



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월04일
(11) 등록번호 10-1381300
(24) 등록일자 2014년03월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) G01N 21/956 (2006.01)
G01B 11/30 (2006.01) G01N 21/88 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7004612
(22) 출원일자(국제) 2008년07월30일
심사청구일자 2013년03월12일
(85) 번역문제출일자 2010년02월26일
(65) 공개번호 10-2010-0046240
(43) 공개일자 2010년05월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/071587
(87) 국제공개번호 WO 2009/018337
국제공개일자 2009년02월05일
(30) 우선권주장
11/830,485 2007년07월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP07182521 A*
JP2003500780 A*
US05608453 A
US06603877 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
케이엘에이-텐코어 코오폰레이션
미국 캘리포니아 밀피타스 원 테크놀로지 드라이브 (우: 95035)
(72) 발명자
쿨카린, 아속
미국 95120 캘리포니아 샌어제이 밸리 켈리 씨클 1149
첸, 치엔-후이 (아담)
미국 95120 캘리포니아 샌어제이 메달리온 드라이브 1387
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
정현주, 이시용

전체 청구항 수 : 총 38 항

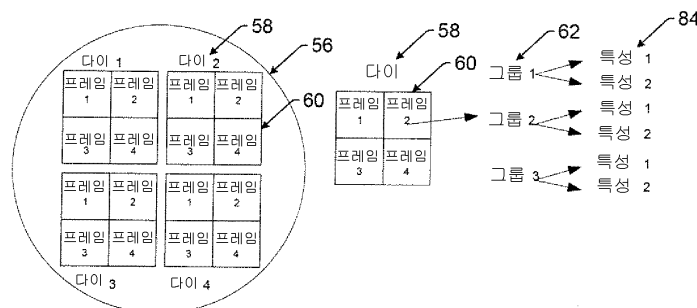
심사관 : 김교홍

(54) 발명의 명칭 반도체 장치 특성 추출, 생성, 시각화, 및 모니터링 방법들

(57) 요약

표본의 특징을 모니터링하기 위한 다양한 방법들, 캐리어 미디어, 및 시스템들이 제공된다. 표본의 특징을 모니터링하기 위한 한 가지 컴퓨터-구현 방법은 검사 시스템을 이용해 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 상기 표본 상에서 개별 픽셀들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특징들을 이용하여 표본 상에서 개별 영역들일 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 더 포함한다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

캄포치아로, 세실리아

미국 94087 캘리포니아 썬니베일 디 달레즈 애브뉴
1002

왈링포드, 리차드

미국 95118 캘리포니아 샌어제이 젠킨즈 애브뉴
3749

장, 용

미국 95014 캘리포니아 쿠파티노 체릴 드라이브
20781

더프, 브라이언

미국 95120 캘리포니아 샌어제이 크로스워드 씨티.
1073

특허청구의 범위

청구항 1

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법으로서,

검사 시스템을 이용해 상기 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 상기 표본 상의 개별 픽셀들의 특징(property)을 결정하는 단계;

개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들을 이용하여 상기 표본 상의 상기 개별 영역들의 특징(characteristic)을 결정하는 단계 - 상기 개별 영역들의 특징은 상기 개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 통계치를 포함함 -;

상기 표본의 특징을 결정하는 단계 - 상기 표본의 특징은 상기 개별 영역들에 대한 통계치들에서의 표본-레벨 시그니처(signature)를 포함함 -

상기 개별 영역들의 상기 특징들에 기초하여 상기 표본의 특징을 모니터링하는 단계; 및

상기 개별 픽셀들의 상기 특성들이 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘(potential systematic defect causing mechanism)의 위치들로서 상관되는 상기 표본 상의 둘 이상의 다이의 부분들을 식별하기 위하여, 상기 표본 상의 상기 둘 이상의 다이에서 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 상관 분석을 수행하는 단계 - 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들이 변하는 상기 표본 상의 상기 둘 이상의 다이에서의 위치들은 상기 위치들에서의 기하구조(geometry)들이 조직적 결함 유발 메커니즘에 민감하지 않음을 나타냄 -

를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들 각각은 하나의 개별 픽셀의 영역보다 더 크고 상기 표본의 영역보다 더 작은 영역을 갖는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들은 직사각형 형상을 갖고, 상기 개별 영역들은 상기 표본 상에서 2차원 그리드를 형성하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 표본은 패터닝된 웨이퍼를 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

고유 특징들을 갖는 상기 개별 영역들 중 하나 이상을 식별하는 단계;
를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
계측을 위해 고유 특징들을 갖는 상기 개별 영역들 중 하나 이상을 선택하는 단계;
를 더 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
고유 특징들을 갖는 상기 개별 영역들 중 하나 이상에 대응하는 상기 표본 상의 하나 이상의 위치들을 결정하는 단계; 및
상기 하나 이상의 위치들에서 하나 이상의 측정들을 수행하는데 사용될 수 있는 상기 하나 이상의 위치들에 관한 정보를 생성하는 단계;
를 더 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 표본의 특징은 상기 개별 영역들의 상기 특징들에서 다이-레벨 시그니처를 더 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 개별 영역들의 상기 특징들에 기초하여 잠재적 프로세스 문제점들을 결정하는 단계; 및
상기 잠재적 프로세스 문제점들을 묘사(illustrate)하는 출력을 생성하는 단계;
를 더 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,
상기 모니터링이 수행되는 동안에 상기 출력을 이용하여 상기 표본 상의 결함들을 검출하는 단계;
를 더 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,
상기 개별 영역들 각각의 특징을 결정하는데 사용되는 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들은 상기 개별 영역들 각각 내의 상기 개별 픽셀들 전부의 특성들을 포함하는,
표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 13

삭제

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 상기 특징은 상기 개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 분포를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 상기 특징은 상기 개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 분포의 특징을 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 상기 특징은 상기 개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 분포의 특성 그리고 상기 분포의 상기 특성에 대응하는 위치를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 부분은 상기 표본 상의 다이에 대응하고,

상기 방법은,

상기 개별 영역들의 상기 부분을 상기 표본 상에서 상이한 다이에 대응하는 상기 개별 영역들의 상이한 부분에 정렬시키는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 부분은 상기 표본 상의 다이에 대응하고,

상기 방법은,

상기 개별 영역들의 상기 부분을 기준 다이에 정렬시키는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 상이한 부분들은 상기 표본 상의 상이한 다이들에 대응하고,

상기 방법은,

상기 상이한 부분들을 공통 기준 그리드에 정렬시키는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 개별 픽셀들의 상기 특성은 동일한 내부 다이 포지션에서(at the same within die position) 상기 표본 상의 인접한 다이들 내에 위치한 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들 간 차이(differential)를 포함하고, 상기 개별 영역들의 상기 특징은 상기 개별 영역들 내에서 상기 개별 픽셀들의 상기 차이들의 분포를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들의 상기 특징을 결정하는 단계는,

상기 개별 픽셀들과 연관된 설계 콘텍스트에 기초하여 상기 개별 픽셀들을 그룹들로 분리하는 단계를 더 포함하고,

상기 개별 영역들의 상기 특징은 상기 그룹들의 특징을 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 22

제 1 항에 있어서,

상기 개별 영역들 중 하나를 가로지르는 위치의 함수로서 상기 개별 영역들 중 상기 하나에 대응하는 상기 개별 픽셀들 각각의 상기 특성을 묘사하는 출력을 생성하는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 23

제 1 항에 있어서,

상기 개별 픽셀들의 상기 특성들을 임계 값과 비교하는 단계; 및

상기 임계 값을 초과하는 특성을 갖는 상기 표본 상의 상기 개별 픽셀들 그리고 상기 임계 값 미만의 특성을 갖는 상기 표본 상의 상기 개별 픽셀들을 표시하는 출력을 생성하는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 24

제 1 항에 있어서,

상기 표본의 상기 특징은 상기 표본을 가로지르는 위치의 함수로서 상기 개별 영역들의 상기 특징을 더 포함하고,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 표본의 상기 특징 및 기준 사이의 유사성들을 결정하는 단계를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 표본의 상기 특징은 상기 표본 상의 적어도 하나의 추가 다이에 대응하는 상기 개별 영역들의 상기 특징들과 결합되는, 상기 표본 상의 적어도 하나의 다이에 대응하는 상기 개별 영역들의 상기 특징들을 더 포함하는, 표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 26

