(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년08월08일
(11) 등록번호 10-1646743
(24) 등록일자 2016년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0003273
(22) 출원일자 2010년01월13일
심사청구일자 2015년01월12일
(65) 공개번호 10-2010-0083745
(43) 공개일자 2010년07월22일
(30) 우선권주장
200900229-6 2009년01월13일 싱가포르(SG)
200901110-7 2009년02월16일 싱가포르(SG)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020050109925 A
KR1020050117710 A
KR1020060070003 A

(73) 특허권자
세미컨덕터 테크놀로지스 앤드 인스트루먼츠 피티 이 엘티디
싱가포르, 339416 싱가포르, 칼랑 바신 인더스트리얼 에스테이트, 칼랑 애버뉴 #04-01, 블록 25
(72) 발명자
아마눌라, 아자랄리
싱가포르, 391011 싱가포르, #12-107, 블록 11 파인 클로스
아크와메티, 알버트
싱가포르, 311141 싱가포르, #16-160, 토아 페이요 로롱 2, 블록 141
궈, 홍투
싱가포르, 760865 싱가포르, #03-19, 이슌 스트리트 81, 블록 865
(74) 대리인
특허법인오리진

전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 홍종선

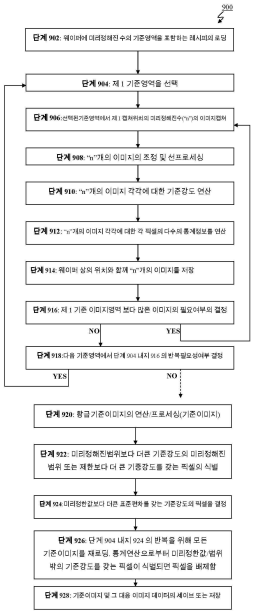
(54) 발명의 명칭 **웨이퍼 검사 시스템 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 웨이퍼를 검사하는 검사방법에 관한 것이다. 검사방법은 기준 이미지를 생성하는 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계를 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡쳐하는 과정으로서, 제1 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 미리정해진 콘트라스트 조명으로 캡쳐되

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도18



며, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 복수의 픽셀을 포함하는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡쳐하는 과정을 포함한다. 트레이닝 프로세스는 또한 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각에 대해 복수의 기준 강도를 결정하는 과정과, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각의 복수의 기준 강도에 대해 복수의 통계 매개변수를 연산하는 과정과, 연산된 복수의 통계 매개변수에 기초하여 제1 웨이퍼의 복수의 이미지로부터 복수의 기준 이미지를 선택하는 과정을 더 포함한다. 웨이퍼 검사방법은 품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 이미지를 캡쳐하는 과정과, 복수의 기준 이미지로부터 제1 기준 이미지를 선택하는 과정과, 제2 웨이퍼의 캡쳐된 이미지를 제1 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함의 존재여부 및 결함의 종류 중 하나 이상을 결정하는 과정을 더 포함한다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

웨이퍼를 검사하는 검사방법에 있어서,

골든 기준 이미지를 생성하기 위한 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계로서:

각 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 최소한 하나 이상의 제1 웨이퍼에 대응하는 제1 기준 영역을 선택하는 단계,

상기 제1 기준 영역 내의 복수의 위치 각각에서, (a) 제1 이미지 캡쳐장치에 의해 캡쳐되는 명시야 조명, 암시야 조명, 및 명시야 조명과 암시야 조명의 조합 중 어느 하나, 및 (b) 제1 이미지 캡쳐장치와 구별되는 제2 이미지 캡쳐장치에 의해 캡쳐되는 명시야 조명, 암시야 조명, 및 명시야 조명과 암시야 조명의 조합 중 어느 하나의 각각으로부터 선택될 수 있는 서로 다른 조명 조건 하에서, 각각 복수의 픽셀을 포함하는 제1 기준 영역의 복수의 이미지를 캡쳐하는 단계,

상기 제1 기준 영역의 복수의 캡쳐된 이미지 각각에 대하여, 캡쳐된 이미지에 대한 기준 강도를 연산하여 복수의 기준 강도를 결정하는 단계,

상기 복수의 캡쳐된 이미지 각각의 픽셀 각각에 대응하는 복수의 통계 매개변수를 연산하는 단계,

하나 이상의 골든 기준 이미지 각각이 복수의 통계 매개변수에 기초한 복수의 캡쳐된 이미지의 통합체을 포함하도록, 상기 복수의 캡쳐된 이미지로부터 최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지를 유도하는 단계를 포함하는, 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계;

품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 영역에 대한 이미지를 캡쳐하는 단계;

최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지로부터 제1 골든 기준 이미지를 선택하는 단계; 및

제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지를 제1 골든 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함 존재 여부 및 결함 종류 중 하나 이상을 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 통계 매개변수는, 복수의 캡쳐된 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각의 복수의 강도의 평균, 범위(range), 표준편차, 통계 매개변수의 조합, 최대값 및 최소값 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 평균은 복수의 캡쳐된 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각의 복수의 강도의 기하 평균인 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 명시야 조명은 광대역 명시야 조명을 포함하고, 상기 암시야 조명은 광대역 암시야 조명을 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 트레이닝 프로세스는, 복수의 캡쳐된 이미지 각각을 조정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 캡쳐된 이미지 각각을 조정하는 단계는, 복수의 캡쳐된 이미지 각각의 서브 픽셀을 등록하는 단계를 포함하고, 상기 등록하는 단계는 제1 웨이퍼 상의 미리 정해진 하나 이상의 특성을 기준으로 수행되는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 트레이닝 프로세스는, 최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지 및 복수의 통계 매개변수의 각각을 저장하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지를 제1 골든 기준 이미지와 비교하는 단계는,

제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지로부터 특성을 추출하고 제1 골든 기준 이미지로부터 특성을 추출하는 단계;

제2 웨이퍼 상의 결함을 식별하기 위해, 제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지의 특성과 제1 골든 기준 이미지의 특성을 매칭시키는 단계; 및

제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지의 특성 성질을 연산하고 제1 골든 기준 이미지의 특성 성질을 연산하는 것과, 제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지의 연산된 특성 성질과 제1 골든 기준 이미지의 연산된 특성 성질을 매칭하는 것에 의하여, 캡쳐된 이미지의 특성과 제1 골든 기준 이미지의 특성을 비교하는 단계;를 포함하며,

상기 연산된 특성 성질은 평균 강도, 강도의 표준편차, 강도의 범위, 최소강도 및 최대강도 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지의 연산된 특성 성질을 제1 골든 기준 이미지의 연산된 특성 성질과 매칭시키기 전에, 제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지를 제1 골든 기준 이미지로 조정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 검사방법

청구항 10

제9항에 있어서,

제2 웨이퍼 영역의 캡쳐된 이미지와 제1 골든 기준 이미지는 미리 정해진 콘트라스트 조명을 이용하여 캡쳐되는 것을 특징으로 하는 검사방법

청구항 11

웨이퍼 검사 시스템에 있어서,

최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지를 획득하기 위한 트레이닝 프로세스를 수행하는 수단으로, 상기 트레이닝 프로세스는:

각 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 최소한 하나 이상의 제1 웨이퍼에 대응하는 제1 기준 영역을 선택하고,

상기 제1 기준 영역 내의 복수의 위치 각각에서, (a) 제1 이미지 캡쳐장치에 의해 캡쳐되는 명시야 조명, 암시야 조명, 및 명시야 조명과 암시야 조명의 조합 중 어느 하나, 및 (b) 제1 이미지 캡쳐장치와 구별되는

제2 이미지 캡처장치에 의해 캡처되는 명시야 조명, 암시야 조명, 및 명시야 조명과 암시야 조명의 조합 중 어느 하나의 각각으로부터 선택될 수 있는 서로 다른 조명 조건 하에서, 각각 복수의 픽셀을 포함하는 제1 기준 영역의 복수의 이미지를 캡처하고,

상기 제1 기준 영역의 복수의 캡처된 이미지 각각에 대하여, 캡처된 이미지에 대한 기준 강도를 연산하여 복수의 기준 강도를 결정하고,

상기 복수의 캡처된 이미지 각각의 픽셀 각각에 대응하는 복수의 통계 매개변수를 연산하고,

하나 이상의 골든 기준 이미지 각각이 복수의 통계 매개변수에 기초한 복수의 캡처된 이미지의 통합체을 포함하도록, 상기 복수의 캡처된 이미지로부터 최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지를 유도하는 것을 포함하는, 수단;

품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 영역에 대한 이미지를 캡처하는 수단;

최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지로부터 제1 골든 기준 이미지를 선택하는 수단; 및

제2 웨이퍼 영역의 캡처된 이미지를 제1 골든 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함 존재 여부 및 결함 종류 중 하나 이상을 결정하는 수단;을 포함하는 검사 시스템.

청구항 12

웨이퍼를 검사하는 방법의 단계들을 실행할 수 있는 명령의 프로그램을 구현하는, 기계장치로 읽을 수 있는 프로그램 저장장치로서,

상기 단계들은:

최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지를 생성하기 위한 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계로서:

각 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 최소한 하나 이상의 제1 웨이퍼에 대응하는 제1 기준 영역을 선택하는 단계,

상기 제1 기준 영역 내의 복수의 위치 각각에서, (a) 제1 이미지 캡처장치에 의해 캡처되는 명시야 조명, 암시야 조명, 및 명시야 조명과 암시야 조명의 조합 중 어느 하나, 및 (b) 제1 이미지 캡처장치와 구별되는 제2 이미지 캡처장치에 의해 캡처되는 명시야 조명, 암시야 조명, 및 명시야 조명과 암시야 조명의 조합 중 어느 하나의 각각으로부터 선택될 수 있는 서로 다른 조명 조건 하에서, 각각 복수의 픽셀을 포함하는 제1 기준 영역의 복수의 이미지를 캡처하는 단계,

상기 제1 기준 영역의 복수의 캡처된 이미지 각각에 대하여, 캡처된 이미지에 대한 기준 강도를 연산하여 복수의 기준 강도를 결정하는 단계,

상기 복수의 캡처된 이미지 각각의 픽셀 각각에 대응하는 복수의 통계 매개변수를 연산하는 단계,

하나 이상의 골든 기준 이미지 각각이 복수의 통계 매개변수에 기초한 복수의 캡처된 이미지의 통합체을 포함하도록, 상기 복수의 캡처된 이미지로부터 최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지를 유도하는 단계를 포함하는, 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계;

품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 영역에 대한 이미지를 캡처하는 단계;

최소한 하나 이상의 골든 기준 이미지로부터 제1 골든 기준 이미지를 선택하는 단계; 및

제2 웨이퍼 영역의 캡처된 이미지를 제1 골든 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함 존재 여부 및 결함 종류 중 하나 이상을 결정하는 단계;를 포함하는, 프로그램 저장장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 웨이퍼 검사 공정에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 반도체 부품들을 검사하기 위한 자동화 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 예를 들어 반도체 웨이퍼 및 다이(die)와 같은, 제조된 반도체 부품들의 높은 품질을 일관되게 보장할 수 있도록 하는 것이 반도체 산업에서 점점 중요해지고 있다. 반도체 웨이퍼 제조 기술들은 점점 증가하는 다수의 특징들(feature)을 점점더 작아지는 반도체 웨이퍼의 표면영역에 통합할 수 있도록 꾸준히 개선되어 왔다. 따라서, 반도체 웨이퍼 제조에 사용되는 포토리소그래피(photolithographic) 공정은, 보다 많은 특징들을 점점 작아지는 반도체 웨이퍼의 표면영역에 통합할 수 있도록(즉, 반도체 웨이퍼의 성능 향상), 더욱 정교해졌다. 결과적으로, 반도체 웨이퍼 위에 있을 수 있는 결함들의 크기는 전형적으로 마이크론(micron) 내지 서브마이크론(submicron) 범위에 속하게 되었다.

[0003] 제조된 반도체 웨이퍼들의 품질을 꾸준히 높게 유지하기 위해, 반도체 웨이퍼 제조에서 반도체 웨이퍼 품질 제어 및 검사 공정을 개선시킬 필요성은 더욱 절실해졌다. 반도체 웨이퍼들은 표면 미립자들의 존재, 불완전성(imperfection), 기복(undulation) 및 다른 불규칙성들과 같은 표면상의 결함들을 검출하기 위해, 전형적으로 검사를 받는다. 그러한 결함들은 반도체 웨이퍼들의 결과적인 성능에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서, 반도체 웨이퍼를 제조하는 동안 결함 있는 반도체 웨이퍼들을 제거하거나 추출하는 것은 필연적이다.

[0004] 반도체 검사 시스템 및 공정은 진보되어 왔다. 예를 들어, 보다 높은 해상도의 영상 시스템(imaging system), 보다 빠른 컴퓨터, 및 정확도가 향상된 기계적 핸들링 시스템이 활용되어져 왔다. 또한, 반도체 웨이퍼 검사 시스템, 방법 및 기술은 역사적으로 명시야 조명(brightfield illumination), 암시야 조명(darkfield illumination) 및 공간적 필터링(spatial filtering) 기술들 중 적어도 하나를 사용해 오고 있다.

[0005] 명시야 영상에서, 반도체 웨이퍼 상의 작은 입자들은 이미지 캡쳐장치의 수집 조리개(collecting aperture)로부

터 멀리 광을 산란시키며, 그 결과 이미지 캡쳐장치로 되돌아오는 에너지가 감소된다. 상기 입자가 렌즈 또는 디지털화 픽셀(digitalizing pixel)의 광점 분포 함수(optical point spread function)와 비교하여 작을 때, 상기 입자를 둘러싸는 인접 영역으로부터의 명시야 에너지는 일반적으로 상기 입자와 비교하여 많은 양의 에너지를 기여함으로써 상기 입자가 감지되기 어렵게 된다. 또한, 작은 입자 크기로 인해 에너지가 아주 약간 감소하는 것은 상기 입자 둘레의 인접 영역에 의한 반사도 변화(reflectivity variation)에 의해 대개는 감춰지며, 이에 따라 결함 검출을 잘못하는 일이 발생하는 빈도가 증가한다. 상기의 현상을 극복하기 위해, 반도체 검사 시스템은 반도체 웨이퍼의 보다 작은 표면적의 이미지를 캡쳐하는 보다 큰 해상도의 최고급 카메라(high-end cameras)를 장착해 왔다. 하지만, 명시야 이미지들은 일반적으로 더 나은 픽셀 콘트라스트(pixel contrast)를 지니며, 이는 결함들의 크기를 산정함에 있어서 그리고 어두운 결함들을 검사할 때 유리하다.

[0006] 암시야 조명과 그 이점들은 대체적으로 해당 분야에서 잘 알려져 있다. 암시야 촬영(imaging)은 현존하는 여러 반도체 웨이퍼 검사 시스템들에 채택되어 왔다. 암시야 촬영은 전형적으로 광선들이 검사 대상물에 입사하는 각도에 의존한다. 검사 대상물의 수평면에 대해 낮은 각도에서(예를 들어 3도 내지 30도), 표면 입자들이나 불완전성 및 기타의 불규칙성과 같은 결함들이 존재하는 위치를 제외하고, 암시야 촬영은 보통 어두운 이미지를 생성한다. 암시야 촬영은 특히, 암시야 이미지를 생성하는데 사용되는 렌즈의 분해능보다 더 작은 크기의 결함들을 조명하기 위해 사용된다. 상기 수평면에 대해 높은 각도에서(예를 들어 30도 내지 85도), 암시야 촬영은 보통 명시야 이미지와 비교하여 보다 나은 콘트라스트 이미지를 생성한다. 이와 같이, 하이앵글(high angle) 암시야 촬영을 사용함으로써, 경면 처리(mirror finish) 되거나 또는 투명한 물체위에 존재하는 표면 불규칙성들의 콘트라스트를 향상시킬 수 있다. 또한, 하이앵글 암시야 촬영은 기울어진 물체를 촬영함에 있어서 유리하다.

[0007] 반도체 웨이퍼의 광 반사도는 전형적으로 명시야 및 암시야 촬영 각각에 대해 얻어진 이미지의 품질에 상당한 영향을 미친다. 반도체 웨이퍼에 존재하는 미시적인 구조체 및 거시적인 구조체 모두 반도체 웨이퍼의 광 반사도에 영향을 준다. 일반적으로, 반도체 웨이퍼에 의해 반사된 광량은 입사광의 방향 또는 각도, 투시 방향 및 반도체 웨이퍼 표면의 광 반사도의 함수이다. 광 반사도는 다시, 입사광의 파장 및 반도체 웨이퍼의 물질 조성에 따라 달라진다.

[0008] 검사를 위해 제공되는 반도체 웨이퍼들의 광 반사도를 조절하는 것은 일반적으로 어렵다. 이는 반도체 웨이퍼가 여러 물질층들로 구성될 수 있기 때문이다. 각각의 물질층은 광의 여러 파장들을 다르게, 예를 들어 다른 속도로 투과시킬 수 있다. 또한, 층들은 다른 광 투과성, 또는 심지어 다른 광 반사도를 가질 수 있다. 따라서, 단파장 또는 좁은 대역(band)의 파장들의 광 또는 조명을 사용하는 것은 전형적으로 캡쳐된 이미지들의 품질에 악영향을 미친다는 사실은 해당 분야의 당업자들에게 자명하다. 단파장 또는 좁은 대역 파장들을 빈번하게 수정할 필요성은 다중의 공간적 필터들(spatial filter) 또는 파장 튜너들(wavelength tuner)의 사용을 요구하며, 이는 일반적으로 불편할 수 있다. 그러한 문제점들을 완화하기 위해, 광대역 조명(broadband illumination)(즉, 넓은 범위 파장들의 조명), 예를 들어 300nm 내지 1000nm 파장 범위의 광대역 조명을 사용하는 것이 중요하다.

[0009] 광대역 조명은 고품질 이미지들을 달성하기 위해 그리고 넓은 범위의 표면 반사도를 갖는 웨이퍼들을 다루기 위해 중요하다. 그리고, 웨이퍼 검사 시스템의 결함 검사 능력은 일반적으로 다중의 조명 각도의 사용, 예를 들어 명시야 및 암시야 조명 모두의 사용에 의해 일반적으로 향상된다. 시장에 존재하는 웨이퍼 시스템들은 조명을 다중의 각도로 그리고 전체 광대역(full broadband) 파장을 가지고 사용하지 않는다.

[0010] 현재 유용한 웨이퍼 검사 시스템들 및 장비들은 전형적으로 웨이퍼 검사 도중 다중적 응답(response)을 달성하기 위해 아래의 방법들 중 하나를 사용한다:

[0011] (1) 다중 조명을 구비한 다중 이미지 캡쳐장치(MICD: Multiple Image Capture Devices with Multiple Illuminations)

[0012] MICD는 복수의 이미지 장치들 및 복수의 조명들을 사용한다. MCID는 파장 스펙트럼을 좁은 대역들로 분할하고, 각각의 분할된 파장 스펙트럼을 개별 조명들로 할당하는 원리에 기초한다. MICD 방법을 채택하는 시스템의 설계도중, 각각의 이미지 캡쳐장치는, 공간적 필터 또는 특수 코팅된 빔 스플리터(beam splitter)와 같은 광학적 부속품들과 함께, 대응하는 조명(즉, 조명원(illumination source))과 짝을 이룬다. 예들 들어, 명시야의 파장은 수은 아크 램프(mercury arc lamp) 및 공간적 필터를 사용하여 400 내지 600nm로 제한되며 암시야는 레이저를 사용하여 650 내지 700nm으로 제한된다. 상기 MICD 방법은 예를 들어 열등한 이미지 품질 및 설계적 비탄력성과 같은 단점들이 있다. 열등한 이미지 품질은, 좁은 대역의 파장들을 갖는 조명들을 사용하는 것과 함께, 검사 웨이퍼들의 표면 반사도가 변하기 때문이다. 단일 조명의 파장 조절이 일반적으로 웨이퍼 검사 시스템의 전체적인 광학적 구성의 재구성을 요구하기 때문에 설계함에 있어서 유연하지 못하다. 그리고, MICD 방법은 전형적으로,

캡처된 이미지들의 품질을 포함하지 않고는, 단일의 이미지 캡처장치에 의해 여러 파장들을 갖는 조명들을 캡처할 수 없다.

[0013] (2) 다중 조명을 구비한 단일 이미지 캡처장치(SICD: Single Image Capture Device with Multiple Illuminations)

[0014] SICD 방법은 분할된 파장들 또는 광대역 파장들을 갖는 다중 조명들을 캡처하기 위한 단일 이미지 캡처장치를 사용한다. 하지만, 웨이퍼가 이동 중일 때, 동시에 다중 조명 응답들을 얻는 것은 불가능하다. 즉, SICD 방법은 웨이퍼가 이동 중일 때 단지 하나의 조명 응답을 허용한다. 다중 조명 응답들을 달성하기 위해, SICD 방법은 웨이퍼가 정지되었을 때 이미지 캡처를 해야하며, 이는 웨이퍼 검사 시스템의 처리량에 영향을 미친다.

[0015] 광대역 명시야 및 암시야 또는 일반적으로 다중 조명을 사용하며, 그리고 다중 이미지 캡처장치를 사용하는, 동시적인, 독립적인, 실시간으로(on-the-fly) 이미지 캡처를 채택하는 반도체 웨이퍼 검사 시스템은, 현재 이용되지 못하고 있는데, 이는 실제적인 실행(implementation) 및 작동상의 이점들에 대한 이해가 상대적으로 부족하기 때문이다. 현존하는 반도체 웨이퍼 검사 시스템들은 전술한 바와 같이 MICD 아니면 SICD를 채택하고 있다. MICD를 채택하는 장비들은 광대역을 사용하지 않으며 열등한 이미지 품질 및 융통성이 없는 시스템 구성에 따른 고충이 있다. 반면 SICD를 사용하는 장비들은 시스템 처리량의 감소를 겪으며, 즉시적이며 동시적인 다중 조명 응답을 얻을 수 없다.

[0016] 명시야 조명 및 암시야 조명 모두를 사용하는 현존하는 반도체 웨이퍼 광학적 검사 시스템에 대한 예가 미국 특허 5,822,055(KLA1)에 개시되어 있다. KLA1에 개시된 광학적 검사 시스템의 일 실시예는 전술한 바와 같은 MICD를 사용한다. 그것은 반도체 웨이퍼의 개별적인 명시야 및 암시야 이미지들을 캡처하기 위해 다중 카메라를 사용한다. 캡처된 명시야 및 암시야 이미지들은 이후 반도체 웨이퍼 상의 결함들을 감지하기 위해 개별적으로 또는 함께 프로세싱된다. 그리고, KLA1의 광학적 검사 시스템은 명시야 및 암시야 조명에 대한 개별 소스들을 동시적으로 사용하여 명시야 및 암시야 이미지들을 캡처한다. KLA1은 명시야 및 암시야 이미지들을 캡처할 수 있도록 조명 파장 스펙트럼의 분할, 좁은 대역 조명 소스들 및 공간적 필터들을 사용하여 동시적인 이미지 캡처를 달성한다. KLA1-광학 시스템에서, 카메라들 중 하나는 좁은 대역 레이저 및 공간적 필터를 사용하여 암시야 이미징을 수용하도록 구성된다. 다른 카메라는 명시야 조명 및 특수 코팅을 갖는 빔 스플리터를 사용하여 파장 스펙트럼의 나머지를 수용하도록 구성된다. KLA1에 개시된 광학적 검사 시스템의 단점들은 파장 스펙트럼의 분할에 기하여 표면 반사도가 크게 변하는 여러 반도체 웨이퍼들을 촬영해야하는 부적합성을 포함하고 있다. 상기 카메라들은 각각의 조명과 단단히 연결되며 어떤 웨이퍼 타입을 향상하기 위해 하나 이상의 유용한 조명을 조합하는 것에 탄력성이 없다. 그러한 한 가지 유형은 전방 측면 상에 탄소 코팅층을 구비하며, 예를 들어 명시야만을 사용하는 어떤 조명 각도에서 열악한 반사 특성들을 나타내는 것이다. 특정 결함을 보기 위해서는 명시야 및 하이앵글 암시야 조명을 조합할 필요가 있다. 따라서, KLA1의 광학적 검사 시스템은 다중 검사 경로들(시스템의 처리량에 다시 영향을 끼치는 다중적 스캔)을 수행하여 다중의 명시야 및 암시야 이미지들을 캡처하기 위해 복수의 광 또는 조명 소스 및 필터가 필요하다.

[0017] 명시야 및 암시야 촬영 모두를 사용하는 또 다른 현존하는 광학적 검사 시스템의 예가 미국 특허 6,826,298(AUGTECH1) 및 미국 특허 6,937,753(AUGTECH2)에 개시되어 있다. AUGTECH1 및 AUGTECH2의 광학적 검사 시스템의 암시야 촬영은 로우앵글(low-angle) 암시야 촬영을 위한 복수의 레이저 및 하이앵글(high-angle) 암시야 촬영을 위한 광섬유 링 라이트(fiber optic ring light)를 사용한다. 추가적으로, AUGTECH1 및 AUGTECH2의 광학적 검사 시스템은 단일 카메라 센서를 사용하며 전술한 SICD 방법에 속한다. 따라서, AUGTECH1 및 AUGTECH2에서의 반도체 웨이퍼들의 검사는, 명시야 촬영에 의해 아니면 암시야 촬영에 의해, 또는 명시야 촬영 및 암시야 촬영 모두를 조합하여 수행되며, 이경우 명시야 촬영 및 암시야 촬영은 각각 다른 촬영이 완료되는 경우 실행된다. AUGTECH1 및 AUGTECH2의 검사 시스템은, 동시적인, 즉시적인(또는 웨이퍼가 이동 중에서의) 그리고 독립적인 명시야 및 암시야 촬영을 할 수 없다. 따라서, 각각의 반도체 웨이퍼의 다중적 경로들은 그것의 완벽한 검사를 위해 필요하며, 이는 제조 처리량(manufacturing throughput)의 감소 및 자원 사용량(utilization of resource)의 증가로 이어진다.

[0018] 또한, 현존하는 여러 가지 광학적 검사 시스템은 새롭게 얻어진 반도체 웨이퍼의 이미지들과 비교하기 위해 골든(golden) 이미지 또는 기준(reference) 이미지를 사용한다. 기준 이미지의 유도하는 것은 전형적으로, 공지된 또는 수동으로 선택된 "양호한(good)" 반도체 웨이퍼를 캡처한 후, 통계공식 또는 통계기술을 적용함으로써 기준 이미지를 얻는 것을 필요로 한다. 이러한 유도의 단점은 "양호한" 반도체 웨이퍼를 수동식으로 선택함에 있어서 발생하는 부정확성 또는 비일관성(inconsistency)이다. 그러한 기준 이미지들을 사용하는 광학적 검사 시

스템들은 전형적으로 부정확하거나 일관되지 못한 기준 이미지들로 인해 발생하는 반도체 웨이퍼의 잘못된 불량 판정(reject)으로 곤란을 겪는다. 반도체 웨이퍼의 회로의 기하구조(geometry)는 점차 복잡해지며, 기준 이미지들을 얻기 위해 "양호한" 반도체 웨이퍼를 수동식으로 선택하는 것에 의존하는 것은, 점점 높아져 가는 반도체 검사 산업의 높은 품질기준을 충족할 수 없게 된다.

[0019] 골든 기준 이미지를 얻는 것은 많은 통계적인 기술과 계산이 필요하다. 이러한 통계적 기술들은 대부분 매우 일반적이며 그들 자신만의 장점이 있다. 현재 이용되는 장비들의 기술 상태는 골든 기준 픽셀(golden reference pixel)을 산출하기 위해 표준편차(standard deviation)와 함께 평균(average or mean)을 사용한다. 이러한 방법은 공지된 양호한 픽셀들과 잘 맞는다; 그렇지 않으면 어떤 결함 또는 노이즈 픽셀(noise pixel)이 기준 픽셀의 최종 평균값에 간섭하고 영향을 미치게 된다. 다른 하나의 방법은 중간값(median)을 사용하는 것이며 그것은 노이즈 픽셀에 의한 간섭이 적지만 실제로 노이즈의 효과를 제거할 수는 없다. 모든 유용한 장비들은 평균값이나 중간값과 같은 상이한 유형의 통계적 기술들을 적용함으로써 에러를 줄이는 시도를 하고 있지만, 에러를 줄이는데 특별한 또는 사용자 친화적인 인과관계를 갖고 있는 것은 아니다. 특별한 인과관계는 분명 픽셀들을 제거하는데 도움을 주며, 이는 최종적인 기준 픽셀값에 영향을 줄 수 있을 것이다.

[0020] 미국 특허 6,324,298(AUGTECH3)은 반도체 웨이퍼 검사에서의 사용을 위한 골든 이미지 또는 기준 이미지 생성을 위한 트레이닝 방법(training method)을 개시한다. AUGTECH3는 "공지된 양호 품질(Known Good Quality)" 또는 "무결함(Defect Free)" 웨이퍼들을 필요로 한다. 웨이퍼를 선택하는 것은 수동식으로 또는 사용자에 의해 수행된다. 이후 통계적 공식들 또는 기술들이 기준 이미지를 얻도록 적용된다. 이렇듯, "양호한 품질의" 웨이퍼를 정확하고 일관되게 선택하는 것은 반도체 검사의 품질을 정확하고 일관되게 하는데 중요하다. 더욱이, AUGTECH3은 기준 이미지의 개별 픽셀들을 연산하기 위해 평균 및 표준편차를 사용하며 결함 있는 어떤 픽셀의 존재는 부정확한 기준 픽셀을 유발한다. 결함 있는 픽셀은 외부 물질 또는 다른 결함들 때문에 발생하며, 이는 통계적 연산에 혼란을 주며 부정확한 기준 픽셀을 유발하게 된다. AUGTECH3의 방법이 반도체 웨이퍼들의 검사에서 부정확성들, 비일관성들 및 에러들의 가능성이 높다는 것은 해당 분야의 당업자에게 자명할 것이다.

