 주목해야 한다.

<103> 또한, 전방 산란은 다수의 산란 구조에 있어서 가장 우세하고, 따라서 더 좋은 신호-대-잡음 비를 얻을 수 있다. 그러나, 빛 입사 측에 검출기를 구비한 구성은 어떤 상황, 예를 들어 비교적 넓은 구조의 산란 신호와 대비하여, 특히 작은 산란 구조의 신호를 강조하고자 할 경우에는 또한 의미가 있다. 매우 작은 결함, 예를 들어 그 구조적 크기가 명확히 100 나노미터 이하인 결함의 경우, 전방 산란 강도 및 이 경우 검출기에 의해 검출되는 후방 산란 강도는 레일리 산란(rayleigh scattering) 강도 분포와 일치하게 된다.

<104> 그러나, 검출기는, 최소 크기 결함을 검출할 목적으로 개별 산란 광자(photon)를 최고 감도와 신뢰도로 검출할 수 있도록 하기 위해서 신호 증폭기를 추가로 포함할 수 있다. 여기서, 예를 들면 광전자 배증관 또는 다채널 판을 고려한다. 대표적 실시예가 도 8에 도시되어 있다. 도 8에 도시된 장치(1)는 도 7에 도시된 대표적 실시예의 변형물이다. 여기서, 또한, 기관 영역(41, 42)은 결함이 기관의 어느 면(31, 32) 위에 위치하는지 구별할 수 있도록 하기 위해 독립적으로 검출된다. 도 7에 도시된 대표적 실시예에서 출발하여, 도 8에 도시된 장치(1)의 경우 광전자 배증관(61, 62)이 광학 검출기의 부품으로써 제공된다. 도 7에 도시된 대표적 실시예와 유사한 방식으로, 검출기의 광학 시스템(63)은, 각 경우마다 영역(41, 42)들 중 하나의 영역에서 방사되는 광선이 각각 광전자 배증관(61, 62)들 중 하나의 광전자 배증관으로 초점이 맞추어 지도록 설계된다. 공간적으로 분해된 결함 위치 정보를 얻기 위해, 본 대표적 실시예에는, 기관을 공급 방향(33)에 교차되는 방식으로 광선에 의해 스

캔할 수 있는 스캔 유닛(65)을 구비한 스캐닝 시스템이 사용된다. 예를 들어, 스캔 유닛(65)은 갈바노미터 스캐너(galvanometer scanner)일 수 있다. 기관(3)이 공급 장치에 의해 공급 방향(33)을 따라서 추가로 이동하는 것을 고려하면, 이러한 방식으로 전체 기관 표면을 검출하는 것이 가능하다.

- <105> 도 1 및 도 2에 도시된 대표적 실시예의 경우와 같이, 기관은 기관(3)의 전체 표면 또는 적어도 그의 넓은 부분을 검출하고 검사하기 위해 공급 방향(33)을 따라서 장치(1)를 지나가도록 이동한다. 결과적으로, 공급 방향을 교차하여 폭을 따라서 연장되는 검출 영역(41, 42)은 전체 표면(31, 32) 또는 적어도 검사되어야 할 박막 유리 기관 영역을 지나간다.
- <106> 예를 들어 만일 기관의 모서리 영역이 디스플레이 유리 생산에 사용되지 않는다면, 그 영역을 스캐닝할 필요는 없다. 그러나, 가능한 최대 유리 품질 특성을 얻기 위해서, 특히 1.8m 이상의 폭 및/또는 2.0m 이상의 길이를 가진 박막 유리 기관과 같이 넓은 면적의 기관 표면의 적어도 80%를 검사하는 것이 바람직하다. 물론, 이것은 여기에 설명된 다른 모든 실시예에도 또한 유효하다. 이와 같은 넓은 기관의 경우, 도 7의 대표적 실시예의 개량 발명으로서 도 9에 도시된 바와 같이, 서로 나란히 배치된 다수의 검출기(5)를 사용하는 것이 또한 유리하다. 검출기는 공급 방향(33)에 수직하게 박막 유리 기관(3)의 폭을 따라서 나란히 배치된다. 이와 유사하게 서로 나란히 배치된 다수의 조명 장치가 그 반대쪽에 배치된다. 도시된 예에 있어서, 조사를 위해 레이저 바(laser bar)(50)가 사용된다. 공급 방향을 교차하여 기관(3)의 전체 폭을 따라서 연장되고 공급 방향(33)에 수직하도록 초점이 조절된 이머징(emerging) 레이저 광에 의해 조사되는, 검출기(5)를 향하는 기관(3) 면(31)에서 각각 검출되는 표면 영역(41)이 이와 유사하게 도시되었다.
- <107> 기관을 측정을 위해 제공된 위치에서 유지하고 공급 방향을 따라서 이동시키기 위해 공급 및 유지 장치가 제공된다. 도시된 예의 경우, 상기 장치는, 위에 기관(3)이 놓이고 롤러의 회전에 따라 공급 방향(33)을 따라서 이동하는 롤러(55)를 포함한다. 물론, 기관을 소정 위치에 유지시키기 위해, 도시된 다른 대표적 실시예의 경우에도 공급 및 유지 장치가 또한 제공될 수 있다.
- <108> 도 10에는 도 7 또는 도 8에 해당하는 장치에 의해 얻어질 수 있는 기록이 도시되어 있다. 그러나, 상기 기록은, 스캐닝 시스템과 결합된 라인 카메라 또는 광전자 배증관이 아니라 매트릭스 카메라(matrix camera)에 의해 만들어졌다. 이미지는 반대로 도시되었고, 도 10에서 산란광을 방출하는 위치는 검게 보인다. 점선은 조사된 스트립-형상 표면 영역(41, 42)을 표시한다. 약간의 점 형태의 산란 구조가 표면 영역(41)에 도시되었다. 이는 표면 입자(66)에 의한 것이다. 조사 영역(42)을 구비한, 기관(3)의 반대쪽 면은 기록상에서 분명히 식별되는 미세한 스크래치(67)를 구비한다.
- <109> 스크래치의 집중도는 상술한 대표적 실시예에 따른 장치에 의해 검사된 박막 유리에서 결합이 있는 것으로 확인된 유리를 제거함으로써 실질적으로 낮아질 수 있다. 따라서 검사된 박막 유리에 있어서, 3나노미터 내지 30나노미터의 깊이를 가진 스크래치의 집중도를 제곱미터당 5 이하, 바람직하게는 제곱미터당 3 이하, 특히 바람직하게는 제곱미터당 1 이하로 낮추는 것이 가능하다. 따라서 상기 진보적 장치를 포함한 특히 TFT 디스플레이 생산을 위한 생산 라인은 고품질의 최종 제품을 신속하게 제공할 수 있다.
- <110> 다시 한번, 예를 들어 유리 생산용 생산 라인의 경우, 상기 진보적 장치에 의해 얻은 결과를 생산 공정으로 온 라인 피드백시키는 것이 또한 가능하다. 따라서 생산 공정은 결합 검출용 장치를 사용함으로써 직접적으로 제어되고 최적화될 수 있다.
- <111> 하기 상세한 설명에 있어서, 독일 특허청에 2005년 2월 18일 "결합 검출용 방법 및 장치"라는 제목으로 출원된 독일 특허 출원 제 10 2005 07715.3 호의 내용은 본 출원의 명세에 전체로써 결합된다. 특히, 이와 같이 결합된 장치는 하기 설명된 장치 또는 그와 결합될 수 있는 장치에 의해 보충될 수 있다.
- <112> 도 11은 입자(162)와 스크래치(160)가 위치한 평판 유리 기관(3)의 면을 매우 단순화시켜 표현한 도면이다.
- <113> 전형적으로 직경에 있어서 0.5 마이크로미터 또는 그 이상, 예를 들어 5마이크로미터 또는 그 이상의 크기를 구비한 입자(162)는, 이하 더 상세히 설명되는 바와 같이 명시야 장치에 의해 위에서 기관을 보았을 경우와 이하 유사하게 설명되는 바와 같이 암시야 장치로 보았을 경우에 모두 유효하게 식별될 수 있다.
- <114> 그러나, 도 12에는 명시야에 있어서의 광학 신호가 암시야에 있어서의 광학 신호와 어떻게 다른지 도시되어 있다. 도면 부호(164)는 스크래치, 따라서 선 결합을 도시하며, 선 결합은 암시야에 있어서 좋은 명암차로 식별된다.
- <115> 도면 부호(166)는 광학 신호, 따라서 선형 결합 이미지, 즉 명시야 장치에서 보았을 경우 스크래치의 이미지를