제 1 항에 있어서,

상기 표본의 상기 특징은 상기 표본 상의 적어도 하나의 추가 다이에 대응하는 상기 개별 영역들의 상기 특징들과 결합되는, 상기 표본 상의 적어도 하나의 다이에 대응하는 상기 개별 영역들의 상기 특징들을 더 포함하고, 상기 모니터링하는 단계는,

상기 결합된 특징들 및 기준 사이의 유사성들을 결정하는 단계를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 27

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 표본의 상기 특징을 하나 이상의 제어 제한치들과 비교함으로써 표본-대-표본 단위로 또는 롯-대-롯 단위로(on a lot-to-lot basis) 상기 표본의 상기 특징을 모니터링하는 단계를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 28

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 표본의 상기 특징을 하나 이상의 제어 제한치들과 비교하는 단계; 및

상기 표본의 상기 특징이 상기 하나 이상의 제어 제한치들을 초과하게 되는 상기 표본 상의 추가의 위치들을 결정하는 단계;

를 포함하고,

상기 방법은,

상기 추가의 위치들에서 하나 이상의 측정들을 수행하는데 사용될 수 있는 상기 추가의 위치들에 관한 정보를 생성하는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

제 1 항에 있어서,

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 표본 상의 다이의 상이한 부분들을 식별하는 단계; 및

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 상이한 부분들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 32

제 1 항에 있어서,

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 표본 상의 다이의 상이한 부분들을 식별하는 단계;

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 상이한 부분들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계; 및

상관되는 특징들을 갖는 상기 상이한 부분들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 33

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 표본 상의 둘 이상의 다이 내의 상기 개별 영역들의 상기 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 34

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 개별 영역들의 상기 특징들이 상기 표본 상의 또 다른 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘의 위치들로서 상관되는 상기 표본 상의 둘 이상의 다이의 다른 부분들을 식별하는 단계를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 35

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 표본 상의 다이의 상이한 부분들을 식별하는 단계; 및

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 상이한 부분들 내의 상기 개별 영역들의 상기 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계;

를 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 36

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 표본 상의 다이의 상이한 부분들을 식별하는 단계; 및

동일한 설계 콘텍스트를 갖는 상기 상이한 부분들 내의 상기 개별 영역들의 상기 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계;

를 포함하고,

상기 방법은,

상관되는 상기 개별 영역들의 특징들을 갖는 상기 상이한 부분들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계;

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 37

제 1 항에 있어서,

상기 둘 이상의 개별 다이들에 대응하는 상기 개별 영역들의 상기 특징들을 겹침(overlaying)으로써 상기 표본 상에서 둘 이상의 개별 다이들을 적층하는 단계; 및

적층된 다이 맵을 디스플레이하는 단계

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 38

제 1 항에 있어서,

상기 표본의 시그너처 이미지를 구성하는 단계

를 더 포함하고,

상기 시그너처 이미지의 각각의 픽셀은 상기 개별 영역들의 선택된 특징을 나타내는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 39

제 38 항에 있어서,

둘 이상의 시그너처 이미지들을 나란히 디스플레이하는 단계

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 40

제 38 항에 있어서,

결함들의 웨이퍼 맵 상에서 겹쳐지는(overlaid) 하나 이상의 시그너처 이미지들을 디스플레이하는 단계

를 더 포함하는,

표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법.

청구항 41

표본의 특징을 모니터링하기 위한 방법을 수행하기 위한 프로세서 상에서 실행될 수 있는 프로그램 명령들을 포함하는 컴퓨터-판독가능 매체로서,

상기 방법은,

검사 시스템을 이용해 상기 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 상기 표본 상의 개별 픽셀들의 특성을 결정하는 단계;

개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들을 이용하여 상기 표본 상의 상기 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계 — 상기 개별 영역들의 특징은 상기 개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 통계치를 포함함 —;

상기 표본의 특징을 결정하는 단계 — 상기 표본의 특징은 상기 개별 영역들에 대한 통계치들에서의 표본-레벨 시그니처를 포함함 —;

상기 개별 영역들의 상기 특징들에 기초하여 상기 표본의 특징을 모니터링하는 단계; 및

상기 개별 픽셀들의 상기 특성들이 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘의 위치들로서 상관되는 상기 표본 상의 둘 이상의 다이의 부분들을 식별하기 위하여, 상기 표본 상의 상기 둘 이상의 다이에서 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 상관 분석을 수행하는 단계 — 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들이 변하는 상기 표본 상의 상기 둘 이상의 다이에서의 위치들은 상기 위치들에서의 기하구조들이 조직적 결함 유발 메커니즘에 민감하지 않음을 나타냄 —

를 포함하는,

컴퓨터-판독가능 매체.

청구항 42

표본의 특징을 모니터링하도록 구성되는 시스템으로서,

상기 표본을 검사함으로써 출력을 생성하도록 구성되는 검사 시스템; 및

프로세서

를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 출력을 이용하여 상기 표본 상의 개별 픽셀들의 특징을 결정하고;

개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들을 이용하여 상기 표본 상의 상기 개별 영역들의 특징을 결정하고 — 상기 개별 영역들의 특징은 상기 개별 영역들 내의 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 통계치를 포함함 —;

상기 표본의 특징을 결정하고 — 상기 표본의 특징은 상기 개별 영역들에 대한 통계치들에서의 표본-레벨 시그니처를 포함함 —; 그리고

상기 개별 영역들의 상기 특징들에 기초하여 상기 표본의 특징을 모니터링하고; 그리고

상기 개별 픽셀들의 상기 특성들이 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘의 위치들로서 상관되는 상기 표본 상의 둘 이상의 다이의 부분들을 식별하기 위하여, 상기 표본 상의 상기 둘 이상의 다이에서 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들의 상관 분석을 수행하도록 — 상기 개별 픽셀들의 상기 특성들이 변하는 상기 표본 상의 상기 둘 이상의 다이에서의 위치들은 상기 위치들에서의 기하구조들이 조직적 결함 유발 메커니즘에 민감하지 않음을 나타냄 — 구성되는,

표본의 특징을 모니터링하도록 구성되는 시스템.

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 표본의 특징을 모니터링하기 위한 방법들, 캐리어 미디어, 및 시스템들에 관한 것이다. 일정한 실시예들은 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들을 이용하여 표본 상에 있는 개별 영역들의 특징을 결정하고, 상기 개별 영역들의 특징들에 기초하여 상기 표본의 특징을 모니터링하는 것에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 하기의 설명 및 예들은 상기 설명 및 예들이 본 섹션에 포함됨으로 인해서 종래 기술로 인정되는 것은 아니다.