[0021] 추가적으로, AUGTECH3에 개시된 광학적 검사 시스템은 반도체 웨이퍼들을 조명하기 위한 플래쉬(flash) 또는 스트로브 램프(strobe lamp)를 사용한다. 다른 플래쉬들 또는 스트로브들 사이의 비일관성은 온도 차이, 전자적 비일관성(electronic inconsistency) 및 상이한 플래쉬 또는 스트로브 강도를 포함하는(그러나 이에 제한되는 것은 아님) 여러 가지 요소들 때문에 발생할 수 있음은 해당 분야의 당업자라면 이해할 것이다. 이와 같은 차이들 및 비일관성들은 "양호한(good)" 반도체 웨이퍼의 경우에도 내재되어 있다. 상기 시스템이 플래쉬 램프로 인한 차이에 유의하지 않는다면, 이러한 차이가 존재함으로써 골든 기준 이미지의 품질에 영향을 끼칠 것이다. 추가적으로, 반도체 웨이퍼의 표면을 가로질러 조명 강도 및 균일성이 변화하는데, 이는 그 표면의 여러 지점들에서 웨이퍼의 평면도(planarity), 장착(mounting) 및 광 투과성을 포함하는(하지만 이에 제한되는 것은 아님) 요소들 때문이다. 플래쉬 강도 및 램프의 스트로빙(strobing) 특성들의 변화를 고려하지 않으면, 전술한 방식으로 생성된 특정 기준 이미지들은, 반도체 웨이퍼들의 여러 지점들의 캡쳐된 이미지들과 비교하기 위해 사용될 때, 신뢰성이 떨어지며 정확도도 낮다.

[0022] 예를 들어 반도체 웨이퍼 크기, 복잡성(complexity), 표면 반사도 및 품질 검사를 위한 기준치(criteria)와 같은 제품 사양들이 바뀌는 것은 반도체 산업에서 공통된 사항이다. 따라서, 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법은 그러한 제품 사양들의 변화를 검사할 수 있을 필요가 있다. 하지만, 현존하는 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법은 일반적으로 그러한 제품 사양들의 변화를 충분하게 검사할 수 없으며, 이는 특히 반도체 산업에서 설정되는 품질 기준들이 증가하기 때문이다.

[0023] 예를 들어, 현존하는 전형적인 반도체 웨이퍼 검사 시스템은, 예를 들어 고정된 공간적 위치를 갖는 카메라, 조명기, 필터, 편광기, 거울 및 렌즈와 같은 부품들을 포함하는 통상적인 광학 조립체를 사용한다. 이러한 광학 조립체의 부품들의 제거 또는 도입에 따라 전체적으로 광학 조립체을 재배치 및 재설계할 필요가 있다. 따라서, 반도체 웨이퍼 검사 시스템은 탄력성 없는 설계 또는 구성을 가지므로, 이를 수정하기 위해 상대적으로 오랜 리드 타임(lead-time)이 필요하다. 추가적으로, 통상의 광학 조립체의 대물렌즈와 검사 대상 반도체 웨이퍼 간의 거리는 보통 너무 가까워서, 암시야 조명에 대해 다른 각도들로 광섬유 조명을 쉽게 도입할 수 없다.

[0024] 다른 여러 가지 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법이 존재한다. 하지만, 현재 기술적으로 전문 지식 및 조작에 대한 노하우가 없어서, 현존하는 반도체 웨이퍼 검사 시스템은 웨이퍼가 이동하는 도중에 검사하기 위한 그리고 융통성있게 배치할 수 있는 동시적인 명시야 및 암시야 촬영을 채택할 수 없다. 또한 자원-효율적이고, 융통성을 가지고, 정확하고, 신속하게 반도체 웨이퍼를 검사할 수 있는 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법이 필요하

다. 이는 반도체 웨이퍼의 전기적 회로가 점점 더 복잡해지고 반도체 산업의 품질 기준이 증가하기 때문에 더욱 그러하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0025] 배열상 또는 설계상의 융통성(flexibility)를 제공하면서, 반도체 웨이퍼가 움직이는 동안 검사를 수행하기 위해 동시적으로 그리고 독립적으로 명시야 및 암시야 촬영 모두를 채택할 수 있는 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법이 없는 실정이다. 또한, 조명기, 카메라, 대물렌즈, 필터 및 거울과 같은 부품들이 융통성 있게 조절 가능한 공간적 상호배열을 갖는 반도체 웨이퍼 검사 시스템이 필요하다. 반도체 웨이퍼의 전기 회로가 점점 복잡해지고 반도체 산업에서 요구하는 품질기준이 높아지는 것을 고려하면, 반도체 웨이퍼 검사의 정확성 및 일관성은 더욱 절실하다. 캡쳐된 반도체 웨이퍼의 이미지와의 비교를 위해 골든 기준(golden reference) 또는 기준 이미지(reference image)를 획득하는 것은 "양호한(good)" 반도체 웨이퍼를 수동적으로 선택(manual selection)하는 것을 요구하는 실정이다. 이와 같이 수동적으로 선택하는 것은 획득한 기준 이미지의 부정확성 및 비일관성 및 그에 따른 반도체 웨이퍼 검사의 부정확성 및 비일관성을 초래할 수 있다. 따라서, 후속적인 캡쳐된 반도체 웨이퍼 이미지와 비교할 수 있는 기준 이미지를 얻기 위한 개선된 트레이닝(training) 방법 또는 프로세스가 필요하다. 본 발명은 이상의 논점 중 적어도 하나를 처리하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0026] 본 발명의 실시예들은 반도체 웨이퍼, 다이, LED 칩 및 태양전지 웨이퍼를 비제한적으로 포함하는 반도체 부품들을 검사하기 위한 검사 시스템 및 방법을 제공한다. 이러한 검사 시스템은 2차원(2D) 및 3차원(3D) 웨이퍼 검사를 수행하도록 설계된다. 상기 검사 시스템은 또한 결함 리뷰(defect review)를 수행하도록 설계된다.

[0027] 상기 2D 웨이퍼 검사는 적어도 2개의 이미지 캡쳐장치들을 포함하는 2D 광학 모듈에 의해 가능해진다. 상기 2D 웨이퍼 검사는 대응하는 콘트라스트 조명(contrast illumination)의 이미지를 캡쳐하기 위한 적어도 2개의 다른 콘트라스트 조명을 활용한다. 상기 2D 웨이퍼 검사는 웨이퍼가 이동하는 동안에 수행되며 하나의 경로에 의해 완성된다. 3D 웨이퍼 검사는 3D 광학 모듈에 의해 가능해지며, 상기 3D 광학 모듈은 적어도 하나의 이미지 캡쳐 장치 및 적어도 하나의 세선 조명기(thin line illuminator)를 포함한다. 레이저 아니면 광대역 조명 소스 또는 둘다에 해당하는 세선 조명기에 의해 공급되는 세선 조명은, 반도체 웨이퍼의 3D 이미지를 캡쳐하기 위해 반도체 웨이퍼가 이동하는 중에 반도체 웨이퍼쪽으로 향한다. 상기 검사 시스템에 의해 수행되는 결함 리뷰는 결함 리뷰 광학 모듈에 의해 가능해진다.

[0028] 본 발명의 실시예 중 제1 특징에 따르면, 웨이퍼를 검사하는 검사방법으로서, 기준 이미지를 생성하는 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계를 포함하는 검사방법이 개시되어 있다. 상기 트레이닝 프로세스는 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡쳐하는 과정으로서, 제1 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 미리정해진 콘트라스트 조명으로 캡쳐되며, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 복수의 픽셀을 포함하는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡쳐하는 과정과 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각에 대해 복수의 기준 강도를 결정하는 과정을 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각의 복수의 기준 강도에 대해 복수의 통계 매개변수를 연산하는 과정과, 연산된 복수의 통계 매개변수에 기초하여 제1 웨이퍼의 복수의 이미지로부터 복수의 기준 이미지를 선택하는 과정을 더 포함한다. 상기 웨이퍼를 검사하는 방법은, 품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 이미지를 캡쳐하는 과정과, 복수의 기준 이미지로부터 제1 기준 이미지를 선택하는 과정과, 제2 웨이퍼의 캡쳐된 이미지를 제1 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함의 존재여부 및 결함의 종류 중 하나 이상을 결정하는 과정을 더 포함한다.

[0029] 본 발명의 실시예 중 제2 특징에 따르면, 기준 이미지를 획득하는 트레이닝 방법으로서, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡쳐하는 단계로서, 상기 제1 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 복수의 이미지 각각은 미리정해진 콘트라스트 조명을 이용하여 캡쳐되는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡쳐하는 단계와; 캡쳐된 복수의 이미지로부터 기준 이미지를 선택하는 단계;를 포함하는 방법이 개시되어 있다. 상기 기준 이미지는 제2 웨이퍼의 시험 이미지와 비교되며, 제2 웨이퍼의 품질은 알려지지 않은 것을 특징으로 한다.

[0030] 본 발명의 실시예의 제3 특징에 따르면, 웨이퍼를 검사하는 검사방법으로서, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡처하는 단계로서, 제1 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 미리정해진 콘트라스트 조명을 이용하여 캡처되며, 복수의 이미지 각각은 복수의 픽셀을 포함하는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는 방법이 개시되어 있다. 상기 방법은 제1 웨이퍼의 복수의 이미지로부터 기준 이미지를 선택하는 단계를 더 포함한다. 또한, 이 방법은 품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 이미지를 캡처하는 단계를 포함한다. 나아가 이 방법은 복수의 기준 이미지로부터 제1 기준 이미지를 선택하는 단계와, 제2 웨이퍼의 캡처된 이미지를 제1 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함의 존재여부 및 결함의 종류 중 하나 이상을 결정하는 단계;를 포함한다.

[0031] 본 발명의 실시예 중 제4 특징에 따르면, 웨이퍼를 검사하는 시스템으로서, 기준 이미지를 얻는 트레이닝 프로세스를 수행하는 수단을 포함하는 시스템이 개시되어 있다. 상기 트레이닝 프로세스는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡처하는 단계로서, 제1 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 복수의 미리정해진 콘트라스트 조명 중 하나로 캡처되며, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 복수의 픽셀을 포함하는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡처하는 단계를 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각에 대해 복수의 기준 강도를 결정하는 단계와, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각의 복수의 기준 강도에 대해 복수의 가중지수를 연산하는 단계를 더 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는 또한 연산된 복수의 가중지수에 기초하여 제1 웨이퍼의 복수의 이미지로부터 복수의 기준 이미지를 선택하는 단계를 포함한다. 상기 웨이퍼를 검사하는 시스템은, 품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 이미지를 캡처하는 수단과, 복수의 기준 이미지로부터 제1 기준 이미지를 선택하는 수단과, 제2 웨이퍼의 캡처된 이미지를 제1 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함의 존재여부 및 결함의 종류 중 하나 이상을 결정하는 수단을 포함한다.

[0032] 본 발명의 실시예 중 제5 특징에 따르면, 웨이퍼를 검사하는 방법의 단계들을 장치에 의해 실행할 수 있는 명령의 프로그램을 구현하는, 장치에 의해 읽을 수 있는 프로그램 저장장치가 개시되어 있다. 상기 웨이퍼를 검사하는 단계들은 기준 이미지를 생성하도록 트레이닝 프로세스를 수행하는 단계를 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡처하는 단계로서, 제1 웨이퍼는 품질이 알려지지 않았고, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 복수의 미리정해진 콘트라스트 조명 중 하나로 캡처되며, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각은 복수의 픽셀을 포함하는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지를 캡처하는 단계를 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각에 대해 복수의 기준 강도를 결정하는 단계와, 제1 웨이퍼의 복수의 이미지 각각의 복수의 픽셀 각각의 복수의 기준 강도에 대해 복수의 가중지수를 연산하는 단계를 더 포함한다. 상기 트레이닝 프로세스는 연산된 복수의 가중지수에 기초하여 복수의 캡처된 이미지로부터 복수의 기준 이미지를 선택하는 단계를 포함한다. 상기 웨이퍼를 검사하는 방법의 단계들은 품질이 알려지지 않은 제2 웨이퍼의 이미지를 캡처하는 단계와, 복수의 기준 이미지로부터 제1 기준 이미지를 선택하는 단계와, 제2 웨이퍼의 캡처된 이미지를 제1 기준 이미지와 비교하여, 제2 웨이퍼에서의 결함의 존재여부 및 결함의 종류 중 하나 이상을 결정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0033] 본 발명에 의하면 반도체 웨이퍼를 정확하게 일관성 있게 검사할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 예시적인 웨이퍼 검사 시스템의 부분 평면도이다.

도 2는 도 1의 시스템의 부분 사시도이다.

도 3은 도 2의 "A" 부분에 따른, 도 1의 시스템의 광학 검사헤드의 부분 분해 사시도이다.

도 4는 도 2의 "B" 부분에 따른, 도 1의 시스템의 로보트(robotic) 웨이퍼 테이블의 부분 분해 사시도이다.

도 5는 도 2의 "C" 부분에 따른, 도 1의 시스템의 로보트 웨이퍼 로더/언로더의 부분 분해 사시도이다.

도 6은 도 2의 "D" 부분에 따른, 도 1의 시스템의 웨이퍼 적층 모듈의 부분 분해 사시도이다.

도 7은 도 1의 시스템의 광학 검사헤드의 부분 사시도이다.

도 8은 도 1의 시스템의 광학 검사헤드의 부분 정면도이다.

도 9는 도 1의 시스템의 명시야 조명기, 로우앵글 암시야 조명기, 하이앵글 암시야 조명기, 제1 이미지 캡쳐장치 및 제2 이미지 캡쳐장치 사이에서의 조명의 광선 경로들을 도시한다.

도 10은 도 9의 명시야 조명기에 의해 공급된 명시야 조명이 따르는 예시적인 제1 광경로(ray path)의 흐름도이다.

도 11은 도 9의 하이앵글 암시야 조명기에 의해 공급된 암시야 하이앵글 조명이 따르는 예시적인 제2 광경로의 흐름도이다.

도 12는 도 9의 로우앵글 암시야 조명기에 의해 공급된 암시야 로우앵글 조명이 따르는 예시적인 제3 광경로의 흐름도이다.

도 13은 도 1의 시스템의 세선(thin line) 조명기와 3D 이미지 캡쳐장치 또는 카메라 사이에서의 조명의 광경로를 도시한다.

도 14는 도 1의 시스템의 리뷰(review) 명시야 조명기, 리뷰 암시야 조명기 및 리뷰 이미지 캡쳐장치 사이에서의 조명의 광선 경로를 도시한다.

도 15는 도 14의 리뷰 명시야 조명기와 리뷰 이미지 캡쳐장치 사이의 명시야 조명이 따르는 예시적인 제4 광경로의 흐름도이다.

도 16은 도 14의 리뷰 암시야 조명기와 리뷰 이미지 캡쳐장치 사이의 암시야 조명이 따르는 예시적인 제5 광경로의 흐름도이다.

도 17은 본 발명에 의해 제공되는 예시적인 웨이퍼 검사 방법의 방법 흐름도이다.

도 18은 도 17의 방법의 수행 도중 캡쳐된 이미지들을 비교하기 위해 사용되는 기준 이미지들을 생성하기 위한 예시적인 기준 이미지 생성 프로세스의 공정 흐름도이다.

도 19는 도 17의 방법의 방법 단계에서 타이밍 오프셋(timing offset)에 의한 예시적인 2차원 웨이퍼 스캐닝 프로세스의 공정 흐름도이다.

도 20은 도 1의 시스템의 조명 구성장치(configurator)에 의해 선택 가능한 조명 구성들의 표를 도시한다.

도 21은 제1 이미지 캡쳐장치에 의한 제1 이미지의 캡쳐링 및 제2 이미지 캡쳐장치에 의한 제2 이미지의 캡쳐링을 위한 타이밍 챠트를 도시한다.

도 22a는 도 1의 제1 이미지 캡쳐장치에 의해 캡쳐된 제1 이미지를 도시한다.

도 22b는 도 1의 제2 이미지 캡쳐장치에 의해 캡쳐된 제2 이미지를 도시한다.

도 22c는 웨이퍼가 이동할 때의 제1 이미지 및 제2 이미지의 캡쳐로 인한 이미지 오프셋(image offset)을 입증하기 위하여 도 22a의 제1 이미지와 도 22b의 제2 이미지를 조합한 도면이다.

도 23은 도 17의 방법의 방법 단계에서 수행된 예시적인 2차원 이미지 프로세싱 공정의 공정 흐름도이다.

도 24는 도 17의 방법의 방법 단계에서 수행된 제1의 예시적인 3차원 웨이퍼 스캐닝 프로세스의 공정 흐름도이다.

도 25는 도 1의 시스템의 세선 조명기와 3D 이미지 캡쳐장치 또는 카메라 사이에서의 조명의 예시적인 광선 경로를 도시한다.

도 26은 도 17의 방법의 방법 단계에서 수행된 제2의 예시적인 3차원 웨이퍼 스캐닝 프로세스의 공정 흐름도이다.

도 27은 도 17의 방법의 방법 단계에서 수행된 예시적인 리뷰 프로세스의 공정 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 예를 들어 반도체 웨이퍼 및 다이와 같은 반도체 부품을 검사하는 것은 반도체 부품의 제조에서 점점 중요해지

고 있는 단계이다. 반도체 웨이퍼에 대한 증가하는 품질 기준들과 맞물려, 반도체 웨이퍼의 회로의 복잡성의 증대는 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법에 대한 개선의 필요성을 증대시키고 있다.

[0036] 구성적인 또는 설계적인 융통성(flexibility)을 제공하면서 실시간(on-the-fly)으로 반도체 웨이퍼 검사를 수행하기 위해 명시야 및 암시야 촬영 모두를 동시에 채택할 수 있는 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법이 없는 실정이다. 추가적으로, 예를 들어 조명기(illuminator), 카메라, 대물렌즈, 필터 및 거울과 같은 반도체 웨이퍼 검사 시스템의 부품들이 융통성 있고 조절할 수 있는 공간적인 상호배열(interconfiguration)을 갖는 반도체 웨이퍼 검사 시스템이 필요하다. 반도체 웨이퍼의 전기회로가 점점 복잡해지고 반도체 산업에서 요구하는 품질기준이 증가하는 것을 고려할 때, 반도체 웨이퍼 검사를 정확하게 그리고 일관성있게 하는 것은 더욱 중요하다. 캡쳐된 반도체 웨이퍼 이미지와 비교를 위해 골든 기준(golden reference) 또는 기준 이미지(reference image)를 획득하는 것은 현재 "양호한(gold)" 반도체 웨이퍼를 수동식으로 선택할 것을 요구한다. 그러한 수동식 선택은, 획득한 기준 이미지에서 부정확성 및 비일관성을 초래할 수 있고, 그 결과 반도체 웨이퍼를 검사에 있어서도 부정확성 및 비일관성을 초래하게 된다. 따라서, 반도체 웨이퍼의 후속 캡쳐 이미지와 비교될 수 있는 기준 이미지를 얻기 위한, 개선된 트레이닝 방법 또는 공정이 필요하다.

[0037] 본 발명의 실시예들은 전술한 논점 중 적어도 하나를 다루기 위한 반도체 부품 검사 시스템 및 방법을 예시적으로 제공한다.

[0038] 간명하고 정확하게 하기 위해, 본 발명의 실시예들에 대한 설명은 이하에서 반도체 웨이퍼 검사 시스템 및 방법으로 한정하도록 한다. 하지만 이는, 작동상의, 기능적인 또는 성능적 특성들과 같은, 본 발명의 여러 실시예들 사이에서 일반적인 기본 원리가 요구되는 다른 적용분야들로부터 본 발명을 제한하는 것은 아니다. 예를 들어, 본 발명에 의해 제공되는 시스템 및 방법은 반도체 다이, LED 칩 및 태양전지 웨이퍼를 포함하는(하지만 제한하는 것은 아님) 다른 반도체 부품들에 대해 사용될 수 있다.

[0039] 본 발명의 제1 실시예에 따라, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같은, 반도체 웨이퍼(12)를 검사하기 위한 시스템(10)이 예시적으로 제공되어 있다. 상기 시스템(10)은 필요하다면 다른 반도체 장치들 및 부품들을 검사하기 위해 사용될 수도 있다. 바람직하게, 상기 시스템(10)은 광학 검사헤드(14, 도 3에 도시됨), 웨이퍼 이동 테이블 또는 웨이퍼 척(16, 도 4에 도시됨), 로보트 웨이퍼 핸들러(18: robotic wafer handler, 도 5에 도시됨), 웨이퍼 적층 모듈(20, 도 6에 도시됨) 또는 필름 프레임 카세트 홀더(film frame cassette holder), XY-이동 테이블(22), 및 적어도 한 세트의 쿼드 진동 아이솔레이터(24: quad vibration isolator, 도 1 및 도 2에 도시됨)를 포함한다.

[0040] 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같은 광학 검사헤드(14)는 다수의 조명기 및 이미지 캡쳐장치를 포함한다. 바람직하게, 상기 광학 검사헤드(14)는 명시야 조명기(26), 로우앵글(low angle) 암시야 조명기(28) 및 하이앵글(high angle) 암시야 조명기(30)를 포함한다. 해당 분야의 당업자들은 필요시 암시야 조명기를 추가로 상기 시스템(10)에 통합할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 또한 해당 분야의 당업자들은 로우앵글 암시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30)는 필요시 융통성있게 배치될 수 있는 단일의 암시야 조명기로서 통합될 수 있음을 이해할 것이다.

[0041] 암시야 조명 소스(source) 또는 암시야 조명 이미터(emitter)로도 알려진, 암시야 조명기(26)는 암시야 조명(illumination) 또는 광(light)을 공급 또는 방사한다. 암시야 조명기(26)는 예로써, 플래쉬 램프(flash lamp) 또는 백색 발광 다이오드(white light emitting diode)이다. 바람직하게, 암시야 조명기(26)는 실질적으로 300nm 내지 1000nm 사이 및 그 구간을 포함하는 파장들을 포함하는 광대역(broadband) 암시야 조명을 공급한다. 하지만 해당 분야의 당업자는 상기 암시야 조명은 대안적인 파장들 및 광학적 성질들일 수 있음을 이해할 것이다.

[0042] 상기 암시야 조명기(26)는 바람직하게, 암시야 조명기(26)로부터 방사되기 이전에 암시야 조명이 경유하는 제1 광섬유(optical fiber, 미도시)를 포함한다. 바람직하게, 제1 광섬유는 암시야 조명의 진로 방향을 안내하기 위한 도파관(waveguide)으로서 작용한다. 더욱 바람직하게, 제1 광섬유는 암시야 조명기(26)로부터 방사된 암시야 조명의 직진성을 용이하게 한다.

[0043] 로우앵글 암시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30)는 암시야 조명 소스들로서도 알려져 있으며, 암시야 조명을 방사 또는 공급한다. 암시야 조명기들은 조심스럽게 정렬된 조명 또는 광 소스들로서 직접적으로 전달된(또는 산란되지 않은) 광의 최소량이 그것들에 대응하는 이미지 캡쳐장치들에 입사하게 한다. 일반적으로, 암시야 이미지들을 캡쳐링하기 위한 이미지 캡쳐장치들은 샘플 또는 대상물에 의해 산란된 조명 또는 광만을 수

용한다. 암시야 이미지들은 일반적으로 명시야 이미지들과 비교하여 높은 이미지 콘트라스트(image contrast)를 갖는다. 명시야 조명 및 암시야 조명은 콘트라스트 조명들의 예들이다.

[0044] 로우앵글 암시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30)는 예로써 플래쉬 램프 또는 백색 발광 다이오드이다. 바람직하게, 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각에 의해 공급된 암시야 조명은 명시야 조명과 실질적으로 유사한 광학적 특성들이다. 보다 상세하게, 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각에 의해 공급된 암시야 조명은 바람직하게 실질적으로 300nm 내지 1000nm 사이 및 그 구간을 포함하는 파장을 포함하는 광대역 암시야 조명이다. 대안적으로, 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30)는 다른 파장들 또는 다른 광학적 성질들의 암시야 조명을 공급한다.

[0045] 하이앵글 암시야 조명기(30)와 비교하여, 로우앵글 암시야 조명기(28)는 웨이퍼 테이블(16)에 배치된 반도체 웨이퍼(12)의 수평면에 대해(또는 웨이퍼 테이블(16)의 수평면에 대해) 보다 낮은 각도로 배치된다. 예를 들어, 로우앵글 암시야 조명기(28)는 바람직하게 웨이퍼 테이블(16)에 배치된 반도체 웨이퍼(12)의 수평면에 대해 3도 내지 30도 사이의 각도로 배치된다. 또한, 하이앵글 암시야 조명기(30)는 바람직하게 웨이퍼 테이블(16)에 배치된 반도체 웨이퍼(12)의 수평면에 대해 30도 내지 85도 사이의 각도로 배치된다. 바람직하게, 위에 언급된 각도들은 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각의 위치를 조절함으로써 필요시 변경할 수 있다.

[0046] 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각은 바람직하게 암시야 조명이 방사되기 이전에 경유하는 제2 및 제3 광섬유(미도시)를 포함한다. 상기 제2 및 제3 광섬유들은 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각을 통하여 암시야 조명의 진로의 방향을 안내하기 위한 도파관로서 작용한다. 또한, 제2 광섬유는 로우앵글 암시야 조명기(28)로부터 방사된 암시야 조명의 직진성을 용이하게 하며, 제3 광섬유는 하이앵글 암시야 조명기(30)로부터 방사된 암시야 조명의 직진성을 용이하게 한다. 명시야 조명기(26), 로우앵글 암시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각에 의해 공급된 조명은 조절될 수 있으며, 연속적으로 공급되거나 아니면 펄스화될 수 있다.

[0047] 명시야 조명 및 암시야 조명 모두에 대한 파장 스펙트럼들은 바람직하게는 반도체 웨이퍼들(12)의 검사의 정확성 및 결함 검출성을 향상시킨다. 광대역 조명은 바람직하게 여러 가지 표면 반사도들에 의해 넓은 범위의 반도체 웨이퍼 결함 유형들을 식별할 수 있다. 또한, 명시야 조명과 암시야 조명 모두에 대한 유사한 광대역 파장들은 웨이퍼(12)의 검사가 반도체 웨이퍼(12)의 반사 특성들에 독립적으로 수행될 수 있도록 한다. 이는 반도체 웨이퍼(12) 상의 결함들의 감지가 바람직하게도 다른 조명 파장들에 대해 반도체 웨이퍼(12)의 민감도(sensitivity) 또는 반사도(reflectiveness) 또는 편광(polarization) 때문에 불필요하게 영향받지 않게 됨을 의미한다.

[0048] 바람직하게는, 명시야 조명기(26) 및 암시야 조명기(28, 30) 각각에 의해 공급된 명시야 조명 및 암시야 조명의 강도는 예를 들어 반도체 웨이퍼(12)의 재질과 같은 반도체 웨이퍼(12)의 특성들에 따라 필요에 따라 선택되고 변경될 수 있다. 그리고, 명시야 조명 및 암시야 조명 각각의 강도는 반도체 웨이퍼(12)의 캡쳐된 이미지들의 품질을 향상시키기 위해 그리고 반도체 웨이퍼(12)의 검사를 향상시키기 위해 필요에 따라 선택되고 변경될 수 있다.

[0049] 도 7 내지 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 시스템(10)은 제1 이미지 캡쳐장치(32)(즉, 제1 카메라) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)(즉, 제2 카메라)를 더 포함한다. 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34) 각각은 명시야 조명기(26)에 의해 공급된 명시야 조명 및 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각에 의해 공급된 암시야 조명을 수용할 수 있다. 제1 이미지 캡쳐장치(32)로 수용된 또는 입사된 명시야 및 암시야 조명들은 바람직하게는 대응하는 이미지의 캡쳐를 위해 제1 이미지 캡쳐 평면 상에 초점이 맞추어진다. 제2 이미지 캡쳐장치(34)로 수용된 또는 입사된 명시야 및 암시야 조명들은 바람직하게는 대응하는 이미지의 캡쳐를 위한 제2 이미지 캡쳐 평면 상에 초점이 맞추어진다.

[0050] 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)는 단색상 아니면 칼라 이미지들을 캡쳐한다. 바람직하게는, 하나의 또는 세 개의 칩 칼라 센서(chip color sensor)를 사용하여 웨이퍼(12)의 칼라 이미지를 캡쳐하는 능력은 결함 감지의 정확성 및 속도 중 적어도 하나를 향상시킨다. 예를 들어, 반도체 웨이퍼(12)의 칼라 이미지를 캡쳐하는 능력은 바람직하게 반도체 웨이퍼(12) 상의 결함을 잘못감지하는 것을 줄이고 그에 따른 불량을 잘못판정하는 것을 줄이는데 도움이 된다.