정반대로 재생산한다. 상기 광학 신호는 암시야보다 명시야에서 실질적으로 더 적은 명암차를 가지며 따라서 공간적으로 분해된 암시야 장치 신호에서 공간적으로 분해된 명시야 장치 광학 신호를 제거함으로써 유리에 있어서 결함의 미립자 요소를 스크래치 또는 기포와 구별하는 것이 가능하다.

- <116> 공간적으로 분해된 광학 신호를 서로 점 단위로 제거함으로써, 낮은 명암차를 가진 위치와 높은 명암차를 가진 위치가 만나는 장소에서 본질적으로 유리의 스크래치와 기포를 표시하는 분명한 구별 신호를 만들어진다.
- <117> 입자는 구별 신호에서 실질적으로 낮은 명암차를 나타내기 때문에, 구별 신호 이미지에서 명암차는 입자와 스크래치 또는 기포를 구별할 수 있게 한다.
- <118> 각 이미지의 최대 명암도(intensity) 또는 평균 명암도는 상기 구별 신호 정보를, 결함이 없는 영역의 명암도를 영으로 할 때 그 부근의 값으로 만들기 위해 정규화시킬 수 있다.
- <119> 도 13은 작업물(3) 표면 및/또는 작업물의 결함 검출 장치를 개략적으로 도시한 도면이다.
- <120> 특히, 전체적으로 도면 부호(1)로 표시된 본 대표적 실시예의 장치에 의해 박막 유리 기관(3)의 결함의 존재가 검사된다.
- <121> 예를 들어 다운드로우 박막 유리, 다운드로우 용융 박막 유리, 특히 오버플로우 다운드로우 유리 또는 플로우트 유리의 생산 결과로써 발생하는 것뿐만 아니라 재작업에 의해 발생하는 것과 같은 전형적인 결함을 식별하는 것이 가능하다. 특히, 본 장치는, 예를 들어 1.8m 이상의 폭 및/또는 2.0m 이상의 길이를 가진 박막 유리와 같은 매우 넓은 기관을 신속하게 검사하는 데에도 매우 적당하다.
- <122> 상기 결함은, 예를 들면 표면 처리 작업에 의해 남아있거나 발생할 수 있는 박막 유리 기관(3) 표면(31)의 연마 스크래치일 수 있다. 본 결함 검출 장치(1)는 조명 장치, 특히 레이저(170)를 이용하여 방사선이 작업물 위를 향하도록 하는 데 사용될 수 있으며, 상기 방사선은 작업물, 특히 결함에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받을 수 있다.
- <123> 특히 작업물(3) 표면의 결함 검출 및/또는 분류 장치(1)에 있어서, 적어도 하나의 광원, 특히 레이저(170)로부터의 방사선이 작업물(3) 위를 향하고 작업물(3), 바람직하게는 결함(160, 162, 164, 166)에 의해 적어도 부분적으로 영향을 받으며, 광학 검출기(180, 188)에 의해 각각 검출되는 제1 및 제2 광학 신호가 발생하고 상기 신호들로부터 결함을 구별하는 것이 가능하다.
- <124> 제1 광신호는 명시야 장치에서 얻어진 명시야 신호이다. 상기 명시야 장치는 적어도 하나의 광선을 하류 포지티브 렌즈(positive lens)(84)의 광축에 대하여 광선을 각도 θ 만큼 편향시키는 갈바노미터 스캐너(182)로 광선 분할기(172)를 통하여 조사하는 레이저(170)를 포함한다. 상기 갈바노미터 스캐너는 반드시 전기적으로 작동되는 스캐너로서 이해될 필요는 없고, 일반적으로 광선 편향용 스캐너로서 이해되면 된다. 상기 스캐너는 당해 기술분야에서 기술을 가진 자에 있어서 "갈바노 스캐너(galvanoscanner)" 라도 또한 알려져 있다.
- <125> 반사된 레이저 광선을 더 멀리 전달시키는 갈바노미터 스캐너(182)의 받침점은 대략적으로 F- θ 렌즈로 또한 표시된 포지티브 렌즈(184)의 좌측 초점에 위치한다.
- <126> 결과적으로, 포지티브 렌즈(184)의 우측에서 방출되는 광선은 실질적으로 서로 평행하고, 갈바노미터 스캐너(182)의 거울을 선회시키는 경우 작업물(3) 표면(31)을 지나간다.
- <127> 만일 작업물(3) 및/또는 장치(1)가 이동하면, 이는 작업물(3)의 전체 표면을 선형적으로 지나가게 된다.
- <128> 갈바노미터 스캐너(182)에서 포지티브 렌즈(184)까지의 경로에서, 레이저 광선은 본래 이하 더 자세히 설명되는 암시야 장치에 할당된 광선 분할기(beam splitter)(174)를 통과한다.
- <129> 갈바노미터 스캐너(182)의 대체물으로써, 회전 가능하고 알루미늄 도금된 다각형이 또한 사용될 수 있으며, 이 경우 상기 회전은 레이저 광선의 편향 각도 θ 에 의해 정의된다.
- <130> 상기 각도 θ 와 작업물(3)에 대한 장치(1)의 상대 이동이 하류 정보 처리 시스템(도면에는 도시되지 않음)에서 검출되고 따라서 그에 할당된 기관(3)의 위치를 알 수 있기 때문에, 이하 설명되는 광학 신호는 공간적으로 분해된 방식으로 검출되고 추가로 처리될 수 있다.