- [0003] 로직 및 메모리 장치들과 같은 반도체 장치들을 제작하는 과정은 통상적으로 다양한 피쳐들(features) 및 다중 레벨들의 반도체 장치들을 형성하기 위해 반도체 웨이퍼와 같은 표본을 다수의 반도체 제작 프로세스들을 이용하여 프로세싱하는 과정을 포함한다. 예컨대, 리소그래피는, 패턴을 반도체 웨이퍼 상에 배열된 레지스트에 전사하는 과정을 통상적으로 동반하는 반도체 제작 프로세스이다. 반도체 제작 프로세스들의 추가 예들은 화학-기계적 폴리싱, 에칭, 증착, 및 이온 주입을 포함하나, 이들로 제한되지는 않는다. 다중 반도체 장치들은 반도체 웨이퍼 상에서 어레이먼트로 제작될 수 있고, 그런 다음에 개별 반도체 장치들로 분리될 수 있다.
- [0004] 웨이퍼들 상의 결함들을 검출하여 제조 프로세스에서 더 높은 수율 및 그에 따른 더 높은 이익들을 촉진하기 위해 반도체 제조 프로세스 동안에 다양한 단계들에서 검사 프로세스들이 사용된다. 검사는 항상 집적회로들과 같은 반도체 장치들을 제작하는 과정의 중요한 부분이다. 그러나, 반도체 장치들의 치수들이 감소하므로, 검사는 수용될 수 있는 반도체 장치들의 성공적인 제조에 훨씬 더 중요해지는데, 그 이유는 더 작은 결함들이 장치가 고장나게 유발할 수 있기 때문이다. 예컨대, 반도체 장치들의 치수들이 감소하므로, 감소하는 사이즈의 결함들의 검출이 필요하게 되어왔는데, 왜냐하면 훨씬 비교적 작은 결함들이 반도체 장치들에서 원치않는 일탈들을 유발할 수 있기 때문이다.
- [0005] 많은 상이한 타입들의 검사 도구들이 반도체 웨이퍼들의 검사를 위해 개발되었다. 검사 도구들은 일반적으로 그들이 검사하도록 설계되는 표본들의 타입들에 따라 카테고리화될 수 있다. 예컨대, 검사 도구들의 한 카테고리는 일반적으로 무패턴 반도체 웨이퍼들을 검사하도록 설계된다. 이러한 도구들이 무패턴 웨이퍼들을 검사하는데 최적화되기 때문에, 이러한 도구들은 일반적으로 다수의 이유들로 패터닝된 웨이퍼들을 검사할 수 없다. 예컨대, 많은 무패턴 웨이퍼 검사 도구들은 렌즈 또는 다른 수집기에 의해 수집되는 빛 전부가 상기 렌즈에 의해 수집되는 빛 전부를 대표하는 단일 출력 신호를 생성하는 단일 검출기로 지향하도록 구성된다. 그러므로, 표본 상에서 패턴들 또는 다른 피쳐들로부터의 산란광은 다른 산란광과 결합될 것이다. 이와 같이, 단일 검출기는 포화될 수 있고, 결과적으로 결합 검출을 위해 분석될 수 있는 신호들을 산출하지 않을 것이다. 부가하여, 심지어 단일 검출기가 포화되지 않더라도, 웨이퍼 상에서 패턴들 또는 다른 피쳐들로부터의 산란광은 다른 산란광과 분리될 수 없고, 이로써 저지되지 않을 경우 상기 다른 산란광에 기초한 결합 검출이 저해된다.
- [0006] 패터닝된 웨이퍼 검사가 특히 관심대상이고 반도체 산업에 중요한데, 그 이유는 프로세싱된 반도체 웨이퍼들이 보통 그 위에 형성된 피쳐들의 패턴을 갖기 때문이다. 비록 무패턴 웨이퍼들, 또는 프로세스 도구를 통과해 진행되는 "모니터 웨이퍼들"의 검사가 패터닝된 웨이퍼들, 또는 "물건 웨이퍼들(product wafers)" 상에서 발견될 수 있는 결함들의 개수 및 타입들에 대한 측정기로서 사용될 수 있더라도, 모니터 웨이퍼들 상에서 검출되는 결함들이 프로세스 도구에서 동일한 프로세스 이후에 패터닝된 웨이퍼들 상에서 검출되는 결함들을 항상 정확하게 반영하지는 않는다. 그러므로, 이러한 프로세싱 이후 패터닝된 웨이퍼들의 검사는 프로세싱 동안에 또는 프로세싱의 결과로서 웨이퍼 상에서 형성될 수 있는 결함들을 정확하게 검출하는데 중요하다.
- [0007] 패터닝된 웨이퍼 검사를 위해 많은 검사 도구들이 개발되었다. 예컨대, 이곳에 완전히 전개되는 것처럼 참조로서 통합되는 웰스 등에 대한 미국 특허 번호 5,355,212는 패터닝된 웨이퍼들을 검사하기 위한 프로세스를 개시한다. 이러한 프로세스들에서, 산란광이 검출되어 이로써 데이터가 생성되고, 표면 상에서 다수의 주기적으로 반복되는 다이로부터의 피쳐들을 단일 다이 맵에 맵핑시키고 중복 피쳐들(overlapping features)을 찾음으로써 주기적 패턴 피쳐들이 상기 데이터로부터 제거된다. 고유한 비중복 피쳐들은 입자들 및 결함들에 대응하도록 결정된다. 다른 예에서, Stonestrom 등에 대한 미국 특허 번호 4,898,471은 패터닝된 웨이퍼들 상에서의 입자 결함 등등을 개시한다. 이러한 입자 결함에서, 집광 시스템은 표면으로부터의 산란광을 수집하고, 검출기가 수집되는 산란광의 강도에 대응하는 전기 신호를 생성한다. 프로세서가 개별 다이에 대응하는 전기 신호로부터 템플릿들을 구성하고, 입자들을 식별하기 위해 상기 템플릿들을 비교한다. 인접한 다이 간에 비교가 이루어지도록 기준 템플릿이 끊임없이 갱신된다. 일 실시예에서, 템플릿들은 신호가 임계치를 넘는 등록된 포지션들로 이루어지고, 주기적 패턴 피쳐들을 제거하기 위해 대응하는 포지션들 간 비교가 이루어져, 입자들을 나타내는 포지션들만이 남게 된다.
- [0008] 프로세스를 모니터링하고 제어하기 위해 반도체 제조 프로세스 동안에 다양한 단계들에서 계측 프로세스들이 또한 사용된다. 계측 프로세스들은, 결함들이 웨이퍼 상에서 검출되는 검사 프로세스들과 달리, 계측 프로세스들이 현재 사용되는 검사 도구들로부터 결정될 수 없는 웨이퍼의 하나 이상의 특징들을 측정하기 위해 사용된다는 점에서 검사 프로세스들과 다르다. 예컨대, 계측 프로세스들은 프로세스의 성능이 하나 이상의 특징들로부터 결정될 수 있도록 상기 프로세스 동안에 웨이퍼 상에 형성되는 피쳐들의 치수(예컨대, 라인 폭, 두께, 등)와 같은 웨이퍼의 하나 이상의 특징들을 측정하기 위해 사용된다. 부가하여, 웨이퍼의 하나 이상의 특징들이 수용될

수 없다면(예컨대, 상기 특징(들)에 대한 미리 결정된 범위를 벗어남), 웨이퍼의 하나 이상의 특징들의 상기 측정들은 상기 프로세스에 의해 제조되는 추가 웨이퍼들이 수용될 수 있는 특징(들)을 갖도록 상기 프로세스의 하나 이상의 파라미터들을 변경하기 위해 사용될 수 있다.

[0009] 그러나, 프로세스 모니터링 및 제어 애플리케이션들에 대하여 웨이퍼의 하나 이상의 특징들을 측정하기 위해 계측 프로세스들 및 도구들을 사용하는데 다수의 단점들이 존재한다. 예컨대, 대부분의 계측 도구들은 특히 검사 시스템들과 비교할 때 비교적 느리다. 그러므로, 계측 프로세스들은 계측 결과들이 비교적 편리한 방식으로 획득될 수 있도록 웨이퍼 상에서 한 위치에서 또는 제한된 수의 위치에서 종종 수행된다. 그러나, 반도체 장치들을 제조하기 위해 사용되는 많은 프로세스들은 웨이퍼들의 표면에 걸쳐서 가변되는 특징(들)을 갖는 상기 웨이퍼들을 생성한다. 이와 같이, 프로세스가 정확하게 모니터링되고 제어될 수 있도록 하기 위해 웨이퍼 상에서 한 위치 또는 제한된 수의 위치들에서 수행되는 계측 측정치들을 이용하는 것은 상기 웨이퍼들의 특징(들)에 관한 충분한 정보를 제공하지 못할 수 있다. 게다가, 인라인 모니터링 및 제어 애플리케이션들에 대하여 웨이퍼에 걸쳐서 특징들을 측정하기 위해 계측 도구들을 이용하는 것은 이러한 측정들이 수행될 수 있는 시간 때문에 실현 가능하지 않다. 특히, 표면 거칠기, 저항력, 막 두께 등과 같이 현재 이용될 수 있는 계측 도구들에 의해 수행되는 계측 측정치들은 인라인(inline) 모니터링을 위한 웨이퍼들의 높은 샘플링에 적절하지 않은데, 그 이유는 상기 측정치들이 생산시 주기 시간에 영향을 끼칠 것이다(주기 시간을 증가시킬 것이다).