[0051] 상기 광학 검사헤드(14)는 상기 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 사용되는 제1 튜브렌즈(36: tube lens)를 더 포함한

다. 그리고, 상기 광학 검사헤드(14)는 상기 제2 이미지 캡쳐장치(34)와 사용되는 제2 튜브렌즈(38)를 더 포함한다. 상기 제1 튜브렌즈(36)와 상기 제2 튜브렌즈(38) 각각은 바람직하게는 공통적인 광학적 특성들 및 기능들을 공유한다. 따라서, 상기 튜브렌즈들(36, 38)은 오로지 명확성을 위해 제1 튜브렌즈(36) 및 제2 튜브렌즈(38)로 식별된다. 상기 광학 검사헤드(14)는 또한 4개의 대물렌즈(40)와 같은 다수의 대물렌즈(40)를 포함한다. 상기 대물렌즈(40)는 회전형 마운트(42)(도 3에 도시됨) 사이에 집합적으로 장착되며, 그 회전형 마운트는 검사 위치(미도시) 또는 검사를 위해 배치된 반도체 웨이퍼(12) 위에 다수의 대물렌즈(40) 각각을 배치하도록 회전 가능하다. 상기 대물렌즈(40)는 집합적으로 대물렌즈 조립체로 지칭될 수 있다.

[0052] 다수의 대물렌즈(40) 각각은 상이한 배율을 달성하기 위해 사용되며 이 대물렌즈들은 초점 거리가 같다. 다수의 대물렌즈(40) 각각은 바람직하게는, 예를 들어 5배, 10배, 20배, 및 50배와 같은 미리정해진 상이한 배율을 가질 수 있다. 바람직하게는, 다수의 대물렌즈(40) 각각은 무한대로 수정된 수차(abberation)를 갖는다. 하지만 해당 분야의 당업자는 다수의 대물렌즈들 각각이 다른 배율 및 성능을 달성하기 위해 변경되거나 재설계될 수 있음을 이해할 것이다.

[0053] 로우앵글 암시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각은 바람직하게는, 조명기로부터 나온 암시야 조명을 검사 위치에 배치된 반도체 웨이퍼(12) 쪽으로 향하게 하거나 또는 초점이 맞추어지도록 하는 포커싱 수단 또는 기구를 포함한다. 로우앵글 암시야 조명기(28)와 웨이퍼(12)의 수평면 사이의 각도 및 하이앵글 암시야 조명기(30)와 웨이퍼의 수평면 사이의 각도는 바람직하게는, 결함 감지의 정확성을 향상시키기 위해 결정되고 조절될 수 있다. 바람직하게는, 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각은 검사 위치에 대해 고정된 공간적 위치를 갖는다. 대안적으로, 로우앵글 암시야 조명기(28)와 하이앵글 암시야 조명기(30) 각각의 위치는 상기 시스템(10)의 정상적인 동작 도중 검사 위치에 대해 변경될 수 있다.

[0054] 이상 기술한 바와 같이, 명시야 조명과 암시야 조명은 모두 검사 위치에 초점이 맞추어진다. 검사 위치에 초점이 맞추어진 명시야 조명 및 암시야 조명은 검사 위치에 배치된 반도체 웨이퍼(12), 또는 웨이퍼의 일부분을 조명한다.

[0055] 도 6에 도시된 것처럼, 시스템(10)은 웨이퍼 스택(20) 또는 필름 프레임 카세트 홀더를 포함하고 있다. 웨이퍼 스택(20)은 바람직하게 슬롯을 포함하여 다중 반도체 웨이퍼를 고정할 수 있다. 각각의 반도체 다중 웨이퍼는 로보트 웨이퍼 핸들러(18)(도 5에 도시됨)에 의해 순차적으로 웨이퍼 테이블(16) 또는 웨이퍼 척에 로딩되거나 전달될 수 있다(도 4에도 도시). 바람직하게, 반도체 웨이퍼(12)를 고정시키기 위해 웨이퍼 테이블(16)에 흡착 또는 진공이 가해질 수 있다. 웨이퍼 테이블(16)은 바람직하게 미리정해진 수의 작은 구멍 또는 개구를 포함할 수 있고, 이 구멍을 통해 진공이 가해져서 가요성 프레임 테이프와 프레임(둘다 도시되지 아니함)을 웨이퍼 테이블(16)에 안정적이고 평평한 배치를 이룰 수 있다. 웨이퍼 테이블(16)은 또한 직경이 6인치 및 12인치의 범위에 있는 또는 6인치 및 12인치로 되어 있는 크기의 웨이퍼를 조작하도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0056] 웨이퍼 테이블(16)은 XY-이동 테이블(22)(도 1 및 도 2에 도시)에 연결되어 있고, 이로써 웨이퍼 테이블(16)을 X 방향 및 Y 방향으로 이동시킬 수 있다. 웨이퍼 테이블(16)을 이동시킴으로써, 그 위에 올려져 있는 반도체 웨이퍼(12)도 이동시킬 수 있다. 바람직하게, 웨이퍼 테이블(16)을 이동시키고, 따라서 그 위에 올려져 있는 반도체 웨이퍼(16)도 이동시키는 것은 검사 위치에서 반도체 웨이퍼(12)의 위치를 조정하도록 제어된다. XY 이동 테이블(22)은 에어-갭 선형 위치조절장치로도 알려져 있다. XY 이동 테이블(22) 또는 에어-갭 선형 위치조절장치에 의해 시스템(10)의 레스트(rest)로부터 웨이퍼 테이블(16)에 전달되는 진동의 효과를 최소화하면서 웨이퍼 테이블(16)을 X방향 및 Y방향을 매우 정밀하게 이동시킬 수 있고, 또한 검사위치에서 반도체 웨이퍼(12) 또는 웨이퍼의 일부분을 부드럽고 정확하게 위치시킬 수 있다. XY 이동 테이블(22)과 웨이퍼 테이블(16)의 조립체는 완충장치 또는 진동절연장치(24)(도 2에 도시됨)에 장착되어 충격 내지 진동을 흡수할 수 있고, 조립체의 평평도를 보장하고 나아가 다른 모듈이나 액세서리를 장착할 수 있게 한다. 당업자라면 다른 메커니즘이나 장치를 이동을 제어하는 웨이퍼 테이블(16)에 결합시키거나 이와 함께 사용할 수 있고, 이는 검사 위치에서 웨이퍼 테이블(12)의 위치를 매우 정밀하게 미세조정할 수 있게 하기 위해서 라는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0057] 반도체 웨이퍼(12)에 있을 수 있는 결함을 검툴하기 위해 하는 검사는 반도체 웨이퍼(12)가 움직일 때 수행될 수 있다. 즉, 반도체 웨이퍼(12)의 이미지, 예를 들어 명시야 이미지 및 암시야 이미지를 캡쳐하는 것은 바람직하게 반도체 웨이퍼(12)가 검사 위치를 가로질러 이동할 때 이루어질 수 있다. 또는, 모든 새로운 반도체 웨이퍼(12)는 고해상도 이미지를 캡쳐하기 위해 이미징수단 하에서 정지될 수 있는데, 이는 사용자가 웨이퍼 테이블(16)을 프로그래밍하여 그렇게 하도록 선택하는 경우에 가능하다(즉, 웨이퍼 테이블(16)의 소프트웨어 제어를 통해).

[0058] 앞서 기술한 것처럼, 시스템(10)은 제1 튜브렌즈(36)와 제2 튜브렌즈(38)를 더 포함할 수 있다. 바람직하게, 튜브렌즈(36)는 대물렌즈(40)와 제1 이미지 캡쳐장치(32) 사이에 배치될 수 있다. 조명은 제1 이미지 켭채장치(32)에 들어가기 전에 제1 튜브렌즈(36)를 통과한다. 더 바람작하게는, 제2 튜브렌즈(38)가 대물렌즈(40)와 제2 이미지 캡쳐장치(34) 사이에 배치될 수 있다. 조명은 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 들어가기 전에 제2 튜브렌즈(38)를 통과하고 거울 또는 프리즘(47)에 의해 굴절된다.

[0059] 대물렌즈(40)의 수(number)는 각각 수정된 무한대 수차를 갖고 있다. 따라서, 대물렌즈(40)를 통과한 후, 조명 또는 광선은 시준된다. 즉, 제1 튜브렌즈(36) 및 제2 튜브렌즈(38) 각각과 대물렌즈(40) 사이를 지나가는 조명은 시준된다. 제1 튜브렌즈(36) 및 제2 튜브렌즈(38) 각각과 대물렌즈(40) 사이를 지나가는 조명을 시준함으로써, 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 위치를 각각 개별적으로 용이하게 그리고 유연하게 조정할 수 있다. 나아가, 튜브렌즈(36, 38)를 이용하면 상이한 대물렌즈(40)를 사용할때(예를 들어 상이한 배율이 필요될 때) 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34) 각각에 들어가는 조명의 초점을 다시 맞출 필요가 없어진다. 또한, 조명을 시준하면, 시스템(10)에 광학소자나 부속품을 추가로 넣은 후 위치를 조정하는 것이 매우 쉬워지며, 이는 특히 제1 튜브렌즈(36)와 제2 튜브렌즈(38) 각각 및 대물렌즈(40) 사이에서 더욱 그러하다. 더 바람직하게는, 조명을 시준하면, 시스템(10)의 레스트(rest)를 재조정할 필요없이, 광학소자나 부속품을 시스템에, 특히 제1 튜브렌즈(36)와 제2 튜브렌즈(38) 각각 및 대물렌즈(40) 사이에, 집어넣고 위치를 조정하는 작업을 현장에서 직접 할 수 있다. 또한, 이러한 장치를 통해 종래의 장치를 사용할 때 보다 대물렌즈(40)와 반도체 웨이퍼(12) 사이의 작동거리를 더 늘릴 수 있게 된다. 대물렌즈(40)와 웨이퍼 사이의 작업거리가 더 늘어나면 암시야 조명을 효과적으로 사용할 수 있다.

[0060] 따라서, 당업자는 본 발명의 시스템(10)이 시스템(10)의 요소들을 설계하고 재구성하는 것을 매우 유연하게 그리고 현장에서 직접 할 수 있게 된다는 사실을 이해할 수 있을 것이다. 본 발명의 시스템(10)에 의해 광학소자 또는 부속품을 시스템(10)에 장착하고 제거하는 것을 더욱 용이하게 할 수 있게 된다.

[0061] 제1 튜브렌즈(36)에 의해 제1 이미지 캡쳐평면에 시준된 조명의 초점을 맞출 수 있다. 비슷하게, 제2 튜브렌즈(38)에 의해 제2 이미지 캡쳐평면에 시준된 조명의 초점을 맞출 수 있다. 본 발명에서는 튜브렌즈를 시스템(10)과 관련하여 사용하는 것으로 설명하고 있지만, 당업자라면 다른 광학장치 또는 메커니즘을 사용하여 조명을, 더 구체적으로는 명시야 조명 및 암시야 조명을 시준할 수 있고, 이어서 제1 이미지 캡쳐평면 및 제2 이미지 캡쳐평면 중 어느 하나에 대해 초점을 맞출 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0062] 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)는 바람직하게 인접하는 평행 축을 따라 배치되어 있다. 바람직하게, 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 공간상의 위치는 제1 이미지 캡쳐 장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)가 점유하는 공간을 줄이도록 결정될 수 있고, 따라서 시스템(10)이 차지하는 전체 면적은 적어진다(즉 공간적으로 효율적임).

[0063] 바람직하게, 시스템(10)은 다수의 빔 스플리터 및 거울 또는 반사면을 더 포함한다. 빔 스플리터와 거울 또는 반사면은 바람직하게 명시야 조명과 로우앵글 암시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30)로부터 나오는 암시야 조명의 방향을 정하도록 위치가 정해진다.

[0064] 바람직하게, 시스템(10)은 저장메모리 또는 데이터베이스(포스트 프로세서로도 알려짐)(도시 안함)를 갖는 중앙 연산장치(CPU)를 더 포함한다. CPU는 바람직하게 시스템(100)의 다른 소자들, 예를 들어 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)와 전기적으로 연결되어 있거나 결합되어 있다. 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 의해 캡쳐된 이미지는 바람직하게 이미지 신호로 변환되어 CPU로 전달된다.

[0065] CPU는 반도체 웨이퍼(12)에 존재하는 결함을 검출하도록 CPU에 전달되는 정보, 더 구체적으로 이미지를 처리하도록 프로그래밍되어 있다. 바람직하게, 반도체 웨이퍼(12)에서 결함을 검출하는 것은 시스템(10)에 의해, 더 구체적으로는 CPU에 의해 자동으로 수행된다. 더 바람직하게, 시스템(10)에 의해 반도체 웨이퍼(12)를 검사하는 것은 자동이며, CPU에 의해 제어된다. 또는, 결함을 검출하도록 반도체 웨이퍼(12)를 검사하는 것은 적어도 수동식 입력을 통해 이루어질 수 있다.

[0066] CPU는 데이터베이스 내에서 CPU에 전달된 정보를 저장하도록 프로그래밍되어있다. 또한, CPU는 검출된 결함을 분류하도록 프로그래밍되어 있다. 나아가, 바람직하게 CPU는 처리된 정보, 더 구체적으로는 데이터베이스 내에서 처리된 이미지와 검출된 결함을 저장하도록 프로그래밍되어 있다. 이미지를 캡쳐하고, 캡쳐된 이미지를 처리하고, 반도체 웨이퍼(12)의 결함을 검출하는 것에 대한 더 구체적인 사항은 아래에서 설명하도록 한다.

[0067] 위에서 설명한 내용에 의하면 당업자는 명시야 조명기(26)에서 방사된 또는 공급된 명시야 조명 및 로우앵글 암

시야 조명기(28) 및 하이앵글 암시야 조명기(30)에서 방사된 또는 공급된 암시야 조명(이하 각각 암시야 로우앵글 또는 DLA 조명 및 암시야 하이앵글 또는 DHA 조명이라고 부름) 각각은 상이한 광선경로 또는 광학경로를 따라간다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0068] 명시야 조명이 따라가는 제1 광선경로(100)의 예에 대한 플로우차트를 도 10에 도시하였다.

[0069] 제1 광선경로(100)의 단계(102)에서, 명시야 조명 또는 광선은 명시야 조명기(26)에 의해 공급된다. 앞서 기술한 것처럼, 명시야 조명은 바람직하게 명시야 조명기(26)의 제1 광섬유로부터 방사된다. 바람직하게, 제1 광섬유는 명시야 조명기(26)로부터 나오는 명시야 조명의 방향을 조정한다. 명사야 조명은 바람직하게 콘덴서(44)를 통과한다. 콘덴서(44)는 명시야 조명을 집중시킨다.

[0070] 단계(104)에서, 명시야 조명은 제1 반사면 또는 제1 거울에 의해 반사된다. 제1 반사면에 의해 반사된 명시야 조명은 제1 빔 스플리터(48) 쪽으로 방향이 정해진다.

[0071] 제1 빔 스플리터(48)는 단계(106)에서 제1 빔 스플리터에 부딪히는 명시야 조명의 적어도 일부분을 반사시킨다. 바람직하게, 제1 빔 스플리터(48)는 반사/전송(R/T)비율이 30:70 이다. 그러나, 당업자는 반사되거나 전송되는 명시야 조명의 강도 또는 양을 조정할 필요가 있을 때 제1 빔 스플리터(48)의 R/T 비율을 조정할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0072] 제1 빔 스플리터(48)에 의해 반사된 명시야 조명은 검사 위치를 향해 나아간다. 더 구체적으로, 제1 빔 스플리터(48)에 의해 반사된 명시야 조명은 검사 위치 바로 위에 있는 대물렌즈(40) 쪽으로 나아간다. 단계(108)에서, 명시야 조명기(26)는 검사위치에서 대물렌즈(40)에 의해 또는 검사위치에 위치된 반도체 웨이퍼(12)에 의해 초점이 맞추어진다.

[0073] 명시야 조명기(26)에 의해 공급되고 검사위치에서 초점이 맞추어지는 명시야 조명은, 반도체 웨이퍼(12), 더 구체적으로는 검사 위치에 위치되어 있는 반도체 웨이퍼(12)의 일부분을 조명한다. 단계(110)에서, 명시야 조명은 검사 위치에 있는 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된다.

[0074] 단계(112)에서 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된 명시야 조명은 대물렌즈(40)를 통과한다. 앞서 기술한 것처럼, 대물렌즈(40)는 수정된 무한대 수차를 갖는다. 따라서, 대물렌즈(40)를 통과하는 명시야 조명은 대물렌즈(40)에 의해 시준된다. 확대렌즈에 의한 명시야 조명의 배율은 대물렌즈(40)의 배율에 따라 달라진다.

[0075] 대물렌즈(40)를 통과하는 명시야 조명은 제1 빔 스플리터(48)쪽으로 나아간다. 단계(114)에서 명시야 조명은 제1 빔 스플리터(48)에 부딪히고 그 일부분은 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전달된다. 단계(114)에서 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전달되는 명시야 조명의 양은 제1 빔 스플리터(48)의 R/T 비율에 따라 달라진다. 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전달되는 명시야 조명은 제2 빔 스플리터(50) 쪽으로 진행된다.

[0076] 바람직하게 시스템(10)의 제2 빔 스플리터(50)는 R/T 비율이 미리정해진 큐빅 빔 스플리터(50)이다. 바람직하게, R/T 비율은 50/50이다. R/T 비율은 필요에 따라 달라질 수 있다. 큐빅 빔 스플리터(50)가 선호되는데, 그 이유는 큐빅 빔 스플리터(50)가 수신된 조명을 두 개의 광경로로 분할하기 때문이다. 당업자는 이러한 목적으로 큐빅 빔 스플리터(50)의 구성 및 형상에 따라 더 나은 성능과 배열구조를 제공할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 제2 빔 스플리터(50)에 의해 반사되거나 전달되는 조명의 양은 제2 빔 스플리터(50)의 R/T 비율에 따라 달라진다. 단(116)에서 명시야 조명은 제2 빔 스플리터(50)에 부딪힌다. 빔 스플리터에 부딪히는 명시야 조명은 빔 스플리터를 통해 전달되거나 반사된다.

[0077] 제2 빔 스플리터(50)를 통해 전달되는 명시야 조명은 제1 이미지 캡쳐장치(32) 쪽으로 나아간다. 단계(118)에서 명시야 조명은 단계(120)에서 제1 이미지 캡쳐장치(32)에 들어가기 전에 제1 튜브렌즈(36)를 통과한다.

[0078] 제1 튜브렌즈(36)에 의해 제1 이미지 캡쳐장치(32)의 제1 이미지 캡쳐평면에, 시준된 명시야 조명의 초점을 맞출 수 있다. 제1 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 명시야 조명에 의하면, 제1 이미지 캡쳐 장치(32)에 의해 명시야 이미지를 캡쳐할 수 있다.

[0079] 제1 이미지 캡쳐평면에 의해 캡쳐된 명시야 이미지는 바람직하게 이미지 신호로 변환된다. 이미지 신호는 순차적으로 CPU로 전송되거나 다운로드된다. 이미지 신호를 CPU에 전송하는 것은 또한 데이터전송으로 알려져 있다. 전송된 명시야 이미지는 적어도 CPU에 의해 처리되거나 저장된다.

[0080] 제2 빔 스플리터(50)에 의해 반사된 명시야 조명은 제2 이미지 캡쳐장치(34) 쪽으로 진행된다. 명시야 조명은 단계(124)에서 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 들어가기 전에 단계(122)에서 제2 튜브렌즈(38)를 통과한다. 제2 튜

브렌즈(38)에 의해 제2 이미지 캡쳐평면에, 시준된 명시야 조명의 초점을 맞출 수 있다. 제2 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 명시야 조명에 의해, 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 의해 명시야 이미지를 캡쳐할 수 있다.

[0081] 바람직하게, 제2 이미지 캡쳐평면에 의해 캡쳐된 명시야 이미지는 이미지 신호로 변환된다. 이미지 신호는 순차적으로 CPU에 전송되거나 다운로드된다. 프로그램가능한 제어기에 이미지 신호를 전송하는 것은 데이터 전송으로 알려져 있다. 전송된 명시야 이미지는 적어도 CPU에 의해 처리되거나 저장된다.

[0082] 암시야 하이앵글(DHA) 조명을 따라가는 제2 광선경로(200)의 예에 대한 플로우차트가 도 11에 도시되어 있다.

[0083] 제2 광선경로(200)의 단계(202)에서, DHA 조명은 하이앵글 암시야 조명기(30)에 의해 공급된다. 앞서 기술한 것처럼, 바람직하게 제2 광섬유는 하이앵글 암시야 조명기(30)로부터 공급되는 DHA 조명의 방향을 정할 수 있다. 바람직하게, 광학소자 또는 부속품을, 예를 들어 대물렌즈(40)를 통과할 필요 없이 DHA 조명은 검사위치에서 직접 초점이 맞추어질 수 있다.

[0084] 단계(204)에서, 검사위치에서 방향이 정해진 DHA 조명은 검사위치에 있는 반도체 웨이퍼(12) 또는 그 일부분에 의해 반사된다. 웨이퍼로부터 반사된 DHA 조명은 단계(206)에서 대물렌즈(40)를 통과한다. 수정된 무한대 수차를 갖는 대물렌즈(40)는 단계(206)에서 대물렌즈를 통과하는 DHA 조명을 시준한다.

[0085] 대물렌즈(40)를 통과하는 DHA 조명은 제1 빔 스플리터(48) 쪽으로 나아간다. 단계(208)에서, DHA 조명은 제1 빔 스플리터(48)에 부딪히고, 그 일부분은 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전송된다. 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전송되는 DHA 조명의 양은 제1 빔 스플리터(48)의 R/T 비율에 따라 다르다.

[0086] 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전달되는 DHA 조명은 제2 빔 스플리터(50) 쪽으로 나아간다. 단계(210)에서, DHA 조명은 제2 빔 스플리터(50)에 부딪힌다. 제2 빔 스플리터(50)에 부딪히는 DHA 조명의 전송 또는 반사는 제2 빔 스플리터(50)의 R/T 비율에 따라 달라진다.

[0087] 제2 빔 스플리터(50)를 통해 전달되는 DHA 조명은 단계(214)에서 제1 이미지 캡쳐장치(32)에 들어가기 전에 단계(212)에서 제1 튜브렌즈(36)를 통과한다. 제1 튜브렌즈(36)에 의해, 시준된 DHA 조명의 초점을 제1 이미지 캡쳐장치(32)의 제1 이미지 캡쳐평면에 맞출 수 있다. 제1 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 DHA 조명에 의해, 암시야 이미지, 더 구체적으로는 암시야 하이앵글(DHA) 이미지를 제1 이미지 캡쳐장치(32)로 캡쳐할 수 있다.

[0088] 또는, DHA 조명은 제2 빔 스플리터(50)에 의해 반사된다. 제2 빔 스플리터(50)로부터, 반사된 DHA 조명은 단계(218)에서 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 들어가기 전에 단계(216)에서 제2 튜브렌즈(38)를 통과한다. 제2 튜브렌즈(38)에 의해 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 제2 이미지 캡쳐평면에, 시준된 DHA 조명의 초점을 맞출수 있다. 제2 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 DHA 조명에 의하면, 암시야 이미지, 더 구체적으로는 암시야 하이앵글(DHA) 이미지를 제2 이미지 캡쳐장치(34)로 캡쳐할 수 있다.

[0089] 암시야 로우앵글(DLA)을 따라가는 제3 광선경로(250)의 예를 플로우차트로 도 12에 도시하였다.

[0090] 제3 광선경로(200)의 단계(252)에서, DLA 조명은 로우앵글 암시야 조명기(28)에 의해 공급된다. 바람직하게 제3 광섬유는 로우앵글 암시야 조명기(28)로부터 공급되는 DLA 조명의 방향을 정할 수 있다. 바람직하게, 광학소자 또는 부속품을, 예를 들어 대물렌즈(40)를 통과할 필요 없이 DLA 조명은 검사위치에서 직접 초점이 맞추어질 수 있다.

[0091] 단계(254)에서, 검사위치에서 방향이 정해진 DLA 조명은 검사위치에 있는 반도체 웨이퍼(12) 또는 그 일부분에 의해 반사된다. 웨이퍼로부터 반사된 DLA 조명은 단계(256)에서 대물렌즈(40)를 통과한다. 수정된 무한대 수차를 갖는 대물렌즈(40)는 단계(256)에서 대물렌즈를 통과하는 DLA 조명을 시준한다.

[0092] 대물렌즈(40)를 통과하는 DLA 조명은 제1 빔 스플리터(48) 쪽으로 나아간다. 단계(258)에서, DLA 조명은 제1 빔 스플리터(48)에 부딪히고, 그 일부분은 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전송된다. 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전송되는 DLA 조명의 양은 제1 빔 스플리터(48)의 R/T 비율에 따라 다르다.

[0093] 제1 빔 스플리터(48)를 통해 전달되는 DLA 조명은 제2 빔 스플리터(50) 쪽으로 나아간다. 단계(260)에서, DLA 조명은 제2 빔 스플리터(50)에 부딪힌다. 제2 빔 스플리터(50)에 부딪히는 DLA 조명의 전송 또는 반사는 제2 빔 스플리터(50)의 R/T 비율에 따라 달라진다.

[0094] 제2 빔 스플리터(50)를 통해 전달되는 DLA 조명은 단계(264)에서 제1 이미지 캡쳐장치(32)에 들어가기 전에 단계(262)에서 제1 튜브렌즈(36)를 통과한다. 제1 튜브렌즈(36)에 의해, 시준된 DLA 조명의 초점을 제1 이미지 캡쳐장치(32)의 제1 이미지 캡쳐평면에 맞출 수 있다. 제1 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 DLA 조명에 의해,

암시야 이미지, 더 구체적으로는 암시야 로우앵글(DLA) 이미지를 제1 이미지 캡쳐장치(32)로 캡쳐할 수 있다.

[0095] 또는, DLA 조명은 제2 빔 스플리터(50)에 의해 반사된다. 제2 빔 스플리터(50)로부터, 반사된 DLA 조명은 단계(268)에서 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 들어가기 전에 단계(266)에서 제2 튜브렌즈(38)를 통과한다. 제2 튜브렌즈(38)에 의해 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 제2 이미지 캡쳐평면에, 시준된 DLA 조명의 초점을 맞출수 있다. 제2 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 DLA 조명에 의하면, 암시야 이미지, 더 구체적으로는 암시야 로우앵글(DLA) 이미지를 제2 이미지 캡쳐장치(34)로 캡쳐할 수 있다.

[0096] 당업자는 위에서 기술한 내용으로부터, DHA 조명 및 DLA 조명이 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된 후 비슷한 광선경로를 따라간다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러나, DHA 조명의 제2 광선경로(200)와 DLA 조명의 제3 광선 경로(250)는 기술분야에 알려진 기술을 이용하여 필요시 개별적으로 변경될 수 있다. 또한, DHA 조명 및 DLA 조명이 검사위치에 잇는 반도체 웨이퍼(12)에서 부딪히는 각도는 결함을 검출하는 정확도를 높이기 위해 필요시 조정될 수 있다. 예를 들어, DHA 조명 및 DLA 조명이 검사위치에서 반도체 웨이퍼(12)에 부딪히는 각도는 시스템(10)의 사용자가 검출하고자 하는 웨이퍼 결함의 유형 또는 검사위치에 있는 반도체 웨이퍼(12)의 유형에 따라 조정될 수 있다.

[0097] 바람직하게, 제1 이미지 캡쳐장치 및 제2 이미지 캡쳐장치 각각에 의한 DHA 이미지 및 DLA 이미지 캡쳐는 이미지 신호로 변환되고, 이는 순차적으로 CPU로 전송되거나 다운로드된다. 이미지 신호를 CPU에 전송하는 것은 또한 데이터전송으로 알려져 있다. 전송된 DHA 이미지와 DLA 이미지는 필요에 따라 CPU에 의해 처리되거나 저장된다.

[0098] 앞서 기술한 것처럼, 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)는 서로에 대해 미리정해진 대로 공간상의 위치를 차지하고 있다. 제1 튜브렌즈(36)와 제2 튜브렌즈(38)와 함께 대물렌즈(40)를 사용함으로써, 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 위치를 공간상에서 정할 수 있다. 당업자는, 다른 광학소자 또는 부속품, 예를 들어 거울을 사용하여 명시야 조명, DHA 조명 및 DLA 조명의 방향을 정할 수 있고, 또한 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)를 공간상에 배치할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 바람직하게, 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 공간상의 위치는 검사위치를 기준으로 고정되어 있다. 바람직하게 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 고정된 공간상의 위치는 시스템(10)에 의해 웨이퍼 검사를 적어도 정확하게 하거나 효율적으로 하게 한다. 예를 들어, 제1 이미지 캡쳐장치(32)와 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 고정된 공간상의 위치에 의해, 일반적으로 이동 이미지 캡쳐장치 또는 카메라를 사용할 때 발생하는 조정손실 및 조절피드백손실을 감소시킬 수 있다.

[0099] 바람직하게 시스템(10)의 광학 검사헤드(14)는 제3 조명기(이하 세선(thin line) 조명기(52)로 부름)를 더 포함한다. 세선 조명기는 또한 세선 조명 이미터로 부를 수도 있다. 세선 조명기(52)는 세선 조명을 방사하거나 공급한다. 세선 조명기(52)는 바람직하게 세선 레이저 조명을 공급하는 레이저 소스이다. 또는 세선 조명기(52)는 광대역 세선 조명을 공급하는 광대역 조명기이다. 세선 조명은 바람직하게 검시 위치에, 보다 구체적으로는 검사위치에 있는 반도체 웨이퍼(12)에서 미리정해진 각도로 방향이 정해지며, 각도는 필요시 변경할 수 있다. 거울기구(54) 또는 거울은 바람직하게 검사위치에서 세선 조명의 방향을 정하기 위해 세선 조명기(52)에 연결되거나 조명기에 대하여 미리정해진 위치에 배치될 수 있다.