- <131> 작업물의 전방 면에서 또는 후방 면에서, 작업물(3)은 갈바노미터 스캐너(182)를 통과한 빛을 광선 분할기(172)로 역반사하고, 광선 분할기는 그 빛을 광검출기(photodetector)(180)로 안내한다.
- <132> 광검출기(180)로 반사된 광학 신호의 명암도 또는 공간적으로 분해된 명암차는 작업물(3) 표면 명암차의 함수이

고, 이는 명시야에 있어서 스크래치 또는 선형 결함에서보다 입자에서 상대적으로 더 높다.

- <133> 광검출기(180)는 바람직하게는 높은 차단 주파수를 가진 핀 다이오우드(PIN diode) 또는 포토 다이오우드(photodiode)를 포함한다.
- <134> 제2 광신호는 이하 설명되는 암시야 장치에서 얻어지는 암시야 신호이다.
- <135> 포지티브 렌즈(184)에 부가하여, 상기 암시야 장치는 광선 분할기(174), 선형 다이아프램(186), 추가 포지티브 렌즈(178) 및 광검출기(188)를 포함한다.
- <136> 포지티브 렌즈(184)를 통과한 후, 작업물(3)에 의해 반사된 빛은 광선 분할기(174)에 의해 명시야 장치 안으로 뿐만 아니라 암시야 장치의 다이아프램(186)으로 안내된다.
- <137> 판 표면에서 발생된 반사광의 빛 요소는 실질적으로 선형인 다이아프램(186)에서 차단된다.
- <138> 만일 작업물(3) 표면(31) 또는 내부가 산란 중심부들을 구비하고 있으면, 상기 산란 중심부들은 반사광에 있어서 조사 광선에 (역)평행하지 않은 요소를 발생시킨다.
- <139> 포지티브 렌즈(184)와 광선 분할기(174)를 통과한 후, 상기 광선 요소는 더 이상 다이아프램(186)으로 조사되지 않고, 상기 광선 요소를 그 초점이 광검출기(188)에 있도록 조절하는 추가 포지티브 렌즈(178)에 도달한다.
- <140> 광학 명시야 신호와 비교하여, 제2 광학 신호 정보를 포함한 산란광은 스크래치와 선형 결함에 있어서 또한 높은 명암차를 가지며, 이는 밝기에 있어서 뚜렷한 차이를 의미한다.
- <141> 광검출기(188)는 바람직하게는 광전자 배증관이다.
- <142> 결과적으로, 제1 광학 신호는 입자를 포함한 결함에 관하여 공간적으로 분해된 정보를 포함하고, 제2 광학 신호는 스크래치, 입자, 유리 결함을 포함한 결함에 관하여 공간적으로 분해된 정보를 포함한다.
- <143> 입자 또는 스크래치 및/또는 기포로의 분류는 결과적으로 두 광학 신호를 제거함에 의해 수행될 수 있는데, 상기 광학 신호의 제거는 바람직하게는 신호가 검출기에 의해 검출되고 하류 정보 처리 시스템에서 전자적 방식으로 전기 신호로 변환된 후에 수행된다.
- <144> 만일 투명 작업물(3)의 경우 다이아프램(186)이 추가 포지티브 렌즈(178) 및 광검출기(188)와 함께 작업물(3) 우측에 배치되면, 투과 과정에 배치된 광학 검출기(88) 광축과 초점을 공유하는 암시야 조명 장치를 제공하는 것이 가능하다.
- <145> 만일 통과하는 빛의 위상을 약 반 파장 이동시키는 위상 이동 요소(phase shifting element)에 의해 다이아프램(186)이 교체되면, 상술한 암시야 장치는 광검출기(188)와 관련하여 위상 대비 조명 장치로 변경된다.
- <146> 세로 간섭성과 조화시킬 목적으로, 레이저(170) 또는 레이저 다이오우드 열은 제한된 수의 세로 모드로 방출할 수 있다.
- <147> 요구되는 세로 간섭 성질을 형성하기 위해, 레이저(170) 또는 레이저 다이오우드 열은 단축 펄스와 함께 작용할 수 있다.
- <148> 광원, 특히 레이저(170)는 요구되는 가로 간섭성을 형성할 목적으로 위상 전방 스크램블러를 포함할 수 있다.
- <149> 상술한 장치에 의해 검사된 박막 유리의 경우, 스크래치의 집중도는 결함이 있는 것으로 확인된 유리를 제거함으로써 실질적으로 낮아질 수 있다. 따라서 검사된 박막 유리의 경우 3나노미터 내지 30나노미터의 깊이를 가진 스크래치의 집중도는 제곱미터당 5 이하, 바람직하게는 제곱미터당 3 이하, 특히 바람직하게는 제곱미터당 1 이하로 낮출 수 있다. 따라서 이러한 진보적 장치를 포함한, 특히 TFT 디스플레이 생산용 생산 라인은 고품질의 최종 제품을 신속하게 제공할 수 있다.
- <150> 또한, 향후 공정에서 적절한 사전 절단에 의해 기관의 입자 코팅을 기관의 스크래치 및/또는 기포와 구별함으로써 무의미한 폐기물이 상당히 감소할 수 있다.
- <151> 다시 말하면, 예를 들어 유리 생산용 생산 라인의 경우, 상기 진보적 장치에 의해 얻어진 결과를 생산 공정으로 온라인(online) 피드백하는 것이 가능하다. 이로써 생산 공정은 결함 검출 장치의 사용에 의해 제어될 수 있고 직접적으로 최적화될 수 있다.
- <152> 본 발명이 상술한 대표적 실시예로 제한되지 않고 다양한 방식으로 변경될 수 있음은 본 기술 분야에 있어서 기

