



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년02월29일
(11) 등록번호 10-0808702
(24) 등록일자 2008년02월22일

(51) Int. Cl.

G01N 21/88 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2001-7000131
(22) 출원일자 2001년01월05일
심사청구일자 2004년06월22일
번역문제출일자 2001년01월05일
(65) 공개번호 10-2001-0053397
(43) 공개일자 2001년06월25일
(86) 국제출원번호 PCT/US1999/014056
국제출원일자 1999년06월22일
(87) 국제공개번호 WO 2000/02037
국제공개일자 2000년01월13일
(30) 우선권주장
09/110,870 1998년07월07일 미국(US)

(73) 특허권자

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050

(72) 발명자

스밀랜스키, 지브

이스라엘76850이스라엘메이세르41

트사드카, 새기

이스라엘70600예브느너리트스트리트4

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남상선, 유지은

전체 청구항 수 : 총 18 항

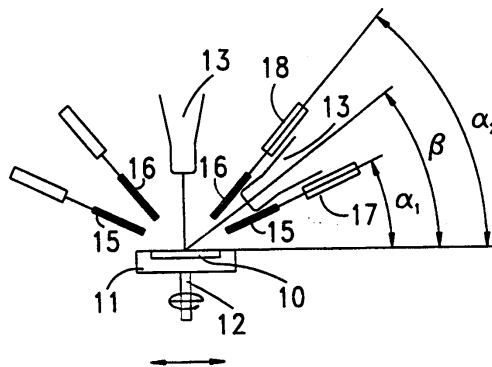
심사관 : 정진수

(54) 반도체 웨이퍼 표면 상의 결함을 검출하기 위한 픽셀-기초식 방법, 장치 및 광학 헤드

(57) 요약

웨이퍼 상의 개별 픽셀을 채킹하고, 스캐닝빔의 광에 응답하도록 정해진 각각의 픽셀의 형적을 수집하고 상기 형적이 무결점 픽셀 또는 결함 또는 혐의 픽셀인지를 결정함으로써 반도체 웨이퍼 상의 결함을 결정하는 방법이 제공된다. 상기와 같은 결함을 결정하는 장치가 제공되는데, 상기 장치는 웨이퍼(10)를 지지하는 스테이지(11), 상기 웨이퍼로 향하는 빔을 발생시키는 레이저 소스(13), 다수의 방향으로 웨이퍼에 의하여 산란된 레이저 광을 집광하는 집광부(15, 16) 및 광전기 센서(17), 상기 신호로부터 픽셀 형적을 정의하는 디지털 성분을 유도하는 A/D 변환기 및 혐의 픽셀의 형적을 식별하고 혐의 픽셀이 실제로 결함이 있는 지를 검증하는 선택 시스템을 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

레피돛, 지비

이스라엘76302레호보트하나시헤리손스트리트16

세르만, 리비

이스라엘47204레멧-해세론나할소레크스트리트10

(81) 지정국

국내특허 : 일본, 대한민국, 싱가포르

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법으로서,

레이저빔으로 각각의 웨이퍼를 조명하는 단계;

상기 빔이 상기 웨이퍼를 스캐닝하도록 상기 빔에 대하여 각각의 웨이퍼를 상대 이동시키는 단계;

고정 방향 어레이에서 상기 웨이퍼에 의하여 산란된 광을 감지하는 단계;

각각의 고정 방향으로 상기 산란된 광을 전기 신호로 변환시키는 단계;

소정 샘플링 주파수로 상기 전기 신호를 샘플링함으로써, 각각의 샘플링에서 각각의 고정 방향으로 웨이퍼 픽셀과 관련된 값으로 이루어진 값 어레이를 결정하는 단계;

픽셀 형적을 구성하는 것으로서 상기 값 어레이를 고려하는 단계;

무결점 웨이퍼의 모든 픽셀 형적에 의하여 만족되어야 하는 조건을 정하는 단계;

상기 각각의 웨이퍼의 픽셀 형적이 상기 조건에 만족하는지를 결정하는 단계; 및

상기 조건을 만족하는 픽셀을 허용가능한 픽셀로 분류하고 나머지 픽셀을 "혐의(suspect)" 픽셀로 분류하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

각각의 픽셀의 형적을 정한 후에, 각각의 형적의 적어도 하나의 신호가 평가되고, 상기 평가를 기초로, 다수의 형적이 다음의 공정에서 제외되는 것을 특징으로 하는,

패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 10

패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법으로서,
 각각의 웨이퍼 표면을 다수의 존으로 분할하는 단계;
 상기 존과 관련된 다수의 레이저빔으로 각각의 웨이퍼를 조명하는 단계;
 상기 빔이 웨이퍼의 존을 스캐닝하도록 상기 빔에 대하여 각각의 웨이퍼를 상대 이동시키는 단계;
 각각 빔과 관련된 다수의 고정 방향 어레이로 상기 웨이퍼에 의하여 산란된 광을 감지하는 단계;
 각각의 고정 방향으로 상기 산란된 광을 전기 신호로 변환시키는 단계;
 소정 샘플링 주파수로 상기 전기 신호를 샘플링함으로써, 각각의 샘플링에서 각각의 고정 방향으로 웨이퍼 픽셀과 관련된 값으로 이루어진 값 어레이를 결정하는 단계;
 픽셀 형적을 구성하는 것으로서 상기 각각의 값 어레이를 고려하는 단계;
 무결점 웨이퍼의 모든 픽셀 형적에 의하여 만족되어야 하는 조건을 정하는 단계;
 상기 각각의 웨이퍼의 픽셀 형적이 상기 조건에 만족하는지를 결정하는 단계; 및
 상기 조건을 만족하는 픽셀을 허용가능한 픽셀로 분류하고 나머지 픽셀을 "혐의" 픽셀로 분류하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,
 패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,
 상기 혐의 픽셀을 포함하는 각각의 웨이퍼에 대하여 벡터 다이 투 다이(die-to-die) 비교를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,
 패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 12

제 10항에 있어서,
 큰 외부 입자를 검출하도록 상기 픽셀의 높이를 측정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,
 패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 13

제 8 항에 있어서,
 반도체 웨이퍼 내의 다수의 다이의 다이 투 다이 비교로 표면 분석을 수행하는 단계;
 상기 각각의 다이에서 혐의 픽셀의 다이 좌표를 얻는 단계; 및
 상기 각각의 혐의 픽셀에 대하여, 다른 혐의 픽셀이 다른 다이의 유사한 좌표에 존재하는지를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,
 패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 14

제 8 항에 있어서,
 혐의 픽셀을 식별하기 위한 돌기부(bump) 검출을 수행하는 단계;
 상기 각각의 다이에서 혐의 픽셀의 다이 좌표를 얻는 단계; 및
 상기 각각의 혐의 픽셀에 대하여, 다른 혐의 픽셀이 다른 다이의 유사한 좌표에 존재하는지를 결정하는 단계를

포함하는 것을 특징으로 하는,
패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 15

제 8 항에 있어서,
협의 픽셀을 식별하기 위한 파손 비율 추정을 수행하는 단계;
상기 각각의 다이에서 협의 픽셀의 다이 좌표를 얻는 단계; 및
상기 각각의 협의 픽셀에 대하여, 다른 협의 픽셀이 다른 다이의 유사한 좌표에 존재하는지를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,
패턴화된 반도체 웨이퍼 분석 방법.

청구항 16

패턴화된 반도체 웨이퍼에서 외부 입자의 존재와 같은 결함을 결정하는 장치로서,
a) 지지부를 가진 스테이지;
b) 레이저 빔을 발생시키고 이를 상기 웨이퍼로 전달하는 레이저 소스 및 광학부;
c) 상기 웨이퍼에 의하여 산란된 레이저 광을 다수의 고정 위치에서 집광하는 집광부;
d) 상기 산란된 광을 나타내는 아날로그 전기 신호를 발생시키는 광전기 센서;
e) 소정 주파수로 상기 아날로그 신호를 샘플링하고 이들을 픽셀 형적을 정하는 연속 디지털 성분으로 변환시키는 A/D 변환기;
f) 상기 픽셀 형적 및 이들의 좌표를 수신하고 협의 픽셀 형적인 형적을 식별하는 제 1 선택 시스템; 및
h) 상기 제 1 선택 시스템으로부터 협의 픽셀의 형적 및 대응하는 픽셀 좌표를 수신하고, 각각의 협의 픽셀이 실제로 결함인지를 검증하는 제 2 선택 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는,
결함 결정 장치.

청구항 17

제 16항에 있어서,
상기 스테이지는 턴 테이블을 포함하며, 상기 스캐닝은 상기 턴 테이블의 회전축을 쉬프팅시킴으로써 이루어지는 것을 특징으로 하는,
결함 결정 장치.

청구항 18

패턴화된 반도체 웨이퍼에서 결함을 결정하는 장치로서,
a) 웨이퍼 지지부를 가진 스테이지;
b) 레이저 빔을 발생시키는 레이저 소스;
c) 상기 웨이퍼에 레이저빔을 전달하며 다수의 집광부가 배치된 적어도 하나의 광학 헤드;
d) 집광 광섬유에 의하여 집광된 광을 아날로그 전기 신호로 변환하는 광전기 센서;
e) 소정 주파수로 상기 아날로그 전기 신호를 샘플링하고 이들을 픽셀 형적을 정하는 연속 디지털 성분으로 변환시키는 A/D 변환기;
g) 상기 픽셀 형적 및 이들의 좌표를 수신하고 협의 픽셀 형적을 식별하는 선택 하드웨어; 및
h) 선택 소프트웨어에 응답하여 상기 선택 하드웨어로부터 협의 픽셀의 형적 및 대응하는 픽셀 좌표를 수신하고, 상기 협의 픽셀이 거짓 알람을 골라내기 위하여 상기 협의 픽셀을 평가하는 마이크로프로세서를 포함

하는 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 19

제 18항에 있어서,

상기 광학 헤드는 적어도 하나의 레이저 발생기를 포함하며, 상기 집광 광섬유는 웨이퍼에 의하여 산란된 광을 집광하기 위하여 두 개의 중첩된 광섬유 링을 포함하는 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 각각의 링은 방위각과 관련하여 균일하게 배열되고 동일한 고도각을 가진 16개의 광섬유를 포함하며, 상기 두 개의 링은 다른 고도각을 가지는 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 21

제 19항에 있어서,

상기 레이저 발생기는 타원형 스폿 사이즈를 발생시키는 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 22

제 18항에 있어서,

상기 선택 하드웨어는 돌기부 검출기, 파손 비율 추정기 및 임계치 비교기를 포함하는 주문형 전자 회로인 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 23

제 18항에 있어서,

상기 웨이퍼 면 위로 상기 결합이 돌출되는 크기를 측정하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 24

제 18항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광학 헤드는,

제어되는 표면을 노출시키는 공동,

적어도 하나의 레이저 소스, 및

상기 공동에 대하여 대칭으로 단자가 배치된 다수의 광섬유를 포함하는 것을 특징으로 하는,

결합 결정 장치.

청구항 25

제 24항에 있어서,

상기 광섬유 단자는 다수의 중첩된 링에 배치되며, 각각의 링에서 균일한 간격을 가지며, 상기 공동 바닥의 중

심 포인트를 통과하는 축을 가지는 것을 특징으로 하는,
결함 결정 장치.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 특히 입자 때문에 발생할 수 있는 결함을 검출하고자 하는 표면, 특히 반도체 웨이퍼 표면의 검사에 관한 것이다. 특히 본 발명은 반도체 제조 공정의 제어, 특히 품질 제어, 공정 모니터링과 제어 및 불량 검출에 관한 것이다. 본 발명은 또한 웨이퍼 제조의 인라인 제어 및 제조 라인에서 모든 결점 또는 불규칙성을 즉시 인식하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

<2> 반도체 웨이퍼 상의 결함 및/또는 외부 물질 존재에 대한 검출은 기술 분야에서 상당한 주목을 받았다. 결함은 원하는 패턴의 불완전한 제조에 의하여 발생할 수 있다. 또한, 여러 종류의 입자가 여러 이유로 인하여 웨이퍼 표면에 부착될 수 있다.

<3> 검사 공정은 베어(bare) 웨이퍼(즉, 아직 패턴화되지 않은 웨이퍼) 또는 패턴화된 웨이퍼 상에서 수행될 수 있다. 본 발명은 일차적으로 패턴화된 웨이퍼의 검사에 관한 것이다.

<4> 종래 디바이스가 패턴화된 웨이퍼에서 상술한 형태의 결함 및 입자를 검출하기 위하여 이용된다. 종래 장치의 예는 여러 다이들 직접 비교하는 것을 기초한 디바이스를 포함한다. 상기와 같은 장치는 특정 참조자료를 기초로 이하에서 더 설명되는데, 상기 장치는 다음과 같은 단점을 가진다: 1) 높은 기계적 정밀도를 요구하기 때문에 상대적으로 비싸며; 2) 수율이 낮으며; 3) 많은 공간을 차지하며; 4) 숙련된 조작자를 요구하며; 5) 인라인 검사에 적합하지 않으며(즉, 제조 라인으로부터 미리 추출된 웨이퍼에 대하여 행해짐), 따라서 본 발명에서 말한 종류의 공정 제어와 모니터링의 목적에 적합하지 않으며; 6) 종래의 디바이스는 비등방성 디바이스이다(즉, 검사되는 물품에 대하여 매우 정밀한 정렬이 요구됨). 이러한 사실은 장치 및 검사 방법에 대하여 구조와 동작에 있어서 제한을 가지도록 한다.

<5> 교 수다 등의 미국특허 USP 4,731,855는 본 발명의 배경 기술로서 반도체 웨이퍼 검사를 수행하기 위한 여러 방법을 열거하며, 상기 열거된 방법은 여기에 참고된다. 상기 방법 중 하나는 레이저빔으로 웨이퍼 표면을 스캐닝하고 패턴 에지에 의하여 발생된 회절광의 수와 방향을 실린더형으로 배치된 다수의 광검출 셀에 의하여 분석하는 것을 포함한다.