[0010] 따라서, 검사 시스템에 의해 생성되는 출력을 이용하여 표본의 특징을 모니터링하고 상기 표본 상에서 조직적 프로세스 이슈들 및 결함들을 식별하기 위해 사용될 수 있는 방법들, 캐리어 미디어, 및 시스템들을 개발하는 것이 유용할 것이다.

발명의 내용

[0011] 방법들, 캐리어 미디어, 및 시스템들의 다양한 실시예들의 하기 설명은 어떠한 방식으로든 첨부된 청구범위의 청구내용을 제한하는 것으로서 구성되지 않는다. 일반적으로, 이곳에 설명되는 실시예들 중 일부는 반도체 장치 특성 추출, 생성, 시각화, 및 모니터링 방법들에 관한 것이다.

[0012] 일 실시예는 표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 검사 시스템을 이용해 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 상기 표본 상에서 개별 픽셀들의 특성을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들을 이용하여 표본 상에서 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 추가로, 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 포함한다.

[0013] 일 실시예에서, 개별 영역들의 각각은 하나의 개별 픽셀의 영역보다 더 크고 표본의 영역보다 더 작은 영역을 갖는다. 다른 실시예에서, 개별 영역들은 직사각 형태를 갖고, 개별 영역들은 표본 상에서 2차원 그리드를 형성한다. 일부 실시예들에서, 표본은 패터닝된 웨이퍼를 포함한다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 방법은 고유 특징들을 갖는 개별 영역들 중 하나 이상을 식별하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 계측을 위해 고유 특징들을 갖는 개별 영역들 중 하나 이상을 선택하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 고유 특징들을 갖는 개별 영역들 중 하나 이상에 대응하는 표본 상의 하나 이상의 위치들을 결정하는 단계, 그리고 상기 하나 이상의 위치들에서 하나 이상의 측정들을 수행하기 위해 사용될 수 있는 상기 하나 이상의 위치들에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함한다.

[0015] 일 실시예에서, 표본의 특징은 개별 영역들의 특징들에서 표본-레벨 시그니처를 포함한다. 다른 실시예에서, 표본의 특징은 개별 영역들의 특징들에서 다이-레벨 시그니처를 포함한다. 일부 실시예들에서, 상기 방법은 개별 영역들의 특징들에 기초하여 잠재적 프로세스 문제점들을 결정하는 단계, 그리고 잠재적 프로세스 문제점들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 모니터링이 수행되는 동안에 상기 출력을 이용하여 표본 상에서 결함들을 검출하는 단계를 포함한다.

[0016] 일 실시예에서, 개별 영역들의 각각의 특징을 결정하기 위해 사용되는 개별 픽셀들의 특성들은 개별 영역들의 각각 내에서 개별 픽셀들 전부의 특성들을 포함한다. 다른 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내에서 개별 픽셀들의 특성들의 통계치를 포함한다. 추가 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내에서 개별 픽셀들의 특성들의 분포(distribution)를 포함한다. 추가 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내에서 개별 픽셀들의 특성들의 분포의 특성을 포함한다. 일부 실시예들에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들의 개별 픽셀들의 특성들의 분포의 특성 및 상기 분포의 특성에 대응하는 위치를 포함한다.

- [0017] 일 실시예에서, 개별 영역들의 일부분은 표본 상의 다이에 대응한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 개별 영역들의 상기 일부분을 표본 상의 상이한 다이에 대응하는 개별 영역들의 상이한 일부분에 정렬(align)하는 단계를 포함한다. 이러한 다른 실시예에서, 상기 방법은 개별 영역들의 상기 일부분을 기준 다이에 정렬하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 개별 영역들의 상이한 일부분들은 표본 상의 상이한 다이에 대응하고, 상기 방법은 상기 상이한 일부분들을 공통 기준 그리드에 정렬하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 개별 픽셀들의 특성은 동일한 내부 다이 포지션에서 표본 상에서 인접한 다이들 내에 위치한 개별 픽셀들의 특성들 간 차이를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내에서 개별 픽셀들의 차이들의 분포를 포함한다.
- [0018] 일 실시예에서, 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계는 개별 픽셀들과 연관된 설계 컨텍스트에 기초하여 개별 픽셀들을 그룹들로 분리하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 그룹들의 특징을 포함한다.
- [0019] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 개별 영역들 중 하나에 걸쳐서 포지션의 함수로서 개별 영역들 중 하나에 대응하는 개별 픽셀들의 각각의 특성을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 일부 실시예에서, 상기 방법은 개별 픽셀들의 특성들을 임계 값과 비교하는 단계, 그리고 상기 임계 값을 초과하는 특성을 갖는 표본 상의 개별 픽셀들 및 상기 임계 값 미만의 특성을 갖는 표본 상의 개별 픽셀들을 표시하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다.
- [0020] 일 실시예에서, 표본의 특징은 표본에 걸쳐서 포지션의 함수로서 개별 영역들의 특징을 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본의 특징 및 기준 간 유사성들을 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 표본의 특징은 표본 상에서 적어도 하나의 추가 다이에 대응하는 개별 영역들의 특징들과 결합되는 표본 상에서 적어도 하나의 다이에 대응하는 개별 영역들의 특징들을 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 상기 결합된 특징들 및 기준 간 유사성들을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0021] 일 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본 단위로 또는 롯(lot) 단위로 표본의 특징을 하나 이상의 제어 제한치들과 비교함으로써 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본의 특징을 하나 이상의 제한치들과 비교하는 단계, 그리고 표본의 특징이 상기 하나 이상의 제어 제한치들을 초과하게 되는 표본 상의 위치들을 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 위치들에서 하나 이상의 측정들을 수행하기 위해 사용될 수 있는 상기 위치들에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0022] 일 실시예에서, 상기 방법은 표본 상의 둘 이상의 다이 내에서 개별 픽셀들의 특성들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘(potential systematic defect causing mechanism)의 위치들로서 개별 픽셀들의 특성들이 상관되는 표본 상의 둘 이상의 다이의 일부분들을 식별하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 상이한 설계 컨텍스트를 갖는 표본 상의 다이의 상이한 일부분들을 식별하는 단계, 그리고 동일한 설계 컨텍스트를 갖는 상기 상이한 일부분들 내에서 개별 픽셀들의 특성들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일부 실시예에서, 상기 방법은 또한 상관되는 특성들을 갖는 상기 상이한 일부분들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다.
- [0023] 일 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본 상에서 둘 이상의 다이 내에서 개별 영역들의 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘의 위치들로서 개별 영역들의 특징들이 상관되는 표본 상의 둘 이상의 다이의 일부분들을 식별하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 상이한 설계 컨텍스트를 갖는 표본 상의 다이의 상이한 일부분들을 식별하는 단계, 그리고 동일한 설계 컨텍스트를 갖는 상기 상이한 일부분들 내에서 개별 영역들의 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 상관되는 개별 영역들의 특징들을 갖는 상기 상이한 일부분들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 상기 방법은 표본 상에서 둘 이상의 개별 다이들을 적층(stack)하는 단계, 그리고 적층된 다이 맵을 디스플레이하는 단계를 포함한다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 방법은 표본의 시그너처 이미지를 구성하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 시그너처 이미지의 각각의 픽셀은 개별 영역들의 선택된 특징을 나타낸다. 이러한 다른 실시예에서, 상기 방법은 둘 이상의 시그너처 이미지들을 나란히 디스플레이하는 단계를 포함한다. 이러한 추가 실시예에서, 상

기 방법은 결함들의 웨이퍼 맵 상에서 겹쳐진 하나 이상의 시그너처 이미지들을 디스플레이하는 단계를 포함한다.