술을 가진 자에게 명백하다. 특히, 각 대표적 실시예의 특징은 또한 서로 조합될 수 있다.

- <153> *** 도면 부호 리스트 ***
- <154> 1 : 결합 검출 장치
- <155> 3 : 박막 유리 기판
- <156> 5 : 광학 검출기
- <157> 7 : 라인 카메라
- <158> 9 : 라인 카메라(7)의 광학 초점 조절 시스템
- <159> 11 : 조명 장치
- <160> 13 : 형광 튜브
- <161> 15 : 원통형 렌즈
- <162> 17 : 화상 카메라
- <163> 20 : 조명 장치(11)에 의해 조사된 표면 영역
- <164> 25 : 4에프 장치
- <165> 26, 27 : 4에프 장치의 렌즈
- <166> 30 : 다이아프램
- <167> 31, 32 : 박막 유리 기판의 표면
- <168> 35, 36 : 렌즈
- <169> 38 : 위상 판
- <170> 39 : 반투명 영역
- <171> 40 : 입사광 다발
- <172> 41 : 입사광 다발에 의해 조사된 박막 유리 기판 표면(31)의 영역
- <173> 42 : 입사광 다발에 의해 조사된 박막 유리 기판 표면(32)의 영역
- <174> 45 : 편광기
- <175> 50 : 레이저 바
- <176> 52 : 위상 홀로그램 판
- <177> 54 : 거울
- <178> 55 : 화상 증강기(image intensifier)를 구비한 매트릭스 카메라
- <179> 56 : 렌즈
- <180> 60 : 입사광 다발의 중앙 광선
- <181> 61, 62 : 광전자 증배관
- <182> 63 : 광학 검출기의 광학 시스템
- <183> 65 : 스캔 유닛
- <184> 66 : 입자
- <185> 67 : 스크래치
- <186> 160 : 스크래치
- <187> 162 : 입자

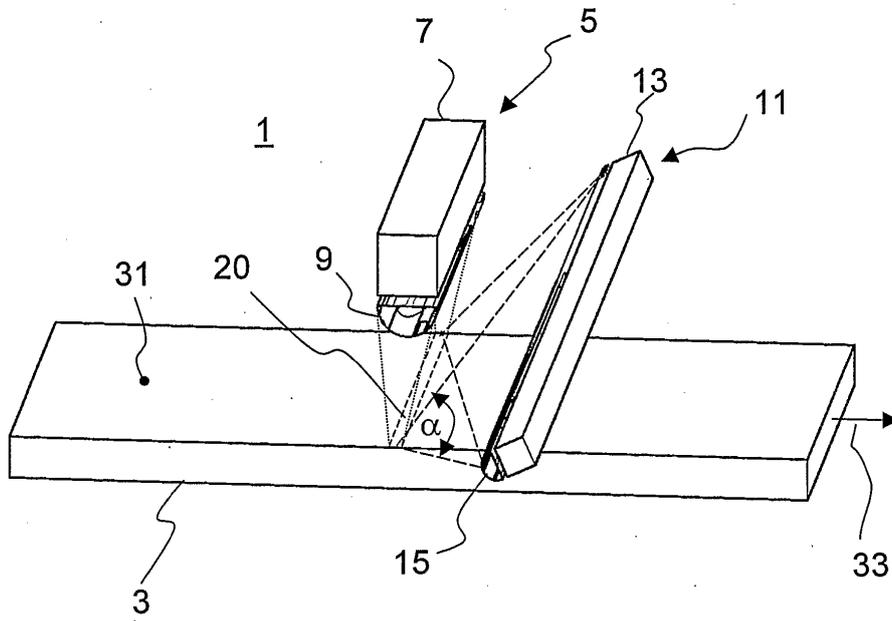
- <188> 164, 166 : 선 결합
- <189> 170 : 레이저
- <190> 172, 174 : 광선 분할기
- <191> 176, 178 : 렌즈
- <192> 180 : 광 다이오우드
- <193> 182 : 갈바노미터 스캐너
- <194> 184 : F- θ 렌즈
- <195> 186 : 선 다이아프램
- <196> 188 : 광전자 증배관