<6> 토시카즈 야수에 등의 미국특허 USP 4,345,312는 패턴 검사 방법을 개시하는데, 상기 방법은 검사될 패턴의 데이터를 추출하기 위하여 프리세트 패턴을 가진 물품으로부터 이미지를 포착하고, 이진값의 비트 매트릭스로 상기 데이터를 변환하고 상기 매트릭스와 이상적인 패턴을 나타내는 기준 매트릭스를 비교하여 상기 물품의 패턴과 이상적인 패턴 사이의 어긋남을 밝혀낸다.

<7> 마사쿠니 아키바 등의 미국특허 USP 4,342,515는 웨이퍼 표면상의 외부 물질 존재를 결정하는 검사장치를 개시하는데, 상기 장치는 시준된 빔을 검사 대상으로 투사하여 측면으로부터 검사하는 빔발생부 및 편광 플레이트를 통하여 상기 대상물의 표면으로부터 반사된 광을 감지하는 메커니즘을 포함한다. 그러나 상기와 같은 방법은 0.5 μ m 이하의 설계 규칙을 가진 오늘날의 웨이퍼에 사용될 수 없으므로 무용지물이다.

<8> 동일한 원리가 몇 개의 종래 방법 및 장치에 이용된다. 따라서, 밋스요시 코이즈미 등의 미국특허 USP 4,423,331에서, 웨이퍼 표면으로부터 반사된 광은 광전기 튜브로 전달되고 튜브에 의하여 출력된 전압 전류의 불규칙성에 의하여 결함이 검출된다.

<9> 마사타카 시바 등의 미국특허 USP 4,669,875는 상기 USP 4,342,515를 기초로 안출되었으며 동일 원리를 기초로 한 방법 및 장치를 제안하는데, 여기서 편광된 레이저빔은 기판 표면에 수직으로 경사지는 방향으로부터 기판을 조명하고 상기 표면을 선형으로 스캐닝하며; 외부 입자(foreign particle)로부터 반사된 광은 편광된 광 분석기 및 광전기 변환 디바이스에 의하여 검출된다.

<10> 상기 USP 4,731,855는 예를 들어 외부 입자와 같은 결함을 검출하는 방법을 개시하는데, 여기서 웨이퍼 표면으로부터 반사된 회절광은 법선 및 비법선 방향을 구별함으로써 분석된다. 웨이퍼 상에 형성된 이상적인 패턴은 소정 각도에서 법선 방향이라고 생각되는 미리 설정된 방향으로 회절광을 반사시킨다. 반대로, 외부 입자는 다

른 비법선 방향으로 광을 반사시킨다. 비법선 방향의 광 반사는 실제 패턴으로부터 웨이퍼에 형성된 패턴의 이탈을 나타내며, 따라서 결함 가능성을 나타낸다. 여기서, 비법선 방향 신호가 진짜 결함 또는 실제로 허용가능한 결함을 나타내는지를 결정하도록 제공된다. 그러나, 이 방법은 1 μ m 이하의 설계 규칙 때문에 무용지물이다.

<11> 미쓰요시 코이즈미 등의 미국특허 USP 4,814,596은 결함을 식별하기 위하여 편광되고 반사된 광을 분석하는 상기 원리를 적용한다. 이는 상기 USP 4,342,515 및 일본특허공개 제 54-101390, 55-93145와 56-30630을 인용한다. 상기 특허의 장치에서, S-편광빔이 웨이퍼 상에 존재하는 패턴을 조명하기 위하여 배열된다. 패턴 표면에서의 불규칙성은 충분히 작기 때문에, S-편광빔은 반사광에서 보존된다. 분석기는 반사된 광의 경로에서 S-편광빔을 차단하는데 이용되어, 반사된 광이 P- 편광빔을 포함하면, P-편광빔은 광전기 변환 엘리먼트에 의하여 검출되어 웨이퍼 상의 입자 존재를 나타내게 된다.

<12> 케이치 오카모토 등의 미국특허 USP 4,628,531은 일차적 선택에 의하여 "후보 결함(candidate defect)"라고 정의된 허용 가능하거나 그렇지 않은 결함의 존재를 밝혀내는 패턴 체크 장치를 개시한다. 상기와 같은 결함을 가진 웨이퍼는 이차 선택으로 넘어가며, 여기서 실제 결함이 아니고 허용 가능한 것과 허용가능하지 않은 것을 구별한다. 패턴 비교를 기초로 한 종래 방법에서는 비교될 패턴의 불완전한 등록에 의하여 잘못된 알람(즉, 일차 선택에서는 명백한 결함으로 검출된 것이 이차 선택에서는 실제 결함이 아닌 것으로 밝혀짐)이 발생된다.

<13> 종래 기술의 다른 방법은 회절 패턴의 이미지화된 퓨리에 면에서 공간 필터로서 이용되는 개별적으로 어드레스 가능한 광밸브의 평면 어레이를 이용하는 검사 장치에 관한 것이며, 밸브는 회절 패턴을 가진 부재의 위치에 대응하는 스트립 형태를 가지며 이들 부재로부터 광을 차단한다. 나머지 밸브 스트립(즉, 회절 순서 부재로부터 광을 차단하지 않는 것들)은 광투과에 대하여 개방되어 있다. 반도체 웨이퍼와 같은 것의 표면상으로 전달되는 광은 원형 모양의 반복 패턴으로부터 가늘고 긴 커브형 회절 순서를 형성한다. 커브형 회절 순서는 퓨리에 변환 렌즈에 의하여 선형 순서로 변환된다. 여러 가지 스트립 패턴은 기록되고 비교될 수 있다. 관련된 설명은 USP 4,000,949 및 4,516,833에서 찾을 수 있다.

<14> USP 5,699,447은 제 1단계에서 작은 직경의 광빔으로 웨이퍼의 전체 표면을 검사하고, 결함가능성이 높은 물품의 표면상에 검사된 위치를 나타내는 정보를 출력하는 제 1검사 수단, 상기 제 1검사 수단의 출력을 저장하는 저장 수단 및 제 2단계에서 결함 가능성이 높은 위치에서만 상대적으로 높은 공간 해상도로 검사하고 상기 위치에서 결함이 존재하는지 또는 존재하지 않는지를 나타내는 정보를 출력하는 제 2검사 수단을 포함하는 장치를 개시하고 청구한다. 제 1검사 단계는 검사된 웨이퍼의 패턴과 기준 패턴 역할을 하는 다른 패턴을 비교함으로써 이루어지며, 제 2검사 단계는 유사한 비교를 수행하여 그 차이를 나타내는 위치를 식별함으로써 결함의 존재를 나타내도록 한다.

<15> 상기 종래 기술의 장치 및 방법은 참조자료에서 부분적으로 설명된 몇 가지 단점을 가지는데, 이는 불완전한 등록 또는 기타 원인에 의한 에러, 명백하지 않은 결함의 검출에 의한 잘못된 알람 등이다. 이들 모두는 또한 높은 기계적 정밀도를 가지는 복잡한 장치를 요구하고 장기간의 동작 시간을 요구하여 수율이 낮다는 공통적인 단점을 가진다.

발명의 상세한 설명

<16> 따라서, 본 발명의 목적은 패턴화된 반도체 웨이퍼를 검사하는, 특히 외부 물질 입자 존재를 결정하는데 있어서 종래 방법 및 장치의 단점을 극복하는 것이다.

<17> 본 발명의 다른 목적은 종래 장치보다 속도가 빠르고 높은 수율로 동작하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

<18> 본 발명의 다른 목적은 패턴 비교를 필요로 하지 않은 시스템에 의하여 특히 패턴화된 반도체 웨이퍼 표면의 결함 또는 혐의(suspected) 결함을 검출하는 것이다.

<19> 본 발명의 다른 목적은 표면 픽셀을 검사 또는 테스트하여 결함 또는 혐의 결함을 검출하는 것이다.

<20> 본 발명의 다른 목적은 스캐닝빔에 대한 표면 픽셀의 광학적 응답을 분석하여 결함 또는 혐의 결함을 검출하는 것이다.

<21> 본 발명의 다른 목적은 패턴 비교를 기초로 하지 않고 픽셀 단위로 검사하는 웨이퍼 제어 방법을 제공하는 것이다.

<22> 본 발명의 다른 목적은 완전히 자동이고 인간 에러의 거의 모든 가능성을 제거한 웨이퍼 제어 방법 및 장치를

제공하는 것이다.

- <23> 본 발명의 다른 목적은 상당히 융통성이 높은, 다시 말해 모든 특정 공정 상황에서 요구되는 정밀도를 얻도록 동작할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- <24> 본 발명의 다른 목적은 반도체 웨이퍼를 인라인으로 제어하고 제조 공정 및 장치에서 모든 고장 또는 비정상 상태를 즉시 인식하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- <25> 본 발명의 다른 목적은 웨이퍼 표면상에서 소정 혐의 결합 위치를 집중화하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- <26> 본 발명의 다른 목적은 여기서 "벡터 다이 투 다이 비교(vector die-to-die comparison)"라고 하는 다음 동작을 용이하게 수행하도록 반도체 웨이퍼의 일차 제어를 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- <27> 용어 "벡터 다이 투 다이 비교"(약자 VDDC)는, 본 명세서 및 청구범위에서, 어느 혐의 결합이 유효 패턴 데이터를 나타내고 실제 결합을 나타내는지를 결정하기 위한 동작을 의미한다. 여기에 개시된 바람직한 실시예는 먼저 웨이퍼 검사 장치의 극좌표(이하에서 "기계 좌표계"라함)를 데카르트 좌표계(이하에서 "웨이퍼의 다이 좌표계"라고 함)로 변환할 것을 요구한다. 다음에, 기계 좌표계로 혐의 픽셀(suspected pixel) 위치를 정의하는 좌표로부터 다이 좌표계에서 상기 위치를 정의하는 좌표를 유도한다. 마지막으로 VDDC는 웨이퍼 패턴에 의하여 실제 형성된 혐의 데이터와 입자에 의한 실제 오염에 의하여 형성된 혐의 데이터를 구별하는 동작이며, 이들 모두는 이하에서 모두 충분히 설명될 것이다.
- <28> 본 발명의 목적은 또한 패턴화된 반도체 웨이퍼의 표면이 아니더라도 표면을 분석하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- <29> 본 발명의 목적은 또한 이하에 설명되는 바와 같이 본 발명의 특정 방식으로 스캐닝하고 이들의 광학 응답을 수집하는데 이용되는 빔으로 표면의 픽셀을 조명하는데 필요한 모든 광학 엘리먼트를 구조적인 단위로 포함하는 광학 헤드를 제공하는 것이다.
- <30> 본 발명의 목적은 또한 상기와 같은 광학 헤드와 광학 헤드에 대하여 표면을 이동시키는 수단을 결합시킴으로써 픽셀을 제어하는 장치를 제공하는 것이다.
- <31> 본 발명의 기타 목적 및 장점은 설명이 진행되는 동안 나타날 것이다.
- <32> 본 발명은 방법 및 장치 모두에 관해 패턴의 비교 또는 패턴에 대한 특정 정보 필요 없이 제어하의 패턴화된 웨이퍼의 개별 픽셀 모두 또는 일부를 검사하는 원리를 기초로 한다. 다시 말해, 본 발명은 픽셀이 속하는 패턴 또는 웨이퍼 상의 픽셀 위치를 참고하지 않고, 또 패턴 사이의 비교 없이 혐의 픽셀(즉, 결합, 특히, 외부 입자 존재 기미가 있는 픽셀)을 검출하는 원리를 기초로 한다. 본 발명의 검사 방법을 여기서 "설계 규칙 체크"라고 한다. 패턴화된 반도체 웨이퍼를 기초로 설명되고 이에 대한 분석이 본 발명의 주요 목적이지만, 본 발명은 일반적으로 여러 표면(특히 패턴화되지 않은 표면 또는 예를 들어 마이크론 또는 마이크론의 몇 분의 일인 치수가 웨이퍼 표면과 유사한 패턴을 가진 표면)의 분석에 적용될 수 있음이 명백하다.
- <33> 본 발명의 방법 및 장치는 "인라인"으로 이용될 수 있으며(즉, 동일한 웨이퍼 핸들링 및 인터페이스 시스템을 이용하는 제조 공정 도구에 통합되기에 적합), 제조된 웨이퍼의 상시적인 체크를 제공하도록 통합된 입자 모니터로서 동작할 수 있고, 제조 라인에서 발생할 수 있는 비정상 상태 또는 결합을 검출할 수 있다. 때때로, 더 이상 동작이 불가능하거나 무용하게 되도록 상당한 영향을 미치는 현상이 제조 라인에서 발생할 수 있다. 여기서 "파손(catastrophic)"이라고 하는 상기와 같은 현상을 가능한 빨리 검출하는 것이 중요하며, 본 발명은 이를 가능하게 한다. 이러한 인라인 체크는 기술 분야에서 고속의 픽셀 단위 검사 방법에 의하여 첫 번째로 그리고 저렴한 비용 및 작은 공간으로 가능하다.
- <34> 본 발명의 특징에 따르면 패턴화된 반도체 웨이퍼에서 결합, 특히 외부 입자의 존재를 결정하는 방법을 제공하는데, 상기 방법은 각각의 픽셀의 형적(形迹)(signature)을 정의하는 개별 픽셀을 연속적으로 스캐닝하는 단계 및 상기 형적이 무결점 또는 결합 또는 결합 혐의 픽셀을 나타내는 형적 특성을 갖는지를 결정하는 단계를 포함한다.
- <35> 본 발명의 일부 실시예에서, 픽셀 형적 특성의 결정은 형적을 형성하는 개별 신호의 특성을 평가하는 예비 단계 다음에 이루어지는데, 이는 어떤 형적이 결합 픽셀에 속할 수 없다고 결론을 내리도록 하여 추가의 처리를 요구하지 않도록 하며, 따라서 처리되어야 할 데이터 량을 감소시키도록 한다. 따라서 본 발명의 방법은 각각의 픽셀의 형적을 정하는 단계, 각각의 형적의 각 신호를 평가하는 단계 및 상기 평가를 기초로 추가의 처리로부터

다수의 형적을 배제하는 단계를 포함한다. 바람직하게, 픽셀은 조명빔에 의하여 광학적으로 스캐닝되며, 이들의 형적은 조명광에 대한 광학적 반응에 의하여 정의된다. 이 경우, 본 발명의 방법의 여러 실시예는 다음 특성에 의하여 특징화된다.