[0100] 바람직하게 시스템(10)의 광학 검사헤드(14)는 제3 이미지 캡쳐장치(이하 3차원(3D) 프로필 카메라(56)으로 부름)를 포함한다. 바람직하게, 3D 프로필 카메라(56)는 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 세선 조명을 수용한다. 바람직하게, 3D 프로필 카메라(56)에 들어가는 세선 조명은 3D 이미지 캡쳐평면(도시 안함)에 초점이 맞추어져, 반도체 웨이퍼(12)의 3D 이미지를 캡쳐한다. 세선 조명기(52)와 3D 프로필 카메라(56)를 포함하는 3D 광학기구는 도 13에 도시되어 있다.

[0101] 광학 검사헤드(14)는 3D 프로필 카메라(56)를 위한 대물렌즈(이하 3D 프로필 대물렌즈(58)로 부름)를 더 포함한다. 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된 세선 조명은 3D 프로필 카메라(56)에 들어가기 전에 3D 프로필 대물렌즈(58)를 통과한다. 바람직하게, 3D 프로필 대물렌즈(58)는 수정된 무한대 수차를 갖는다. 따라서, 3D 프로필 대물렌즈(58)를 통과하는 세선 조명은 시준된다. 광학 검사헤드(14)는 3D 프로필 대물렌즈(58)와 3D 프로필 카메라(56)와 함께 사용할 수 있도록 튜브렌즈(60)를 더 포함한다. 튜브렌즈(60)에 의해 3D 이미지 캡쳐평면에, 시준된 세선 조명의 초점을 맞출 수 있다. 3D 프로필 대물렌즈(58)와 3D 프로필 카메라(56)와 함께 튜브렌즈(60)를 사용함으로써, 3D 프로필 카메라(56)의 위치를 유연하게 조정하고 재구성할 수 있다. 또한, 3D 프로필 대물렌즈(58)와 3D 프로필 카메라(56)와 함께 튜브렌즈(60)를 사용함으로써, 3D 프로필 대물렌즈(58)와 튜브렌즈(60) 사이에 광학소자 또는 부속품을 용이하게 추가할 수 있다.

[0102] 바람직하게, 세선 조명기(52)와 3D 프로필 카메라(56)는, 반도체 웨이퍼(12)의 3D 프로필 스캐닝 및 검사를 수월하게 하는데 있어서 상호협력하게 된다. 바람직하게, 세선 조명기(52)와 3D 프로필 카메라(56)는 CPU에 연결되어 있어, 세선 조명기(52)와 3D 프로필 카메라(56)의 동작을 조율하고 동기화시킬 수 있다. 더 바람직하게는, 시스템(10)에 의해 반도체 웨이퍼(12)를 자동으로 3D 프로필 스캐닝하고 검사할 수 있다. 바람직하게, 이러한 웨이퍼(12)에 대한 자동화된 3D 프로필 스캐닝 및 검사는 CPU에 의해 제어된다.

[0103] 또한, 광학 검사헤드(14)는 리뷰 이미지 캡쳐장치(62)를 포함한다. 리뷰 이미지 캡쳐장치(62)는 예를들면 컬러 카메라이다. 바람직하게, 리뷰 이미지 캡쳐장치(62)는 컬러 이미지를 캡쳐한다. 또는, 리뷰 이미지 캡쳐장치(62)는 단색 이미지를 캡쳐한다. 바람직하게, 반도체 웨이퍼(12)에서 검출된 결함을 확인하고 분류하고 리뷰하는 작업 중 적어도 하나를 수행하기 위해, 리뷰 이미지 캡쳐장치(62)는 반도체 웨이퍼(12)의 리뷰 이미지를 캡쳐한다.

[0104] 광학 검사헤드(14)는 명시야 조명과 암시야 조명을 각각 공급하기 위해 리뷰 명시야 조명기(62)와 리뷰 암시야 조명기(64)를 더 포함한다. 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)는 반도체 웨이퍼(12)의 리뷰 이미지를 캡쳐하기 위해 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사되고 리뷰 명시야 조명기(62)와 리뷰 암시야 조명기(64)가 각각 공급하는 명시야 조명 및 암시야 조명을 수용한다. 또는, 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)는 반도체 웨이퍼(12)의 리뷰 이미지를 캡쳐하기 위해, 다른 조명기가, 예를 들어 앞서 기술한 것 중 하나가 공급하는 조명을 캡쳐한다. 바람직하게, 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)는 반도체 웨이퍼(12)의 고해상도 이미지를 캡쳐한다.

[0105] 리뷰 명시야 조명기(62)와 리뷰 암시야 조명기(64)와 리뷰 이미지 캡쳐장치(60) 및 이들 사이의 조명 패턴을 나타내는 다이어그램이 도 14에 도시되어 있다. 도 15에는, 리뷰 명시야 조명기(62)가 제공하는 명시야 조명을 따르는 예시적인 제4 광선경로(300)의 흐름도가 도시되어 있다.

[0106] 제4 광선의 단계(302)에서, 명시야 조명이 리뷰 명시야 조명기(62)에 의해 공급된다. 리뷰 명시야 조명기(62)에 의해 공급되는 명시야 조명은 제1 반사면(66)에서 방향이 정해진다. 단계(304)에서, 명시야 조명은 제1 반사면(66)에서 반사되어 빔 스플리터(68) 쪽으로 향한다. 다음의 단계(306)에서, 빔 스플리터(68)에 부딪히는 명시야 조명이 반사되고 검사 위치를 향해 나아간다. 빔 스플리터(68)에 의해 반사되는 명시야 조명의 양은 R/T 비율에 따라 달라진다.

[0107] 단계(308)에서, 명시야 조명은 검사위치에 있는 반도체 웨이퍼(12) 또는 그 일부분에 의해 반사된다. 반사된 명시야 조명은 단계(310)에서 리뷰 대물렌즈(70)를 통과한다. 바람직하게, 리뷰 대물렌즈(70)는 수정된 무한대 수차를 갖는다. 따라서, 단계(310)에서 리뷰 대물렌즈(70)를 통과하는 명시야 조명은 리뷰 대물렌즈(70)에 의해 시준된다.

[0108] 단계(312)에서, 명시야 조명은 빔 스플리터(68)에 부딪히고, 그 일부분은 빔 스플리터를 통과한다. 빔 스플리터(68)를 통과하는 명시야 조명의 양은 빔 스플리터(68)의 R/T 비율에 따라 달라진다. 명시야 조명은 단계(316)에서 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)에 들어가기 전에 단계(314)에서 리뷰 튜브렌즈(72)를 통과한다. 리뷰 튜브렌즈(72)는 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)의 이미지 캡쳐평면에, 시준된 명시야 조명의 초점을 맞춘다. 단계(318)에서 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)의 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 명시야 조명에 의하면, 리뷰 명시야 이미지를 캡쳐할 수 있다.

[0109] 바람직하게, 리뷰 대물렌즈(70)와 리뷰 튜브렌즈(72) 사이에서 명시야 조명을 시준함으로써 광학소자 및 그 부속품을 쉽게 집어넣을 수 있다. 또한, 바람직하게, 리뷰 대물렌즈(70)와 리뷰 튜브렌즈(72) 사이의 명시야 조명을 시준함으로써, 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)를 필요에 따라 유연하게 위치를 조정하여 구조를 재구성할 수 있다.

[0110] 리뷰 암시야 조명기(64)에 의해 공급되는 암시야 조명을 따라가는 제5 광선경로(350)의 예가 플로우차트로 도 16에 도시되어 있다.

[0111] 제5 광선경로(350)의 단계(352)에서, 암시야 조명은 리뷰 암시야 조명기(64)에 의해 공급된다. 바람직하게 리뷰 암시야 조명(64)이 공급하는 암시야 조명은 검사위치에 초점이 맞추어져 있다. 또한, 바람직하게, 리뷰 암시야 조명(64)에 의해 공급되는 암시야 조명은 반도체 웨이퍼(12)의 수평면에 대하여 미리정해진 각도로 검사위치에서 방향이 정해져 있다. 이러한 미리정해진 각도는 바람직하게 높은각도이며, 당업자에게 잘 알려진 기술을 이용하여 필요시 조정될 수 있다.

[0112] 단계(354)에서, 암시야 조명은 검사위치에서 반도체 웨이퍼(12) 또는 그 일부분에 의해 반사된다. 단계(356)에

서 반사된 암시야 조명은 리뷰 대물렌즈(70)를 통과한다. 단계(356)에서 리뷰 대물렌즈(70)를 통과하는 암시야 조명은 리뷰 대물렌즈(70)에 의해 시준된다.

[0113] 단계(358)에서, 시준된 암시야 조명은 빔 스플리터에 부딪히고, 그 일부분은 빔 스플리터를 통과한다. 빔 스플리터(68)를 통과하는 암시야 조명의 양은 빔 스플리터(68)의 R/T 비율에 따라 달라진다. 암시야 조명은 단계(362)에서 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)에 들어가기 전에 단계(360)에서 리뷰 튜브렌즈(72)를 통과한다. 제4 튜브렌즈(72)는 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)의 이미지 캡쳐평면에, 시준된 암시야 조명의 초점을 맞춘다. 단계(364)에서, 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)의 이미지 캡쳐평면에 초점이 맞추어진 암시야 조명에 의해, 리뷰 암시야 이미지를 캡쳐할 수 있다. 리뷰 대물렌즈(70)와 리뷰 튜브렌즈(72) 사이에 명시야 조명 및 암시야 조명을 각각 시준함으로써, 시스템(10)을 용이하게 설계하고 구성할 수 있다. 더 구체적으로, 리뷰 대물렌즈(70)와 리뷰 튜브렌즈(72) 사이에 명시야 조명과 암시야 조명을 각각 시준함으로써, 시스템(10)의 다른 요소와 함께 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)를 용이하게 배치하고 구성할 수 있고, 따라서 반도체 웨이퍼(12)가 움직일 때 리뷰 명시야 이미지와 리뷰 암시야 이미지를 용이하게 캡쳐할 수 있다.

[0114] 바람직하게 캡쳐된 리뷰 명시야 이미지와 캡쳐된 리뷰 암시야 이미지는 이미지 신호로 변환되어, 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)로부터 프로그래밍할 수 있는 제어기로 전송되고, 제어기에서 처리되어 데이터베이스에 저장되거나 세이브된다.

[0115] 상기 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)는 검사 위치에 대해 고정된 공간 위치를 가질 수 있다. 바람직하게는, 상기 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)의 고정된 공간 위치는 일반적으로 이동식 이미지 캡쳐장치 또는 카메라의 사용과 관련된 교정 손실 및 조절 피드백 손실을 감소시키고(주(註): 이러한 설명은 튜브렌즈(tube lens)가 사용될 수 있는 리뷰 이미지 캡쳐장치의 고정된 위치의 장점을 강조하기 위함임), 이로 인해 캡쳐된 리뷰 명시야 및 리뷰 암시야의 질을 향상시킨다.

[0116] 상기 시스템(10)은 집합적으로 안정장치 메커니즘(stabilizer mechanism)으로 공지되어 있는 진동절연장치(24)를 더 포함한다. 바람직하게는, 상기 시스템이 통상적으로 작동할 때, 상기 시스템(10)은 상기 진동절연장치(24) 또는 안정 장치 메커니즘에 장착된다. 바람직하게는, 상기 시스템(10)은 상기 시스템(10)의 상이한 코너에 각각 위치되는 4개의 진동절연장치(24)를 포함한다. 상기 진동절연장치(24)는 상기 시스템을 지지하고 안정화시키는 것을 보조한다. 바람직하게는, 각 진동절연장치(24)는, 지면 진동을 흡수하여 상기 시스템에 지면 진동의 전달을 방지하는 완충장치(buffer)로서 역할하는 압축성 구조체 또는 캐니스터(canister)이다. 시스템으로의 원치않는 진동 또는 물리적 운동을 방지함으로써, 상기 진동절연장치(24)는 제1 이미지 캡쳐장치(32), 제2 이미지 캡쳐장치(34), 3D 프로필 카메라(56) 및 리뷰 카메라(60)에 의해 각각 캡쳐된 이미지들의 질을 향상시키는 것을 보조하고, 이로 인해 반도체 웨이퍼(12)의 검사 품질을 향상시키는 것을 보조한다.

[0117] 본 발명에 따라서 반도체 웨이퍼(12)를 검사하는 예시적인 방법(400)이 제공된다. 상기 예시적인 방법(400)의 방법 플로우 챠트(method flow diagram)가 도 17에 도시되어 있다. 상기 반도체 웨이퍼(12)를 검사하는 방법(400)은 상기 반도체 웨이퍼(12)의 결함의 탐지, 분류 및 리뷰 중 하나 이상을 가능하게 한다.

[0118] 상기 반도체 웨이퍼(12)를 검사하는 예시적인 방법(400)은, 상기 반도체 웨이퍼(12)의 결함을 탐지하고, 분류하고 및 리뷰하는 것 중 적어도 하나를 실행하기 위하여 상기 반도체 웨이퍼(12)의 캡쳐된 이미지와 비교되는 기준 이미지(또한 골든 기준(golden reference)이라고도 함)를 사용한다. 명확하게 하기 위하여, 상기 예시적인 방법(400)의 설명에 앞서, 예시적인 기준 이미지 형성 프로세스(900)에 대해 기술하기로 한다. 예시적인 기준 이미지 형성 프로세스(900)가 도 18에 도시되어 있다.

[0119] 예시적인 기준 이미지 형성 프로세스(900)

[0120] 기준 이미지 형성 프로세스(900)의 단계(902)에서, 반도체 웨이퍼(12)에서 미리정해진 수의 기준 영역을 포함하는 레시피(recipe)가 로딩된다. 바람직하게는, 상기 레시피는 컴퓨터 소프트웨어 프로그램에 의해 형성되거나 또는 획득된다. 다른 방법으로, 상기 레시피는 수동으로 형성된다. 상기 레시피는 CPU의 데이터베이스에 저장될 수 있다. 다른 방법으로, 상기 레시피는 외부 데이터베이스 또는 메모리 공간에 저장된다. 미리정해진 기준 영역들은 각각 미지의 품질을 가지는 반도체 웨이퍼(12)에서의 위치를 나타낸다. 다중 기준 영역의 사용은 반도체 웨이퍼(12)에서의 상이한 위치에서 또는 다수의 웨이퍼들 사이에서 표면 변화 가능성을 보상하는 것을 보조한다. 이러한 표면 변화는 차이가 있는 평탄도(planarity) 및 조명 반사도를 포함한다(그러나 이에 한정되지 않음). 당해 기술 분야의 당업자는 미리정해진 수의 기준 영역이 반도체 웨이퍼(12)의 표면적 전체를 나타낸

다는 것을 이해할 수 있다. 다른 방법으로, 상기 미리정해진 수의 기준 영역은 다수의 웨이퍼에서의 미리정해진 다수의 위치를 나타낼 수 있다.

[0121] 단계(904)에서, 제1 기준 영역이 선택된다. 이어지는 단계(906)에서, 미리정해진 수("n")의 이미지가 선택된 기준 영역의 제1 캡쳐 위치에서 캡쳐된다. 더 명확하게는, 이러한 n개 이미지는 선택된 기준 영역의 미리정해진 위치 각각에서 캡쳐된다. 상기 선택된 기준 영역의 미리정해진 위치의 개수 및 위치는 필요에 따라 변화될 수 있고 하나 이상의 소프트웨어 프로그램 및 수동 입력에 의해 가능하게 된다.

[0122] 상기 n개 이미지는 필요에 따라 제1 이미지 캡쳐장치(32), 제2 이미지 캡쳐장치(34) 및 리뷰 이미지 캡쳐장치(62) 중 하나 이상을 사용하여 캡쳐될 수 있다. 다른 방법으로, 상기 n개 이미지는 다른 이미지 캡쳐장치를 사용하여 캡쳐될 수 있다.

[0123] 상기 n개 이미지의 캡쳐를 위해 사용되는 조명은 필요에 따라 변화될 수 있고, 예를 들어 명시야 조명, DHA 조명 및 DLA 조명 중 하나 또는 이러한 조명들의 조합이다. 상기 n개 이미지의 캡쳐를 위해 사용되는 조명의 색깔 및 강도는 필요에 따라 선택 및 변화될 수 있다.

[0124] 각 위치에서 다수의 이미지의 캡쳐로 인해, 기준 이미지들은 기준 이미지의 캡쳐 동안 사용되는 조명, 광학기구(optical setup) 및 이미징 수단의 변화를 고려하여 형성될 수 있다. 이러한 기준 이미지 형성 방법은 조명 조건의 변화로 인한 결함 탐지 및 분류에의 원치않는 영향 또는 효과를 최소화한다. 게다가, 선택된 기준 영역의 다수의 이미지는 각각의 구체적인 조명 조건에 대해 캡쳐될 수 있다. 바람직하게는, 각각의 구체적인 조명 조건에서 다수의 이미지의 캡쳐는 플래쉬에서 플래쉬로의 또는 섬광등에서 섬광등으로의 조명 변화를 정상화(normalizing)할 수 있거나 또는 보상할 수 있다.

[0125] 상기 n개 이미지는 바람직하게는 CPU의 데이터베이스에 저장된다. 다른 방법으로, 상기 n개 이미지는 필요에 따라 외부 데이터베이스 또는 메모리 공간에 저장된다. 단계(908)에서는, 단계(906)에서 캡쳐된 n개 이미지가 정렬되도록 사전 처리된다. 바람직하게는, 단계(906)에서 캡쳐된 n개 이미지의 서브픽셀이 기록된다. 상기 n개 이미지의 서브픽셀의 기록은, 바람직하게는 이진법, 그레이 스케일(grey scale) 또는 기하학적 패턴 매칭(geometrical pattern matching) 중 하나 이상을 사용하여 하나 이상의 웨이퍼에 형성되어 있는 트레이스(trace), 범프(bump) 또는 패드(pad)를 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 기지의 기준을 사용하여 실행된다.

[0126] 단계(910)에서, 상기 n개 이미지 각각의 기준 강도가 계산된다. 더 명확하게는, 선택된 기준 영역의 미리정해진 위치 각각에서 캡쳐된 각 이미지의 기준 강도가 계산된다. 바람직하게는, 상기 n개 이미지 각각의 기준 강도를 계산함으로써, 반도체 웨이퍼(12)의 (또는 다수의 웨이퍼의) 상이한 위치 또는 영역에서 색 변화를 정상화하거나 보상하는 것을 보조한다. 더 바람직하게는, 상기 n개 이미지 각각의 기준 강도를 계산함으로써, 반도체 웨이퍼(12)의 (또는 다수의 웨이퍼의) 상이한 위치 또는 영역에서 다른 표면 변화를 확인하거나 보상하는 것을 보조한다.

[0127] 단계(910)에서, n개 기준 강도가 계산되고, n개 기준 강도 각각은 상기 n개 이미지 중 하나에 대응된다. 단계(912)에서는, 상기 n개 이미지 각각의 각 픽셀에서의 강도에 대한 다수의 통계 정보가 계산된다. 다수의 통계 정보는 상기 n개 이미지 각각에 대해 평균, 범위, 표준 편차, 최대 및 최소 강도를 포함한다(그러나 이에 제한되지 않음).

[0128] 더 명확하게는, 상기 평균은 상기 n개 이미지 각각의 각 픽셀에 대한 기준 강도의 기하평균이다. 기하평균은 일련의 수 또는 n개의 수의 중심 경향 또는 일반적인 값을 나타내는 평균 또는 평균값의 일 유형이다. 일련의 수들이 곱해지고, 이후 일련의 수의 곱에 n차 루트값을 취하여 획득된다. 기하평균을 구하는 공식은:

$$\left(\prod_{i=1}^{n} a_i\right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdots a_n}$$

[0129]

[0130] 이다.

[0131] 산술평균 또는 중앙값 대신에 기하평균을 계산함으로써, 상기 n개 이미지 각각의 각 픽셀에 대해 계산된 평균 강도가 데이터 세트에서의 극값에 의해 과도하게 영향받는 것을 방지한다.

[0132] 게다가, n개 이미지의 각 픽셀에 대한 절대 강도(이하에서는 Ri라고 함)의 범위가 계산된다. 바람직하게는, 상기 n개 이미지의 각 픽셀에 대한 Ri는 상기 n개 이미지의 각 픽셀에 대한 최대 절대 강도 및 최소 절대 강도 사이의 값이다.

[0133] 전술한 바와 같이, 단계(906)에서 캡처된 제1 기준 영역의 n개 이미지 각각에 대한 각 픽셀의 강도의 표준 편차 또한 계산된다. 더 명확하게는, 상기 표준 편차는 선택된 평균이 기하평균인 경우 일련의 수가 어떻게 분포되어 있는지를 나타내는 기하 표준 편차이다. 이러한 표준 편차를 구하는 공식은:

$$\sigma_g = \exp\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln A_i - \ln \mu_g)^2}{n}}\right)$$

[0134]

[0135] 이고, μ_g는 일련의 수{A_1, A_2, ..., A_n}의 기하평균이다.

[0136] 단계(914)에서, 캡처된 n개 이미지는 반도체 웨이퍼(12)에서의 위치 또는 제1 기준 영역과 같은 대응되는 정도와 함께 일시적으로 저장된다. 바람직하게는, 단계(912)에서 계산된 통계 정보도 단계(914)에서 일시적으로 저장된다. 바람직하게는, 이러한 데이터는 CPU의 데이터베이스에 저장된다. 다른 방법으로, 이러한 데이터는 필요에 따라 대체 데이터베이스 또는 메모리 공간에 저장된다.

[0137] 단계(916)에서, 선택된 기준 영역의 추가 이미지가 더 필요한지 여부가 결정된다. 바람직하게는, 단계(916)는 자동으로 제어되고 실행되는 소프트웨어이다. 바람직하게는, 단계(916)는 단계(910) 및 단계(912)에서 획득된 정도에 대해 의존하여 실행된다. 다른 방법으로, 단계(916)는 당해 기술 분야에서 공지된 기술을 사용하여 수동으로 가능해지거나 또는 제어된다.

[0138] 단계(916)에서 선택된 기준 영역의 추가 이미지가 더 필요한지가 결정되면, 단계(904) 내지 단계(916)가 반복된다. 이러한 단계(904) 내지 단계(916)는 필요에 따라 몇번이고 반복될 수 있다. 단계(916)에서 제1 기준 영역의 이미지가 더 이상 필요하지 않다고 결정되는 경우, 단계(918)는 미리정해진 수의 기준 영역 중 다음 기준 영역을 위해 (여기서는 제2 기준 영역을 위해) 단계(904) 내지 단계(916)가 반복될 필요가 있는지를 결정한다. 바람직하게는, 단계(918)는 자동적으로 제어되고 실행되는 소프트웨어이다. 게다가, 바람직하게는 단계(918)는 단계(910), 단계(912) 및 단계(916) 중 하나 이상에서 획득된 정보를 사용하여 실행된다. 다른 방법으로, 단계(918)은 당해 기술 분야에서 공지된 기술을 사용하여 수동으로 가능해 지거나 또는 제어된다.

[0139] 단계(918)에서 제2 기준 영역의 이미지가 캡처될 필요가 있다고 결정되는 경우, 즉 제2 기준 영역을 위해 단계(904) 내지 단계(916)가 반복될 필요가 있다고 결정되는 경우, 단계(904) 내지 단계(916)를 반복하기 위한 시그널이 형성된다. 단계(904) 내지 단계(918)는 필요에 따라 몇번이고 반복될 수 있다. 바람직하게는, 단계(904) 내지 단계(918)의 반복은 제어되고 자동화된 소프트웨어이다.

[0140] 단계(918)에서 단계(904) 내지 단계(918)가 반복될 필요가 없다고 결정되는 경우, 즉 미리정해진 수의 기준 영역 중 다음 기준 영역의 이미지들이 필요 없다고 결정되는 경우, 이때 골든 기준 이미지(이하에서는 기준 이미지라고 함)가 단계(920)에서 계산된다.

[0141] 바람직하게는, 기준 이미지의 계산은 제어된 소프트웨어이고, 일련의 프로그램 명령어로 실행된다. 다음의 단계들은 기준 이미지를 계산하기 위해 실행되는 예시적인 단계들이다. 그러나, 당해 기술 분야의 당업자들은, 다음의 단계들에 상보적인 추가 단계들 또는 기술들이 기준 이미지의 계산 과정에서 실행될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0142] 단계(922)에서, 미리정해진 한계보다 더 큰 기준 강도를 가지는 픽셀이 결정된다. 게다가, 미리정해진 범위보다 더 큰 픽셀 강도 범위를 가지는 픽셀은 단계(922)에서 결정된다. 단계(922)의 미리정해진 한계 및 범위는 선택 및 결정된 소프트웨어일 수 있거나 또는 수동으로 결정된다. 단계(924)에서, 미리정해진 값보다 큰 표준 편차를 가지는 강도의 픽셀이 식별된다. 단계(924)의 미리정해진 값은 선택 및 결정된 소프트웨어이거나 또는 수동으로 결정될 수 있다. 단계(926)에서는, 단계(922) 내지 단계(924) 동안 미리정해진 값 또는 범위 외의 기준 강도를 가지는 픽셀이 식별되는 경우, 단계(914)에서와 같이 미리 저장된 이미지가 단계(904) 내지 단계(924) 중 하나 이상을 반복하기 위하여 다시 로딩된다.

[0143] 단계(922) 내지 단계(926)로 인해, 특정 픽셀 강도의 픽셀을 포함하는 이미지를 식별할 수 있다. 더 명확하게는, 단계(922) 내지 단계(926)로 인해, 미리정해진 한계 내지 범위 외의 기준 강도를 가지는 픽셀을 포함하는 이미지를 식별할 수 있고, 예를 들어 식별하고자 하는 불필요한 이미지를 식별할 수 있다. 더 명확하게는, 단계(922) 내지 단계(926)는 기준 이미지 계산 과정에서 불필요한 픽셀을 제거하고 기준 이미지의 기준 픽셀 값에서의 불필요한 픽셀 영향을 방지하는 것을 보조한다.

[0144] 상기 불필요한 이미지는 폐기된다. 이로 인해 결함이 있는 데이터 또는 이미지를 제거할 수 있고, 따라서 형성된 기준 이미지로 이러한 결함이 있는 데이터의 영향 또는 존재를 방지할 수 있다. 단계(928)에서, 미리정해진 한계 및 범위 내의 픽셀을 포함하는 이미지(즉, 폐기되지 않는 이미지)는 통합(consolidate)된다.

[0145] 바람직하게는, 상기 기준 이미지 형성 프로세스(900)는:

[0146] (a) 통합된 이미지들 각각의 각 픽셀의 강도의 정상화된 평균,

[0147] (b) 통합된 이미지들 각각의 강도의 표준 편차,

[0148] (c) 통합된 이미지들 각각의 각 픽셀의 최대 강도 및 최소 강도,

[0149] (d) 단계(702)에서 결정된 미리정해진 수의 기준 영역 각각의 평균 기준 강도와 같은 이미지 데이터를 생성시킨다.

[0150] 단계(928)의 통합된 이미지들은 기준 이미지를 나타낸다. 기준 이미지와 이에 대응되는 이미지 데이터는 단계(928)에서 추가 저장된다. 기준 이미지 및 이에 대응되는 이미지 데이터는 바람직하게는 CPU의 데이터베이스에 저장된다. 다른 방법으로, 기준 이미지 및 이에 대응되는 이미지 데이터는 대체 데이터베이스 또는 메모리 공간에 저장된다. 당해 기술 분야의 당업자들은, 단계(922) 내지 단계(926)로 인해 기준 이미지 및 이에 대응되는 데이터를 저장하는데 필요한 메모리 공간의 양 또는 크기를 감소시키는 것을 보조할 수 있고, 이로 인해 상기 방법(400)이 더 높은 속도로 또는 더 높은 정확도로 실행될 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0151] 바람직하게는, 각 픽셀의 평균 강도는 기준 이미지를 디스플레이하고 시각화하기 위하여 255로 정상화된다. 그러나, 당해 기술 분야의 당업자는, 기준 이미지를 디스플레이하고 시각화하기 위하여 각 픽셀의 평균 강도가 다른 값으로 정상화될 수 있다는 것을 이해할 수 있다.

[0152] 단계(904) 내지 단계(928)는 제1 이미지 캡쳐장치(32), 제2 이미지 캡쳐장치(34) 및 리뷰 카메라 중 하나 이상을 사용하여 대응되는 수의 이미지를 캡쳐하기 위하여 미리정해진 횟수로 반복될 수 있다. 게다가, 단계(904) 내지 단계(928)는, 상이한 조명 또는 조명 조건, 예를 들어 경우에 따라 명시야 조명, DHA 조명, DLA 조명 및 세선 조명(thin line illumination)에서 이미지를 캡쳐하기 위하여 반복될 수 있다. 단계(904) 내지 단계(928)의 반복으로 인해, 다수의 조명 또는 조명 조건에 대해 그리고 필요에 따라 다수의 이미지 캡쳐장치로 기준 이미지를 형성할 수 있다.

[0153] 전술한 바와 같이, 반도체 웨이퍼(12)의 다수의 기준 영역에 대한 그리고 도사의 조명 조건에서 기준 이미지의 생성으로 인해, 조명 조건에서의 변화로 인한 순차적으로 캡쳐된 이미지의 품질 변화에 대해 필요한 확실한 확인 가능성 및 보상을 보조한다. 예를 들어, 반도체 웨이퍼(12)의 상이한 기준 영역에서 (즉, 반도체 웨이퍼(12)의 상이한 위치에서) 기준 이미지의 캡쳐로 인해 바람직하게는 반도체 웨이퍼(12)의 상이한 위치에서의 색 변화에 대한 확인 가능성 및 보상을 보장한다.