도면의 간단한 설명

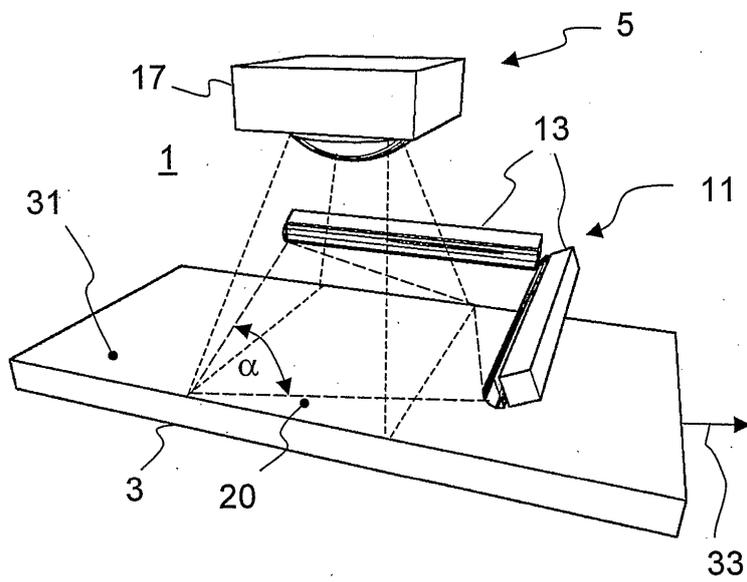
- <54> 도 1은 본 발명의 대표적 실시예에 따른 박막 유리 결합 검출용 장치의 개략도이다.
- <55> 도 2는 도 1에 도시된 장치의 변형을 도시한 도면이다.
- <56> 도 3A, 도 3B는 진보적 장치의 개량 부분을 도시한 도면이다.
- <57> 도 4는 결합의 위상 대비 검출 기능을 구비한 본 발명의 추가 실시예를 도시한 도면이다.
- <58> 도 5는 본 발명의 개량 발명에 따른 광선 경로를 도시한 도면이다.
- <59> 도 6은 기관 표면에서 다수의 초점을 형성하기 위한 광선 형상 조절 장치를 구비한 대표적 실시예를 도시한 도면이다.
- <60> 도 7은 초점이 조절되는 레이저 방사선에 의한 조명을 구비한 실시예를 도시한 도면이다.
- <61> 도 8은 광전자 증배관과 스캐닝 시스템을 구비한 도 7에 도시된 대표적 실시예의 변형물을 도시한 도면이다.
- <62> 도 9는 나란히 배치된 다수의 광학 검출기를 구비한 본 발명의 개량 발명을 도시한 도면이다.
- <63> 도 10은 도 7에 따른 장치에 의해 얻을 수 있는 광학 검출기에 의한 기록을 도시한 도면이다.
- <64> 도 11은 평평한 유리 기관에서 입자와 스크래치가 위치한 면을 매우 단순화시켜 개략적으로 도시한 도면이다.
- <65> 도 12는 명시야 및 암시야에서 각 광학 신호에 의한 두 개의 스크래치가 위치한 평평한 유리 기관을 상부에서 비스듬하게 보이도록 매우 단순화시켜 개략적으로 도시한 도면이다.
- <66> 도 13은 본 진보적 장치의 바람직한 실시예를 도시한 도면이다.