<36> I- 이용되는 광의 타입;

<37> II- 조명장치의 물리적 및 지형적 파라미터

<38> III- 픽셀의 광학적 반응 및 이에 의한 형적이 특징화되는 성질 및/또는 파라미터;

<39> IV-상기 광학적 반응의 검출의 물리적 및 지형적 파라미터.

<40> I- 이용되는 광의 타입

<41> 본 발명에 따르면, 레이저빔 또는 기타 소스(예를 들어 플래시 램프, 형광 램프, 수은 램프 등)에 의하여 발생한 광을 이용할 수 있다. 레이저빔은 예를 들어 다이오드 레이저에 의하여 발생할 수 있으며 예를 들어 400 내지 1300nm의 파장을 가질 수 있다. 적당한 파장의 선택은 소정 물질 또는 패턴에 대하여 최적화되도록 당업자에 의하여 이루어질 수 있다. 상대적으로 긴 파장(예를 들어, 600-810nm)은 일반적으로 높은 에너지 영향력을 얻을 수 있기 때문에 바람직하다. 단파장은 작은 입자를 검출하고 미세한 설계 규칙에 바람직하다. 레이저빔은 또한 다이오드가 아닌 발생기에 의하여 IR에서 딥 UV까지의 파장으로 발생할 수 있다. 조명되는 방사선은(스펙트럼 분석에 중요한) 협대역 또는 광대역일 수 있다. 코히어런트 또는 넌코히어런트, 편광 또는 비편광일 수 있다. 영향력에 관해, CW, 펄스형 또는 준-CW일 수 있다. 하나의 광빔 또는 다수의 광빔이 이용될 수 있다.

<42> II- 조명장치의 물리적 및 지형적 파라미터

<43> 1. 조명 소스 수는 변경될 수 있다.

<44> 2. 조명 소스의 지형적 위치는 변경될 수 있다.

<45> 3. 광소스 및 조명된 스폿의 사이즈와 형태는 변경될 수 있다.

<46> 4. 조명광이 전달되는 경로는 변경될 수 있다.

<47> 중요 변화는 소정 패턴에 대한 조명 스폿 사이즈를 변경시킴으로써 발생할 수 있다. 5제곱 마이크론의 스폿은 75 제곱 마이크론의 스폿과 완전히 다른 형적 세트를 제공하며 상이한 구별 능력을 제공한다. 일부 유용한 광원 형태는 포인트 소스, 링 소스, 대형 개구 소스 및 라인 소스이다. 때때로 상대적으로 큰 파장(1마이크론 이상)으로 웨이퍼를 통하여(또는 검사될 때 레티클 또는 일부 다른 투명 물품과 같은 다른 물품을 통하여) 조명되는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 웨이퍼 하부로부터 조명할 수 있고 이로부터 수신된 방사선을 집광할 수 있다.

<48> 조명광은 광학 트레인, 광섬유 또는 그 외의 전달 엘리먼트에 의하여 전달될 수 있다.

<49> III- 픽셀 형적이 특징화되는 성질 및/또는 파라미터

<50> 1. 이 시스템에서, 산란된 광의 에너지는 측정되는 주요 특성이다.

<51> 2. 다른 특성은 표면의 높이이다. 이는 높이 측정 시스템에 의하여 측정된다.

<52> 3. 다른 특성은 형적의 생성에 성공적으로 이용될 수 있으며, 이들은:

<53> 3.1. P 및 S 면에서 수신된 방사선의 편광. 이는 웨이퍼 상의 패턴은 양호하게 결정된 편광을 유도하는 많은 지형적인 위치에서 정확하게 정렬된 편광기가 단지 입자만을 감지하도록 하기 때문에 중요하다.

<54> 3.2. 수신된 방사선의 위상

<55> 3.3. 수신된 방사선의 파장, 이는 예를 들어 형광성 테스트 또는 픽셀의 스펙트럼 응답을 테스트함으로써 여러 가지 방법으로 테스트될 수 있다.

<56> 수신된 방사선의 편광과 관련하여, 편광된 광으로 조명될 때 패턴화된 웨이퍼 표면 주위의 편광 방향 필드가 소정 현상을 나타내어 소정 수집 각도로 편광 필드가 양호하게 형성되도록 하는 것을 볼 수 있다(제이.엠. 엘슨, 다층 코팅 광학: 계면 무작위 거칠기에 의하여 결합되고 산란된 유도파, J.Opt.Soc.Am. A12, pp.729-742(1995)참조). 따라서, 적절하게 정렬된 편광기에 의하여, 패턴으로부터 산란된 광은 상기 각도에서 거의 제로 에너지를 제공할 것이다. 한편, 조명된 스폿에 입자가 있으면, 이로부터 산란된 광은 편광이 소멸되고 상기

각도에서 상당한 에너지를 제공하여, 입자가 확실하게 검출되도록 한다. 이러한 방식으로 입자를 검출하는 검출기의 위치 및 편광 방향을 정확하게 고정시킬 필요는 없으며, 충분히 많은 수의 검출기를 제공하는 것으로 족하며, 각각의 검출기는 앞면에 편광 시트를 가진다. 다수의 검출기는 이들 중 일부가 확실히 입자 존재를 나타내는 응답을 얻도록 한다. 따라서, 편광된 광을 이용할 때, 본 발명의 방법 및 장치는 조명광을 전달하고 웨이퍼 픽셀로부터 산란된 광을 검출하도록 변형될 필요는 없지만 편광자는 각각의 검출기의 앞면에 배치되어야 하며, 어떠한 변경도 장치에서 요구되지 않으며, 신호 처리 알고리즘은 일반적으로 하부 레벨을 포착하는 검출기가 편광 필드가 제대로 형성된 상기 각도로 배치된다는 사실을 고려하여 변형되어야 하며, 따라서 이들 검출기에 의하여 집광된 광이 상당한 에너지를 가질 경우, 알고리즘은 입자 존재를 신호로 알려야 한다.

<57> **IV-픽셀의 광학적 반응의 검출의 물리적 및 지형적 파라미터**

<58> 광학 반응 및 이에 따른 픽셀의 형적은 픽셀에 의하여 산란된 광에 의하여 형성된다. 검출되는 방법은 광범위하게 변형될 수 있다. 설명을 목적으로 "고정 방향"이라고 하는 다수의 방향에서 검출된다. 각각의 방향은 픽셀에서 광 집광 포인트로의 라인에 의하여 한정된다. 따라서, 산란된 광검출 지형은 집광 포인트의 배치에 의하여 한정된다. 상기 포인트는 예를 들어 수평 중심 원(여기서 "수평"은 웨이퍼 표면에 평행한 것을 의미함)상에 방위각 대칭되도록 또는 수직 또는 경사진 반원 상에서 높이 대칭으로, 또는 웨이퍼 표면과 평행한 평면 그리드에서 또는 웨이퍼 상의 반구형 또는 다른 아치형 배열로 배치될 수 있다.

<59> 본 발명의 바람직한 형태에서, 상기 형적은 신호 어레이에 의하여 형성되며, 상기 각각의 신호는 소정 방향으로 픽셀에 의하여 산란된 광의 세기를 측정하며 여기서는 "형적 성분(signature component)"이라고 한다. 상기 세기가 측정되는 방향의 수 및 이에 따른 형적 성분의 수는 형적이 대응하는 픽셀을 특성화할 만큼 충분히 높아야 하는데, 이는 이하에서 설명된다. 상기 신호는 소정 주파수 "f"에서 샘플링되는데, 상기 주파수는 "샘플링 주파수"라고 한다. 연속 샘플링 사이의 시간 주기 $t=1/f$ 를 "샘플링 주기"라고 한다. 본 발명을 수행하는데 이용하는 샘플링 주파수는 바람직하게 매우 높으며, 예를 들어 11Mhz와 같이 백만 단위의 주파수이다. 각각의 샘플은 디지털 신호 어레이를 발생시키며, 이는 샘플이 취해지는 순간에 빔에 의하여 조명된 픽셀의 형적을 형성한다.

<60> 용어 "스캐닝빔"은 여기서 웨이퍼에 대한 상대 이동을 가지며 웨이퍼의 여러 포인트에 연속적으로 충돌하는 빔을 의미한다. 본 발명은 웨이퍼 표면상에서 빔의 스폿이 이동되도록 하는 한 운동 특성을 가지며 기계적 수단에 의하여 발생하는 상대 운동을 포함한다. "빔의 스폿"(또한 "빔의 자국"이라고도 함)은 어느 순간에 빔에 의하여 조명된 웨이퍼의 영역 또는 다시 말해 웨이퍼 표면과 빔의 교차영역을 의미한다. 스캐닝빔의 파장 및 웨이퍼 패턴의 엘리먼트와 외부 입자의 치수와의 관계에 있어서, 웨이퍼에 의하여 산란된 광은 회절된다.

<61> 본 명세서와 청구범위에 사용된 용어 "픽셀"은 샘플이 수행되는 순간, 즉 고정 방향으로 웨이퍼에 의하여 산란된 광의 세기를 나타내는 디지털 신호가 결정되는 순간에 빔 스폿에 의하여 커버되는 영역을 의미한다. 이상적으로, 각각의 픽셀은 인접하는 픽셀과 접하지만, 이는 본 발명을 성공적으로 구현하는데 필요한 것은 아니다. 실제로, 웨이퍼에 대한 스캐닝빔의 상대 운동 특성 및 속도, 스폿 사이즈의 면적, 및 샘플링 주파수에 따라, 인접 픽셀은 중첩될 수 있어 웨이퍼의 각각의 포인트는 한번 이상 검사되거나 또는 반대로 인접 픽셀은 서로 이격될 수 있어 웨이퍼의 모든 포인트가 검사되지 않을 수 있다. 데이터 량 및 동작 속도와 같은 파라미터를 고려하여, 픽셀 사이의 한 관계 또는 다른 관계가 선택되고 웨이퍼에 대한 스캐닝빔의 상대 운동이 필요에 따라 결정될 수 있다.

<62> 형적이 무결점 픽셀 또는 결함 픽셀의 형적 특성을 갖는지를 결정하기 위하여, 본 발명이 수행되는 특정 조건에 대하여 적용되고 원하는 타입 및 선택 등급을 제공하는 기준이 채택될 수 있다. 상기 기준은 제어된 형적과 마스터 형적(master signature) 사이의 비교 또는 제어된 형적의 파라미터가 포함되어야 하는 허용 가능한 파라미터의 범위 정의 또는 형적의 통계치에서 제어된 형적의 위치 등을 포함할 수 있다. 광범위하게 적합하고 간단한 방법이 실시예에 의하여 이하에 설명된다.

<63> 본 발명의 다른 특징에 따르면, 적어도 하나의 조명빔 소스, 바람직하게 레이저 다이오드가 제공되며, 이는 바람직하게 이동하지 않으며, 제어된 웨이퍼는 바람직하게 회전되며, 더 바람직하게는 중심에 대하여 회전되며, 회전축에 대하여 수직인 면에 놓인 라인에서 중심을 전치시킴으로써 직동되어(즉, 직선 또는 곡선을 따라 그 자신에 평행하게 배치됨), 웨이퍼 표면상에서 빔의 스폿이 이동되도록 하며, 웨이퍼에 의하여 산란된 광은 다수의 방향으로 집광된다. 산란된 광이 집광되는 이들 방향을 이하에서는 "고정 방향"이라고 한다. 웨이퍼의 회전 운동은 상당한 이점을 가지며, 특히 통상적인 정밀도의 기계적 수단에 의하여 용이하게 수행되고, 작은 공간을 차지하면서 매우 높은 공정 속도 및 이에 따른 매우 높은 수율을 쉽게 달성하도록 한다. 웨이퍼의 회전 운동

및 직동 운동, 이동하지 않는 스캐닝빔이 바람직한 것으로 말했지만, 웨이퍼에 대한 빔의 상대 운동이 결정 팩터이며 이를 얻는 모든 방법은 본 발명의 범위내이다. 바람직하게, 고정된 각각의 방향에서 집광된 광은 전기 신호로 변환되고 상기 전기 신호는 샘플링에 의하여 디지털 신호(픽셀 성분)로 변환된다.