[0154] 바람직하게는, 단계(904) 내지 단계(928)는 CPU에 의해 실행되고 제어된다. 바람직하게는, 단계(904) 내지 단계(928)는 적어도 소프트웨어 프로그램에 의해 실행되거나 제어된다. 다른 방법으로, 단계(904) 내지 단계(928) 중 하나 이상의 단계는 필요한 경우 수동으로 보조받을 수 있다. 상기 예시적인 기준 이미지 형성 프로세스(900)에 의해 형성된 기준 이미지는 미지의 품질의 반도체 웨이퍼(12)의 순차적으로 캡쳐된 이미지들과의 비교를 위해 사용되고, 이로 인해 적어도 반도체 웨이퍼(12)에서의 결함을 탐지, 분류 또는 리뷰할 수 있다.

[0155] 전술한 바와 같이, 본 발명은 반도체 웨이퍼(12)를 검사하여 반도체 웨이퍼(12)에 존재하는 결함의 탐지, 분류 및 리뷰 중 하나를 실행하는 예시적인 방법(400)을 제공하는 것이다.

[0156] 상기 방법(400)의 단계(402)에서, 상기 시스템(10)이 검사하고자 하는 반도체 웨이퍼(12)는 웨이퍼 테이블(16) 위에 로딩된다. 바람직하게는, 상기 반도체 웨이퍼(12)는 로봇식 웨이퍼 핸들러(18)에 의해 웨이퍼 스택(20)에서 꺼내어져, 상기 웨이퍼 테이블(16)로 이동된다. 상기 웨이퍼 테이블 위에 반도체 웨이퍼(12)를 고정하기 위하여 흡입 과정 또는 진공 과정이 상기 웨이퍼 테이블(16)에 가해진다.

[0157] 상기 반도체 웨이퍼(12)는 바람직하게는 웨이퍼 식별 번호(ID 번호) 또는 바코드를 포함한다. 상기 웨이퍼 ID 번호 또는 바코드는 반도체 웨이퍼(12)의 표면 위에, 더 명확하게는 반도체 웨이퍼(12)의 표면의 가장자리에 새겨지거나 또는 태그가 붙여진다. 상기 웨이퍼 ID 번호 또는 바코드로 인해, 상기 반도체 웨이퍼(12)를 식별하는 것을 보조하고 상기 반도체 웨이퍼(12)가 상기 웨이퍼 테이블(16) 위에 올바르게 또는 적절하게 로딩되는 것을 보장한다.

[0158] 단계(404)에서는, 상기 웨이퍼 테이블(16) 위에 로딩된 반도체 웨이퍼(12)의 웨이퍼 맵(wafer map)이 획득된다. 상기 웨이퍼 맵은 프로그램가능한 제어기의 데이터베이스로부터 로딩될 수 있다. 다른 방법으로, 상기 웨이퍼 맵은 외부 데이터베이스 또는 프로세서로부터 회수될 수 있다. 또 다른 방법으로, 상기 웨이퍼 맵은, 당해 기술 분야의 당업자에 공지되어 있는 방법 또는 기술을 사용하여 이동가능한 지지 플랫폼 위에 상기 반도체 웨이퍼(12)를 로딩할 때 제조되거나 또는 생성될 수 있다.

[0159] 단계(406)에서는, 하나 이상의 기준 위치가 웨이퍼 맵에서 캡쳐되거나 또는 결정되고, X, Y 이동 오프셋 및 Θ 회전 오프셋 중 하나 이상이 당해 기술 분야에서 당업자에게 공지되어 있는 기술을 사용하여 계산된다.

[0160] 이어서 단계(408)에서는, 웨이퍼 스캔 이동 경로 및 복수의 이미지 캡쳐 위치가 계산되거나 또는 결정된다. 단계(404)에서 획득된 웨이퍼 맵은 바람직하게는, 웨이퍼 스캔 이동 및 복수의 이미지 캡쳐 위치의 계산을 가능하게 한다. 바람직하게는, 상기 웨이퍼 스캔 이동 경로의 계산은 다수의 기지의 파라미터 중 하나 이상의 파라미터에 의존적이다. 이러한 기지의 파라미터들은 회전 오프셋, 웨이퍼 크기, 웨이퍼 다이 크기, 웨이퍼 피치, 검사 영역, 웨이퍼 스캔 속도 및 인코더 위치를 포함한다(그러나 이에 제한되지 않음). 복수의 이미지 캡쳐 위치 각각은 이미지들이 캡쳐될 반도체 웨이퍼(12)에서의 위치를 나타내거나 또는 그 위치에 대응된다. 바람직하게는, 복수의 이미지 캡쳐 위치 각각은 필요에 따라 당해 기술 분야의 당업자에게 공지되어 있는 기술을 사용하여 변경될 수 있다. 이미지 캡쳐 위치의 개수도 필요에 따라 당해 기술 분야의 당업자에게 공지되어 있는 기술을 사용하여 변경될 수 있다.

[0161] 바람직하게는, 단계(404) 내지 단계(408)는 상기 시스템(10)에 의해, 더 명확하게는 상기 시스템(10)의 프로그램가능한 제어기에 의해 자동적으로 실행된다. 다른 방법으로, 단계(404) 내지 단계(408) 중 어느 하나의 단계는 대체 프로세서에 의해 또는 대체 프로세서의 도움으로 실행될 수 있다.

[0162] 단계(410)에서는, 상기 시스템(10)의 프로그램가능한 제어기가 적절한 골든 기준(이하에서는 기준 이미지라고 함)의 사용가능성을 결정한다. 기준 이미지가 사용 불가능한 경우, 상기 기준 이미지는 단계(412)에서 전술한 바와 같이 예시적인 기준 이미지 형성 프로세스(900)에 의해 생성된다.

[0163] 바람직하게는, 상기 기준 이미지는, 단계(414)에서 예시적인 2차원(2D) 웨이퍼 스캐닝 방법(400)을 실행하기 전에 획득되거나 또는 생성된다. 예시적인 2차원(2D) 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500)의 방법 플로우차트가 도 19에 도시되어 있다.

[0164] 예시적인 2차원(2D) 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500)

[0165] 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500)는 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)로 명시야 이미지 및 암시야 이미지를 캡쳐할 수 있다.

[0166] 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500)의 단계(502)에서는, 제1 이미지 캡쳐장치(32)가 노출된다. 단계(504)에서는, 제1 조명이 제공된다. 상기 제1 조명은 예를 들어 명시야 조명기(26)에 의해 제공되는 명시야 조명, 하이앵글(high angle) 암시야 조명기(30)에 의해 제공되는 DHA 조명 또는 로우앵글(low angle) 암시야 조명기(28)에 의해 공급되는 DLA 조명이다. 단계(504)에 제공되는 제1 조명의 선택은 바람직하게는 조명 설정기(illumination configurator)(도시되지 않음)에 의해 결정된다. 바람직하게는, 상기 조명 설정기는 상기 시스템(10)의 부품이고 상기 시스템(10)의 조명기들(28, 30, 52, 64, 66)에 전자적으로 연결된다. 다른 방법으로, 상기 조명 설정기는 CPU의 부품이다.

[0167] 상기 이미지 캡쳐장치들(32, 34)은 명시야 조명기(26), DHA 조명기(30) 및 DLA 조명기(28)에 의해 제공되는 조명들의 특정 조합을 사용할 수 있다. 이미지 캡쳐장치(32)에 의해 사용되는 제1 조명 및 이미지 캡쳐장치(34)에 의해 사용되는 제2 조명에 대해 몇몇 가능한 조합이 도 19의 표에 나타나 있다. 제1 이미지 캡쳐장치(32) 및 제2 이미지 캡쳐장치(34)가 거의 유사한 조명을 사용하는 경우, 이때 이러한 구성의 처리량(throughput)은 가능한 모든 구성들 중에서 가장 높을 것이다.

[0168] 이에 대해 설명하기 위하여, 도 20의 표에 나타나 있는 바와 같이 구성1이 상기 조명 설정기에 의해 선택된다. 따라서, 상기 제1 조명은 명시야 조명기(26)에 의해 공급되는 명시야 조명이다.

[0169] 바람직하게는, 단계(502) 및 단계(504)는 동시에 실행된다. 단계(502) 및 단계(504)의 실행으로 인해, 도 22a에 도시된 바와 같이 제1 이미지 캡쳐장치(32)로 제1 이미지를 캡쳐할 수 있다. 단계(506)에서, 제1 이미지 캡쳐장치(32)에 의해 캡쳐된 제1 이미지는 이미지 시그널로 변환되어 데이터 이동 방법을 통하여 CPU로 전송되고, 바람직하게는 데이터베이스 또는 저장 메모리에 저장된다.

[0170] 단계(508)에서, 상기 제2 이미지 캡쳐장치(34)가 노출된다. 단계(510)에서, 제2 조명이 제공된다. 제1 조명의 경우와 마찬가지로, 제2 조명의 선택은 바람직하게는 상기 조명 설정기에 의해 결정된다. 이에 대해 설명하기 위하여, 도 20의 표에 나타난 바와 같은 구성1이 조명 설정기에 의해 선택된다. 따라서, 제2 조명은 하이앵글 암시야 조명기(30)에 의해 공급되는 DHA 조명이다. 그러나, 당해 기술 분야의 당업자들은, 제1 조명 및 제2 조명이 예를 들어 도 20의 표에 나타나 있는 다른 구성들의 제1 조명 및 제2 조명과 같이 필요에 따라 대체적인 조명일 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0171] 바람직하게는, 단계(508) 및 단계(510)는 동시에 실행된다. 바람직하게는, 단계(506)는 단계(508) 및 단계(510)와 동시에 일어난다. 단계(508) 및 단계(510)의 실행으로 인해, 도 22b에 도시된 바와 같이 제2 이미지 캡쳐장치(34)로 제2 이미지를 캡쳐할 수 있다. 단계(512)에서는, 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 의해 캡쳐된 제2 이미지가 이미지 시그널로 변환되어 데이터 이동 방법을 통하여 프로그램가능한 제어기로 전송되고, 바람직하게는 데이터베이스 또는 저장 메모리에 저장된다.

[0172] 제1 이미지 캡쳐장치(32)의 노출, 제1 조명의 공급, 제2 이미지 캡쳐장치(34)의 노출, 제2 조명의 공급 및 데이터 이동 방법을 나타내는 다이어그램이 도 21에 제공된다. 단계(502) 내지 단계(512)는, 반도체 웨이퍼(12)의 대응되는 수의 제1 이미지 및 제2 이미지를 캡쳐하기 위하여 몇번이고 반복될 수 있다. 더 명확하게는, 단계(502) 내지 단계(512)는 바람직하게는 단계(408)에서 계산된 것과 같은 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 복수의 이미지 캡쳐 위치 각각에서 반도체 웨이퍼(12)의 제1 조명 및 제2 조명으로 이미지들을 캡쳐하기 위하여 반복된다. 전술한 바와 같이, 제1 이미지 및 제2 이미지는 각각 이미지 시그널로 변환되어 프로그램가능한 제어기로 전송되고 데이터베이스 또는 저장 메모리에 저장된다. 단계(502) 내지 단계(512)는 각각 반도체 웨이퍼(12)가 이동하는 동안 실행된다. 즉, 제1 이미지 및 제2 이미지의 캡쳐는, 반도체 웨이퍼(12)가 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 이동하는 동안 실행된다. 따라서, 당해 기술 분야의 당업자는, 반도체 웨이퍼(12)가 단계(502), 단계(504)(단계(502) 및 단계(504)는 바람직하게는 동시에 일어남) 및 단계(508)(바람직하게는 단계(508)도 동시에 일어남) 사이에서 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 미리정해진 거리만큼 이동될 것이라는 것을 알 수 있을 것이다. 상기 미리정해진 거리는 단계(502) 내지 단계(512) 중 어느 하나의 단계를 위해 필요한 웨이퍼 스캔 이동 경로 및 시간에 따른 반도체 웨이퍼(12)의 이동 속도를 포함하는(이에 제한되지 않음) 다수의 인자에 의존한다. 상기 미리정해진 거리는 예를 들어 CPU에 의해 필요에 따라 제어 및 변화될 수 있다. 상기 미리정해진 거리의 제어 및 변화는 하나 이상의 소프트웨어일 수 있거나 또는 수동으로 가능해질 수 있다.

[0173] 따라서, 제1 이미지는 제2 이미지 위에 중첩될 때 또는 제2 이미지와 비교될 때 미리정해진 이미지 오프셋을 가질 것이다. 도 22c는, 반도체 웨이퍼(12)가 이동하는 동안 제1 이미지 및 제2 이미지의 캡쳐로 인한 이미지 오프셋을 나타내는 제1 이미지와 제2 이미지의 조합된 이미지를 도시하고 있다. 미리정해진 이미지 오프셋은 단계(502) 내지 단계(512) 중 어느 하나의 단계를 위해 필요한 웨이퍼 스캔 이동 경로 및 시간에 따른 반도체 웨이퍼(12)의 이동 속도를 포함하는(이에 제한되지 않음) 다수의 인자에 의존적이다. 미리정해진 이미지 오프셋의 제어 및 변화는 하나 이상의 소프트웨어일 수 있거나 또는 수동으로 가능해질 수 있다.

[0174] 단계(514)에서는, XY 인코더 값이 회수된다. 상기 XY 인코더 값은 바람직하게는 단계(504) 및 단계(510) 동안 획득된다. 바람직하게는, 상기 XY 인코더 값은 웨이퍼 이동 경로에 따른 반도체 웨이퍼(12)의 위치(XY 변위)를 나타낸다. 획득된 XY 인코더 값은 단계(516)에서 제1 이미지 및 제2 이미지 사이의 이미지 오프셋(거친 오프셋(coarse offset))(즉, 제1 이미지에서 제2 이미지의 상대적인 오프셋)을 계산하기 위해 사용된다. 패턴 매칭 기술을 사용하여 서브픽셀 이미지 정렬을 실행하여, 미세 이미지 오프셋(fine image offset)이 계산된다. 거친 이미지 오프셋 및 미세 이미지 오프셋에 미리정해진 수학 공식을 적용하여, 최종 오프셋이 획득된다. 상기 미리정해진 수학 공식은 당해 기술 분야의 당업자에게 공지되어 있는 기술을 사용하여 필요에 따라 조절될 수 있다.

[0175] 상기 방법(400)의 단계(414)에서 실행된 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500)는 바람직하게는 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 계산된 이미지 캡쳐 위치에서 반도체 웨이퍼(12)의 다수의 이미지를 캡쳐한다.

[0176] 상기 방법(400)의 단계(416)에서는, 반도체 웨이퍼(12)에서의 결함을 식별하거나 탐지하고, 분류하고, 통합하고 과정 및 저장하는 과정 중 하나 이상을 위하여 예시적인 2차원(2D) 이미지 프로세싱 프로세스(600)가 실행된다. 예시적인 2차원(2D) 이미지 프로세싱 프로세스(600)의 방법 플로우 챠트가 도 23에 도시되어 있다.

[0177] 예시적인 2차원(2D) 이미지 프로세싱 프로세스(600)

[0178] 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)는 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500)에서 캡쳐된 이미지를 처리할 수 있다. 게다가, 상기 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)는 반도체 웨이퍼(12)에서의 결함을 식별하거나 탐지하고, 분류하고, 통합하고 및 저장하는 과정 중 하나 이상을 가능하게 한다.

[0179] 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)의 단계(602)에서는, 제1 작업 이미지(working image)가 선택되고 메모리 작업 공간(memory workspace)에 로딩된다. 제1 작업 이미지는, 2D 웨이퍼 스캐닝 방법 동안 캡쳐되어 저장된 다수의 제1 이미지 및 제2 이미지로부터 선택된다. 이에 대해 설명하기 위하여, 제1 작업 이미지는 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500) 동안 제1 이미지 캡쳐장치(32)에 의해 캡쳐된 제1 이미지를 나타낸다.

[0180] 단계(604)에서는, 제1 작업 이미지의 서브픽셀 정렬이 실행된다. 이러한 서브픽셀 정렬은 하나 이상의 견본(template)을 사용하는 패턴 매칭 기술을 사용하여 실행된다. 이러한 서브 픽셀 정렬은 이진화 방법 또는 그레이 스케일 방법 또는 기하학적 패턴 매칭 방법 중 하나를 사용하여 실행된다. 서브픽셀이 정렬되면, 각 이미지에 대한 기준 강도가 단계(606)에 나타난 바와 같이 이미지에서 하나 이상의 미리정해진 관심 영역으로부터 계산된다. 단계(604) 및 단계(606)는 통틀어 제1 작업 이미지의 사전프로세싱이라고 할 수 있다. 이러한 사전프로세싱은 위의 단계들에 한정되지 않는다는 것을 쉽게 알 수 있다. 필요한 경우, 사전프로세싱을 위한 추가 단계가 결합될 수 있다.

[0181] 이어지는 단계(608)에서, 제1 골든 기준 또는 기준 이미지가 선택된다. 단계(608)에서 선택된 제1 기준 이미지는 제1 작업 이미지에 대응되거나 또는 매칭된다. 바람직하게는, 상기 제1 기준 이미지는 데이터베이스 또는 상기 방법(400)의 단계(412)에서 예시적인 기준 형성 프로세스(900)에 의해 생성된 골든 기준 또는 기준 이미지의 집합(collection)에서 선택된다. 예시적인 기준 형성 프로세스(900)가 위에 자세히 기술되어 있고 도 18에 도시되어 있다.

[0182] 단계(610)에서는, 제1 작업 이미지의 각 픽셀에 대한 정량적인 데이터 값이 계산된다. 단계(612)에서는, 제1 작업 이미지의 각 픽셀에 대한 계산된 정략적인 데이터 값이 곱셈 인자(multiplicative factor) 또는 덧셈 인자(additive factor)와 함께 미리정해진 한계값(threshold value)으로 참고된다.

[0183] 단계(614)에서는, 제1 작업 이미지가 단계(608)에서 선택된 제1 기준 이미지에 대해 매칭되거나 또는 평가된다. 제1 기준 이미지로 제1 작업 이미지를 매칭하거나 또는 평가함으로써, 반도체 웨이퍼(12)에서의 결함을 탐지하거나 또는 식별할 수 있다. 바람직하게는, CPU는 제1 작업 이미지 및 제1 기준 이미지를 자동 매칭시키기 위하여 프로그램된다. 바람직하게는, 프로그램가능한 제어기는 제1 기준 이미지와 제1 작업 이미지를 매칭시키기 위하여 일련의 계산 명령어 또는 알고리즘을 실행하고, 이로 인해 반도체 웨이퍼(12)에서의 결함을 탐지하거나 또는 식별할 수 있다.

[0184] 하나 이상의 결함의 존재를 결정하는 과정은 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)의 단계(616)에서 이루어진다. 단계(616)에서 하나 이상의 결함이 탐지되거나 식별되는 경우, 알고리즘은 면적, 길이, 너비, 콘트라스트, 밀집도, 충진율(fill factor), 경계선 강도(edge strength) 중 하나 또는 전체에 기초하여 결함들을 가장 긴 것에서부터 가장 짧은 것으로 분류한다. 게다가, 상기 알고리즘은, 관심 결함 영역(defective region of interest, DROI)을 계산하기 위하여 사용자 정의 기준을 만족시키는 결함들만을 선택한다. 결함(또는 하나 이상의 결함들)이 단계(616)에서 탐지되거나 또는 식별되는 경우, 반도체 웨이퍼(12)에서의 DROI는 이때 단계(618)에서 계산된다. 바람직하게는, 상기 DROI는 단계(618)에서 CPU에 의해 동적으로 계산된다. CPU는 바람직하게는 DROI를 계산할 수 있게 하기 위하여 프로그램된다(즉, 일련의 계산 명령어 또는 소프트웨어를 포함하거나 또는 구현함).

[0185] 단계(620)에서는, 제2 작업 이미지의 대응되는 DROI가 검사된다. 더 명확하게는, 제2 작업 이미지는 2D 웨이퍼 스캐닝 방법(400) 동안 제2 이미지 캡쳐장치(34)에 의해 캡쳐된 제2 이미지이다. 즉, (제1 이미지의 대응되는 이미지인) 제2 이미지의 DROI는, 제2 작업 이미지의 서브픽셀 정렬을 실행한 후 단계(620)에서 검사된다. 제2 작업 이미지의 DROI에 대한 검사로 인해, 바람직하게는 단계(616)에서 탐지된 결함을 확인할 수 있다. 더 바람

직하게는, 단계(620)로 인해, 단계(606)에서 탐지된 결함을 분류할 수 있다.

[0186] 상기 시스템(10)은 전체 이미지 대신에 제2 작업 이미지의 DROI를 처리한다. 게다가, 단계(616)에서, 어떠한 결함도 발견되지 않는 경우, 상기 방법은 단계(618)를 건너뛸 것이다. 게다가, 이는 제2 작업 이미지를 처리하기 위해 필요한 전체 사용량(resource) 또는 프로세싱 대역폭을 더 감소시킬 것이다. 이러한 지능적 프로세싱 시퀀스가 앞서의 단계들의 결과에 기초하여 동적으로 결정한다는 것을 쉽게 알 수 있다. 이로 인해, 시간당 웨이퍼 처리량이 향상된 시스템(10)을 제공할 수 있다.

[0187] 단계(622)에서는, 탐지된 결함, 더 명확하게는 결함의 장소 또는 위치 및 이로 인한 분류가 저장된다. 바람직하게는, 탐지된 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류가 CPU의 데이터베이스에 저장된다. 다른 방법으로, 탐지된 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류는 대체 데이터베이스 또는 메모리 공간에 저장된다.

[0188] 단계(602) 내지 단계(622)는 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500) 동안 캡쳐된 이미지를 처리하기 위하여 몇번이고 반복되거나 또는 루핑(loop)될 수 있다. 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500) 동안 캡쳐된 각각의 이미지는 순차적으로 메모리 작업 영역에서 로딩되고 반도체 웨이퍼(12)에 존재할 수 있는 결함을 탐지할 수 있게 하기 위하여 처리된다. 단계(602) 내지 단계(622) 및 이러한 단계들의 반복으로 인해, 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 다수의 이미지 캡쳐 위치 중 특정 위치에서 반도체 웨이퍼(12)에 존재할 수 있는 결함의 탐지, 확인 및 분류 과정 중 하나 이상을 가능하게 한다.

[0189] 단계(624)에서는, 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)에 의해 탐지된 다수의 결함 각각 및 상기 결함의 장소 및 분류는 바람직하게는 CPU의 데이터베이스에 통합되고 저장된다. 다른 방법으로, 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류는 대체 데이터베이스 또는 메모리 공간에 통합되어 저장된다.

[0190] 2D 이미지 프로세싱 방법은 바람직하게는 자동화된 방법이다. 바람직하게는, CPU는, 2D 이미지 프로세싱 방법을 자동으로 실행하기 위하여 프로그램되거나 또는 예를 들어 일련의 계산 명령어 또는 소프트웨어 프로그램을 포함한다. 다른 방법으로, 2D 이미지 프로세싱 방법은 필요에 따라 하나 이상의 수동 입력에 의해 실행될 수 있다.

[0191] 상기 방법(400)의 단계(416)의 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)를 완료하면, 명시야 조명, DHA 조명 및 DLA 조명을 사용하여 탐지된 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류를 통합하고 저장한다.

[0192] 상기 방법(400)의 이어지는 단계(418)에서는, 제1 예시적인 3차원(3D) 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700)가 실행된다. 바람직하게는, 상기 제1 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700)으로 인해, 결과적으로 반도체 웨이퍼(12)의 3D 프로필를 형성할 수 있도록 하기 위하여, 반도체 웨이퍼(12)의 3D 프로필 이미지를 캡쳐할 수 있다. 반도체 웨이퍼(12)는, 단계(408)에서 계산된 바와 같이 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 다수의 이미지 캡쳐 위치 중 하나 이상의 특정 위치에서 반도체 웨이퍼(12)의 3D 이미지를 캡쳐하기 위하여 계산된 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 디스플레이된다. 제1 예시적인 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700)의 방법 플로우 챠트가 도 24에 도시되어 있다.

[0193] 예시적인 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700)

[0194] 3D 웨이퍼 스캐닝 방법의 단계(702)에서는, 세선 조명이 세선 조명기(52)에 의해 제공되거나 또는 세선 조명기로부터 방출된다. 단계(704)에서는, 상기 세선 조명이 거울 기구(mirror setup, 54)에 의해 검사 위치로 방향이 정해진다.

[0195] 이어지는 단계(706)에서는, 세선 조명은 검사 위치에 배치된 반도체 웨이퍼(12) 또는 반도체 웨이퍼의 일부분에 의해 반사된다. 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 세선 조명은 단계(708)에서 무한대에서 교정된 수차를 가지는 3D 프로필 대물렌즈(58)를 통하여 전송된다. 단계(708)에서 3D 프로필 대물렌즈(58)를 통하여 세선 조명을 전송함으로써 세선 조명을 시준한다.

[0196] 단계(710)에서는, 시준된 세선 조명은, 단계 712에서 3D 프로필 카메라(56)에 입사하기 전에 튜브렌즈(60)를 관통한다. 바람직하게는, 상기 튜브렌즈(60)는 시준된 세선 조명을 3D 프로필 카메라(56)의 이미지 캡쳐 평면 위로 집중시킨다. 3D 이미지 캡쳐 평면에 집중된 세선 조명은 단계(714)에서 반도체 웨이퍼(12)의 제1 3D 프로필 이미지를 캡쳐할 수 있다.

[0197] 상기 3D 프로필 대물렌즈(58)와 상기 튜브렌즈(60) 사이에 세선 조명을 시준함으로써, 상기 3D 프로필 대물렌즈

(58)와 상기 튜브렌즈(60) 사이에 광학 부품 또는 부대용품을 용이하게 도입할 수 있다.

[0198] 전술한 바와 같이, 상기 세선 조명은 레이저 또는 광대역 섬유 광학 조명 공급원에 의해 공급된다. 게다가, 바람직하게는 상기 세선 조명은 반도체 웨이퍼(12)의 수평면에 관하여 특정 각도로 검사 위치를 향한다. 상기 세선 조명이 검사 위치를 향하는 각도는 바람직하게는 당해 기술 분야의 당업자에게 공지된 기술을 사용하여 필요에 따라 가변적이다. 또한, 당해 기술 분야의 당업자는, 상기 세선 조명의 파장이 필요에 따라 선택되고 변화될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 바람직하게는, 세선 조명의 광대역 조명은, 결함 탐지, 결함 확인 및 결함 분류 중 하나 이상의 정확성을 향상시키기 위하여 선택된다.

[0199] 제1 3D 이미지는 이미지 시그널로 변환되어 단계(716)에서 CPU로 전송된다. 단계(718)에서는, 상기 제1 3D 이미지는 3D 높이 측정, 평탄도(Coplanarity) 측정, 결함의 탐지 및 분류 중 하나 이상을 위하여 CPU에 의해 처리된다.

[0200] 바람직하게는, 단계(702) 내지 단계(718)는, 대응되는 수의 3D 이미지를 캡쳐하기 위하여 그리고 캡쳐된 3D 이미지들을 CPU로 전송하기 위하여 몇번이고 반복될 수 있다. 단계(702) 내지 단계(718)는 웨이퍼 스캔 이동 경로에 따른 선택된 이미지 캡쳐 위치에서 또는 웨이퍼 전체에서 실행될 수 있다.

[0201] 바람직하게는, 제1 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700)는 예시적인 방법(300)이 반도체 웨이퍼를 검사하는 정확도를 향상시킨다. 더 명확하게는, 상기 제1 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700)는 상기 방법(300)에 의한 결함 탐지의 정확도를 향상시킨다. 이러한 검사는 각각의 다이 및 웨이퍼 전체의 솔더 볼(solder ball), 골드 범프(gold bump), 변형(warpage)와 같은 3차원 구조체의 높이 및 평탄도와 같은 3D 계측학적 세부 정보를 제공한다.

[0202] 바람직하게는, 단계(718) 및 단계(718)의 반복으로 인한 3D 이미지의 처리 결과가 CPU의 데이터베이스에 저장된다. 다른 방법으로, 단계(718) 및 상기 단계(718)의 반복으로 인한 3D 이미지의 처리 결과는 필요에 따라 대체 데이터베이스 또는 메모리 공간에 저장된다.

[0203] 예시적인 제2 3차원(3D) 웨이퍼 스캐닝 프로세스(750)는 예시적인 제1 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700) 대신에 사용될 수도 있다. 예시적인 제2 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(750)의 광선 경로가 도 25에 도시되어 있고, 이에 대응되는 예시적인 제2 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(750)의 방법 플로우 챠트가 도 26에 도시되어 있다.

[0204] 제2 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(750)의 단계(752)에서는, 세선 조명기(52)가 세선 조명을 공급한다. 단계(754)에서는, 세선 조명은 반사기 조립체(80)에 의해 검사 위치로 향한다. 상기 반사기 조립체(80)는 대체적으로 프리즘 조립체 또는 두 개의 거울 또는 프리즘 기구일 수 있다.

[0205] 단계(756)에서는, 세선 조명이 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된다. 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된 세선 조명은 반도체 웨이퍼(12)의 표면 프로필에 따라 상이한 방향으로 반사될 수 있다. 예를 들어, 반도체 웨이퍼(12)에서의 구조적 및 기하학적 변화로 인해, 상기 세선 조명은 반도체 웨이퍼(12)에 의해 상이한 방향으로 반사될 수 있다(또는 조명을 확산시킬 수 있다).