도면

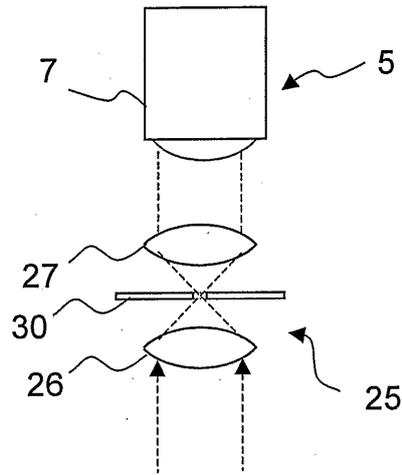
도면1



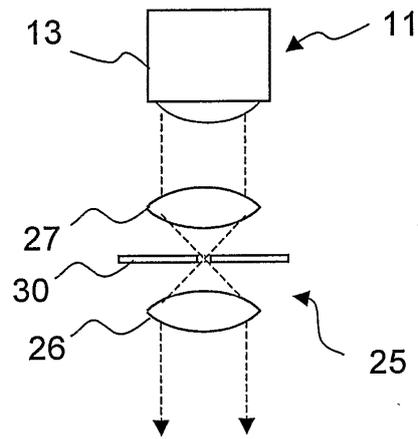
도면2



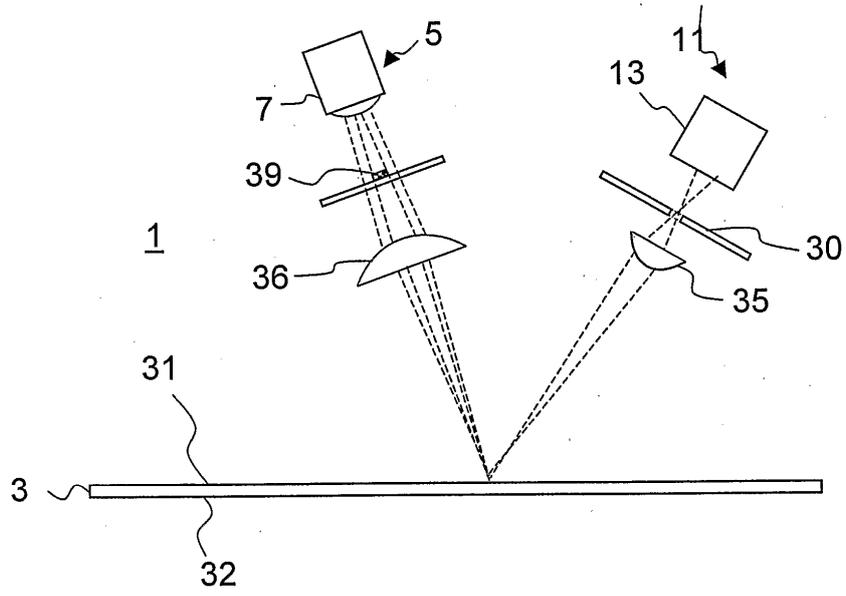
도면3A



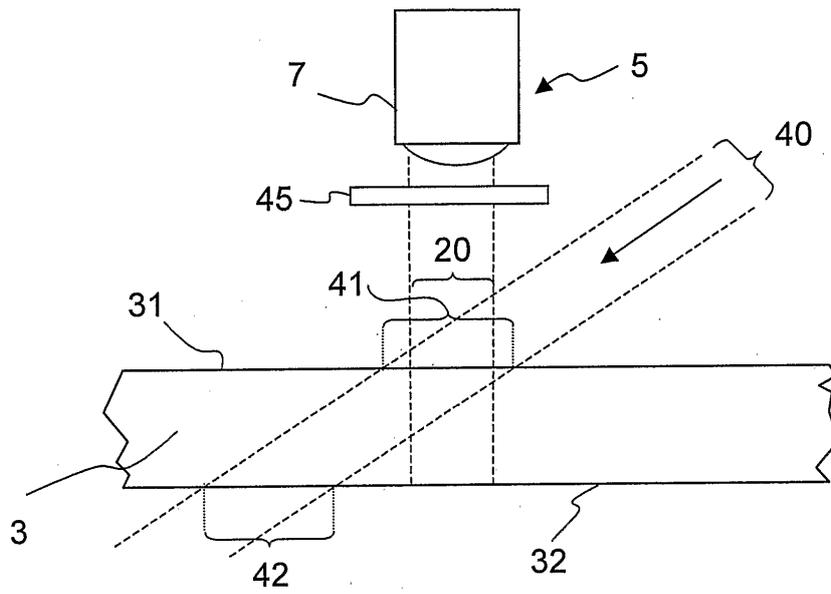