- <64> 본 발명의 상기 특징의 변형예에서, 단일 스캐닝빔이 제공되며 웨이퍼는 이동되어 상기 빔이 웨이퍼의 전체 표면을 스캐닝하도록 한다. 스폿 사이즈가 거의 중첩되는 다수의 레이저가 단일 스캐닝빔을 형성하기 위하여 여기서 고려된다.
- <65> 다른 변형예에서, 웨이퍼 표면은 다수의 존으로 분할되며, 다수의 스캐닝빔(바람직하게 상기 존의 수와 동일함)이 제공되고, 각각의 스캐닝빔은 상기 존중 하나와 관련되며, 검사된 웨이퍼는 이동되어 각각의 빔이 관련된 웨이퍼 존을 스캐닝하도록 하고 웨이퍼 표면에 의해 각각의 빔의 산란에 의하여 형성된 광은 상기 빔과 관련된 다수의 고정 방향으로 집광된다. 일반적으로 그리고 바람직하게, 상기 웨이퍼 존은 원형인 중심의 존을 제외하고 유사한 방사방향 치수를 가진 환형의 동심 링이며, 웨이퍼는 회전되며 링의 상기 방사방향 치수와 동일한 크기만큼 방사방향으로 쉬프트된다. 이러한 본 발명의 변형예는 처리 시간을 단축시키며 장치 엘리먼트의 이동을 감소시키고 작은 픽셀의 형성이 가능하게 한다.
- <66> 바람직한 형태에서, 본 발명의 공정은 다음 단계를 포함한다.
- <67> 1- 하나의 레이저빔 또는 다수의 레이저빔으로 각각의 웨이퍼를 조명하는 단계;
- <68> 2- 하나의 빔이 이용될 경우, 상기 빔이 웨이퍼를 스캐닝하도록 하고, 다수의 레이저빔이 제공될 경우 각각의 빔이 관련 웨이퍼의 존을 스캐닝하도록 상기 빔에 대하여 각각의 웨이퍼를 상대 이동시키는 단계;
- <69> 3- 단일 빔이 제공될 경우 다수의 고정 방향으로 또는 하나 이상이 빔의 제공될 경우 빔과 각각 관련된 다수의 방향으로 웨이퍼에 의하여 산란된 광을 감지하는 단계;
- <70> 4- 각각의 고정 방향으로 상기 산란된 광을 전기 신호로 변환시키는 단계;
- <71> 5- 소정 샘플링 주파수로 상기 전기 신호를 샘플링함으로써 각각의 샘플링에서 각각의 고정 방향으로 웨이퍼 픽셀과 관련된 값으로 이루어진 값 어레이를 결정하는 단계;
- <72> 6- 픽셀 형적을 구성하는 것으로서 상기 형적 값 어레이를 각각 고려하는 단계;
- <73> 7- 무결점 웨이퍼의 모든 픽셀 형적에 의하여 만족되어야 하는 조건을 한정하는 단계;
- <74> 8- 상기 각각의 웨이퍼의 픽셀 형적이 상기 조건에 만족하는 지를 결정하는 단계; 및
- <75> 9- 상기 조건을 만족하는 픽셀을 허용가능한 픽셀(acceptable pixel)로 분류하고 나머지 픽셀을 "혐의" 픽셀로 분류하는 단계.
- <76> 본 발명의 실시예에서, 빔의 그룹은 이들을 포커싱함으로써 웨이퍼를 스캐닝하기 위하여 이용되며, 따라서 모든 빔은 웨이퍼 표면에 동일 스폿을 가지도록 하며, 이 경우, 모든 빔에 의하여 생성된 산란 광은 동일한 고정 방향으로 집광될 것이다.
- <77> 혐의 픽셀의 식별과 동시에, 웨이퍼 상의 이들의 위치는 연속적인 벡터 다이 투 다이 비교를 허용하도록 기록된다. 각각의 처리 순간에, 검사되는 픽셀의 위치는 기계 좌표계에서 식별된다. 상기 시스템에서, 각각의 픽셀의 위치는 웨이퍼 지지부가 회전되는 각도 및 웨이퍼 중심으로부터 픽셀의 거리 또는 다시 말해 웨이퍼 중심이 레이저빔에 대하여 이루어지는 전치에 따른 방사 위치에 의하여 정의된다. 상기 각 및 방사 위치는 픽셀의 극 좌표를 구성한다. 한편, 웨이퍼 상의 픽셀의 위치는 다이 좌표계로 정의되며, 여기서 포인트는 내부에 존재하는 다이 인덱스 및 다이 내부의 포인트 좌표에 의하여 식별되는데, 축은 다이의 기본 방향과 평행하고 거리는 미크론 단위로 측정된다. 포인트의 다이 좌표가 계산되는 방법은 이하에 설명된다.
- <78> 본 발명의 바람직한 실시예에서, 픽셀의 형적은 그들의 좌표와 함께 장치의 하드웨어 부품에 전송된다. "하드웨어 부품"은 여기서 각각의 경우에 필요에 따라 선택될 수 있는 특정 업무 또는 다수의 특정 업무를 가진 전자 디바이스를 의미한다. 일반적으로, 하드웨어 부품은 특별히 설계된 디지털 전자 디바이스이며, 이것의 업무는 신호를 분석하고 웨이퍼 상의 유효 패턴을 나타내는 신호와 오염된 스폿(contaminated spot)으로부터 발생할 것으로 의심되는 신호 사이에서 일차적으로 선택한다. 혐의 픽셀의 형적 및 이들의 좌표는 또한 다이 투 다이 비교를 완성하는 소프트웨어 부품으로 전송된다. 혐의 픽셀은 단지 웨이퍼 픽셀의 작은 부분이기 때문에, 하드웨어 성분에 의하여 출력된 정보는 수신된 정보의 일부이다.

- <79> 따라서 본 발명의 실시예는 협의 웨이퍼에서 명백한 결함 픽셀의 위치를 결정하는 것을 포함한다. 본 발명의 다른 실시예는 픽셀 높이를 측정하는 것을 포함한다. 각각의 웨이퍼 타입은 소정 깊이를 가진 패턴을 가진다. 큰 외부 입자는 때때로 웨이퍼 패턴의 상기 깊이를 초과하는 높이(즉, 웨이퍼 표면에 수직인 치수)를 가지며 따라서 상기 패턴으로부터 돌출하고, 이는 높이 측정에 의하여 검출될 수 있다.
- <80> 본 발명은 패턴화된 반도체 웨이퍼에서 결함(특히 외부 입자의 존재)을 결정하는 장치를 포함하며, 상기 장치는:
 - <81> a) 웨이퍼를 지지하고 이를 회전시키는 턴 테이블;
 - <82> b) 적어도 하나의 광빔을 발생시키고 이를 웨이퍼로 전달하는 광소스 및 광학부;
 - <83> c) 바람직하게 웨이퍼의 회전축을 쉬프팅함으로써 웨이퍼 중심에 대하여 상기 빔의 스폿을 쉬프팅시키는 수단;
 - <84> d) 다수의 고정 위치로 웨이퍼에 의하여 산란된 광을 집광하는 집광부;
 - <85> e) 상기 산란된 광을 나타내는 아날로그 전기 신호를 발생시키는 광전기 센서;
 - <86> f) 소정 주파수에서 상기 아날로그 신호를 샘플링하고 이들을 픽셀 형적을 정하는 연속 디지털 성분으로 변환시키는 A/D 변환기;
 - <87> g) 각각의 픽셀의 좌표를 결정하는 수단;
 - <88> h) 픽셀 형적 및 이들의 좌표를 수신하고 무결점 픽셀의 형적이 아닌 형적(즉, 협의 픽셀의 형적)을 식별하는 하드웨어 필터; 및
 - <89> i) 상기 필터로부터 대응하는 픽셀 좌표와 함께 협의 픽셀의 형적을 수신하고 벡터 다이 투 다이 비교를 수행하는 소프트웨어 알고리즘을 포함한다.
- <90> 본 발명에 따른 장치의 바람직한 실시예에서, 광빔은 레이저빔이다. 바람직한 실시예에서, 레이저빔을 발생시키는 수단 및 다수의 고정된 방향으로 웨이퍼에 의하여 산란된 레이저 광을 집광하는 수단은 적당한 기하학적 관계에서 단일 구조 유니트로 관련되는데, 여기서 "광학 헤드"라고 한다. 광학 헤드는 일반적으로 단일 레이저 발생기를 포함하지만, 하나 이상을 포함할 경우, 발생기는 단일 조명 스폿을 생성하도록 포커싱된다.
- <91> 따라서, 상기 실시예에서 상기 장치는:
 - <92> a) 웨이퍼를 지지하고 웨이퍼의 기하학적 축과 일치하는 회전축을 중심으로 웨이퍼를 회전시키는 턴 테이블;
 - <93> b) 웨이퍼의 회전축을 병진방향으로 쉬프팅시키는 수단;
 - <94> c) 적어도 하나의 광학 헤드;
 - <95> d) 상기 광학 헤드에서 발생된 광학 신호를 아날로그 전기 신호로 변환시키는 광전기 수단;
 - <96> e) 소정 주파수로 상기 아날로그 신호를 샘플링하고 이들을 픽셀 형적을 정의하는 연속 디지털 성분으로 변환시키는 A/D 변환기;
 - <97> f) 픽셀 형적 및 이들의 좌표를 수신하고 무결점 픽셀의 형적이 아닌 형적(즉, 협의 픽셀의 형적)을 식별하는 하드웨어 필터; 및
 - <98> g) 상기 필터로부터 대응하는 픽셀 좌표와 함께 협의 픽셀의 형적을 수신하고 벡터 다이 투 다이 비교를 수행하는 소프트웨어 알고리즘을 포함한다.
- <99> 광학 헤드는 그 자체가 본 발명의 목적이다.
- <100> 본 발명의 특징에서, 장치는 웨이퍼를 지지하고 회전시키는 기계적 수단과 결합하여 웨이퍼에 의하여 산란된 광을 등방적으로 집광하는 광학 수단 및 웨이퍼 지지 플레이트에 대한 웨이퍼 다이의 기본 방향의 각(angular) 이동을 고려하는 하드웨어 수단을 포함한다. "산란된 광을 등방적으로 집광한다"는 것의 의미는 집광 수단의 각 이동이 이렇게 집광된 광학 신호를 거의 변화시키지 않도록 많이 그리고 밀하게 분배된 포착 각도에서 광을 집광함을 의미한다. 다시 말해, 집광 수단은 마치 웨이퍼 회전축에 수직인 면에 설정된 링으로 구성된 것처럼 동작하여, 모든 포인트에서 산란된 광을 균일하게 감지하도록 한다. 웨이퍼 지지 플레이트에 대한 다이의 기본 방향의 각 이동을 고려하는 수단은 실제로 수신된 광학 신호를 모든 웨이퍼가 변화하지 않는 소정 방향으로 설정된 그들의 기본 방향으로 지지 플레이트 상에 장착될 경우 갖게 되는 값으로 변환하는 수단을 포함한다.

- <101> 소정 픽셀의 형적은 소정 동작 파라미터에 따르는데, 동작 파라미터는 본 발명의 실행에 대한 변형에 있어서 특정되고 일정하게 유지되어야 한다. 상기 파라미터는 a) 광원 타입, 광원 수, 방사빔 또는 빔들의 방향, 이들의 파장, 에너지 영향력, 스폿 사이즈 면적 등과 같은 방사광의 특성; b) 고정 방향(즉, 기관 표면에 대한 방위각 및 고도와 같은 이들의 수와 방향); c) 반사된 광이 각각의 센서에 의하여 감지되는 입체각을 포함한다. 본 발명의 기계학과 관련된 다른 파라미터는 이하에서 명백해진다. 상기 파라미터 중 하나가 변경되면, 이에 따라 픽셀 형적이 변경될 것이다. 따라서, 상기 파라미터는 본 발명에 따라 또는 본 발명의 목적을 위하여 수행되는 모든 동작에서 동일하게 유지되어야 한다. 일반적으로, 고정 방향의 수가 크면, 산란된 광의 해상도 및 픽셀 형적의 완성도가 좋아진다. 한편, 구조적으로 고려했을 때 과도한 수의 고정 방향을 이용하는 것은 바람직하지 않다. 이를 고려했을 때 16 내지 32개의 고정 방향 및 이에 대응하는 산란된 광 집광기를 이용하는 것이 바람직하다. 설명을 명확히 하기 위하여, 다음 설명에서, 두 개의 중첩된 고정 방향 링이 있고, 이들 각각은 16개의 고정 방향을 포함한다고 가정한다. 각각의 링에서, 고정 방향은 방위각으로 균일하게 배열되며 동일 고도 각을 가진다. 두 개의 링은 다른 고도 각을 가진다. 여기서 "고도 각"은 상기 방향이 웨이퍼 면과 이루는 각도를 의미한다. 웨이퍼 면은 그 상부 표면의 면으로서 정의된다. 방위각 및 고도 각은 모든 고정 방향이 동일 포인트에서 웨이퍼의 면에 교차하도록 결정된다. 상기 고정 방향 배열은 또한 상기 방향이 축으로서 웨이퍼의 축을 가지고 정점을 가지는 두 개의 콘형 표면상에 놓이고 이들은 각각의 콘형 표면상에 균일하게 배열된다고 설명될 수 있다.
- <102> 산란된 광은 바람직하게 각각의 고정 방향에 대한 적어도 하나의 광섬유 번들에 의하여 집광되고 연속 신호가 발생하는 광전기 검출기로 전송된다. 고정 방향에 놓인 각각의 번들의 단자는 바람직하게 서로 접하며, 따라서 상기 콘형 표면 중 하나 상에 놓인 각각의 광섬유 단자 링이 연속되도록 한다. 광섬유 번들은 바람직하게 서로 엇갈려 있다고 말할 수 있다. 통상적인 장치인 광검출기(예를 들어, 센트록닉스사에 의하여 제조된 OSD50)는 연속 전기 신호를 발생시킨다. 각각의 광전기 검출기에 의하여 발생된 연속 전기 신호의 샘플링은 종래 기술에 공지되어 있으며 시장에서 구입가능한 장치(예를 들어 아날로그 모듈사에 의하여 제조된 AD9059RS)에 의하여 수백만 Hz의 주파수로 수행될 수 있어, 형적이 얻어지는 픽셀 수는 초당 약 백만개(예를 들어 11Mpix/sec)이다.
- <103> 스캐닝빔은 일반적으로 예를 들어 5 내지 15미크론 사이의 방사 치수(즉, 웨이퍼 반경에 평행하거나 거의 평행한 치수) 및 3 내지 5미크론 사이의 접선 치수(즉, 방사 방향에 수직인 치수)를 가지는 타원형 스폿 사이즈를 가진다.