[0206] 반도체 웨이퍼(12)의 표면 프로필에 따라, 반도체 웨이퍼(12)로부터 반사된 세선 조명은 다른 방향으로 확산될 수 있다. 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 세선 조명을 다수의 방향으로 확산시킴으로써, 반도체 웨이퍼(12)의 표면 프로필의 정확한 측정을 획득하는 것을 어렵게 할 수 있다. 즉, 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 세선 조명을 다수의 방향으로 확산시킴으로써, 반도체 웨이퍼(12)의 정확한 3D 이미지를 캡쳐하는 것을 어렵게 할 수 있다. 이는, 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 세선 조명을 다수의 방향으로 확산시킴으로써 3D 프로필 카메라(56)로 입사하는 세선 조명의 양을 부적절하게 감소시키거나 또는 증가시켜 각각 더 어두운 또는 더 밝은 이미지를 캡쳐할 수 있기 때문이다. 너무 어둡거나 또는 너무 밝은 이미지에서는 정확한 측정을 실행하기가 어렵다. 따라서, 너무 어둡거나 또는 너무 밝은 이미지를 사용하여 반도체 웨이퍼(12)의 정확한 표면 프로필을 획득하기가 어렵다.

[0207] 반도체 웨이퍼(12)에 의해 반사된 세선 조명은 반사기 조립체(80)에 의해 수용된다. 더 명확하게는, 상기 반사기 조립체(80)는 다수의 방향으로 반사된 세선 조명을 캡쳐하기 위하여 구성된다. 바람직하게는, 상기 반사기 조립체(80)는 한 쌍의 제1 거울 또는 프리즘(82) 및 한 쌍의 제2 거울 또는 프리즘(84)을 포함한다. 단계(758)에서, 반사된 세선 조명은 두 개의 광학 경로를 따라 이동하고, 즉 한 쌍의 제1 거울 또는 프리즘(82)을 통하여 또는 한 쌍의 제1 거울 또는 프리즘(82)에 의해 방향이 정해진 제1 광학 경로와, 한 쌍의 제2 거울 또는 프리즘(84)을 통하여 또는 한 쌍의 제2 거울 또는 프리즘(84)에 의해 방향이 정해진 제2 광학 경로를 따라 이동한다. 당해 기술 분야의 당업자는, 상기 반사기 조립체가 필요에 따라 캡쳐된 세선 조명을 상이한 수의 광학 경로를

따르도록 방향을 정하기 위하여 구성될 수 있다는 것을 알 것이다.

[0208] 제1 광학 경로 및 제2 광학 경로 각각을 따라서 이동하는 세선 조명은 단계(760)에서 대물렌즈(58)를 통과한다. 3D 프로필 대물렌즈(58)를 통과한 두 개의 세선 조명은 시준된다. 한 쌍의 제1 거울 또는 프리즘(82) 및 한 쌍의 제2 거울 또는 프리즘(84)은 바람직하게는 대칭으로 위치된다.

[0209] 단계(762)에서, 시준된 두 개의 세선 조명은 튜브렌즈(60)를 통과한다. 이때, 두 개의 세선 조명은 단계(764)에서 3D 프로필 카메라(56)로 입사한다. 상기 튜브렌즈(60)로 인해, 두 개의 세선 조명을 3D 프로필 카메라(56)의 이미지 캡쳐 평면 위로 집중시킬 수 있다. 두 개의 세선 조명을 3D 프로필 카메라(56)의 이미지 캡쳐 평면 위로 집중시킴으로써, 단계(766)에서 반도체 웨이퍼(12)의 3D 프로필 이미지의 두 개의 시점(view)을 캡쳐할 수 있다.

[0210] 상기 반사기 조립체(80)를 사용하지 않는 경우, 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 세선 조명을 다수의 방향으로 확산시킴으로써 3D 프로필 카메라(56)에 입사하는 세선 조명의 양을 부적절하게 감소시키거나 또는 증가시킬 수 있어, 각각 너무 어둡거나 또는 너무 밝은 이미지를 캡쳐할 수 있다. 이러한 이미지들은 일반적으로 폐기된다. 너무 어둡거나 또는 너무 밝은 이미지를 사용함으로써, 반도체 웨이퍼(12)의 부정확한 3D 프로필링을 획득할 수 있거나 또는 반도체 웨이퍼(12)의 표면 프로필을 부정확하게 측정할 수 있다.

[0211] 제2 3D 웨이퍼 스캐닝 방법(750)를 실행하기 위한 상기 시스템(10)을 사용할 수 있으므로, 단일 3D 이미지 캡쳐장치(56)를 사용하여 반도체 웨이퍼(12)의 3D 프로필의 두 장의 시점을 캡쳐할 수 있다. 이러한 두 장의 시점은 웨이퍼의 3D 프로필링 또는 검사의 정확도를 향상시킨다. 게다가, 대칭으로 배치된 두 개의 거울 또는 프리즘(82, 84)을 사용함으로써, 반도체 웨이퍼(12)에서 상이한 방향으로 반사된 조명이 3D 캡쳐장치(56)에 의해 캡쳐를 위해 다시 방향이 정해질 수 있다. 당해 기술 분야의 당업자는, 3D 이미지 캡쳐장치(56)의 단일 노출에 의해 캡쳐되도록 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 조명을 다수의 방향(예를 들어, 두 개, 세 개, 네 개 및 다섯 개의 방향)으로 향하게 하기 위하여 상기 반사기 조립체(80)가 구성될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0212] 웨이퍼의 동일한 프로필의 두 장의 시점을 수용하기 위하여, 기존의 장비는 다수의 이미지 캡쳐장치들을 사용함으로써 고가이고, 부피가 크며 복잡한 기구를 사용한다. 웨이퍼의 일관성없는 프로필로 인해, 반사된 광선들은 미리정해진 광선 경로에서 다수의 이미지 캡쳐장치로 일관되게 복귀하지 못한다. 즉, 반도체 웨이퍼(12)의 표면에서의 구조적 및 기하학적 변화로 인한 조명의 확산은 일반적으로 반도체 웨이퍼(12)의 캡쳐된 단일 시점 이미지에 부정확성을 야기한다.

[0213] 반도체 웨이퍼(12)에서 반사된 광선의 강약(즉, 확산)의 변화를 극복하기 위하여, 본 발명의 시스템(10)은 반도체 웨이퍼(12)에서 상이한 방향으로 반사된 조명이 3D 이미지 캡쳐장치(56)에 의해 캡쳐될 수 있도록 한다. 이로 인해, 반도체 웨이퍼(12)의 3D 프로필링 및 검사의 정확도를 향상시키는 것을 보조한다. 단일 카메라, 더 명확하게는 3D 이미지 캡쳐장치(56)를 사용함으로써, 상기 시스템(10)의 가격 및 공간 효율성도 향상시킬 수 있다. 게다가, 반도체 웨이퍼(12)의 다수의 시점을 캡쳐하기 위하여 단일 대물렌즈 및 단일 튜브렌즈(이 경우에, 상기 대물렌즈(58) 및 상기 튜브렌즈(60))를 사용할 수 있으므로, 교정의 용이성 및 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0214] 예시적인 제1 3D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(700) 또는 예시적인 제2 웨이퍼 스캐닝 프로세스(750)를 완료하면, 단계(416) 및 단계(418)를 실행함으로써 획득된 반도체 웨이퍼(12)에서 탐지된 모든 결함들 및 상기 결함들의 장소 및 분류가 바람직하게는 통합된다. 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류를 통합함으로써, 단계(420)에서 리뷰 스캔 이동 경로를 계산할 수 있다. 바람직하게는, 상기 리뷰 스캔 이동 경로는 웨이퍼 스캔 이동 경로를 따라 반도체 웨이퍼(12)에서 탐지된 결함의 위치에 기초하여 계산된다. 게다가, 리뷰 스캔 이동 경로에 따른 결함 이미지 캡쳐 위치는 단계(420)에서 계산되거나 또는 결정된다. 상기 결함 이미지 캡쳐 위치는 바람직하게는 단계(416) 및 단계(418) 동안 결함이 탐지되었던 반도체 웨이퍼(12)에서의 위치(즉, 반도체 웨이퍼(12)의 DROI)에 대응된다.

[0215] 예시적인 방법(400)의 단계(422)에서는, 예시적인 리뷰 프로세스(800)가 실행된다. 상기 리뷰 프로세스(800)는 단계(416) 및 단계(418)에서 탐지된 결함을 리뷰할 수 있다. 바람직하게는, 상기 리뷰 프로세스(800)는 제1 모드(800a), 제2 모드(800b) 및 제3 모드(800c) 중 하나 이상의 모드를 통하여 실행된다. 예시적인 리뷰 프로세스(800)의 방법 플로우 챠트가 도 27에 도시되어 있다.

[0216] 예시적인 리뷰 프로세스(800)

[0217] 전술한 바와 같이, 리뷰 프로세스(800)는 바람직하게는 3개의 리뷰 모드, 즉 제1 모드(800a), 제2 모드(800b) 및 제3 모드(800c)를 포함한다. 단계(802)에서는, 리뷰 모드(제1 모드(800a), 제2 모드(800b) 및 제3 모드(800c) 중 하나)가 선택된다.

[0218] 리뷰 프로세스(800)의 제1 모드(800a)

[0219] 리뷰 프로세스(800)의 제1 모드(800a)의 단계(804)에서는, 상기 방법(400)의 단계(416)에서 실행된 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600) 동안 탐지된 모든 결함의 제1 이미지 및 제2 이미지가 통합되어 저장된다.

[0220] 단계(806)에서는, 통합되어 저장된, 반도체 웨이퍼(12)에서 탐지된 결함의 제1 이미지 및 제2 이미지는 오프라인 리뷰(offline review)를 위해 외부 저장장치 또는 서버로 업로딩되거나 또는 전송된다.

[0221] 단계(808)에서, 상기 반도체 웨이퍼(12)(즉, 웨이퍼 테이블(16)에 있는 현재의 반도체 웨이퍼(12))는 업로딩되고 제2 웨이퍼가 로봇식 암에 의해 웨이퍼 스택(20)에서 웨이퍼 테이블(16) 위로 로딩된다. 단계(810)에서, 단계(804) 내지 단계(808)는 제2 웨이퍼에 대해 반복된다.

[0222] 단계(804) 내지 단계(810)는, 웨이퍼 스택(20)의 웨이퍼의 개수에 따라 몇번이고 순차적으로 반복된다. 단계(804) 내지 단계(810)를 반복함으로써, 웨이퍼 스택(20)의 각 웨이퍼에 대해 획득된 제1 이미지 및 제2 이미지를 통합하여 저장하고, 상기 제1 이미지 및 상기 제2 이미지를 오프라인 리뷰를 위해 외부 저장장치 또는 서버에 업로딩한다. 당해 기술 분야의 당업자는, 제1 모드(800a)로 인해 사용자 개입 없이 그리고 생산과정에 영향을 미치지 않으면서 단계(804) 내지 단계(810)를 자동으로 실행할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 상기 방법은, 사용자가 저장된 이미지의 오프라인 리뷰를 실행할 수 있는 동안에 계속하여 생산할 수 있도록 한다. 상기 방법은 시스템(10) 이용률 및 생산성을 증가시킨다.

[0223] 리뷰 프로세스(800)의 제2 모드(800b)

[0224] 리뷰 프로세스(800)의 제2 모드(800b)의 단계(820)에서, 다수의 리뷰 이미지가 단계(420)에서 계산된 각각의 결함 이미지 캡쳐 위치에서 캡쳐된다. 더 명확하게는, 리뷰 명시야 이미지 및 리뷰 암시야 이미지가 도 14에 도시된 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)를 사용하여 단계(420)에서 계산된 각각의 결함 이미지 캡쳐 위치에서 캡쳐된다. 즉, 명시야 조명기(62)를 사용하는 리뷰 명시야 이미지 및 암시야 조명기(64)를 사용하는 리뷰 암시야 이미지가 단계(416)의 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)에 의해 탐지된 각각의 결함에서 캡쳐된다. 다수의 리뷰 이미지 각각은 리뷰 이미지 캡쳐장치(60)에 의해 캡쳐된다. 바람직하게는, 다수의 리뷰 이미지 각각은 착색된 이미지이다.

[0225] 본 발명에 대해 기재한 설명을 읽은 당해 기술 분야의 당업자는, 명시야 리뷰 이미지 및 암시야 리뷰 이미지를 캡쳐하기 위하여 사용되는 명시야 조명 및 암시야 조명의 강도가 각각 필요에 따라 결정될 수 있고 변화될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 다수의 리뷰 이미지를 캡쳐하기 위해 사용되는 조명의 강도는 상기 시스템(10)의 사용자가 리뷰하길 원하는 웨이퍼 결함의 유형에 기초하여 또는 반도체 웨이퍼(12)의 물질에 기초하여 선택될 것이다. 또한, 사용자에 의해 설정된 명시야 및 암시야 조명의 다양한 강도 수준 및 다양한 조합을 사용하여 다수의 리뷰 이미지를 캡쳐할 수 있다.

[0226] 단계(822)에서는, 단계(420)에서 계산된 결함 이미지 캡쳐 위치 각각에서 캡쳐된 다수의 리뷰 이미지가 통합되고 저장된다. 이때, 결함 이미지 캡쳐 위치 각각에서 캡쳐되어 통합 및 저장된 리뷰 이미지는 단계(824)에서 오프라인 리뷰를 위해 외부 저장장치 또는 서버에 업로딩된다.

[0227] 단계(826)에서, 반도체 웨이퍼(12)(즉, 웨이퍼 테이블(12)에 있는 현재의 반도체 웨이퍼(12))는 업로딩되고, 제2 반도체 웨이퍼(12)가 로봇식 웨이퍼 핸들러(18)에 의해 웨이퍼 스택(20)으로부터 웨이퍼 테이블(16) 위로 업로딩된다. 단계(828)에서는, 단계(402) 내지 단계(422) 각각이 상기 제2 반도체 웨이퍼(12)에 대해 반복된다. 상기 제2 반도체 웨이퍼(12)에서 탐지된 결함의 통합 및 저장된 제1 이미지 및 제2 이미지는 외부 저장장치 또는 서버에 업로딩된다.

[0228] 리뷰 프로세스(800)의 제2 모드(800b)에서, 단계(820) 내지 단계(828)는 웨이퍼 스택(20)의 반도체 웨이퍼(12)의 수에 따라 몇번이고 반복될 수 있다. 단계(820) 내지 단계(828)를 반복함으로써, 웨이퍼 스택(20)의 각 웨이

퍼에 대해 획득된 캡쳐된 명시야 리뷰 이미지 및 암시야 리뷰 이미지를 통합하고 저장하며, 상기 제1 이미지 및 제2 이미지를 오프라인 리뷰를 위해 외부 저장장치 또는 서버에 업로딩한다.

[0229] 사용자가 저장된 이미지의 오프라인 리뷰를 실행할 수 있는 동안, 상기 방법은 계속하여 생산할 수 있도록 한다. 상기 방법은, 기계 이용률에 영향을 미치지 않으면서 오프라인 리뷰를 위해 다양한 조합 조명들 각각의 다수의 이미지를 캡쳐할 수 있도록 하고, 생산성을 향상시킨다.

[0230] 리뷰 프로세스(800)의 제3 모드(800c)

[0231] 리뷰 프로세스(800)의 제3 모드(800c)는 바람직하게는 수동 입력, 더 명확하게는 사용자에 의한 입력 또는 명령어에 의해 초기화된다. 단계(840)에서, 사용자는 제1 결함 이미지 캡쳐 위치에서 제1 리뷰 명시야 이미지 및 제1 리뷰 암시야 이미지를 캡쳐한다. 단계(842)에서, 사용자는 캡쳐된 제1 리뷰 명시야 이미지 및 제1 리뷰 암시야 이미지를 수동으로 검사 또는 리뷰한다. 바람직하게는, 상기 제1 리뷰 명시야 이미지 및 상기 제1 리뷰 암시야 이미지는 사용자에 의한 시각적 검사를 가능하게 하기 위하여 스크린 또는 모니터에 디스플레이된다. 사용자는 명시야 및 암시야 조명기를 사용하여 상이한 조명 조합에서 결함을 볼 수 있다.

[0232] 단계(844)에서, 사용자는 제1 결함 이미지 캡쳐 위치에 대응되는 결함을 수용하거나 또는 탈락시키거나 또는 재분류한다. 이때, 단계(840) 내지 단계(844)는 단계(420)에서 계산된 모든 결함 이미지 캡쳐 위치 각각에 대해 순차적으로 반복된다.

[0233] 단계(840) 내지 단계(844)가 모든 결함 이미지 캡쳐 위치 각각에 대해 순차적으로 반복된 후, 양성 결함(positive defect) 및 상기 결함의 분류는 단계(846)에서 통합되고 저장된다. 이후, 통합되고 저장된 양성 결함 및 상기 결함의 분류는 단계(848)에서 외부 저장장치 또는 서버로 업로딩되거나 또는 전송된다. 리뷰 프로세스(800)의 제3 모드(800c)에서, 반도체 웨이퍼(12)(즉, 웨이퍼 테이블(16)에 있는 현재의 반도체 웨이퍼(12))는, 단계(846)가 완료된 후 단지 업로딩된다. 따라서, 당해 기술의 당업자는, 리뷰 방법의 제3 모드(800c)에서 각 웨이퍼의 시각적 검사 또는 리뷰를 실행하기 위해 사용자가 지속적으로 존재하여야 한다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0234] 리뷰 프로세스(800)의 단계(848)에서, 반도체 웨이퍼(12)(즉, 웨이퍼 테이블(16)에 있는 현재의 반도체 웨이퍼(12))는 업로딩되고, 이후 로봇식 웨이퍼 핸들러(18)는 제2 반도체 웨이퍼(12)를 웨이퍼 스택(20)으로부터 웨이퍼 테이블(16) 위로 로딩한다. 단계(840) 내지 단계(848)는, 검사하고자 하는 반도체 웨이퍼(12)의 수에 따라(또는 웨이퍼 스택(20)에 있는 반도체 웨이퍼(12)의 수에 따라) 몇번이고 반복된다.

[0235] 본 발명에 대한 전술한 설명을 읽은 당해 기술 분야의 당업자는 리뷰 방법의 제1 모드(800a) 및 제2 모드(800b)가 캡쳐된 이미지를 무분별하게 통합하고 저장하며 외부 저장장치 또는 서버에 업로딩한다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 상기 제1 모드(800a) 및 상기 제2 모드(800b)는 자동화된 리뷰 방법을 나타낸다. 사용자는 필요에 따라 캡쳐된 이미지의 오프라인 리뷰를 위해 외부 저장장치 또는 서버에 접근할 수 있다. 상기 제1 모드(800a) 및 상기 제2 모드(800b)로 인해, 웨이퍼 스택(20)의 각 웨이퍼를 연속적으로 리뷰할 수 있거나 또는 연속적으로 이미지 캡쳐, 통합, 업로딩 및 저장을 실행할 수 있다.

[0236] 당해 기술 분야의 당업자는, 3개의 리뷰 모드, 즉 제1 모드(800a), 제2 모드(800b) 및 제3 모드(800c)가 본 발명에 대한 설명에 기재되어 있기 때문에, 당해 기술 분야의 당업자가 대체적인 리뷰 방법 또는 3개의 리뷰 모드(800a, 800b, 800c) 각각의 단계의 상이한 치환(permutation) 또는 조합을 사용할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 게다가, 당해 기술 분야의 당업자는, 3개의 리뷰 모드(800a, 800b, 800c)가 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 당해 기술 분야에 공지되어 있는 방법을 사용하여 필요에 따라 각각 수정되거나 또는 변경될 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0237] 리뷰 프로세스(800)의 실행 후, 확인된 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류는 단계(426)에서 연합되고 저장된다. 상기 확인된 결함 및 상기 결함의 장소 및 분류는 데이터베이스에 또는 외부 데이터베이스에 또는 메모리 공간에 연합되고 저장된다. 웨이퍼 맵 또한 단계(426)에서 업데이트된다.

[0238] 전술한 바와 같이, 캡쳐된 명시야 이미지, DHA 이미지 및 DLA 이미지 각각은 반도체 웨이퍼(12)를 식별하거나 또는 탐지하기 위하여 대응되느 골든 기준 또는 기준 이미지와 비교된다. (도 18에 도시된 바와 같이) 본 발명에 의해 제공되는 예시적인 기준 이미지 형성 프로세스(900)으로 인해, 이러한 기준 이미지를 생성하거나 형성할 수 있다. 당해 기술 분야의 당업자는 상기 기준 이미지 형성 프로세스(900) 또한 트레이닝 방법(training

process)이라 할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0239] 전술한 바와 같이, 2D 웨이퍼 스캐닝 프로세스(500) 동안 캡쳐된 2D 명시야 이미지, 2D DHA 이미지 및 2D DLA 이미지 각각은 바람직하게는 기준 이미지 형성 프로세스(900)에 의해 생성된 대응되는 기준 이미지에 매칭된다.

[0240] 예시적인 비교 방법은 이미 2D 이미지 프로세싱 프로세스(600)에 기술되어 있다. 그러나, 더 명확하게 하기 위하여, 작업 이미지 및 기준 이미지 사이의 매칭에 대한 개요가 이하에 제공된다. 처음에, 선택된 작업 이미지의 서브픽셀 정렬은 견본, 트레이스, 범프, 패드 및 다른 특수 패턴을 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 기지의 기준을 사용하여 실행된다. 두 번째로, 작업 이미지가 캡쳐되었던 이미지 캡쳐 위치에서의 반도체 웨이퍼(12)의 기준 강도가 계산된다. 이후, 작업 이미지와 매칭하기 위한 적절한 기준 이미지가 선택된다. 바람직하게는, 상기 적절한 기준 이미지는 기준 이미지 형성 프로세스(900)에 의해 생성된 다수의 기준 이미지에서 선택된다.

[0241] 바람직하게는, CPU는 작업 이미지가 매칭될 적절한 기준 이미지를 선택하고 추출할 수 있도록 하기 위하여 프로그래밍된다. 바람직하게는, 기준 이미지 형성 프로세스(900)에 의해 기준 이미지들의 각 픽셀의 정상화된 평균 또는 기하평균, 표준 편차, 최대 및 최소 강도를 계산하고 저장함으로써, 작업 이미지가 비교될 적절한 기준 이미지의 추출 과정의 속도 및 정확도를 향상시킨다.

[0242] 이후, 작업 이미지의 각 픽셀에 대한 대응되는 정량적 데이터가 계산된다. 예를 들어, 정량적 데이터는 작업 이미지의 각 픽셀의 정상화된 평균 또는 기하평균, 표준 편차, 최대 및 최소 강도이다. 이후, 작업 이미지의 각 픽셀에 대한 정량적 데이터 값은 선택된 기준 이미지의 각 픽셀의 대응되는 데이터 값에 대해 참조되거나 또는 점검된다.

[0243] 작업 이미지의 픽셀 및 기준 이미지의 픽셀 사이의 정량적인 데이터 값을 비교함으로써, 결함을 식별하거나 또는 탐지할 수 있다. 바람직하게는, 미리정해진 한계값이 사용자에 의해 설정된다. 작업 이미지의 픽셀 및 기준 이미지의 픽셀의 정량적인 데이터 값 사이의 차이가 곱셈값, 덧셈값 및 상수값 중 하나로 미리정해진 한계값에 대해 매칭된다. 작업 이미지의 픽셀 및 기준 이미지의 픽셀의 정량적인 데이터 값 사이의 차이가 미리정해진 한계값보다 큰 경우, 결함(또는 결함들)은 플래깅(flagged)된다.

[0244] 미리정해진 한계값은 필요에 따라 변화될 수 있다. 바람직하게는, 미리정해진 한계값은 상기 방법(400)의 엄격성(stringency)을 조절하기 위하여 변화된다. 게다가, 미리정해진 한계값은 바람직하게는 탐지하고자 하는 결함의 유형, 검사를 위해 제공된 반도체 웨이퍼(12)의 소재 또는 조명 조건에 따라 필요에 따라 변화된다. 게다가, 미리정해진 한계값은 고객의 필요에 따라 또는 더 일반적으로는 반도체 산업의 필요에 따라 변경될 수 있다.

[0245] 반도체 웨이퍼를 검사히기 위한 예시적인 시스템(10) 및 예시적인 방법(400)에 대해 전술하였다. 전술한 설명을 읽은 당해 기술 분야의 당업자는, 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 상기 시스템(10) 및 상기 방법(400)에 대해 수정할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 상기 방법(400)의 단계들의 순서 및 상기 프로세스(500, 600, 700, 750, 800, 900)의 단계들의 순서는 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 수정될 수 있다.

[0246] 본 발명의 시스템(10) 및 방법(400)의 목적은, 반도체 웨이퍼를 정확하게 비용 효율적으로 가능하게 하는 것이다. 반도체 웨이퍼가 이동하는 동안 상기 시스템(10) 및 상기 방법(400)으로 반도체 웨이퍼를 자동으로 검사할 수 있기 때문에, 반도체 웨이퍼의 검사 효율을 향상시킨다. 이는, 기존의 몇몇 반도체 웨이퍼 검사 시스템의 경우처럼 이미지 캡쳐를 위해 검사 위치에서 각각의 반도체 웨이퍼를 감속하고 정지시키기 위한 시간이 낭비되지 않고, 이미지가 캡쳐된 후 검사 위치로부터 반도체 웨이퍼를 순차적으로 가속하고 이송하기 위한 시간이 낭비되지 않기 때문이다. 다수의 이미지 캡쳐들 사이의 기지의 이미지 오프셋으로 인해, 캡쳐된 이미지를 처리할 수 있고, 이로 인해 상기 이미지에 존재할 수 있는 결함을 탐지할 수 있다. 동일한 반도체 웨이퍼를 위한 특정 세트의 이미지에 대한 오프셋으로 인해, 소프트웨어는 반도체 웨이퍼에서의 결함의 좌표를 정확하게 결정할 수 있고, 이어서 전체 프레임에서 반도체 웨이퍼의 위치를 정확하게 결정할 수 있다. 바람직하게는, 상기 오프셋은 X 변위 모터 및 Y 변위 모터에서의 인코더 값을 판독함으로써 결정되고, 결함 또는 결함들의 좌표를 계산하는데 사용된다. 게다가, 모든 검사 장소에서 두 개의 이미지의 사용으로 인해, 더 정확한 반도체 웨이퍼 검사를 가능하게 하기 위하여 두 개의 상이한 이미징 기술의 장점을 결합한다.

[0247] 또한, 당해 기술 분야의 당업자는, 이미지 캡쳐의 시간 동기화(time-synchronization)가 필요에 따라 변경될 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 더 명확하게는, 이러한 시간 동기화는 캡쳐된 이미지들 사이의 이미지 오프셋을 보상하는 프로그램가능한 제어기의 성능을 향상시키기 위하여 조절될 수 있다. 본 발명의 시스템(10) 및 방법(400)은 검사 품질의 저하를 최소화하도록 이미지를 캡쳐하는 대응되는 이미지 캡쳐장치의 노출 및 조명의 공급

사이에서 정확하게 동기화가능하도록 한다.

[0248] 상기 시스템(10)과 함께 사용되는 조명은 향상된 품질의 이미지의 캡처를 위해 전체가 가시광선 스펙트럼 범위 내에 있을 수 있다. 상기 시스템(10)으로 이미지를 캡처하기 위하여 공급되는 조명의 강도 및 그 조합은 탐지하고자 하는 결함의 유형, 반도체 웨이퍼의 소재 및 반도체 웨이퍼 검사의 엄격성을 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 인자에 따라 필요한 경우 용이하게 선택되고 변화될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 시스템(10) 및 방법(400)으로 인해, 반도체 웨이퍼가 이동하는 동안 반도체 웨이퍼에서의 3D 요소의 높이를 측정할 수 있고, 3D 프로필 이미지를 분석할 수 있다.

[0249] 본 발명의 시스템(10)은 광학기구(즉, 광학 검사헤드(14))을 가지고, 상기 광학기구는 반도체 웨이퍼 구조체 또는 특징에서의 변화에 맞추도록 잦은 공간 재구성을 필요로 하지 않는다. 게다가, 상기 시스템(10)과 함께 튜브 렌즈를 사용함으로써, 상기 시스템(10), 더 명확하게는 광학적 검사 헤드(14)를 용이하게 재구성할 수 있고 설계할 수 있다. 튜브렌즈의 사용으로 인해, 상기 시스템 내에, 더 명확하게는 대물 렌즈와 튜브렌즈 사이에 광학적 부품 및 부대용품을 더 용이하게 도입할 수 있다.

[0250] 본 발명의 시스템(10)은 상기 시스템(10)으로의 원치 않는 진동을 완충시키는 진동절연장치(24)(통상적으로 안정화 메커니즘으로 공지되어 있음)를 포함한다. 상기 진동절연장치(24)는 제1 이미지 캡처장치(32), 제2 이미지 캡처장치(34), 3D 프로필 카메라 및 리뷰 이미지 캡처장치(62)에 의해 캡처된 이미지의 품질을 향상시키고, 이로 인해 결함 탐지의 정확도를 향상시킨다. 게다가, 상기 시스템(10)의 XY 변위 테이블(22)은 검사 위치에 대해 반도체 웨이퍼를 정확하게 이동시키고 정렬할 수 있다.