도면3B



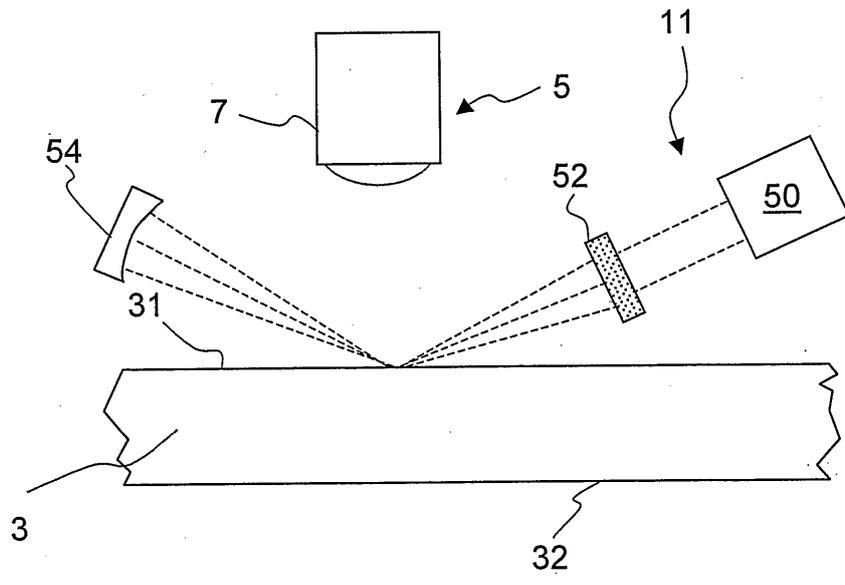
도면4



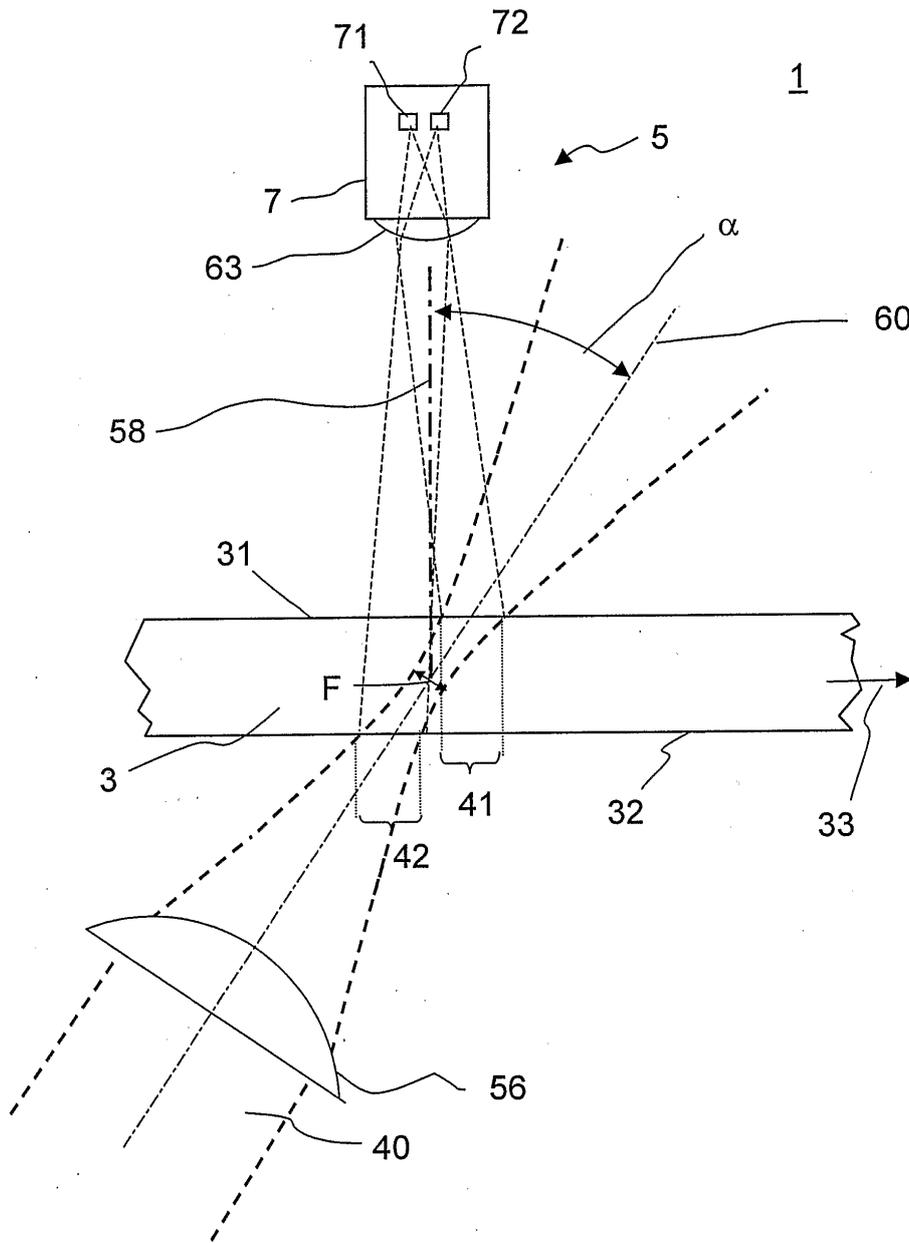
도면5



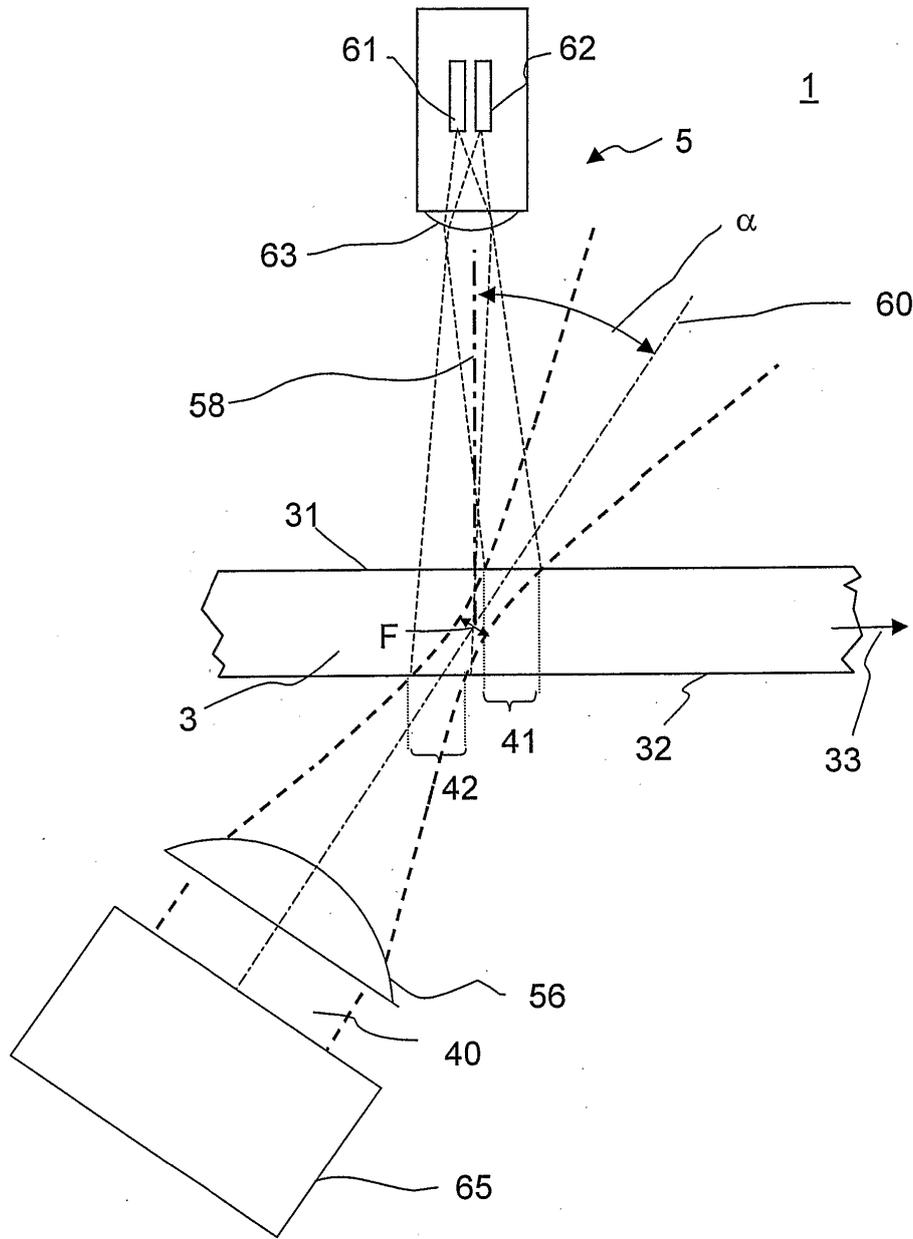
도면6



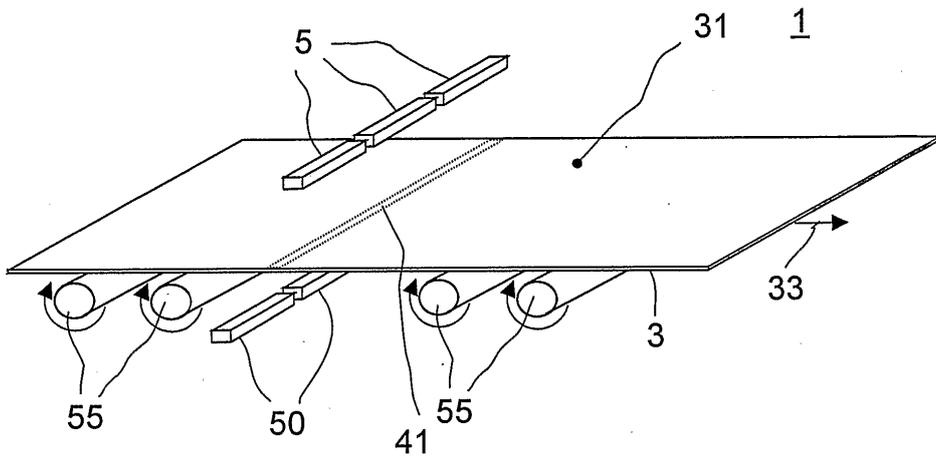