실시예

- <118> 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 장치를 개략적으로 도시한다. 부호(10)는 검사되는 웨이퍼를 나타낸다. 검사에 이용되는 장치는 웨이퍼 지지부를 가진 스테이지를 포함한다. 웨이퍼는 본 실시예에서 지지 플레이트(11)인 상기 지지부 상에 배치되며, 상기 지지 플레이트는 기계적 수단(통상적이며, 도시 안됨)에 의하여 샤프트(12)를 중심으로 회전된다. 레이저 소스는 중심 위치에서 샤프트(12)의 축 위에서 13으로 도시된다. 그러나 하나 이상의 소스가 제공될 수 있으며 모든 소스는 샤프트(12)의 축에 소정 각도로 배치될 수 있어, 검사될 웨이퍼 타입에 따라 웨이퍼에 필요한 조명을 제공하도록 한다. 도 2에서, 하나의 상기와 같은 추가 레이저 소스는 설명을 위하여 웨이퍼의 면으로부터 각(β)으로 향하도록 도시된다. 통상적이며 도시되지 않은 기계적 수단은 평행상태를 유지하면서 샤프트(12)를 직동시키며(즉, 이를 쉬프트시키며), 따라서 모든 포인트가 샤프트의 축에 수직인 면에 놓인 직선 또는 곡선에서 이동하도록 한다. 따라서, 웨이퍼(10)는 그 자신에 평행하게 직동되어 웨이퍼의 중심이 샤프트의 축에 수직인 면에서 쉬프트되도록 한다. "직동 운동"은 몸체가 회전되지 않지만 직선 또는 곡선을 따라 회전 없이 이동되는 몸체 운동을 의미한다. 샤프트(12) 및 웨이퍼(10)의 직동 이동은 직선형이지만, 꼭 그럴 필요는 없으며, 필요에 따라, 곡선 경로를 따를 수 있다.
- <119> 또한, 레이저 소스 또는 레이저 소스들은 고정될 수 있으며, 웨이퍼 표면상의 대응하는 스폿 또는 스폿들은 축 음기 디스크 상의 바늘 이동과 유사하게 이동한다(즉, 웨이퍼 중심을 통과하는 원호를 따라 스윙한다). 따라서, 레이저 소스(13)는 이동하지 않기 때문에, 스캐닝빔의 스폿은 웨이퍼 상에서 꼭 그렇지만은 않지만 가능하게 웨이퍼(10)의 반경을 따라 또는 거의 웨이퍼 반경을 따라 웨이퍼의 주변으로부터 그의 중심으로 그리고/또는 그 반대로 이동된다. 바람직하게, 웨이퍼는 5000rpm의 V_r 로 회전되며 0.01-0.5cm/sec의 속도(L)로 방사방향으로 이동된다.
- <120> 빔(13)의 광은 고정 방향으로 산란된다. 고정 방향은 방위각 또는 고도에 있어서 구별될 수 있다. 도시된 실시예에서, 이들은 방위각에 있어서 구별되며 각각 16개의 고정 방향을 갖는 2개의 링으로 배열된다. 각각의 링

에서, 상기 방향은 웨이퍼에 대하여 대칭으로 배열되며 웨이퍼 면으로부터 하부 링에 대하여 고도각 α_1 및 상부 링에 대하여 고도 각 α_2 로 경사진다. 각 α_1 은 8 내지 15도에서 선택되며, 각 α_2 는 15 내지 30도에서 선택된다. 그러나 이러한 배열은 단지 예일 뿐이며, 이하에 설명되는 바와 같이 필요에 따라 변동될 수 있다.

- <121> 각각의 고정 방향에서, 산란된 광은 광섬유 단자(하부링에서는 (15), 상부링에서는 (16))에 의하여 집광된다. 바람직하게, 빔(13)의 발생기 및 광섬유 단자는 광학 헤드에서 구조적으로 관련된다. 각각의 광섬유는 집광된 광을 광검출기(하부링에서는 (17), 상부링에서는 (18))에 전달한다.
- <122> 각각의 광검출기는 전기 신호를 출력하는데, 상기 전기 신호는 도면에 도시되지 않은 전자 회로로 전송되고, 상기 전자 회로는 상기 전기 신호를 샘플링하고 각각의 고정 방향에 대하여 대응하는 광섬유에 의하여 집광된 광의 세기에 대응하는 디지털 신호를 출력한다. 샘플링 주파수(f)는 예를 들어 11MHz이다. 본 실시예에서 스캐닝 레이저 빔의 스폿 사이즈는 거의 타원형을 가지는데, 긴 직경이 15 μm 이고 짧은 직경이 5 μm 이다.
- <123> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 장치의 입면도이다. 상기 장치는 (21)로 표시된 기계적 어셈블리가 지지되는 프레임(20)을 포함한다. 상기 기계적 어셈블리는 웨이퍼를 지지하는 플레이트(22)를 회전시키는 모터 어셈블리(23)를 포함한다. 도면 부호(24)는 개략적으로 상기 모터와 플레이트를 직동으로 이동시키는 수단을 나타낸다. 도면 부호(25)는 일반적으로 스캐닝 시스템을 나타내며, 상기 스캐닝 시스템은 레이저 소스, 산란된 광을 집광하는 광섬유 및 광검출기를 포함하는 스캐닝 헤드(26)를 작동시킨다. 블록(27)은 개략적으로 상기 장치의 전기 부품을 나타내는데, 이는 접속부(도시 안됨)를 통하여 광검출기의 출력을 수신하고 이를 여기에 설명되는 바와 같이 처리한다.
- <124> 상기 웨이퍼의 스캐닝 중에 발생하는 웨이퍼 지지 플레이트의 회전 및 직동 운동 이외에, 웨이퍼를 착탈하는 단계를 수행하는 다른 운동이 요구된다. 또한, 조명 빔을 포커싱하는 자동포커싱 매커니즘이 바람직하게 제공되며, 상기 매커니즘(역시)은 당업자에게 공지되어 있으므로 설명할 필요가 없다.
- <125> 도 4는 본 발명의 다른 실시예를 개략적으로 도시하는 평면도로서, 이는 다수의 광학 헤드를 포함한다. 웨이퍼(30)는 이상적으로 동심 링 및 중심 원으로 구성된 다수의 영역으로 분할된다. 중심 원형 존(34)과 함께 단지 3개의 링 존(31, 32, 33)만이 설명의 간단화를 위하여 도면에 도시되지만, 실제로 이보다는 많다. 고정 방향으로 스캐닝빔 및 광섬유 센서 어레이를 포함하는 광학 헤드가 각각의 존에 제공된다. 각각의 고정 방향으로, 산란된 광은 광섬유 센서에 의하여 집광된다. 이 실시예에서, 각각의 존의 스캐닝빔 및 광섬유 센서는 공통 지지부 상에 장착되어 이하에서 설명되는 광학 헤드를 형성한다. 동일한 4개의 광학 헤드는 도면 부호(35, 36, 37, 38)로 표시된다. 도 4에서, 광학 헤드는 각각의 존에 대하여 하나가 존재하고 웨이퍼 반경을 따라 연속적으로 정렬되는 것으로 도시되지만, 이는 단지 개략적인 설명을 위한 것일 뿐이다. 헤드는 반경을 따라 정렬되지 않을 수 있고, 예를 들어, 서로 엇갈리게 또는 부분적으로 겹치게 배치될 수 있으며, 따라서 웨이퍼 표면에 형성된 동일 원은 하나 이상의 헤드를 횡단할 수 있다. 상기와 같은 배열은 도 5에 개략적으로 도시되어 있으며, 여기서 (39)로 표시된 다수의 헤드는 일반적으로 웨이퍼(30)의 반경을 따라 엇갈리게 배치되어 도면에 도시되지 않은 동일한 수의 존을 커버하도록 한다. 상기 배열은 특히 도 15를 참조로 이하에 설명되는 CCD 검출기를 포함하는 광학 헤드에 적용된다.
- <126> 이들 실시예의 목적은 다수의 픽셀이 동시에 조명되고 체크되도록 하여 공정이 빨라지고 수율이 증가되도록 하며, 단일 광학 헤드가 전체 웨이퍼를 스캐닝하는 경우 웨이퍼의 직동 이동을 제한하여 장치의 구조를 간단하게 하고 공간을 감소시키는 것이다. 본 발명의 다른 실시예에서, 상기 직동 이동은 장치의 구성측면에서 간편하도록 방사방향이나 다른 방향의 직선 경로 또는 비직선 경로를 따를 수 있다. 간편한 기계 및 광학 수단에 의하여 완전한 스캐닝을 제공하는 광학 헤드의 이동 및/또는 웨이퍼 직동이 채택될 수 있다.
- <127> 도 6a는 광학 헤드 중 하나의 수직 단면도이며, 도 7은 바닥으로부터의 확대된 평면도이다. 광학 헤드(35)(또는 39) 중 하나를 나타내지만, 다른 광학 헤드를 나타낼 수 있다. 상기와 같은 하나의 헤드만을 포함하는 장치의 광학 헤드를 나타낼 수 있으며, 웨이퍼는 단일 헤드가 전체 표면을 스캐닝하도록 배치된다. 헤드(35)는 예를 들어 거의 반구형인 아크형상을 가지며 헤드가 이용될 때 웨이퍼의 면에 평행한 바닥, 즉 개구부를 가진 중심 리세스 또는 공동(41)을 바닥에 가진 베이스(40)를 포함한다. 베이스(40)는 케이스(45)에 장착되며, 상기 케이스는 도시되지 않았지만 간편한 방식으로 장치에 지지된다. 베이스(40)에는 레이저 소스(42)와 두 개의 원형 광섬유(43, 44) 어레이가 배치되며, 상기 광섬유는 검사되는 픽셀이 배치되는 리세스(41)의 중심으로 집중되도록 다른 각도로 서로 겹쳐 배치된다. 도 7에서 상기 광섬유의 단자가 서로 인접하게 배치되며 상기 광섬유 중 하나는 도면 부호(47)로 표시되며 공동(41)의 표면과 광섬유의 교차부를 구성하며, 따라서 상기 광섬유의 각

각의 어레이는 공동(41)의 표면에서 연속 원을 형성하도록 한다. 두 개의 광섬유(43) 및 두 개의 광섬유(44)는 도 6a에 도시되며, 각각의 어레이는 이 실시예에서 도시되지 않은 광검출기에 접속하기 위한 두 개의 번들(46)로 모여있는 16개의 광섬유를 포함한다. 또한, 예를 들어 웨이퍼 면에 소정 각도로 배치된 다수의 레이저 소스 및 두 개 이상의 원형 어레이의 광섬유는 광학 헤드에 포함될 수 있다. 제공되는 광섬유 단자 링의 수는 문제되지 않으며, 상기 단자는 바람직하게 서로 균일한 각 간격으로 각각의 링에 배치되며 이들의 모든 정점이 공통 포인트를 통과하도록 경사지는데, 상기 공통 포인트는 공동(41)의 바닥 중심이며 상기 공동에 의하여 노출되는 웨이퍼 표면 부분의 중심일 것이며, 이때 광학 헤드는 본 발명의 공정을 수행하도록 웨이퍼 표면에 중첩된다.

<128> 도 6b는 광학 헤드의 다른 실시예의 광학 부품을 확대한 수직 단면도를 도시한다. 상기 헤드는 3개의 레이저 소스(42a, 42b, 42c)를 포함하는데, 첫 번째 것은 공동(41)의 바닥에 수직으로 향하며, 다른 것들은 다른 각도로 경사져 개선된 조명을 제공한다. 두 개의 원형 어레이의 광섬유(43, 44)가 마찬가지로 상기 헤드에 제공되며, 이들의 단자(48, 49)는 공동(41)에 대하여 두 개의 원을 형성한다. 레이저 소스(42)는 광학 헤드(35)로부터 멀리 배치될 수 있으며 레이저빔은 예를 들어 집광 광섬유(43, 44)와 유사한 광학수단을 이용하여 헤드로 전송될 수 있다.

<129> 도 8은 웨이퍼 표면으로부터 산란된 광이 본 발명의 실시예에 따라 처리되는 프로세스의 상태를 도시하는 블록도이다. 상기 프로세스는 앞서 설명된 바와 같이 광학 헤드를 기초로 설명된다. 본 발명의 장치가 다수의 광학 헤드를 포함한다면, 동일한 동작이 이들에 대하여 수행된다. 장치의 광학 부품이 광학 헤드에 결합되지 않으면, 이들이 결합되는 방식은 중요한 것이 아니며, 웨이퍼 표면에 의하여 산란된 광의 처리에 적용되는 광학 헤드에 대한 것은 도 8에 도시된 스테이지에서 수행된다. 설명을 목적으로 광학 헤드 유니트(50)는 16개의 광섬유를 가진 두 개의 링을 가지며 많은 방향으로 산란된 광을 검출하는 조명 장치 및 자동 포커싱 메커니즘, 렌즈 등의 삽입을 원하는 지원 서브시스템을 가지는 것으로만 가정한다. 상기 광학 부품은 전술한 바와 같이 동작한다.

<130> 아날로그 프로세서 유니트(51)는 광섬유로부터의 광학 신호를 검출하고, 상기 신호를 전기 펄스로 변환시키고, 상기 전기 신호를 증폭하고, 모든 검출기(실시예에서 32)가 검사된 표면에 대하여 그리고 서로에 대하여 적절하게 교정되도록 보정 계산을 하고 끝으로 각각의 아날로그 전기 신호를 바람직하게 8비트를 가진 디지털 신호로 변환시킨다.

<131> 즉, 각각의 샘플 또는 픽셀 형적 성분은 적당한 정보를 제공하기에 충분한 수의 비트를 가진 워드로 구성된 디지털 신호이다. 예를 들어, 워드는 8비트로 구성되어 산란된 광 세기에 대하여 256레벨을 제공할 수 있다. 각각의 광검출기 링은 주파수 "f"로 $16 \times 8 = 128$ 비트를 제공하는데, 상기 주파수는 본 실시예에서 11Mhz이다.