- [0025] 위에서 기술된 방법의 실시예들 각각의 단계들 각각은 이곳에서 기술되는 바와 같이 추가로 수행될 수 있다. 위에서 기술된 실시예들 각각은 이곳에 기술되는 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다. 부가하여, 위에서 기술된 방법의 실시예들 각각은 이곳에 기술되는 시스템들 중 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.
- [0026] 다른 실시예는 표본의 특징을 모니터링하기 위한 방법을 수행하기 위한 프로세서 상에서 실행될 수 있는 프로그램 명령어들을 포함하는 캐리어 매체에 관한 것이다. 상기 방법은 검사 시스템을 이용해 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 표본 상에서 개별 픽셀들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들을 이용하여 표본 상에서 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 더 포함한다. 상기 프로그램 명령어들이 실행될 수 있기 위한 방법은 이곳에 기술되는 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다.
- [0027] 추가 실시예는 표본의 특징을 모니터링하도록 구성되는 시스템에 관한 것이다. 시스템은 표본을 검사함으로써 출력을 생성하도록 구성되는 검사 시스템을 포함한다. 상기 시스템은 또한 상기 출력을 이용하여 표본 상에서 개별 픽셀들의 특징을 결정하도록 구성되는 프로세서를 포함한다. 상기 프로세서는 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들을 이용하여 표본 상에서 개별 영역들의 특징을 결정하도록 구성된다. 상기 프로세서는 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하도록 더 구성된다. 위에서 기술된 시스템 실시예는 이곳에 기술되는 바와 같이 더 구성될 수 있다.
- [0028] 추가 실시예는 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지를 생성하기 위한 컴퓨터-구현 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 패터닝된 웨이퍼를 위한 검사 시스템의 출력을 획득하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 상기 출력을 이용하여 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0029] 일 실시예에서, 상기 출력을 획득하는 단계는 광 패턴 억제(optical pattern suppression)를 이용하여 패터닝된 웨이퍼를 위한 검사 시스템의 출력을 획득하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 광 패턴 억제는 푸리에 필터링을 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 획득 단계는 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면에 대하여 출력을 획득하는 단계를 포함한다.
- [0030] 일 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면의 이미지를 포함한다. 다른 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패턴 오정합 잡음(pattern misregistration noise)이 없다. 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼로부터의 산란광의 강도의 그레이 스케일 이미지(gray scale image)를 포함한다. 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 잡음 맵을 포함한다.
- [0031] 일 실시예에서, 상기 생성하는 단계는 출력이 광 패턴 억제에 의해 획득되는 패터닝된 웨이퍼의 하나 이상의 영역들에 대한 하나 이상의 통계치를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 이미지는 상기 하나 이상의 통계치들의 그레이 스케일 이미지를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 생성하는 단계는 출력이 광 패턴 억제에 의해 획득되는 패터닝된 웨이퍼의 하나 이상의 영역들을 하나 이상의 서브-영역들로 분할하는 단계, 그리고 상기 하나 이상의 서브-영역들에 대하여 하나 이상의 통계치들을 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 이미지는 상기 하나 이상의 통계치들의 그레이 스케일 이미지를 포함한다.
- [0032] 일 실시예에서, 상기 생성하는 단계는 패터닝된 웨이퍼의 하나 이상의 영역들이 광 패턴 억제에 적절하지 않은지 여부를 결정하는 단계, 그리고 상기 표면의 이미지로부터 상기 하나 이상의 영역들에 대응하는 이미지들을 제거하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 생성하는 단계는 웨이퍼의 영역들 내에서만 또는 패턴이 광학적으로 억제되는 웨이퍼 상의 다이들에서 하나 이상의 통계치들을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0033] 일 실시예에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패터닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 패터닝된 웨이퍼 상의 개별 다이들을 수용하거나 거절하기 위해 잡음 맵들을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함한다. 이러한 다른 실시예에서, 상기 방법은 잡음 맵들을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함하고, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 패터닝된 웨이퍼 상의 다이들의 잡음 맵들을 포함한다. 이러한 추가 실시예에서, 상기 방법은 잡음 맵들을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함하고, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 다른 패터닝된 웨이퍼들 상의 다이들의 잡음 맵들을 포함한다. 이러한 추가 실

시에에서, 상기 방법은 잡음 맵들을 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함하고, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 완전한 패터닝된 웨이퍼 잡음 맵으로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체를 포함한다.

[0034] 일 실시예에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패터닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 방법은 패터닝된 웨이퍼 상의 다이들의 잡음 맵들 전부로부터 합성체 잡음 맵을 생성하는 단계, 그리고 상기 합성체 잡음 맵을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼는 테스트 패턴 웨이퍼를 포함하고, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패터닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 완전한 패터닝된 웨이퍼 잡음 맵으로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체 잡음 맵을 생성하는 단계, 그리고 테스트 패턴 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들과의 비교를 위해 골든 다이 잡음 맵으로서 상기 합성체 잡음 맵을 저장하는 단계를 포함한다.

[0035] 일부 실시예들에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패터닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 방법은 잡음이 다이 기능 영역의 함수로서 디스플레이되도록 그 위에 겹쳐지는 설계 정보를 이용해 잡음 맵들을 디스플레이하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 잡음 맵을 포함하고, 상기 방법은 그 위에 겹쳐지는 검사 시스템에 의해 결정되는 하나 이상의 속성들과 함께 상기 잡음 맵을 디스플레이하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 잡음 맵을 포함하고, 상기 방법은 상기 잡음 맵 및 검사 시스템에 의해 결정되는 하나 이상의 속성들을 동시에 디스플레이하는 단계를 포함한다.

[0036] 일 실시예에서, 상기 방법은 결함 검출을 위한 임계치를 이미지에 적용하지 않고도 결함 시그니처가 이미지에 존재하는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 결함 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고도 결함 시그니처가 상기 이미지에 존재하는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 결함 시그니처가 상기 이미지에 존재하는지 여부를 결정하기 위해 공간 시그니처 분석(spatial signature analysis)을 상기 이미지에 적용하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 결함 검출을 위한 임계치를 상기 이미지에 적용하지 않고도 프로세스 시그니처가 상기 이미지에 존재하는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 상기 방법은 결함 검출을 위한 임계치를 상기 이미지에 적용하지 않고도 상기 이미지에 존재하는 결함 시그니처를 식별하는 단계를 포함한다. 추가 실시예들에서, 상기 방법은 결함 검출을 위한 임계치를 상기 이미지에 적용하지 않고도 상기 이미지에 존재하는 프로세스 시그니처를 식별하는 단계를 포함한다.

[0037] 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 이미지가 선택된 결함 시그니처를 검출하는데 사용될 수 있도록 상기 획득하는 단계를 위해 사용될 검사 시스템의 광 모드를 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 결함 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고도 상기 이미지가 선택된 결함 시그니처를 검출하는데 사용될 수 있도록 상기 획득하는 단계를 위해 사용될 검사 시스템의 광 모드를 결정하는 단계를 포함한다.

[0038] 일 실시예에서, 상기 방법은 검사 시스템의 하나보다 더 많은 광학 모드를 이용하여 상기 획득하는 단계를 수행하는 단계, 상기 하나보다 많은 광학 모드를 이용하여 획득되는 출력을 이용하여 패터닝된 웨이퍼의 표면의 하나보다 많은 이미지를 생성하는 단계, 그리고 상기 이미지가 선택된 결함 시그니처를 검출하는데 사용될 수 있도록 상기 획득하는 단계를 위해 사용될 검사 시스템의 광학 모드를 결정하기 위해 상기 하나보다 많은 이미지를 사용하는 단계를 포함한다.

[0039] 다른 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 잡음 맵을 포함한다. 상기 방법은 검사 시스템의 하나보다 많은 수의 광학 구성을 이용하여 상기 획득하는 단계를 수행하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 상기 하나보다 많은 수의 광학 구성을 이용하여 획득되는 출력을 이용하여 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 하나보다 많은 수의 잡음 맵을 생성하는 단계를 포함한다. 부가하여, 상기 방법은 상기 하나보다 많은 수의 광학 구성의 함수로서 웨이퍼-스케일 프로세스 변동을 식별하기 위해 상기 하나보다 많은 수의 잡음 맵을 이용하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 검사 시스템 및 패터닝된 웨이퍼의 결함을 위해 최선의 광학 모드를 식별하기 위해 상기 하나보다 많은 수의 광학 구성의 함수로서 상기 웨이퍼-스케일 프로세스 변동을 이용하는 단계를 더 포함한다.