[0251] 배경기술에서 기재한 바와 같이, 기존의 기준 이미지 형성 또는 생성 방법은 "양호한" 반도체 웨이퍼를 수동으로 선택하여야 하고, 이는 형성된 기준 이미지의 상대적인 부정확성(inaccuracy) 및 비일관성(inconsistency)을 야기한다. 따라서, 반도체 웨이퍼 검사의 품질은 악영향을 받는다. 본 발명의 시스템(10) 및 방법(400)은, "양호한" 반도체 웨이퍼를 수동으로 선택(주관적인 선택)하지 않으면서 기준 이미지를 생성함으로써 검사의 품질을 향상시킨다. 기준 이미지 형성 프로세스(900)는 반도체 웨이퍼의 상이한 장소를 가로질러 상이한 한계의 강도를 가할 수 있도록 한다. 따라서, 상기 방법(400)은 결함의 잘못된 탐지 또는 원치 않는 탐지를 감소시킬 수 있고, 궁극적으로 반도체 웨이퍼 검사의 품질을 향상시킬 수 있다.

[0252] 본 발명은 기준 이미지와 미지의 품질의 반도체 웨이퍼의 캡처된 이미지를 비교하는 분석 모델을 사용하여 자동화된 결함 탐지를 가능하게 한다. 또한, 본 발명은 바람직하게는 디지털화된 이미지(즉, 작업 이미지 및 기준 이미지)에서 디지털 분석을 실행함으로써 자동으로 결함을 탐지할 수 있다.

[0253] 기존의 장치는 사용자가 다수의 상이한 조명 강도에서 관찰하고 사용하여 모든 결함을 결정해야하는 수동 리뷰 모드만을 제공하는데 반해, 본 발명은 생산성에 영향을 미치지 않으면서 자동화된 리뷰 모드(또는 오프라인 리뷰)를 가능하게 하고 기계 이용률을 향상시킨다.

[0254] 앞서의 방식으로, 본 발명의 실시예에 의해 제공되는 반도체 웨이퍼 및 부품을 검사하는 예시적인 시스템 및 예시적인 방법이 기재되어 있다. 상기 예시적인 시스템 및 방법은 배경기술에서 언급한 바와 같이 기존의 반도체 검사 시스템 및 방법이 직면한 하나 이상의 단점 또는 문제점을 해결할 수 있다. 그러나, 당해 기술 분야의 당업자는, 본 발명이 전술한 실시예의 특정 형태, 배열 또는 구조에 제한되지 않는다는 것을 알 수 있다. 본 발명에 대한 설명을 고려해 볼 때, 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 다수의 변경 및/또는 수정이 가능하다는 것은 당해 기술 분야의 당업자에게 자명할 것이다.

부호의 설명

[0255] 10: 시스템

12: 반도체 웨이퍼

14: 광학 검사헤드

16: 웨이퍼 이동테이블

18: 웨이퍼 핸들러

20: 웨이퍼 적층모듈

22: XY-이동 테이블

24: 진동절연장치

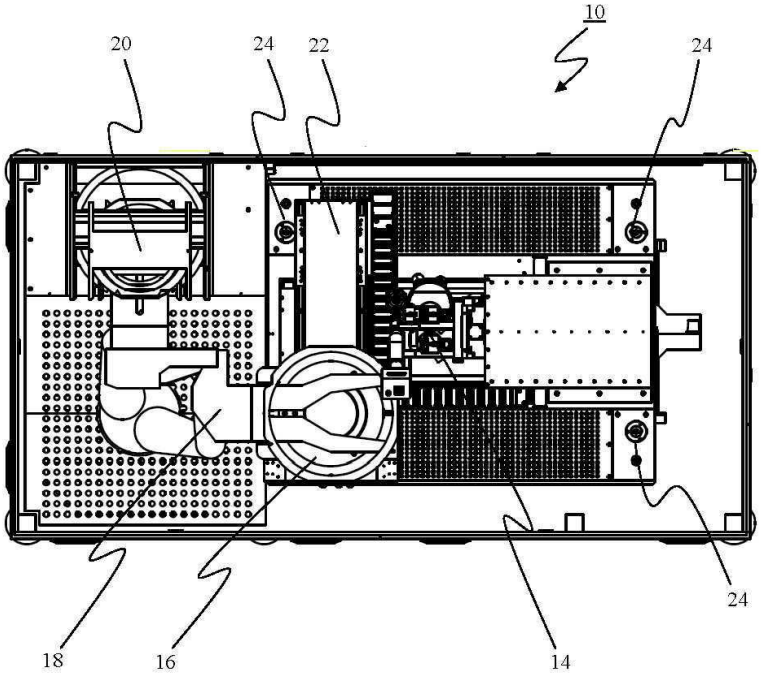
26: 명시야 조명기

28: 로우앵글 암시야 조명기

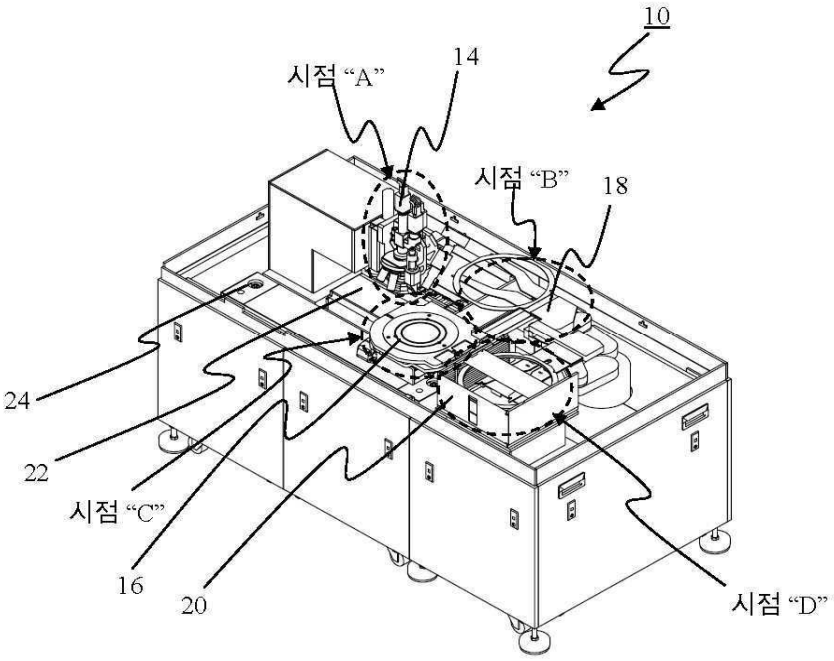
30: 하이앵글 암시야 조명기

도면

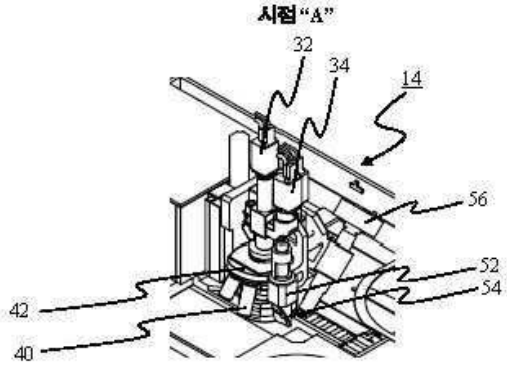
도면1



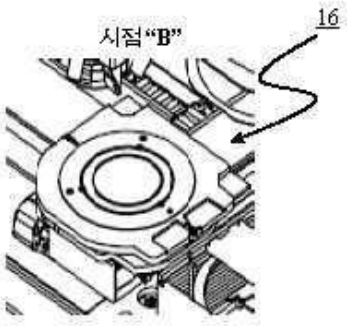
도면2



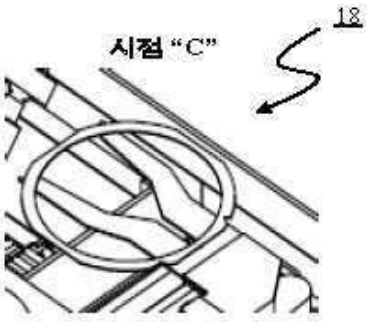
도면3



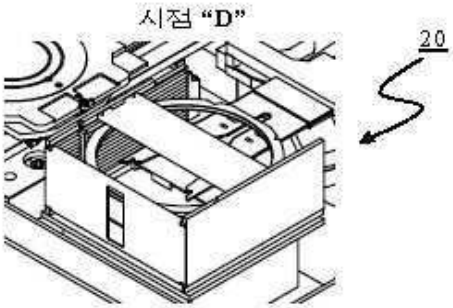
도면4



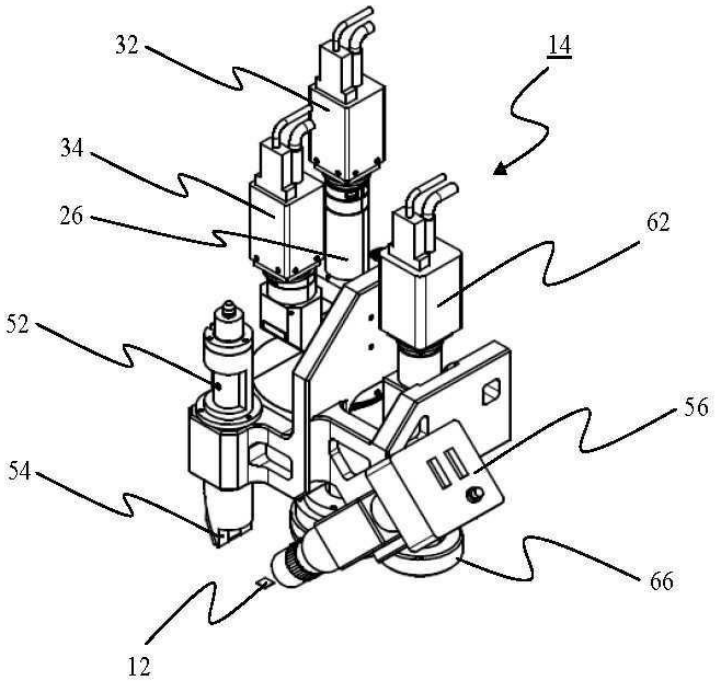
도면5



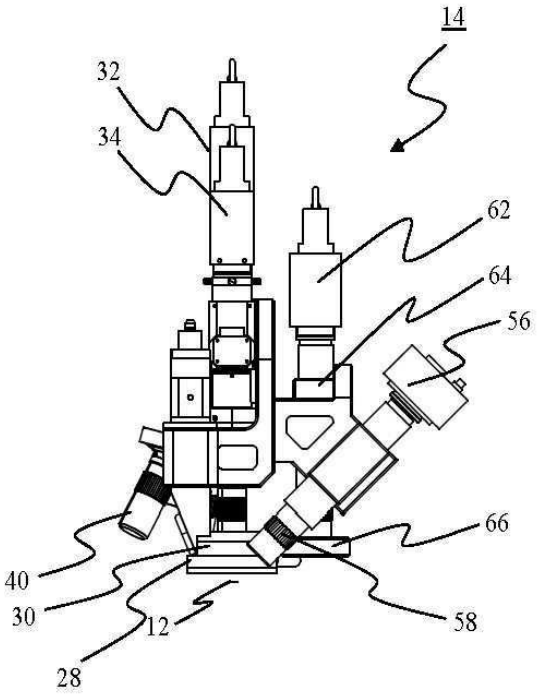
도면6



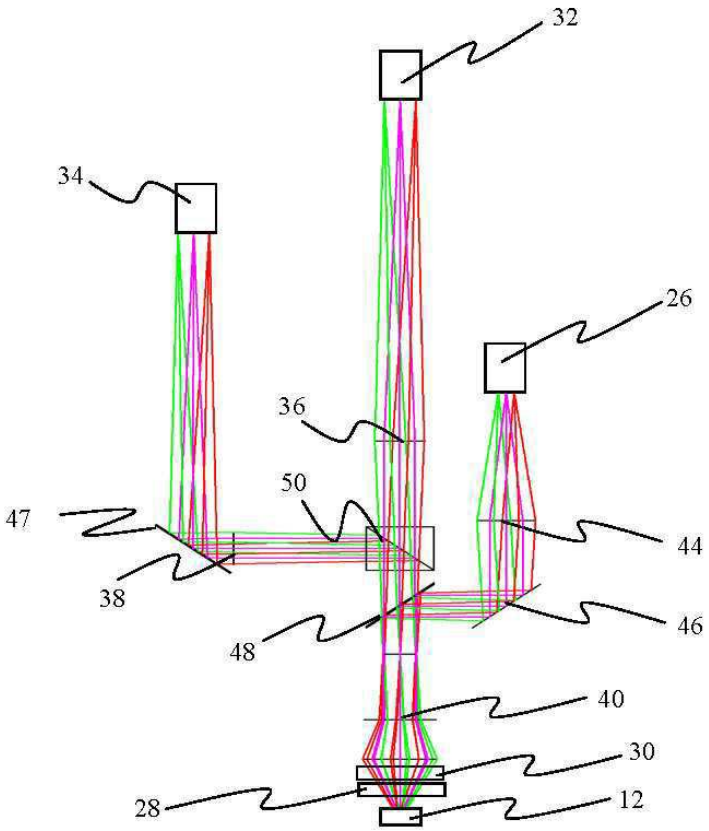
도면7



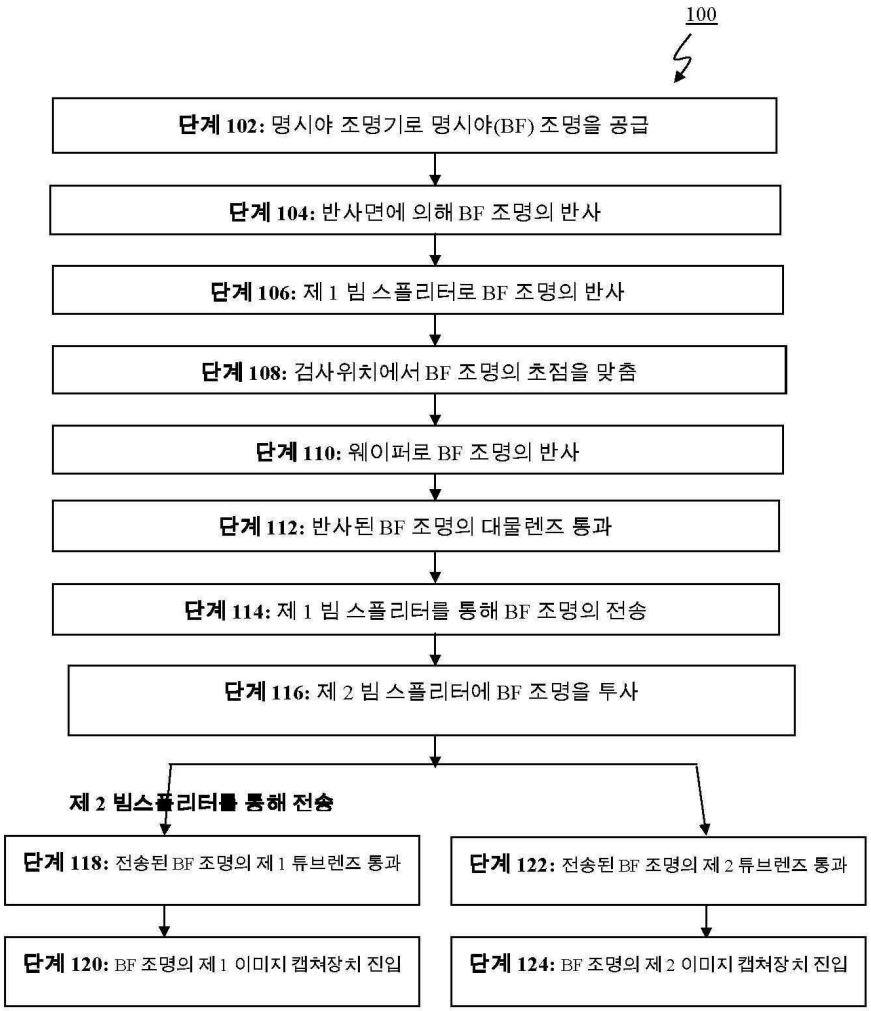
도면8



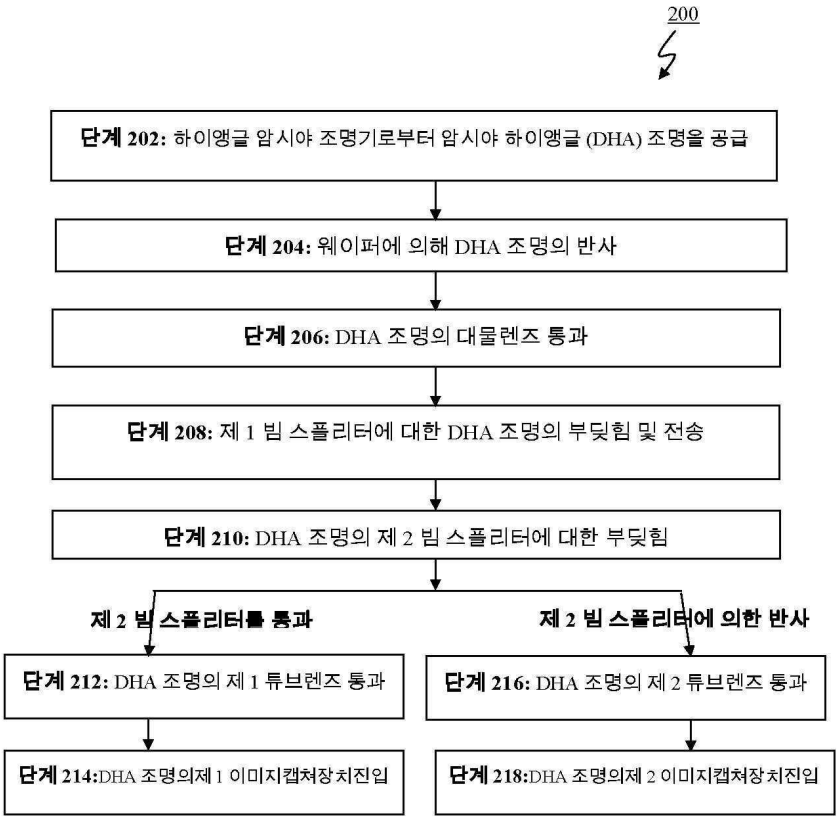
도면9



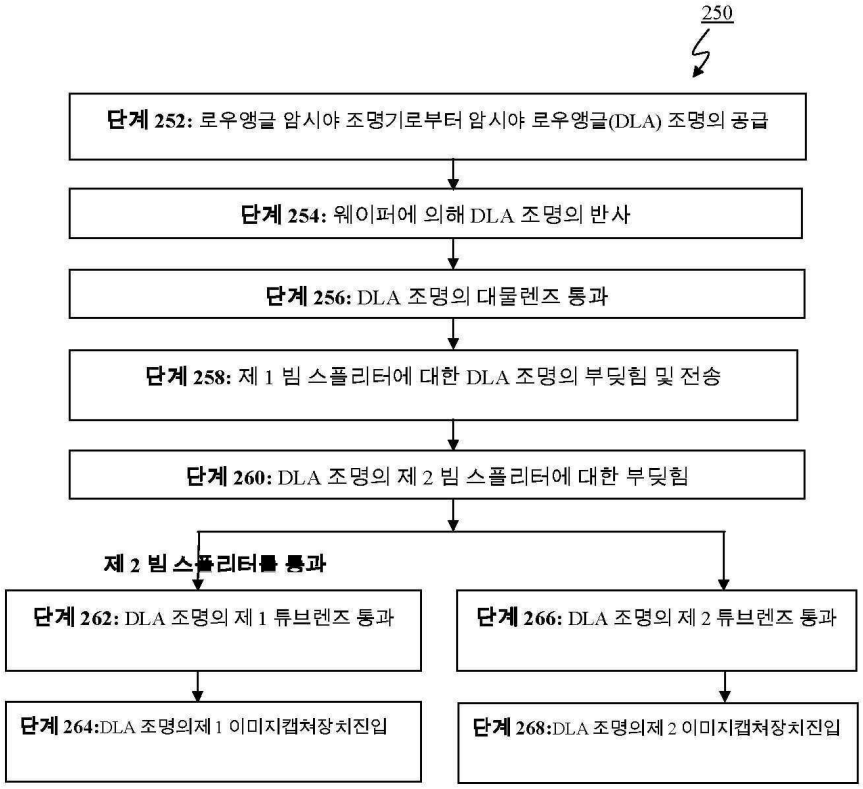
도면10


100
단계 102: 명시야 조명기로 명시야(BF) 조명을 공급
단계 104: 반사면에 의해 BF 조명의 반사
단계 106: 제 1 빔 스플리터로 BF 조명의 반사
단계 108: 검사위치에서 BF 조명의 초점을 맞춤
단계 110: 웨이퍼로 BF 조명의 반사
단계 112: 반사된 BF 조명의 대물렌즈 통과
단계 114: 제 1 빔 스플리터를 통해 BF 조명의 전송
단계 116: 제 2 빔 스플리터에 BF 조명을 투사
제 2 빔스플리터를 통해 전송
단계 118: 전송된 BF 조명의 제 1 튜브렌즈 통과
단계 120: BF 조명의 제 1 이미지 캡쳐장치 진입
단계 122: 전송된 BF 조명의 제 2 튜브렌즈 통과
단계 124: BF 조명의 제 2 이미지 캡쳐장치 진입

도면11


200
단계 202: 하이앵글 암시야 조명기로부터 암시야 하이앵글 (DHA) 조명을 공급
단계 204: 웨이퍼에 의해 DHA 조명의 반사
단계 206: DHA 조명의 대물렌즈 통과
단계 208: 제 1 빔 스플리터에 대한 DHA 조명의 부딪힘 및 전송
단계 210: DHA 조명의 제 2 빔 스플리터에 대한 부딪힘
제 2 빔 스플리터를 통과
제 2 빔 스플리터에 의한 반사
단계 212: DHA 조명의 제 1 튜브렌즈 통과
단계 216: DHA 조명의 제 2 튜브렌즈 통과
단계 214:DHA 조명의제 1 이미지캡쳐장치진입
단계 218:DHA 조명의제 2 이미지캡쳐장치진입

도면12



도면13

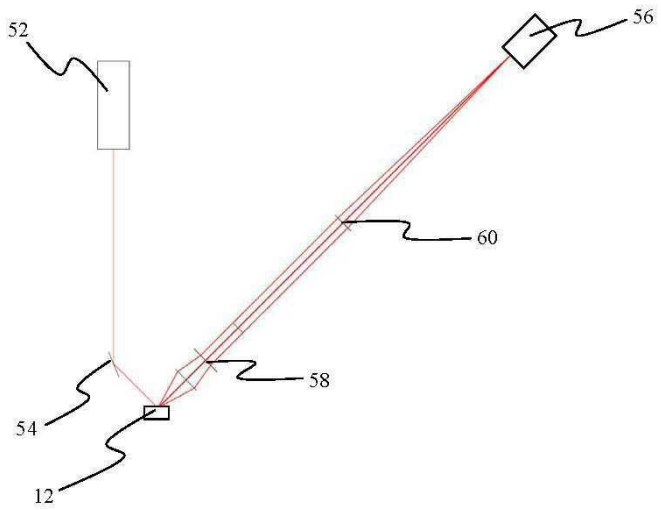
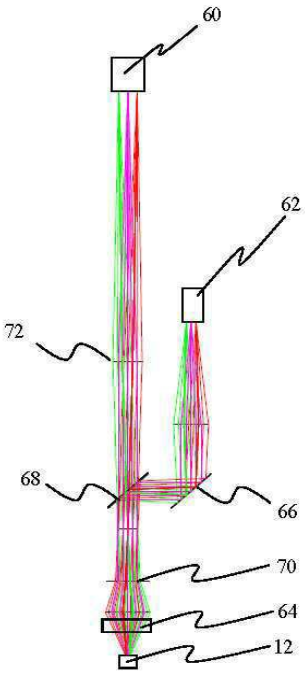
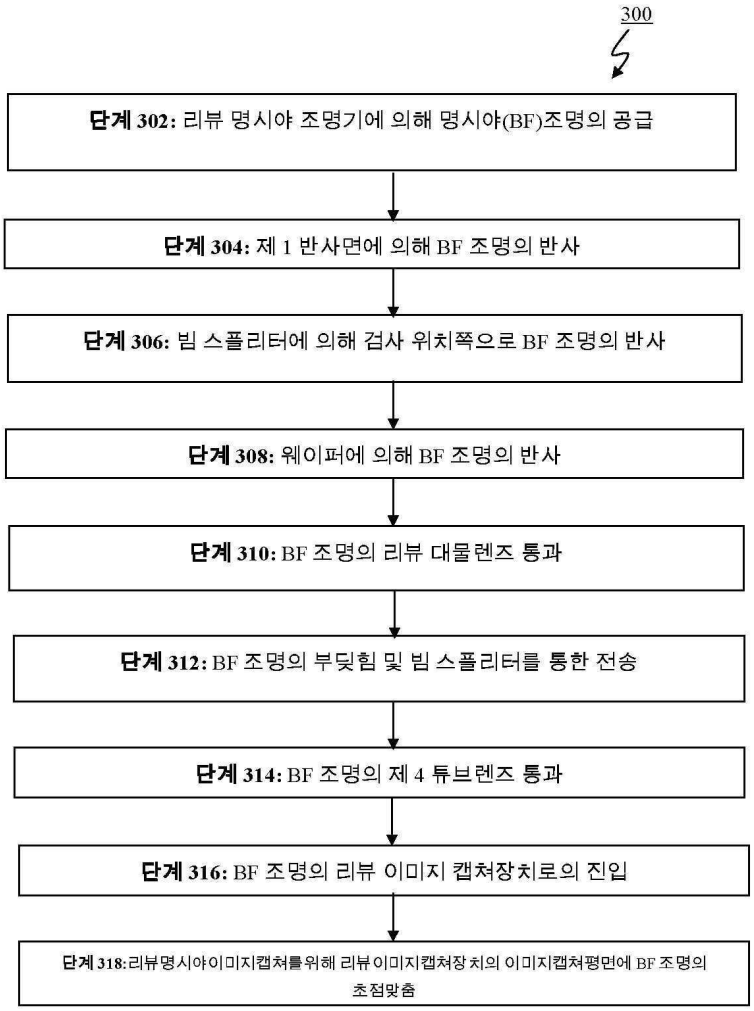


FIG. 13

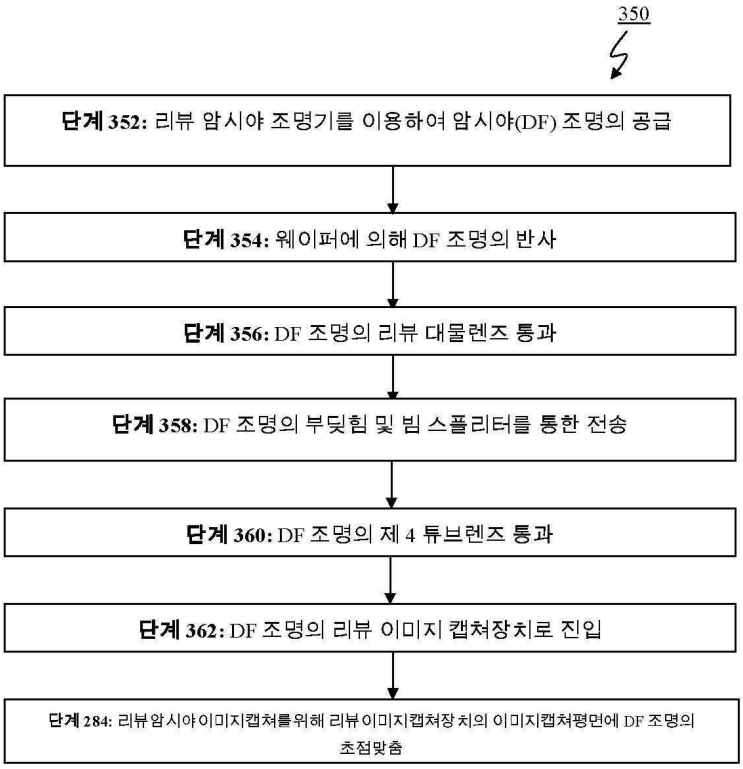
도면14



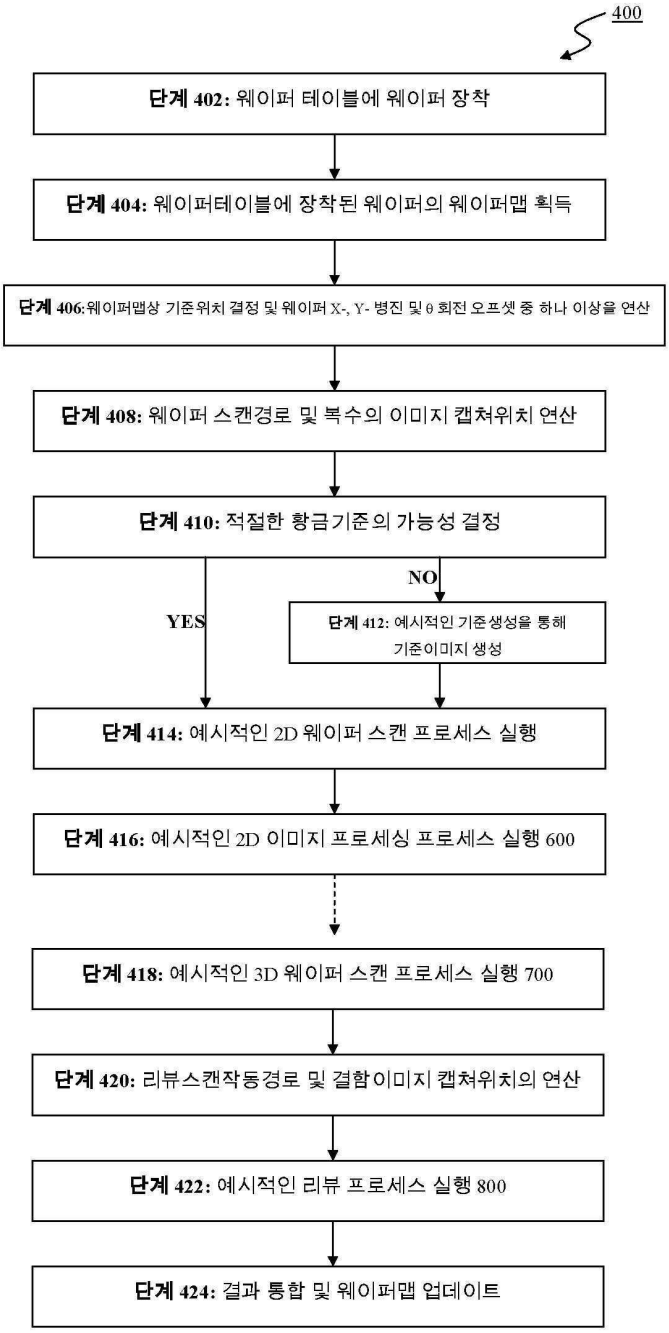
도면15


300
단계 302: 리뷰 명시야 조명기에 의해 명시야(BF)조명의 공급
단계 304: 제 1 반사면에 의해 BF 조명의 반사
단계 306: 빔 스플리터에 의해 검사 위치쪽으로 BF 조명의 반사
단계 308: 웨이퍼에 의해 BF 조명의 반사
단계 310: BF 조명의 리뷰 대물렌즈 통과
단계 312: BF 조명의 부딪힘 및 빔 스플리터를 통한 전송
단계 314: BF 조명의 제 4 튜브렌즈 통과
단계 316: BF 조명의 리뷰 이미지 캡쳐장치로의 진입
단계 318:리뷰명시야이미지캡쳐를위해 리뷰이미지캡쳐장치의 이미지캡쳐평면에 BF 조명의 초점맞춤