<132> 디지털 신호는 신호 프로세서 유니트(52)에 출력으로서 전달된다. 이에 의한 픽셀 형적 출력은 소정 기준에 따라 평가되어야 한다. 본 발명의 범위 내에서, 많은 기준 및 대응하는 알고리즘이 경우에 따라 그리고 숙련자의 선택에 따라 이용될 수 있지만, 간단한 기준만이 설명을 위하여 이하에 설명된다.

<133> 신호 프로세서 유니트(52)는 데이터 감소를 위한 제 1 스테이지를 책임진다. 신호 프로세서 유니트는 시스템 클럭 속도(예를 들어, 11MHz)로 아날로그 프로세서 유니트로부터 입력 신호(이 경우 32)를 수신한다. 신호 프로세서 유니트는 이들 데이터 중 적은 퍼센트만을 다음 스테이지로 출력한다. 신호 프로세서 유니트는 고속으로 매우 광범위한 입력 데이터를 처리할 수 있는 주문형 전자 서브유닛이다. 이는 또한 적용 분야에 따라 교환되는 몇 개의 상이한 감소 알고리즘을 이용할 수 있다. 신호 프로세서로부터 전송되는 데이터를 가진 픽셀을 "협의 픽셀" 또는 "협의자"라고 한다. 신호 프로세서는 검사된 픽셀 중 작은 부분을 다음 유니트로 전송하도록 설계된다. 이 데이터는 PCI 버스와 같은 표준 버스를 통하여 FIFO 버퍼를 경유하여(통신 속도를 조정하기 위하여) 시스템의 메인 CPU와 연결된다.

<134> 결합 검출 유니트(53)는 시스템의 메인 CPU상에서 수행되는 소프트웨어 모듈이다. 이는 신호 프로세서 유니트로부터 협의 픽셀 데이터를 수신한다. 상기 결합 검출 유니트는 결합 픽셀로부터 유효 픽셀을 분리하고 시스템의 최종 제품으로서 결합 리스트를 출력한다.

<135> 도 8의 블록도의 부품을 개별적으로 고려하면, 광학 헤드 유니트(50)의 바람직한 구조는 이미 설명된 것이다.

<136> 이 실시예의 아날로그 프로세서 유니트(51)의 내부 구조는 도 9에 개략적으로 도시된다. 상기 유니트는 다수의 식별 채널로 이루어지는데, 그중 하나는 광섬유용이고, 3개는 투시적인 관계로 부호로 표시된다. 각각의 채널(본 실시예에서 32로 표시)은 광 신호를 전류로 변환하는 검출기(55)를 포함한다. 다음에 전기 신호는 전치증폭기(56)에서 미리 설정된 양만큼 증폭된다. 상기 신호는 가변 이득 및 오프셋을 가진 증폭기(57)에 의하여 추

가로 증폭된다. 이는 시스템이 변화되는 기관, 조명 각도 및 파장, 세기 등과 같은 파라미터에 적응하도록 하고 또한 동일하게 응답하도록 몇 개의 채널 신호를 교정하도록 한다. 이는 전체 광학 채널이 등방성이 되도록 하여, 동일 픽셀이 가변하는 각도로부터 관측될 경우(예를 들어, 웨이퍼 회전 후에), 동일 형적이 모든 신호로부터 얻어지도록 한다. 이는 모든 신호의 다음 처리에 있어서 필수적이다. 아날로그 프로세서 유니트의 마지막 블록은 아날로그를 바람직하게 8비트로 디지털 변환시키는 A/D 변환기(58)이다. 따라서, 본 실시예에서, 아날로그 프로세서 유니트(51)의 출력은 시스템 클록 11Mhz에서 8비트를 각각 가진 32개의 신호이다.

<137> 신호 프로세서 유니트(52)는 특수하게 설계된 디지털 전자 디바이스이며, 그 업무는 신호를 분석하고 웨이퍼 상의 유효 패턴을 나타내는 신호 및 오염된 스폿으로부터 발생할 것으로 의심되는 신호사이에서 예비 선택하는 것이다. 상기와 같은 혐의 신호는 다음 분석 단계로 전달된다. 바람직하게, 이 유니트는 유효 픽셀과 혐의 픽셀 사이를 구별하기 위한 여러 알고리즘을 적용하여 필요에 따라 알고리즘을 변경시키도록 재구성 가능하여야 한다. 이 유니트의 동작은 알고리즘 형성 블록에서 설명될 것이다. 하드웨어 디바이스로서 알고리즘의 구현은 현대 디지털 신호 처리 보드 분야의 당업자(특히 FPGA(Field Programmable Gate Array) 및 DSP(Digital Signal Processor)을 기초로 하는 분야)에게 공지되어 있다. 이러한 구현의 상세 설명은 본 발명의 부분이 아니며 여기서 설명되지 않는다.

<138> 여러 가지 알고리즘이 고안되고 당업자에게 이용되지만, 특정 알고리즘만이 도 10을 참조로 예로서 설명된다.

<139> 아날로그 프로세서 유니트(51)로부터의 디지털 신호(본 실시예에서 32)는 먼저 돌기부(bump) 검출기(61)로 입력되며, 각각의 신호는 서로 독립적이다. 돌기부(62)는 도 11에 도시되어 있다. 돌기부는 3개의 파라미터를 요구하는 다음의 동작에 의하여 검출되는데, 3개의 파라미터는 전체 폭(63), 중심 폭(64) 및 현재 제어되는 픽셀의 밝기 피크(66) 및 중심 패치 외부에 놓인 필터 영역에서 가장 높은 밝기 피크(67) 사이의 비율 임계치(65)이다. "폭"은 한번에 취해지는 데이터 량을 의미한다. 두 개의 피크 값들은 임계 비교기(69)에서 비교되어 이들의 비를 결정하도록 한다. 결정된 밝기 비가 실험을 기초로 하여 결정된 임계치를 초과하면, 픽셀은 신호를 유지하고, 그렇지 않으면, 제로가 된다. 이는 각각의 32개의 신호에 대하여 수행되며, 그 결과는 32개의 신호 세트이다. 이러한 동작에 대한 가장 공통적인 파라미터는 필터 폭=11개의 픽셀, 중심 폭=5개의 픽셀 및 비율 임계치=1.3이다.

<140> 픽셀에 의하여 발생된 32개의 신호중 적어도 하나가 높은 돌기부를 가지면, 즉 그 밝기 비율이 임계치 이상이면, 상기 픽셀에 대한 모든 32개의 신호는 통계적인 계산을 위하여 상기 추정기로 전달된다. 따라서, 본 실시예에서, 일반적으로는 임의로 돌기부 검출은 벡터 다이 투 다이 비교 전에 수행되는 제 1예비 스테이지 필터에서 이루어진다. 그러나 임계치 이상의 밝기 비율을 가진 각각의 픽셀에 대한 신호 수(돌기부 검출 출력)는 픽셀이 혐의 픽셀일 것이라는 표시를 제공한다. 예를 들어, 높은 돌기부를 가지는 단일 신호는 웨이퍼 패턴에 기인하는 반면, 상기와 같은 많은 수의 신호는 아마 입자에 기인할 것이다. 파손 비율 추정기(68)(도 10 참조)는 각각의 픽셀에 대한 32개의 신호(돌기부 검출 출력)를 분석하고 이들 값의 통계적인 표시를 제공한다. 따라서, 본 실시예에서, 일반적으로는 임의로 파손 비율 추정은 돌기부 검출 다음에 벡터 다이 투 다이 비교를 위한 제 2 예비 스테이지이다. 이 알고리즘은 3개의 파라미터: 중심값 퍼센트(central value percentile)(p), 폭 팩터(width factor)(w) 및 임계치(threshold)(s)를 이용한다. 계산은 다음과 같다: 32개의 값을 분류하고, p 퍼센트 값을 찾아내고, p*w 및 p/w사이의 모든 값을 합산한다. 합은 임계 비교기로 전달된다. 비교기의 결과는 합이 s보다 크거나 작으냐에 따라 1 또는 0이 된다. 공통값은 p=w=0.5가 될 때 발견된다. s값은 가변수이며, 경험에 의하여 결정되어야 한다. 이러한 과정은 도 12의 예에 도시되어 있으며, 여기서 도면 부호(70)는 모든 퍼센트 값을 보간하는 커브를 나타낸다. 중심값의 두배와 중심값의 절반사이의 커브(70)하의 면적(71)(흑색으로 표시됨)은 경험적인 임계치와 비교된다.

<141> 신호 프로세서 유니트에 대한 입력이 시스템 클록에서의 동기 데이터인 반면, 출력 주파수는 평균 2-4배 작다. 일부 메모리의 표준 인터페이스가 시스템에 설계되어 잠재적인 활성화 피크를 처리하고 PCI 버스를 통하여 데이터를 호스트 컴퓨터(예를 들어 인텔사의 펜티엄II)로 보낸다. 각각의 출력되는 혐의 특성은 좌표 데이터와 타입 데이터를 형성한다. 좌표 데이터는 극좌표(ρ 와 θ)에서 기계 전기 서브시스템에 의하여 제공되며 전술한 등록 변환을 이용하여 웨이퍼 좌표로 변환될 수 있다. 타입 데이터는 전술한 알고리즘의 경우 파손 비율 추정기의 출력(임계치 비교기로 전달된 수)이다. 이는 검출 강도 또는 다시 말해 검출 확실성을 나타낸다.

<142> 결함 검출 유니트(53)는 소프트웨어 모듈이며, 이 모듈의 업무는 이전 스테이지로부터 모든 혐의 픽셀에 대한 데이터를 수신하고 이들 중 실제 결함을 나타내는 것들을 발견, 즉 벡터 다이 투 다이 비교(VDDC)를 수행하는 것이며, 이는 돌기부 검출 및 파손 비율 추정을 위한 예비 스테이지가 수행되고 있다면, 이들 다음에 수행된다.

- <143> VDDC 동작은 다음을 포함한다.
- <144> 1. 기계의 극좌표를 다이 좌표계의 데카르트 좌표로 변환.
- <145> 2. 기계 좌표계의 혐의 픽셀 위치를 한정하는 좌표로부터 상기 다이 좌표계의 상기 위치를 한정하는 좌표를 유도.
- <146> 3. 모든 혐의 픽셀의 상기 위치를 다이 좌표계에 마킹
- <147> 4. 웨이퍼 패턴에 의한 것이어서 결함으로 나타나지 않는 혐의 픽셀 및 웨이퍼 패턴에 의한 것이 아니어서 결함으로 나타나는 혐의 픽셀(특히, 외부 입자에 의한 혐의 픽셀)을 구별.
- <148> 도 13은 다이 좌표계에서 혐의 픽셀 위치를 한정하는 좌표가 기계 좌표계의 좌표로부터 유도되는 방법을 도시한다. 새로운 웨이퍼(100)가 일반적으로 로봇에 의하여 본 발명의 검사 장치의 회전 플레이트 상에 배치될 때, 웨이퍼 방향은 미지이며 최고 1mm만큼 중심에서 이탈될 수 있다. 검사 공정의 후단 부분 및 결함 픽셀의 리스트의 출력이 웨이퍼의 본래의 좌표 프레임으로 웨이퍼 상의 각각의 픽셀 위치를 표시할 수 있는 것이 중요하다. 웨이퍼는 동일한 많은 다이(101)로 구성되며, 이들 각각은 (결함이 없다면) 반도체 디바이스 또는 CPU 또는 메모리 칩과 같은 디바이스의 일부를 구성하도록 되어 있다. 다이는 스크라이브(scribe) 라인에 의하여 분리되는데, 웨이퍼는 준비가 되면 상기 스크라이브 라인을 따라 절단될 것이며, 상기 스크라이브 라인은 두 개의 수직 라인 패밀리로 형성되며, 편의상 애브뉴(102)와 스트리트(103)라고 불린다. 애브뉴와 스트리트는 통칭으로 "다이의 기본 방향"이라고 할 수 있다. 애브뉴는 "남쪽"에서 "북쪽"으로 향하는 것이며, 스트리트는 "서쪽"에서 "동쪽"으로 향하는 것이다. 웨이퍼의 원형상의 한 포인트에 노치(104)라고 하는 작은 리세스가 존재하며, 이는 웨이퍼의 "남쪽"을 한정한다.
- <149> 웨이퍼 맵을 한정하고 이를 기계 좌표계를 참조로 등록하는 과정은 다음과 같이 수행된다.
- <150> 1. 일반적으로 기계 플레이트를 100회 회전시키고 웨이퍼의 외부 원주의 폭 약 20mm에 도달하도록 함으로써 짧은 사전-스캔이 수행된다.
- <151> 2. 상기 노치는 기지의 일반적인 형적에 의하여 검출된다.
- <152> 3. 스트리트와 애브뉴 픽셀은 대부분의 면적에서 미리 형태로 결정되는 특정 형적에 의하여 검출된다.
- <153> 4. 검출된 노치와 스트리트 및 애브뉴 픽셀은 상기 과정을 제어하는 CPU에 전송된다.
- <154> 5. 상기 입력을 수신하고 기계 좌표계에 대한 웨이퍼 좌표계의 회전각 및 스트리트와 애브뉴의 위치를 계산한다.
- <155> 이에 의하여 웨이퍼 맵이 구성되거나(새로운 웨이퍼가 유입될 때) 또는 등록 변환이 계산된다(맵이 이미 알려졌을 때). 웨이퍼가 베어 웨이퍼인 경우, 노치만이 검출될 수 있으며 낮은 정확도의 등록 변환은 노치의 위치를 이용하여 계산될 수 있다. 상기와 같은 등록 변환은 예를 들어 무작위 혹(hough) 변환 기술(엘, 엑스유,이.오 제이에 및 피.쿨타닌, 새로운 커브 검출 방법, 무작위 혹 변환(RHT), 패턴 인식 논문, 볼륨 11, 제 5권 1990년 5월 331-338쪽, 에서비어 사이언스 출판 비.브이.(노스 홀랜드 또는 기타 전문가가 쉽게 고안하는 알고리즘) 참조)과 같은 공지된 알고리즘에 의하여 수행될 수 있다.
- <156> 본 발명의 벡터 다이 투 다이 비교(VDDC)가 설명된다. 개념적으로, 다 이상의 각각의 (x_j, y_j) 위치가 이전 다 이와 다음 다 이상의 대응 위치와 비교되는 통상적인 다이 투 다이 비교와 달리, VDDC는 모든 다이를 "축적"하고 혐의 (x_0, y_0) 위치가 하나 이상의 다이에서 대응 위치에 나타나는 지를 체크한다. 좌표 변환을 포함한 전체 동작은 도 18을 참조로 쉽게 이해될 수 있다. 도 18은 다수의 다이(82)를 가지며 각각 "x" 표시된 "혐의" 결함 위치를 가지는 웨이퍼(80) 형태의 결함 맵을 표시한다.
- <157> 바람직한 실시예에 따른 장치에서, 혐의 위치는 극좌표, 즉 (r_j, θ_j) 쌍으로 제공된다. 따라서, 혐의 위치의 좌표는 웨이퍼의 데카르트 좌표, 즉 (x_j, y_j) 쌍으로 먼저 변환되고 나중에 대응하는 다이의 데카르트 좌표, 즉 (x_{kj}, y_{kj}) 쌍으로 변환된다(k는 다이를 나타내며 j는 다이 내의 좌표를 나타낸다). 웨이퍼 내의 모든 혐의 위치의 (x_{kj}, y_{kj}) 쌍이 얻어지면, 다이는 어느 혐의 위치 (x_{kj}, y_{kj}) 가 하나 이상의 다이에서 나타나는지를 체크하기 위하여 "적층"된다. 여기서, 혐의 위치에 대한 많은 정보가 얻어질 수 있다. 예를 들어, 특정 (x_{kj}, y_{kj}) 쌍이 모든 다이에서 나타내면, 이는 다이 구조의 피쳐(feature)를 나타내는 것으로 결함이 아니다.