[0040] 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 테스트 패턴 웨이퍼의 실질상 전체 표면의 잡음 맵을 포함하고, 상기 전체 표면 상에서 프로세스가 수행되었다. 상기 방법은 다중 패터닝된 웨이퍼들을 위해 상기 획득하는 단계를 수행하는 단계를 포함하고, 상기 다중 패터닝된 웨이퍼들 상에서 상기 프로세스는 상

기 프로세스의 하나 이상의 상이한 파라미터들을 이용하여 수행되었다. 상기 방법은 또한 출력을 이용하여 상기 다중 패터닝된 웨이퍼들의 상기 표면들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함한다. 부가하여, 상기 방법은 상기 하나 이상의 상이한 파라미터들의 함수로서 상기 다중 패터닝된 웨이퍼들의 상기 표면들의 상기 잡음 맵들을 저장하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 상기 테스트 패턴 웨이퍼 상에서 수행되는 상기 프로세스의 하나 이상의 특징들을 결정하기 위해 상기 테스트 패턴 웨이퍼의 실질상 상기 전체 표면에 대한 상기 잡음 맵과 상기 저장된 잡음 맵들을 비교하는 단계를 더 포함한다.

[0041] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 상기 획득하는 단계 및 검사 시스템의 각각의 가능한 광학 구성을 이용하는 상기 생성하는 단계를 수행함으로써 상기 획득하는 단계를 위해 사용되는 검사 레시피의 하나 이상의 광학 파라미터들을 튜닝하는 단계, 그리고 상기 이미지들의 각각에서 결함 시그너처들의 존재 또는 비-존재에 기초하여 상기 검사 레시피에 대하여 광학 구성을 선택하기 위해 각각의 가능한 광학 구성에 대응하는 이미지들을 이용하는 단계를 포함한다.

[0042] 추가 실시예에서, 상기 획득하는 단계는 검사 시스템의 미리 결정된 광학 구성을 이용하여 수행된다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 이미지에서의 결함 시그너처들의 존재 또는 비-존재를 결함 검출 알고리즘의 출력에 매칭시킴으로써 검사 레시피의 상기 결함 검출 알고리즘의 하나 이상의 파라미터들을 튜닝하는 단계를 포함한다.

[0043] 일 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 상기 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 상기 표면의 잡음 맵을 포함한다. 일부 실시예들에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 하나 이상의 다른 프로세스들에 대응하는 하나 이상의 다른 시그너처들에 기초하여 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다.

[0044] 추가 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵으로부터 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 하나 이상의 다른 프로세스들에 대응하는 하나 이상의 시그너처들을 추출함으로써 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처를 분류하는 단계를 포함한다.

[0045] 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 최종 프로세스 또는 패터닝된 웨이퍼의 하나 이상의 특징들을 결정하기 위해 상기 시그너처와 추가 시그너처들을 비교하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 추가 시그너처들은 경험적으로 생성된다. 이러한 다른 실시예에서, 상기 추가 시그너처들은 상기 최종 프로세스를 수행하기 위해 사용되는 하나 이상의 프로세스 도구들의 모델링에 의해 생성된다.

[0046] 추가 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 기초하여 상기 최종 프로세스의 하나 이상의 파라미터들이 프로세스 제어 제한치를 밖에 있는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 기초하여 상기 최종 프로세스의 하나 이상의 파라미터들을 제어하는 단계를 포함한다.

[0047] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 상기 최종 프로세스에 앞서 패터닝된 웨이퍼에 대하여 획득되는 원시(raw) 데이터 및 상기 원시 데이터에서 식별되는 시그너처들에 기초하여, 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 대응하는 근본 원인(a root cause)을 결정하는 단계를 포함한다.

[0048] 추가 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 상기 획득하는 단계 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 기초하여 상기 프로세스를 모니터링하는 단계를 포함한다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 상기 획득하는 단계가 상기 잡음 맵에 영향을 끼치기 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스 외에 다른 프로세스를 프로세싱하는 확률을 추정

하는 단계를 포함한다. 여전히 다른 실시예에서, 상기 방법은 상기 잡음 맵에서 시그니처를 식별하는 단계, 그리고 출력을 획득하기 위해 사용되는 검사 시스템의 광학에 기초하여 상기 획득하는 단계 이전에 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스 외 프로세스들의 시그니처들이 상기 잡음 맵 내의 시그니처에 기여하는 정도를 추정하는 단계를 포함한다.

[0049] 위에서 기술된 방법의 실시예들 각각의 단계들 각각은 이곳에 추가로 기술되는 바와 같이 수행될 수 있다. 위에서 기술된 방법의 실시예들 각각은 이곳에 기술되는 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다. 부가하여, 위에서 기술된 방법의 실시예들 각각은 이곳에 기술되는 시스템들 중 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0050] 본 발명의 추가의 장점들은 바람직한 실시예들의 하기의 상세한 설명의 이점을 이용하고 동반된 도면들을 참조하여 당업자에게 명백해질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0051] 도 1은 표본의 특징을 모니터링하기 위한 방법을 수행하기 위한 프로세스 상에서 실행될 수 있는 프로그램 명령어들을 포함하는 캐리어 매체의 일 실시예 그리고 표본의 특징을 모니터링하도록 구성되는 시스템의 일 실시예의 측면도를 묘사하는 개략도이다.

도 2는 각각의 다이 에지에서 시작하여 동일 사이즈의 프레임들로 분할된 이미지 데이터의 스와스(swath)의 일 실시예의 상부도를 묘사하는 개략도이다.

도 3은 표본 상의 개별 영역들에 대응하는 상기 표본 상의 개별 픽셀들, 표본 상의 다이에 대응하는 상기 표본 상의 개별 영역들의 일부분, 및 기준 다이의 일 실시예의 상부도를 묘사하는 개략도이다.

도 4는 다이들로 분할되는 표본, 프레임들로 분할되는 다이, 및 픽셀들로 분할되는 프레임의 일 실시예의 상부도를 묘사하는 개략도이다.

도 5는 다이들로 분할되는 표본, 프레임들로 분할되는 다이들, 그룹들로 분할되는 프레임, 및 그룹들 각각에 대하여 결정되는 특성들의 일 실시예의 상부도를 묘사하는 개략도이다.

도 6은 자동-임계 알고리즘에 의해 결정되는 히스토그램의 일 실시예를 묘사하는 개략도이다.

도 7은 그레이 스케일로 생성되는 웨이퍼 시그니처 이미지의 일 실시예를 묘사하는 개략도이다.

도 8은 그룹 특성 맵들의 예들을 묘사하는 개략도이다.

도 9는 고유 특징들을 갖는 것으로서 식별되는 표본 상의 개별 영역들의 일 실시예의 상부도를 묘사하는 개략도이다.

도 10은 표본 상의 적어도 하나의 추가 다이에 대응하는 상기 표본 상의 다른 개별 영역의 특징들과 결합된, 상기 표본 상의 적어도 하나의 다이에 대응하는 상기 표본 상의 개별 영역의 특징들의 일 실시예의 상부도를 묘사하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0052] 본 발명이 다양한 수정들 및 대안 형태들에 수용될 수 있는 반면에, 그의 특정한 실시예들은 도면들 내의 예로서 도시되며 이곳에서 상세하게 설명될 수 있다. 도면들은 스케일링되지 않을 수 있다. 그러나, 도면들 및 도면들에 대한 상세한 설명이 본 발명을 개시된 특정한 형태로 제한하려는 의도가 아니며, 반대로 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 바와 같은 본 발명의 사상 및 범위 내에 속하는 모든 수정들, 대등물들 및 대안들을 커버하는 것으로 이해되어야 한다.

[0053] 이곳에서 사용되는 바와 같이, 용어 "표본"은 일반적으로 웨이퍼, 포토마스크, 또는 레티클을 지칭한다. 그러나, 이곳에 기술되는 방법들, 캐리어 미디어, 및 시스템들이 종래에 알려진 임의의 다른 표본의 특징을 모니터링하기 위해 사용될 수 있음이 이해될 것이다.

[0054] 이곳에서 사용되는 바와 같이, 용어 "웨이퍼"는 일반적으로 반도체 또는 비-반도체 재료로 형성되는 기판들을 지칭한다. 이러한 반도체 또는 비-반도체 재료의 예들은 단결정 실리콘, 비화 갈륨, 및 인듐 포스파이드를 포함하나, 이들로 제한되지는 않는다. 이러한 기판들은 반도체 제작 설비들에서 공통으로 발견되고 및/또는 프로세싱될 수 있다.