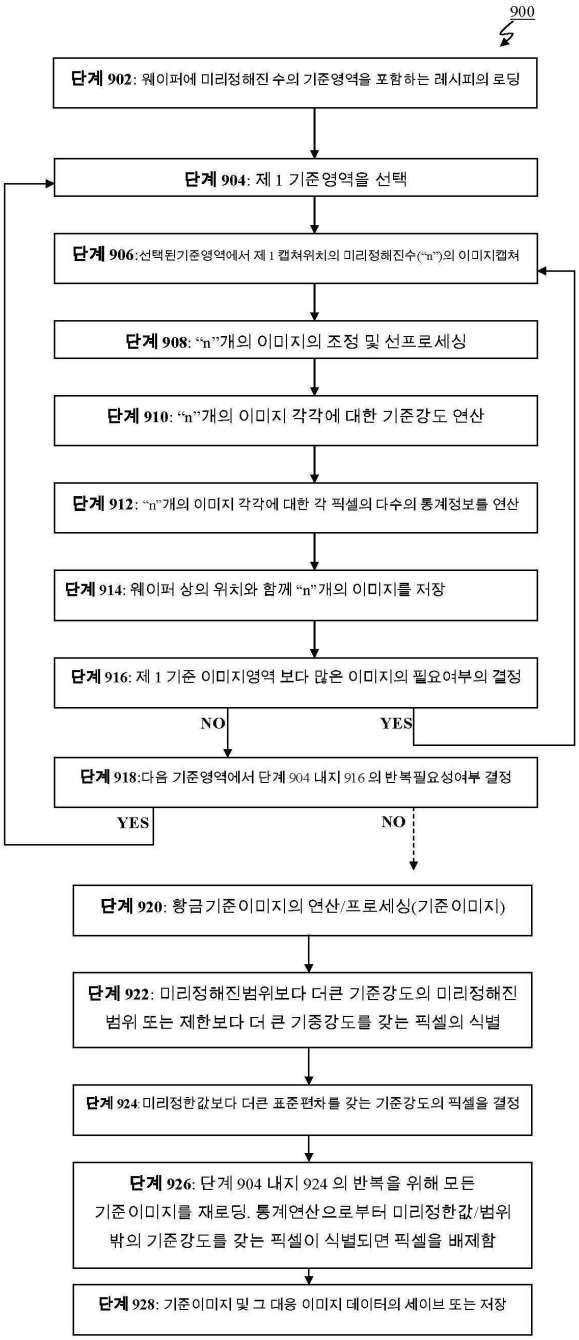
도면16


350
단계 352: 리뷰 암시야 조명기를 이용하여 암시야(DF) 조명의 공급
단계 354: 웨이퍼에 의해 DF 조명의 반사
단계 356: DF 조명의 리뷰 대물렌즈 통과
단계 358: DF 조명의 부딪힘 및 빔 스플리터를 통한 전송
단계 360: DF 조명의 제 4 튜브렌즈 통과
단계 362: DF 조명의 리뷰 이미지 캡쳐장치로 진입
단계 284: 리뷰암시야이미지캡쳐를위해 리뷰이미지캡쳐장치의 이미지캡쳐평면에 DF 조명의 초점맞춤

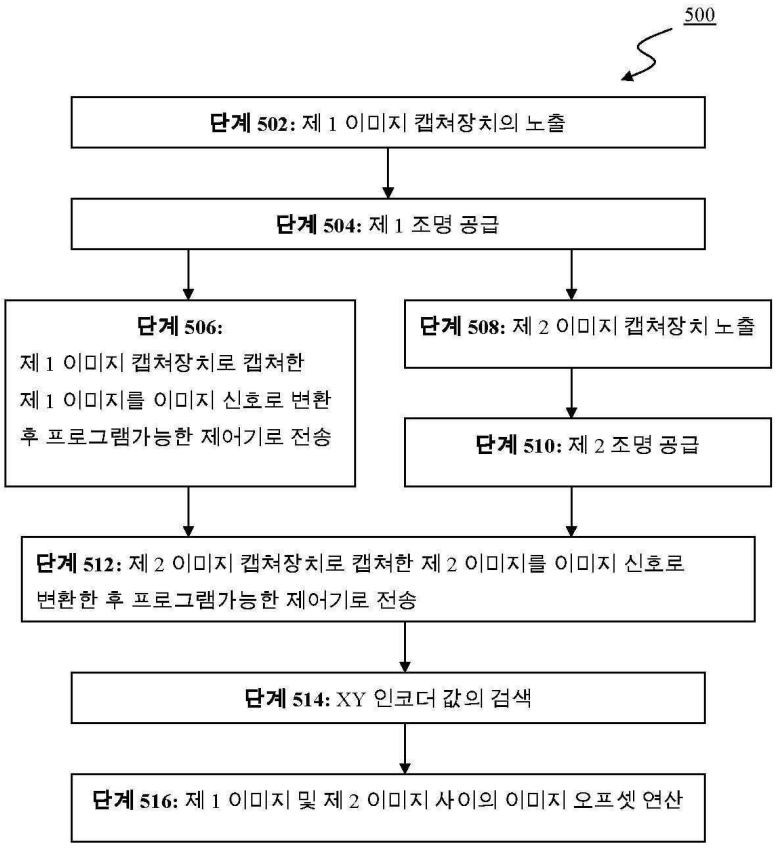
도면17


400
단계 402: 웨이퍼 테이블에 웨이퍼 장착
단계 404: 웨이퍼테이블에 장착된 웨이퍼의 웨이퍼맵 획득
단계 406: 웨이퍼맵상 기준위치 결정 및 웨이퍼 X-, Y- 병진 및 θ 회전 오프셋 중 하나 이상을 연산
단계 408: 웨이퍼 스캔경로 및 복수의 이미지 캡쳐위치 연산
단계 410: 적절한 황금기준의 가능성 결정
NO
YES
단계 412: 예시적인 기준생성을 통해 기준이미지 생성
단계 414: 예시적인 2D 웨이퍼 스캔 프로세스 실행
단계 416: 예시적인 2D 이미지 프로세싱 프로세스 실행 600
단계 418: 예시적인 3D 웨이퍼 스캔 프로세스 실행 700
단계 420: 리뷰스캔작동경로 및 결함이미지 캡쳐위치의 연산
단계 422: 예시적인 리뷰 프로세스 실행 800
단계 424: 결과 통합 및 웨이퍼맵 업데이트

도면18


900
단계 902: 웨이퍼에 미리정해진 수의 기준영역을 포함하는 레시피의 로딩
단계 904: 제 1 기준영역을 선택
단계 906:선택된기준영역에서 제 1 캡쳐위치의 미리정해진수("n")의 이미지캡쳐
단계 908: "n"개의 이미지의 조정 및 선프로세싱
단계 910: "n"개의 이미지 각각에 대한 기준강도 연산
단계 912: "n"개의 이미지 각각에 대한 각 픽셀의 다수의 통계정보를 연산
단계 914: 웨이퍼 상의 위치와 함께 "n"개의 이미지를 저장
단계 916: 제 1 기준 이미지영역 보다 많은 이미지의 필요여부의 결정
NO
YES
단계 918:다음 기준영역에서 단계 904 내지 916 의 반복필요성여부 결정
YES
NO
단계 920: 황금기준이미지의 연산/프로세싱(기준이미지)
단계 922: 미리정해진범위보다 더큰 기준강도의 미리정해진 범위 또는 제한보다 더 큰 기증강도를 갖는 픽셀의 식별
단계 924:미리정한값보다 더큰 표준편차를 갖는 기준강도의 픽셀을 결정
단계 926: 단계 904 내지 924 의 반복을 위해 모든 기준이미지를 재로딩. 통계연산으로부터 미리정한값/범위 밖의 기준강도를 갖는 픽셀이 식별되면 픽셀을 배제함
단계 928: 기준이미지 및 그 대응 이미지 데이터의 세이브 또는 저장

도면19

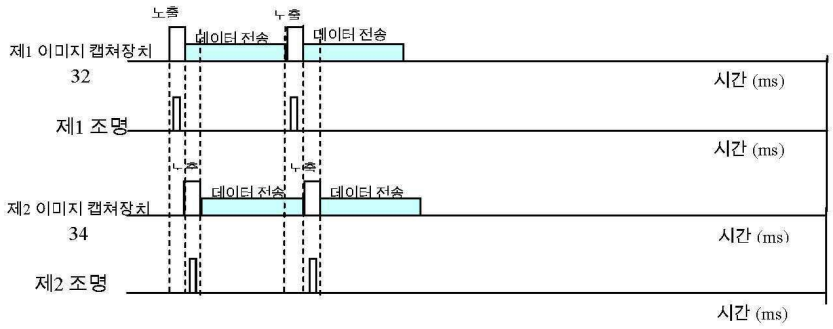


도면20

조명구성기로 선택할 수 있는 조명구성의 테이블

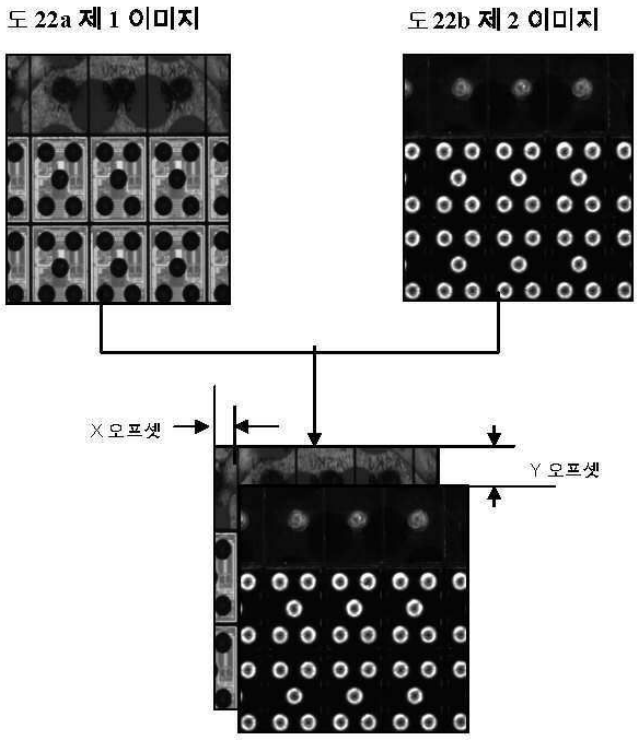
구성	공급된 제 1 조명	공급된 제 2 조명
1	명시야	하이앵글 암시야
2	명시야	로우앵글 암시야
3	명시야 + 하이앵글 암시야	하이앵글 암시야
4	명시야 + 하이앵글 암시야	로우앵글 암시야
5	명시야	하이앵글 암시야 + 로우앵글 암시야
6 (같은 조명, 단 강도 레벨은 변함)	강도 레벨을 갖는 명시야 (예, 50%)	강도 레벨을 갖는 명시야 (예, 25%)
7	하이앵글 암시야	명시야
8	명시야 + 하이앵글 암시야	명시야 + 로우앵글 암시야
9	강도 레벨을 갖는 하이앵글 암시야 (예, 50%)	강도 레벨을 갖는 하이앵글 암시야 (예, 50%)

도면21



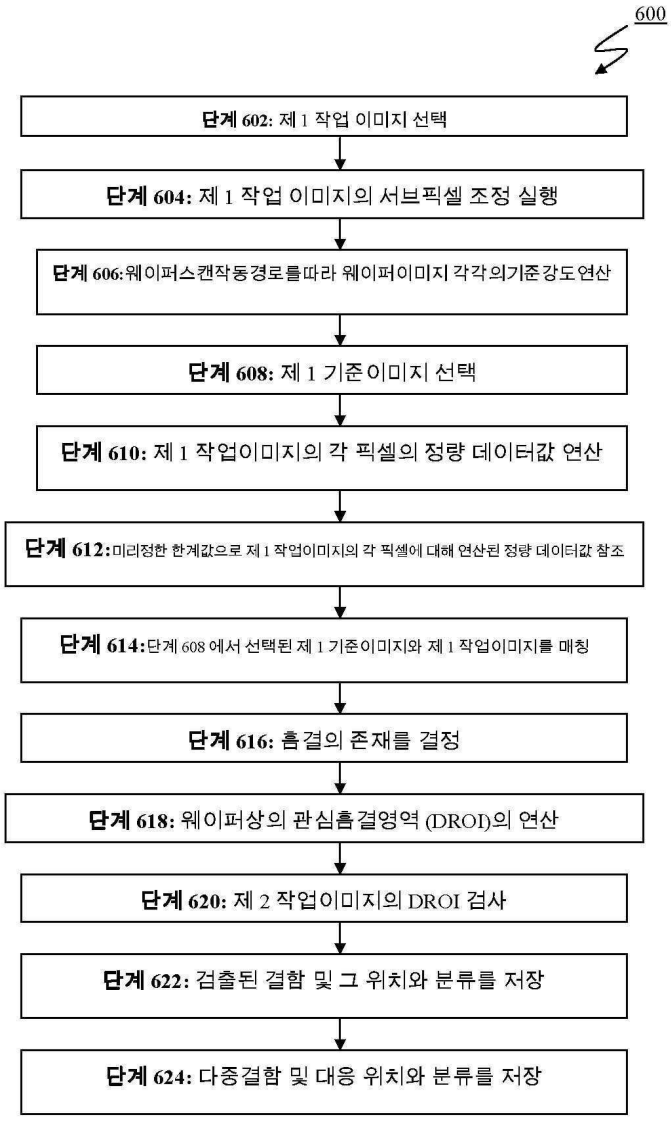
제 1 및 제 2 이미지 캡쳐장치로부터 2D 이미지 획득에 대한 타이밍 차트

도면22

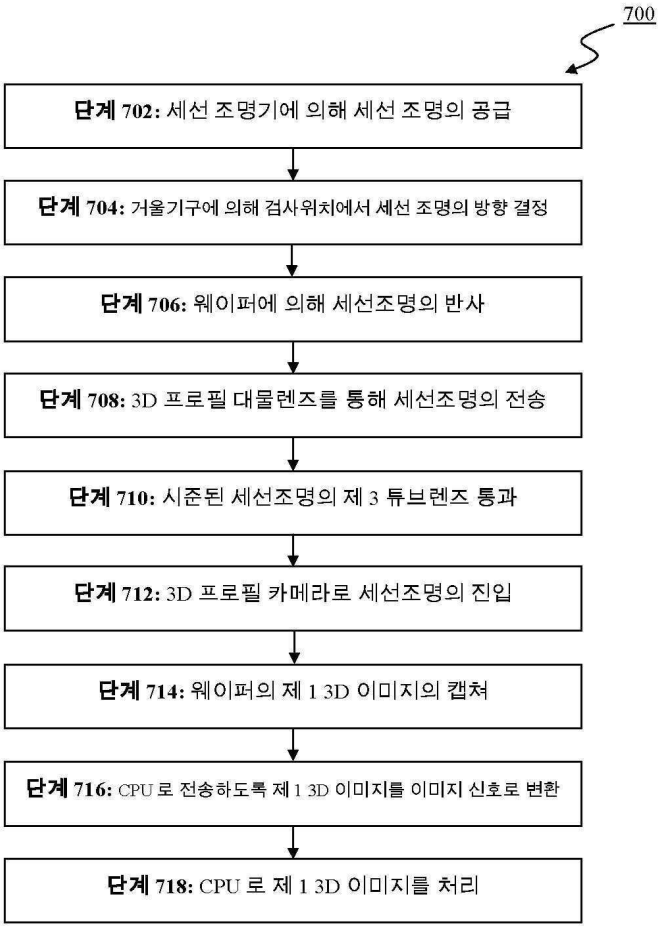


도 22c 웨이퍼 이동중 이미지 캡쳐에 의한 이미지 오프셋을 나타내는 제 1 이미지 및 제 2 이미지의 조합

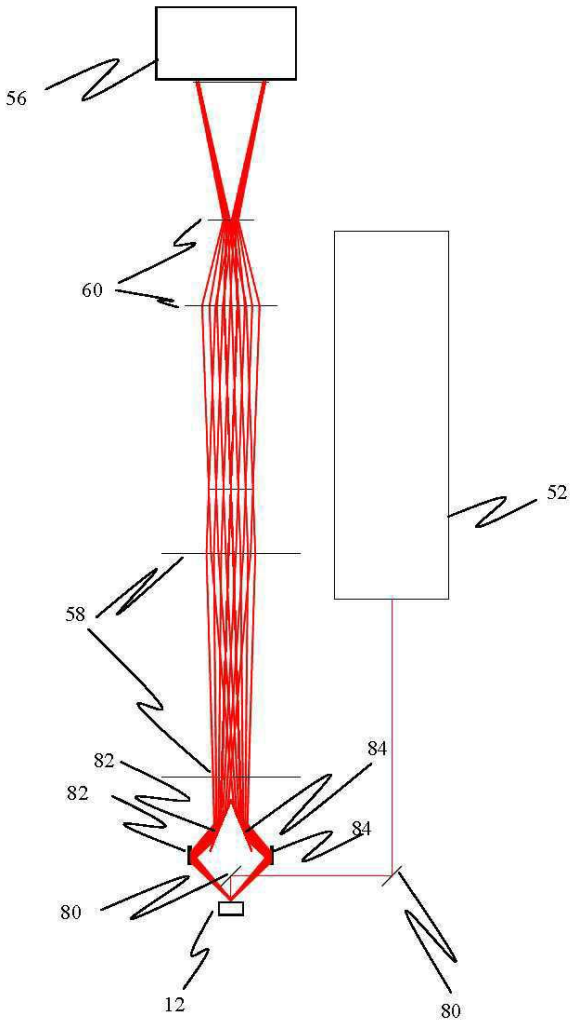
도면23


600
단계 602: 제 1 작업 이미지 선택
단계 604: 제 1 작업 이미지의 서브픽셀 조정 실행
단계 606:웨이퍼스캔작동경로를따라 웨이퍼이미지 각각의기준강도연산
단계 608: 제 1 기준이미지 선택
단계 610: 제 1 작업이미지의 각 픽셀의 정량 데이터값 연산
단계 612:미리정한 한계값으로 제 1 작업이미지의 각 픽셀에 대해 연산된 정량 데이터값 참조
단계 614:단계 608 에서 선택된 제 1 기준이미지와 제 1 작업이미지를 매칭
단계 616: 흠결의 존재를 결정
단계 618: 웨이퍼상의 관심흠결영역 (DROI)의 연산
단계 620: 제 2 작업이미지의 DROI 검사
단계 622: 검출된 결함 및 그 위치와 분류를 저장
단계 624: 다중결함 및 대응 위치와 분류를 저장

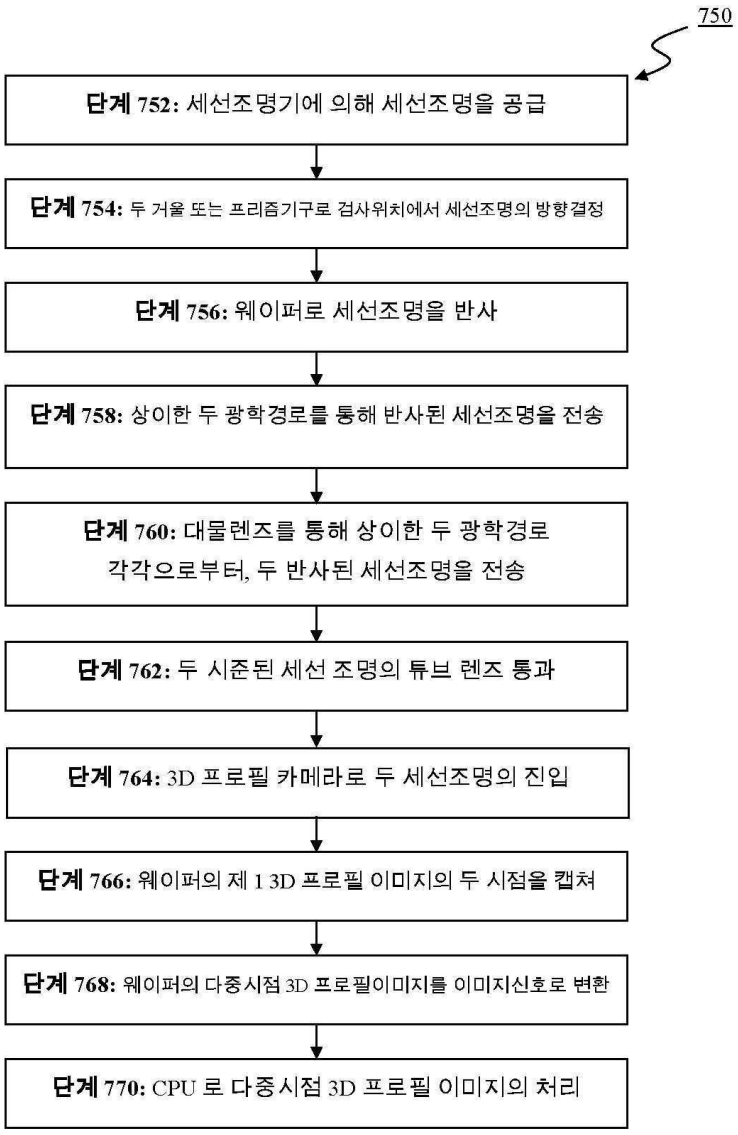
도면24


700
단계 702: 세선 조명기에 의해 세선 조명의 공급
단계 704: 거울기구에 의해 검사위치에서 세선 조명의 방향 결정
단계 706: 웨이퍼에 의해 세선조명의 반사
단계 708: 3D 프로필 대물렌즈를 통해 세선조명의 전송
단계 710: 시준된 세선조명의 제 3 튜브렌즈 통과
단계 712: 3D 프로필 카메라로 세선조명의 진입
단계 714: 웨이퍼의 제 1 3D 이미지의 캡쳐
단계 716: CPU 로 전송하도록 제 1 3D 이미지를 이미지 신호로 변환
단계 718: CPU 로 제 1 3D 이미지를 처리

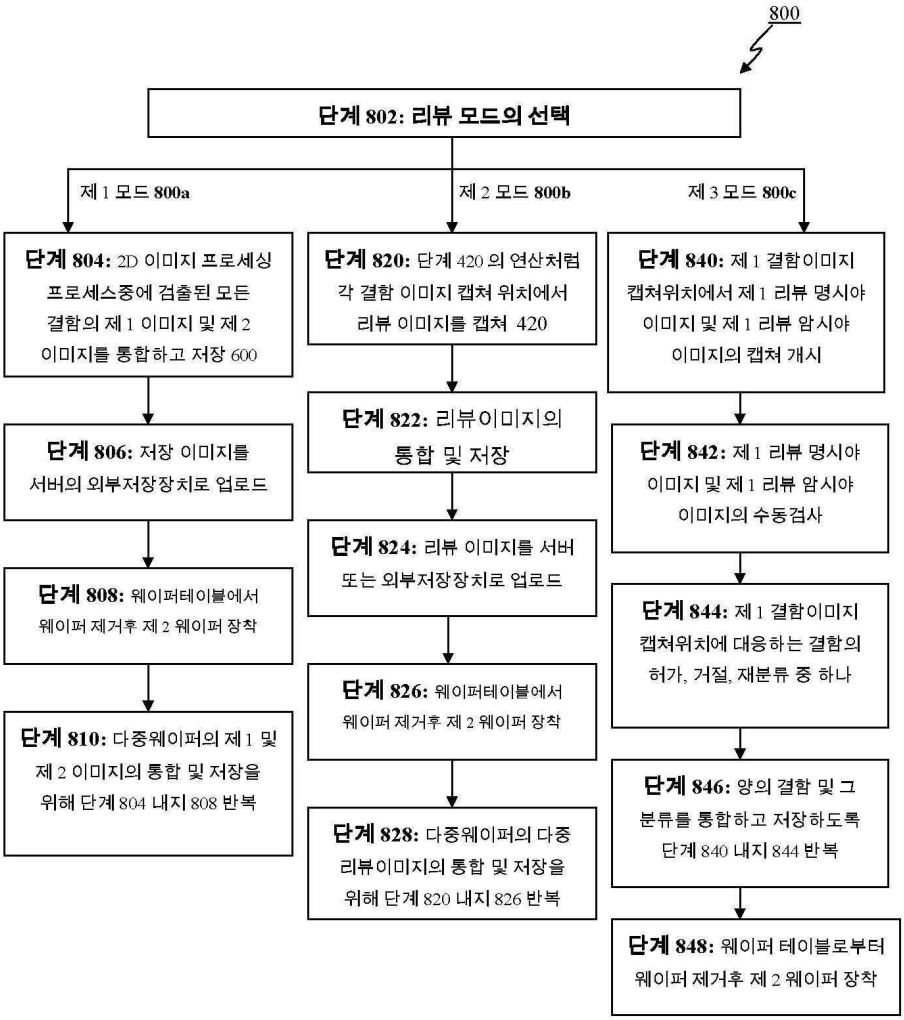
도면25



도면26


750
단계 752: 세선조명기에 의해 세선조명을 공급
단계 754: 두 거울 또는 프리즘기구로 검사위치에서 세선조명의 방향결정
단계 756: 웨이퍼로 세선조명을 반사
단계 758: 상이한 두 광학경로를 통해 반사된 세선조명을 전송
단계 760: 대물렌즈를 통해 상이한 두 광학경로
각각으로부터, 두 반사된 세선조명을 전송
단계 762: 두 시준된 세선 조명의 튜브 렌즈 통과
단계 764: 3D 프로필 카메라로 두 세선조명의 진입
단계 766: 웨이퍼의 제 1 3D 프로필 이미지의 두 시점을 캡쳐
단계 768: 웨이퍼의 다중시점 3D 프로필이미지를 이미지신호로 변환
단계 770: CPU 로 다중시점 3D 프로필 이미지의 처리

도면27


800
단계 802: 리뷰 모드의 선택
제 1 모드 800a
제 2 모드 800b
제 3 모드 800c
단계 804: 2D 이미지 프로세싱 프로세스중에 검출된 모든 결함의 제 1 이미지 및 제 2 이미지를 통합하고 저장 600
단계 806: 저장 이미지를 서버의 외부저장장치로 업로드
단계 808: 웨이퍼테이블에서 웨이퍼 제거후 제 2 웨이퍼 장착
단계 810: 다중웨이퍼의 제 1 및 제 2 이미지의 통합 및 저장을 위해 단계 804 내지 808 반복
단계 820: 단계 420 의 연산처럼 각 결함 이미지 캡쳐 위치에서 리뷰 이미지를 캡쳐 420
단계 822: 리뷰이미지의 통합 및 저장
단계 824: 리뷰 이미지를 서버 또는 외부저장장치로 업로드
단계 826: 웨이퍼테이블에서 웨이퍼 제거후 제 2 웨이퍼 장착
단계 828: 다중웨이퍼의 다중 리뷰이미지의 통합 및 저장을 위해 단계 820 내지 826 반복
단계 840: 제 1 결함이미지 캡쳐위치에서 제 1 리뷰 명시야 이미지 및 제 1 리뷰 암시야 이미지의 캡쳐 개시
단계 842: 제 1 리뷰 명시야 이미지 및 제 1 리뷰 암시야 이미지의 수동검사
단계 844: 제 1 결함이미지 캡쳐위치에 대응하는 결함의 허가, 거절, 재분류 중 하나
단계 846: 양의 결함 및 그 분류를 통합하고 저장하도록 단계 840 내지 844 반복
단계 848: 웨이퍼 테이블로부터 웨이퍼 제거후 제 2 웨이퍼 장착