- <158> 또한, 공지된 바와 같이, 웨이퍼 상의 패턴은 원하는 패턴을 가지는 레티클을 이용하는 포토리소그래피라고 하는 공정에 의하여 생성된다. 예를 들어, 4의 배수의 다이 패턴을 가지는 레티클을 이용하는 것이 공지되어 있다. 따라서, VDDC 중에, 매 4번째 다이에서 특정 (x_{kj} , y_{kj})쌍이 나타나는 것으로 결정되면, 결함은 결함 레티클로부터 전사될 것이다. 따라서, 이 정보는 VDDC를 위한 임계치 및 기타 필터링 메커니즘을 설정하기 위하여 이용될 수 있다.
- <159> 전술한 바와 같이, VDDC 구별은 두 가지 타입의 혐의 데이터 사이에서 효과적이다.
- <160> a) 웨이퍼 패턴에 의하여 실제로 생성되지만 마치 입자 존재 때문에 발생하는 것처럼 보이는(따라서 상기와 같은 입자 존재를 나타내도록 검출됨) 혐의 데이터. 이들은 많은 또는 모든 다이에서 나타난다. 따라서, 다이 좌표에서, 동일 위치에서 수많은 혐의점을 볼 수 있다. 상기 위치에서 나타나는 모든 혐의점은 무시된다. VDDC 전에, 예를 들어 포인트 그룹이 예를 들어 라인 세그먼트와 같은 일부 특정 기하학적 구성과 함께 형성된다는 것을 인식하는 방법을 이용하여 데이터를 필터링하는 것이 바람직하다. 따라서 이 그룹은 웨이퍼의 정상적인 패턴으로 간주되며 혐의 포인트 세트로부터 배제된다. 이는 VDDC가 분리된 작은 포인트 세트 상에서 동작하도록 하여 더 낮은 성능을 얻도록 한다.
- <161> b) 입자에 의한 실제 오염에 의하여 발생된 혐의 데이터. 이들은 다이 맵상에 거의 한번만 나타난다.
- <162> 이 알고리즘을 수행하는 소프트웨어의 상세한 구성은 숙련된 알고리즘 설계자의 일반적인 업무이다.
- <163> 물론, 본 발명의 VDDC를 사용하는 대신, 통상적인 다이 투 다이 비교 또는 셀 투 셀 비교를 선택할 수 있다. 상기와 같은 방법이 취해지더라도, 본 발명의 시스템은 공정 시간을 감소시키는데, 이는 모든 픽셀이 인접 픽셀과 비교되는 통상적인 다이 투 다이 시스템과 달리, 신호 프로세서 유닛(52)에 의하여 표시된 혐의 픽셀만이 인접 픽셀과 비교될 필요가 있기 때문이다. 물론, 이 경우, 신호 프로세서 유닛(52)가 혐의 픽셀을 표시하는 각각의 시간에, 인접 픽셀은 다이 투 다이 비교를 위하여 메모리에 저장될 필요가 있다.
- <164> 도 14(a), (b) 및 (c)은 이전에 설명된 실시예에서처럼 주변이 아닌 웨이퍼 표면에 산란된 방사선 검출기 부착을 개략적으로 도시한다. 따라서, 고정 방향은 방위각이 아닌 고도와 관련하여 이격된다. 웨이퍼는 (70)으로 표시된다. 도 14(a)에서, 하나의 반원 검출기 링(71)만이 도시되며, 상기 링을 따라 검출기(72)이 배치된다. 상기와 같은 링은 웨이퍼 면에 수직인 면상에 상이한 고도각으로 산란된 방사선을 검출할 것이다. 도 14(b)에서, 검출기의 몇 개의 반원 링(73)이 적절한 수로 제공되는데, 3개만이 도면에 설명을 용이하게 하기 위하여 도시된다. 링은 웨이퍼 면에 대하여 다르게 경사진 다른 면상에 있다. 링의 수가 홀수이면, 중심 링은 웨이퍼 면에 수직인 면상에 존재할 것이다. 도 14(c)는 웨이퍼 면에 수직이고 서로 수직인 두 개의 면상에 배치된 두 개의 검출기 링(74)을 도시한다. 이 경우 역시, 원하는 수의 검출기 링이 제공될 수 있다. 검출기의 기하학적 배열은 필요에 따라 변경될 수 있다.
- <165> 도 5 및 도 15에 개략적으로 도시된 본 발명의 다른 실시예에서, 픽셀 형적은 방위각 산란 형적이 아닌 고도 각 산란을 측정함으로써 결정되는 성분에 의하여 결정된다. 이 경우, 팬처럼 배치된 라인 CCD 검출기 및 라인 레이저 다이오드 바를 이용하는 것이 가능하고 바람직하다. 따라서, 도 15는 선형 CCD 엘리먼트 세트(111)를 가진 웨이퍼(110)를 도시한다. 예를 들어, 10개의 유닛으로 팬처럼 각각 배치된 1000개의 검출기를 가진 CCD를 이용할 수 있다. 이들 엘리먼트중 하나는 레이저 다이오드 바로 대체될 수 있다. 이들은 각각의 특징의 경우에 적합하도록 조명 각도를 설정하기 위하여 필요한 여러 기능을 가진 요구되는 조명을 제공한다. 각각 15미크론의 반경 치수를 가진 픽셀로부터 에너지를 취하는 1000개의 검출기로, 웨이퍼 반경의 15mm, 즉 약 10%를 커버할 것이다. 따라서, 예를 들어 약 10개의 정전 헤드를 가진 본 발명에 따른 장치는 웨이퍼를 방사방향으로 횡단하는 하나의 헤드를 가진 장치로 대체될 수 있다.
- <166> 깊이 측정은 선택적이며, 필요할 때 이들에 대하여 공지된 디바이스(반도체 웨이퍼의 테스트에 적용되기 전이 아니더라도)에 의하여 수행된다. 상기와 같은 디바이스는 예를 들어 콤팩트 디스크 분야에서 자동 포커싱 메커니즘으로서 이용된다. 예를 들어 에이취.디. 윌퍼드 "자동포커스-시스템 측량", 포토닉스-스펙트라, 6월 65쪽, 8월 127쪽, 9월 133-42쪽 볼륨 21 제 8 및 9권(1987)을 참조. 개략적으로 이들은 도 16 및 17의 실시예로써 도시된 것처럼 구성되고 동작한다. 도 16에서, (50)는 패턴화된 웨이퍼 표면의 일부를 나타내며, 상기 표면에 큰 입자가 부착되어 있을 수 있다. 레이저 다이오드(52)는 회절 격자(53)를 유입하는 빔을 방출하며, 상기 격자는 빔을 중심 피크에 측면 피크를 더한 것으로 변환시킨다. 이에 의한 3개의 빔은 편광 빔 분할기(54)를 통과하여 진행하며, 상기 분할기는 면에 평행한 편광만을 투과시키며, 이 실시예에서는 상기 면은 도면과 같은 면으로 간주한다. 방출되는 편광된 광은 시준기(55)에 의하여 시준된다. 시준된 광은 1/4파 플레이트(56)를

통과한다. 이는 광을 원형으로 편광된 광으로 변환시킨다. 원형으로 편광된 광은 대물 렌즈(57)를 통하여 웨이퍼로 포커싱된다. 웨이퍼에 의하여 반사된 광은 다시 대물 렌즈(57)로 전달되어 다시 1/4플레이트를 통과한다. 반대 방향으로 진행하기 때문에, 원래 빔에 대하여 수직으로 편광된다(즉, 본 실시예에서 도면의 면에 수직). 상기 광이 빔 분할기(54)에 다시 충돌하면, 포커싱 렌즈(58) 및 실린더형 렌즈(59)를 통하여 반사되고 광 검출기 어레이(60)상에 상이 맺힌다. 대물 렌즈가 대물 렌즈(57)의 포커스 면(61)보다 웨이퍼의 반사 영역에 가까우면, 타원 이미지가 도 17(a)에 도시된 바와 같이 광검출기 어레이(60) 상에 생성된다. 상기 포커스 면보다 더 멀면, 도 17(b)에 도시된 바와 같이, 제 1 이미지와 수직인 다른 타원형 이미지가 생성된다. 웨이퍼의 반사 영역이 대물 렌즈의 초점 길이에 있으면, 실린더형 렌즈는 이미지에 영향을 주지 않으며, 따라서 도 17(c)에 도시된 바와 같이 원형이다. 따라서, 웨이퍼 패턴이 패턴 렌즈, 즉 웨이퍼의 면이 대물 렌즈의 포커스 면에 존재하기 때문에 원형 이미지를 발생시키고, 소정 픽셀이 조명될 때 타원형 이미지가 형성되면, 상기 패턴 렌즈 위로 돌출되는 사이즈를 가진 입자가 존재하는 것을 나타낸다. 원형 이미지를 재형성하는데 요구되는 대물 렌즈의 전치 신호는 웨이퍼 면 위로 입자가 돌출되는 크기를 측정하도록 한다.

<167> 본 발명이 분석될 표면이 몸체, 특히 웨이퍼의 상부면인 것으로 가정하고 따라서 방사빔이 하방향으로 전달되고 지지 샤프트가 그 아래에 배치되고 일반적으로 모든 장치의 부품이 이러한 기하학적 방향에 따르는 것으로 가정하여 설명되고 도시되었지만, 본 장치는 다른 방향을 가질 수 있으며, 예를 들어 반대 반전될 수 있으며, 따라서 분석될 표면은 몸체, 특히 웨이퍼의 하부면일 수 있으며 모든 의도된 구조적 결과를 가질 수 있다.

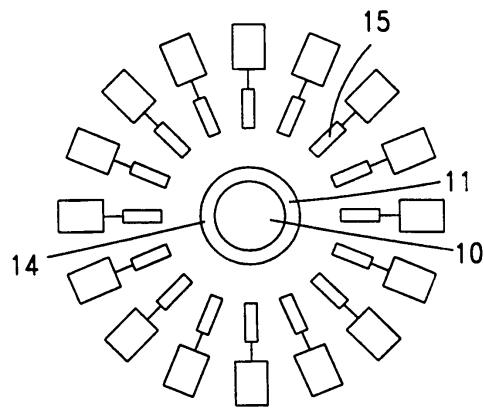
<168> 본 발명의 방법 및 장치의 예가 설명되었지만, 본 발명은 당업자에게 본 발명이 사상을 벗어나지 않고 그리고 청구범위를 초과하지 않고 여러 변형, 변경 및 개작이 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

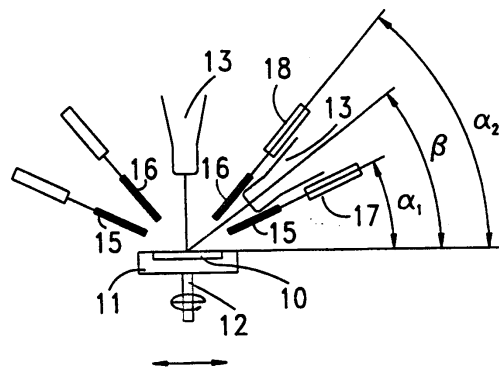
- <104> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 장치의 일반 특징을 평면도로 도시한다.
- <105> 도 2는 도 1의 장치의 입면도이다.
- <106> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 장치의 입면도이다.
- <107> 도 4는 본 발명의 다른 실시예의 평면도이다.
- <108> 도 5는 도 4의 실시예의 변형예에 대한 평면도이다.
- <109> 도 6a 및 6b는 광학 헤드의 두 실시예의 수직 단면도이다.
- <110> 도 7은 상기 광학 헤드의 바닥으로부터의 확대된 평면도이다.
- <111> 도 8은 본 발명의 실시예에 따라 산란된 광의 처리 단계를 도시하는 블록도이다.
- <112> 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 장치의 아날로그 처리 유닛을 도시하는 블록도이다.
- <113> 도 10, 11 및 12는 신호 처리의 실시예를 도시한다.
- <114> 도 13은 다이 좌표계를 도시한다.
- <115> 도 14(a), 14(b) 및 14(c) 및 도 15는 산란된 방사선 집광기의 선택적인 배치를 도시한다.
- <116> 도 16 및 17(a), (b) 및 (c)은 높이 측정을 위한 방법 및 장치를 도시한다.
- <117> 도 18은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 벡터 다이 투 다이 비교를 예시하는 개념적인 흐름도이다.