- [0055] 웨이퍼는 기판 상에서 형성되는 하나 이상의 층들을 포함할 수 있다. 예컨대, 이러한 층들은 레지스트, 유전체 재료, 전도성 재료, 및 반도체 재료를 포함할 수 있으나, 이들로 제한되지는 않는다. 많은 상이한 타입들의 이러한 층들이 종래에 알려져 있고, 이곳에 사용되는 바와 같이 용어 웨이퍼는 모든 타입들의 이러한 층들을 포함하는 웨이퍼를 포괄하는 것으로 의도된다.
- [0056] 웨이퍼 상에서 형성되는 하나 이상의 층들은 패터닝될 수 있다. 예컨대, 웨이퍼는 다수의 다이들을 포함할 수 있고, 각각은 반복될 수 있는 패턴 피쳐들을 갖는다. 재료의 이러한 층들의 형성 및 프로세싱은 궁극적으로 완성된 장치들을 만들 수 있다. 많은 상이한 타입들의 장치들이 웨이퍼 상에서 형성될 수 있고, 이곳에서 사용되는 바와 같이 용어 웨이퍼는 종래에 알려진 임의의 타입의 장치가 그 위에서 제작되고 있는 웨이퍼를 포괄하는 것으로 의도된다.
- [0057] 용어 "레티클" 및 "포토마스크"는 상호 교환하게 이곳에서 사용된다. 레티클은 일반적으로 유리, 봉규산유리, 그리고 투명 기판 상에 형성되는 불투명 영역들을 갖는 용융 실리카와 같은 상기 투명 기판을 포함한다. 불투명 영역들은 투명 기판 안으로 에칭되는 영역들에 의해 교체될 수 있다. 많은 상이한 타입들의 레티클들이 종래에 알려져 있고, 이곳에서 사용되는 바와 같이 용어 레티클은 모든 타입들의 레티클들을 포괄하는 것으로 의도된다.
- [0058] 이제 도면들로 돌아와서, 도면들이 스케일링되게 도시되지 않음이 언급된다. 특히, 도면들의 엘리먼트들 중 일부의 스케일은 엘리먼트들의 특징들을 강조하기 위해 크게 과장된다. 또한, 도면들이 동일한 스케일로 도시되지 않음이 언급된다. 유사하게 구성될 수 있는 하나보다 많은 도면에 도시되는 엘리먼트들은 동일한 참조부호들을 이용하여 표시되었다.
- [0059] 도 1은 표본의 특징을 모니터링하도록 구성되는 시스템의 일 실시예를 묘사한다. 상기 시스템은 검사 시스템을 포함한다. 상기 검사 시스템은 표본을 검사함으로써 출력을 생성하도록 구성된다. 이곳에 기술되는 시스템 실시예들에 포함될 수 있는 검사 시스템의 한 가지 구성을 일반적으로 묘사하기 위해 도 1이 이곳에 제공됨이 언급된다. 명백하게, 이곳에 기술되는 검사 시스템 구성은 상용 검사 시스템을 설계할 때 일반적으로 수행되는 바와 같이 검사 시스템의 성능을 최적화하도록 변경될 수 있다. 부가하여, 이곳에 기술되는 시스템들은 기존 검사 시스템을 이용하여(예컨대, 기존 검사 시스템에 이곳에서 기술되는 기능을 부가함으로써) 구현될 수 있다. 일부 이러한 시스템들의 경우, 이곳에 기술되는 방법들은 (예컨대, 시스템의 다른 기능에 부가하여) 시스템의 옵션 기능으로서 제공될 수 있다. 대안적으로, 이곳에 기술되는 시스템은 완전하게 새로운 시스템을 제공하기 위해 "맨 처음부터" 설계될 수 있다.
- [0060] 도 1에 도시된 검사 시스템은 광원(10)을 포함한다. 광원(10)은 종래에 알려진 임의의 적절한 광원을 포함할 수 있다. 검사 시스템은 또한 둘 이상의 광원들(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 둘 이상의 광원들은 유사하게 또는 상이하게 구성될 수 있다. 예컨대, 광원들은 동일하거나 상이한 입사 각도들에서 및 동일하거나 상이한 시간에 표본으로 지향될 수 있는 상이한 특징들(예컨대, 파장, 극성 등)을 갖는 빛을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0061] 광원(10)은 빛을 빔 분할기(12)로 지향하도록 구성된다. 빔 분할기(12)는 광원(10)으로부터 대물렌즈(14)로 빛을 지향하도록 구성된다. 대물렌즈(14)는 실질상 입사 표준각도에서 빔 분할기(12)로부터의 빛을 표본(16) 상으로 초점을 맞추도록 구성된다. 그러나, 검사 시스템은 임의의 적당한 입사 각도에서 표본으로 빛을 지향하도록 구성될 수 있다. 빔 분할기(12)는 종래에 알려진 임의의 적당한 광 컴포넌트를 포함할 수 있다. 대물렌즈(14)는 종래에 알려진 임의의 적당한 굴절 광 컴포넌트를 포함할 수 있다. 부가하여, 비록 대물렌즈(14)가 도 1에서 단일 굴절 광 컴포넌트로서 도시되더라도, 대물렌즈(14)가 하나 이상의 굴절 광 컴포넌트들 및/또는 하나 이상의 반사 광 컴포넌트들을 포함할 수 있음이 이해될 것이다.
- [0062] 검사 시스템은 다중의 독립적 검출 채널들을 포함하는 수집 시스템을 포함한다. 각각의 검출 채널은 수집 각도들의 고유 세트에 걸쳐서 표본으로부터 산란되거나 반사되는 빛을 수집하도록 구성된다. 부가하여, 비록 검사 시스템이 BF(bright field) 채널 및 DF(dark field) 채널을 포함하는 것으로 이곳에 추가로 설명되더라도, 검사 시스템이 하나 이상의 검출 채널들의 임의의 조합(예컨대, 하나 이상의 BF 채널들 및/또는 하나 이상의 DF 채널들)을 포함할 수 있음이 이해될 것이다. 게다가, 검사 시스템은 다수의 검출 채널들을 포함할 수 있고, 검출 채널들 전부 또는 전부보다 더 적은 검출 채널들에 의해 생성되는 출력이 이곳에 추가로 설명되는 바와 같이 프로세서에 의해 사용될 수 있다. 이곳에서 추가로 설명되는 바와 같이 프로세서에 의해 이용되는 검출 채널들의 특정한 조합에 의해 생성되는 출력은 예컨대 표본의 특징들, 관심 대상 결함들의 특징들, 및 검사 시스템의 특

징들에 기초하여 선택될 수 있다.