도면7



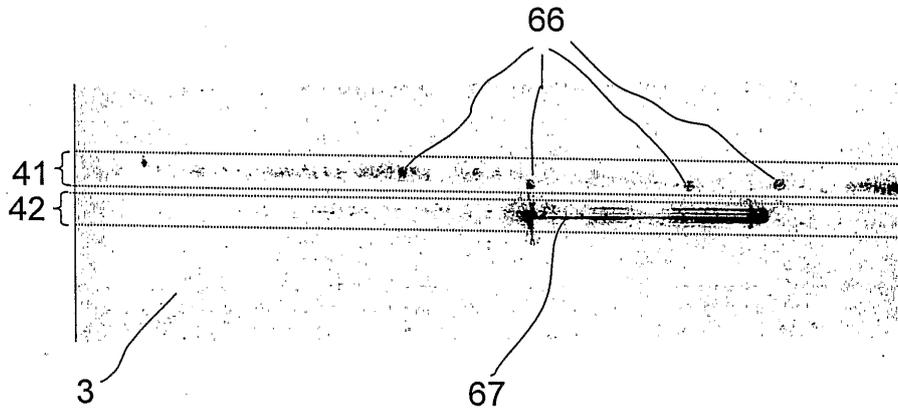
도면8



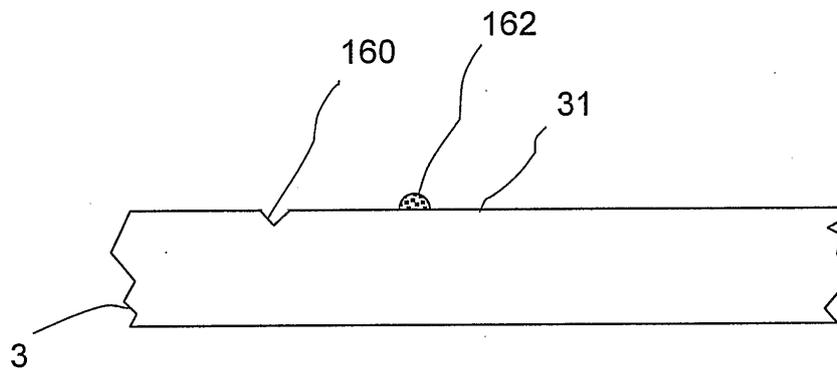
도면9



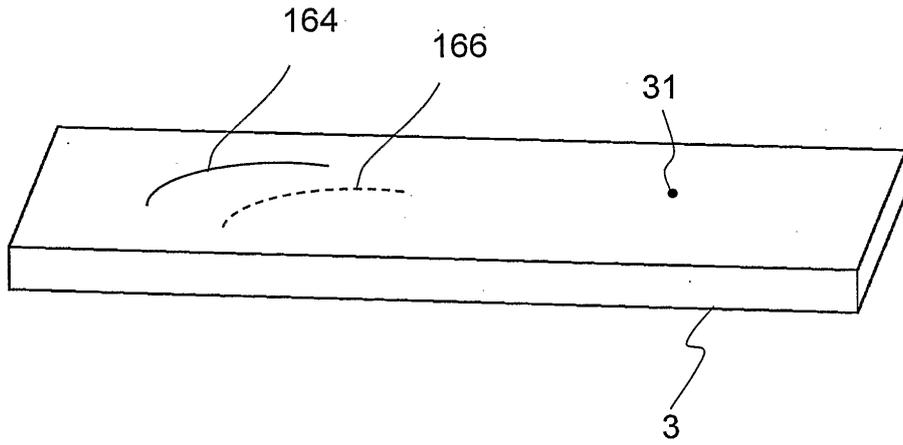
도면10



도면11



도면12



도면13