도면

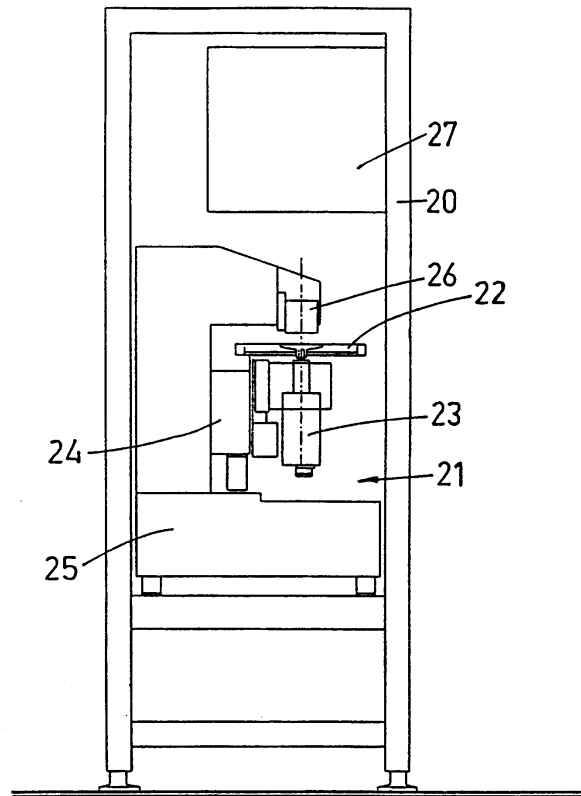
도면1



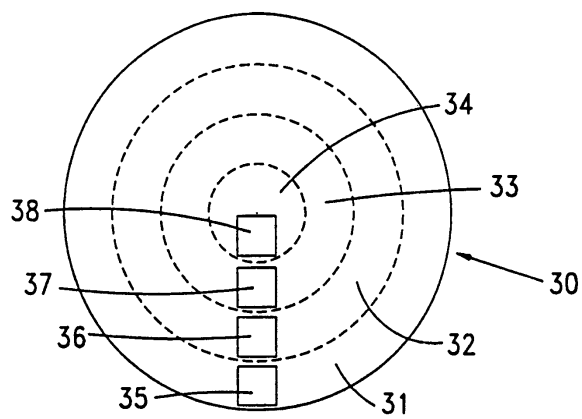
도면2



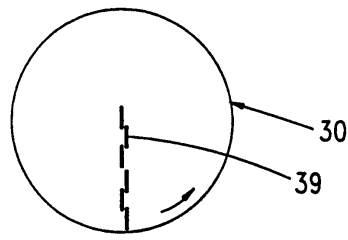
도면3



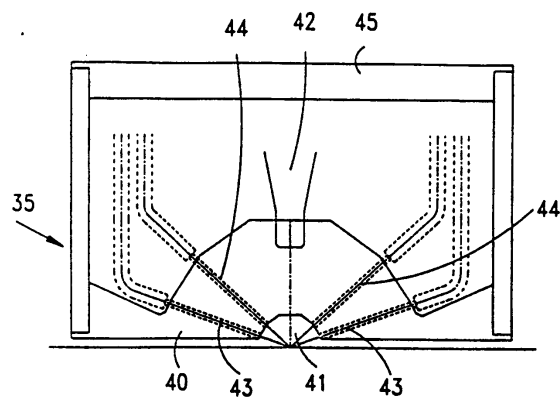
도면4



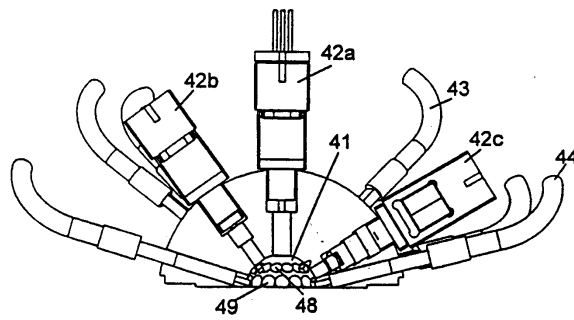
도면5



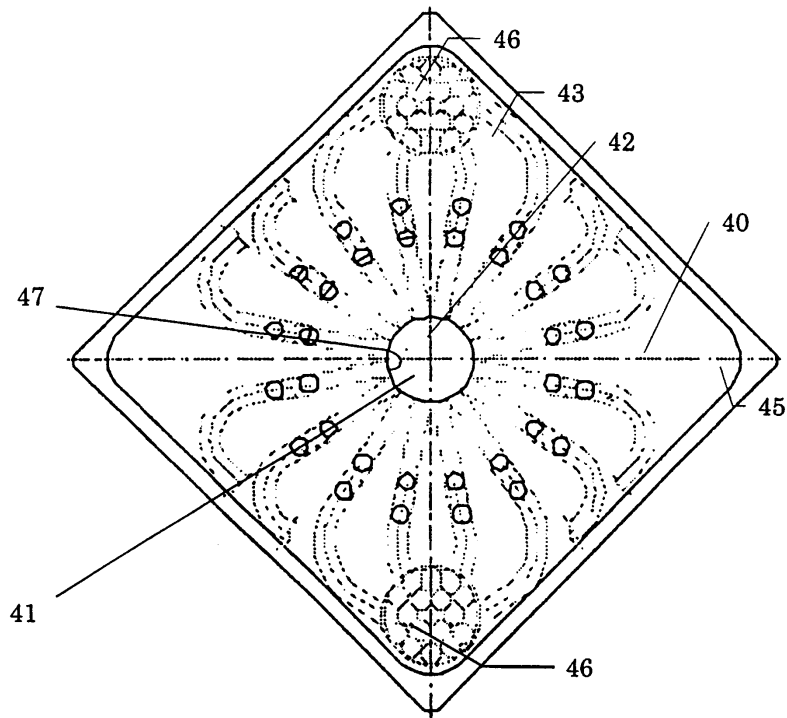
도면6a



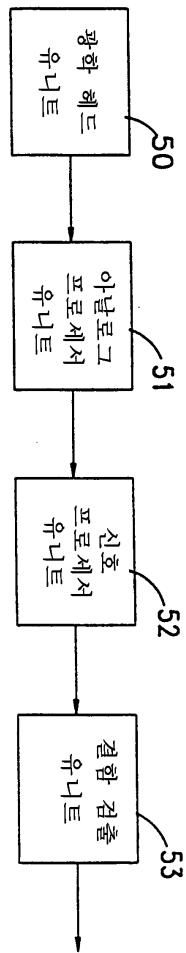
도면6b



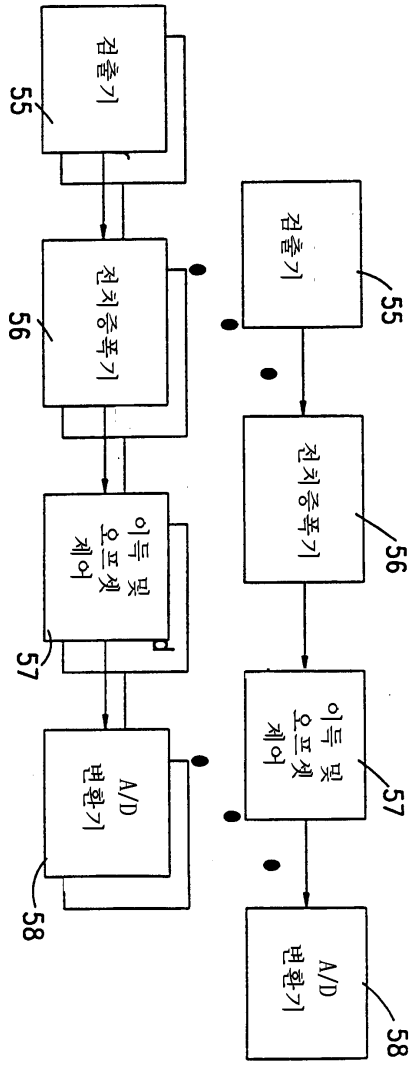
도면7



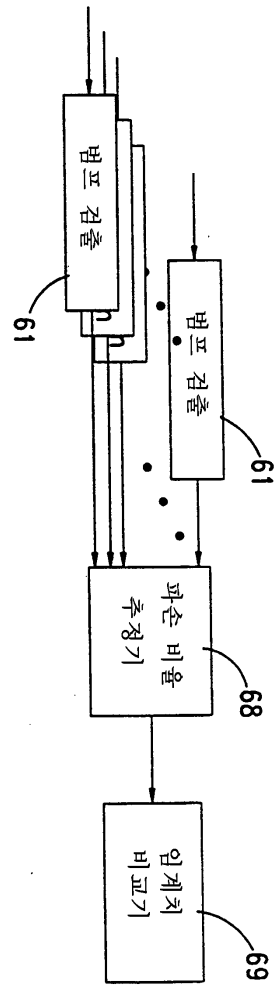
도면8



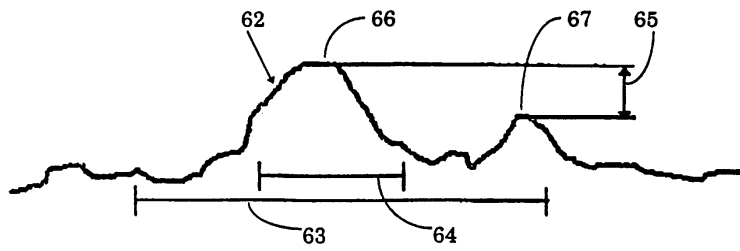
도면9



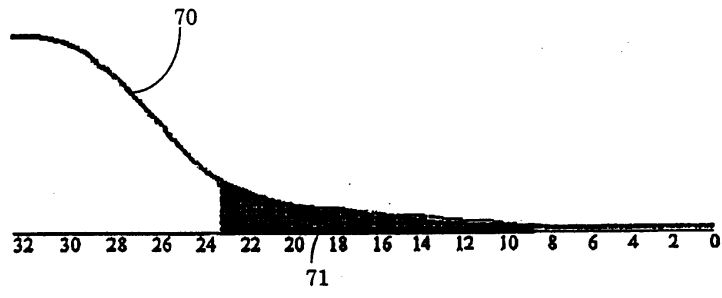
도면10



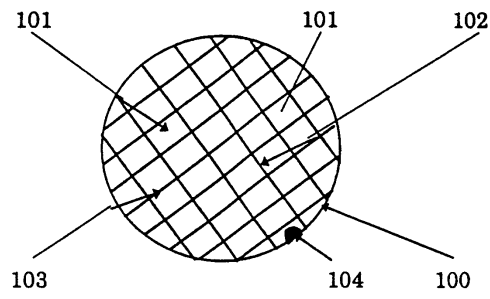
도면11



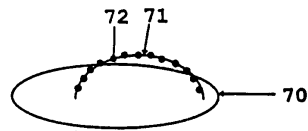
도면12



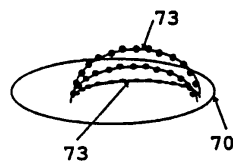
도면13



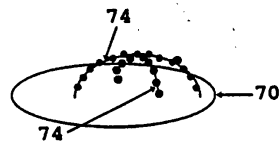
도면14a



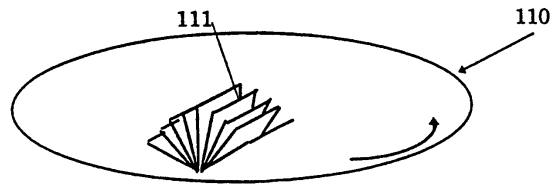
도면14b



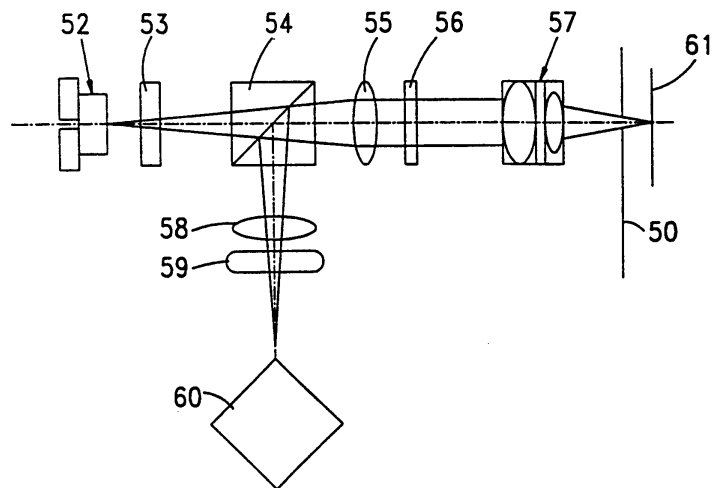
도면14c



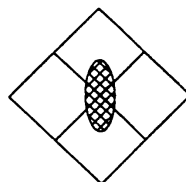
도면15



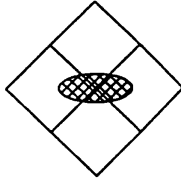
도면16



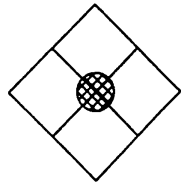
도면17a



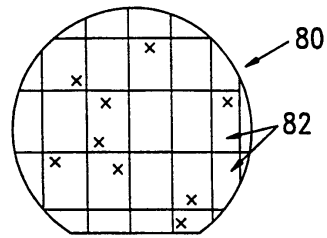
도면17b



도면17c



도면18



$$(r_i, \theta_i)$$



$$(x_i, y_i)$$



$$(x_{k,j}, y_{k,j})$$