- [0063] 도 1에 도시된 실시예에서, 표본(16)으로부터 반사되는 빛이 대물렌즈(14)에 의해 수집되고, 빔 분할기(12)를 통해 검출기(18)로 간다. 검출기(18)는 종래에 알려진 임의의 적당한 검출기일 수 있다. 검출기(18)는 표본(16)에 대하여 픽셀-레벨 출력을 획득하도록 구성될 수 있다. 부가하여, 검출기(18)는 이미징 검출기일 수 있다. 그러므로, 검출기(18)에 의해 생성되는 픽셀-레벨 출력은 이미지 데이터를 포함할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 대물렌즈(14)는 표본으로부터 정반사성으로(specularly) 반사되는 빛을 수집하도록 구성되고, 검출기(18)는 표본으로부터 정반사성으로 반사되는 빛을 검출하도록 구성된다. 그러므로, 대물렌즈(14) 및 검출기(18)는 검사 시스템의 BF 채널을 형성한다. 이와 같이, 검사 시스템의 BF 채널은 표본에 대한 픽셀-레벨 출력을 생성하도록 구성될 수 있다. 부가하여, 검사 시스템의 BF 채널은 이미지 데이터를 포함하는 픽셀-레벨 출력을 생성하도록 구성된다.
- [0064] 표본(16)으로부터의 산란광이 대물렌즈(20)에 의해 수집되고, 상기 대물렌즈(20)는 상기 수집된 빛을 검출기(22)로 지향한다. 대물렌즈(20)는 종래에 알려진 임의의 적당한 굴절 광 컴포넌트를 포함할 수 있다. 부가하여, 비록 대물렌즈(20)가 도 1에서 단일 굴절 광 컴포넌트로서 도시되더라도, 대물렌즈(20)가 하나 이상의 굴절 광 컴포넌트들 및/또는 하나 이상의 반사 광 컴포넌트들을 포함할 수 있음이 이해될 것이다. 대물렌즈(20)는 임의의 적당한 산란 각도들에서 표본으로부터의 산란광을 수집하도록 구성될 수 있다. 부가하여, 대물렌즈(20)가 표본으로부터의 산란광을 수집하도록 구성되는 산란 각도들은 표본의 관심대상 결함들(미도시) 또는 (예컨대, 패턴 피쳐들(미도시)의) 하나 이상의 특징들에 기초하여 결정될 수 있다.
- [0065] 검출기(22)는 종래에 알려진 임의의 적당한 검출기일 수 있다. 검출기(22)는 표본(16)에 대하여 픽셀-레벨 출력을 생성하도록 구성될 수 있다. 부가하여, 검출기(22)는 이미징 검출기일 수 있다. 그러므로, 검출기(22)에 의해 생성되는 픽셀-레벨 출력은 이미지 데이터를 포함할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 대물렌즈(20)는 표본으로부터의 산란광을 수집하도록 구성되고, 검출기(22)는 표본으로부터의 산란광을 검출하도록 구성된다. 그러므로, 대물렌즈(20) 및 검출기(22)는 검사 시스템의 DF 채널을 형성한다. 이와 같이, 검사 시스템의 DF 채널은 표본에 대하여 픽셀-레벨 출력을 생성하도록 구성될 수 있다. 부가하여, 검사 시스템의 DF 채널은 이미지 데이터를 포함하는 픽셀-레벨 출력을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0066] 검사 시스템의 BF 및 DF 채널들에 의한 출력의 생성 동안에, 표본(16)은 스테이지(24) 상에 배치될 수 있다. 스테이지(24)는 종래에 알려진 임의의 적당한 기계적 및/또는 로봇 어셈블리를 포함할 수 있다(예컨대, 표본을 지지하도록 구성된 스캐닝 스테이지).
- [0067] 시스템은 또한 프로세서(26)를 포함한다. 프로세서(26)는 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 수신하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 프로세서(26)는 프로세서가 검출기들(18 및 22)로부터 픽셀-레벨 출력을 수신할 수 있도록 검출기들(18 및 22)에 결합될 수 있다. 프로세서(26)는 종래에 알려진 임의의 적당한 방식으로(예컨대, "유선" 및/또는 "무선" 일부분들을 포함할 수 있는 전송 매체(미도시)를 통해, 검출기들 각각 및 프로세서 사이에 끼인 전자 컴포넌트들(미도시)을 통해 등) 검출기들에 결합될 수 있다.
- [0068] 프로세서(26)는 상기 출력을 이용하여 표본 상의 개별 픽셀들의 특성을 결정하도록 구성된다. 프로세서는 이곳에 추가로 설명되는 바와 같이 개별 픽셀들의 상기 특성을 결정하도록 구성될 수 있다. 프로세서는 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 상기 특성들을 이용하여 표본 상의 개별 영역들의 특징을 결정하도록 구성될 수 있다. 프로세서는 이곳에 설명되는 바와 같이 개별 영역들의 특징을 결정할 수 있다. 프로세서는 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하도록 더 구성된다. 프로세서는 이곳에 추가로 설명되는 바와 같이 표본의 특징을 모니터링할 수 있다. 프로세서는 또한 이곳에 설명되는 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0069] 프로세서(26)는 퍼스널 컴퓨터 시스템, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 프로세서, 또는 종래에 알려진 임의의 다른 장치를 포함하여 다양한 형태들을 취할 수 있다. 일반적으로, 용어 "컴퓨터 시스템"은 메모리 매체로부터의 명령어들을 실행하는 하나 이상의 프로세서들을 갖는 임의의 장치를 포괄하는 것으로 폭넓게 정의될 수 있다.
- [0070] 도 1에 도시된 검사 시스템은 또한 종래에 알려진 임의의 다른 적당한 컴포넌트들(미도시)을 포함할 수 있다. 게다가, 도 1에 도시된 검사 시스템은 캘리포니아 산호세의 KLA-Tencor로부터 구할 수 있는 2360, 2365, 2371, 23xx, Puma 90xx, 및 Puma 91xx와 같은 상용 검사 시스템으로 교체될 수 있다. 도 1에 도시된 시스템의 실시예는 이곳에 설명되는 바와 같이 더 구성될 수 있다. 부가하여, 시스템은 이곳에서 설명되는 방법 실시예(들) 중

임의의 방법 실시예의 임의의 다른 단계(들)를 수행하도록 구성될 수 있다. 도 1에 도시된 시스템의 실시예는 이곳에 설명되는 방법 실시예들의 장점들 전부를 갖는다.

- [0071] 도 1은 또한 표본(16)의 특징을 모니터링하기 위한 방법을 수행하기 위한 프로세서(26) 상에서 실행될 수 있는 프로그램 명령어들(30)을 포함하는 캐리어 매체(28)의 일 실시예를 묘사한다. 상기 방법은 검사 시스템을 이용해 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 표본 상에서 개별 픽셀들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 개별 픽셀들의 특징은 이곳에 설명되는 바와 같이 결정될 수 있다. 상기 방법은 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특징들을 이용하여 표본 상에서 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 개별 영역들의 특징이 이곳에서 설명되는 바와 같이 결정될 수 있다. 상기 방법은 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 더 포함한다. 표본의 특징은 이곳에서 설명되는 바와 같이 모니터링될 수 있다. 부가하여, 프로그램 명령어들(30)이 실행될 수 있도록 하는 방법은 이곳에 설명되는 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다.
- [0072] 이곳에서 설명되는 바와 같은 방법들을 구현하는 프로그램 명령어들(30)은 캐리어 매체(28) 상에 저장되거나 캐리어 매체(28)를 통해서 전송될 수 있다. 캐리어 매체는 유선, 케이블, 또는 무선 전송 링크와 같은 전송 매체일 수 있다. 캐리어 매체는 또한 읽기-전용 메모리, 랜덤 액세스 메모리, 자기 디스크 또는 광 디스크, 또는 자기 테이프와 같은 저장 매체일 수 있다.
- [0073] 프로그램 명령어들은 특히 프로시저-기반 기술들, 컴포넌트-기반 기술들, 및/또는 객체-지향 기술들을 포함하여 다양한 방식들 중 임의의 방식으로 구현될 수 있다. 예컨대, 프로그램 명령어들은 원해지는 바에 따라 맷랩, 비주얼 베이직, 액티브 엑스 제어들, C, C++ 객체들, C#, 자바 빈즈, 마이크로소프트 파운데이션 클래스들("MFC"), 또는 다른 기술들이나 방법들을 이용하여 구현될 수 있다.
- [0074] 위에서 설명된 바와 같이, 프로그램 명령어들은 프로세서(26) 상에서 실행될 수 있다. 그러므로, 프로그램 명령어들은 검사 시스템에 결합된 프로세서 상에서 실행될 수 있다. 그러나, 프로그램 명령어들은 검사 시스템에 결합되지 않은 프로세서 상에서 실행될 수 있다. 이러한 방식으로, 캐리어 매체 및 프로세서는 "독립형" 시스템으로서 구성될 수 있다. 그러나, 독립형 시스템은 검사 시스템으로부터(예컨대, 검사 시스템의 프로세서 또는 저장 매체(미도시)로부터) 위에서 설명된 출력을 획득하도록 구성될 수 있다. 독립형 시스템은 종래에 알려진 임의의 방식으로 출력을 획득할 수 있다(예컨대, "유선" 및/또는 "무선" 일부분들을 포함할 수 있는 전송 매체를 통해). 이러한 방식으로, 전송 매체는 프로세서 및 검사 시스템 사이의 데이터 링크로서 동작할 수 있다. 그러므로, 이곳에 설명되는 방법들은 표본의 검사를 수행함으로써 출력을 획득하는 단계를 포함할 수도 있고 포함하지 않을 수도 있다. 즉, 이곳에 설명되는 방법들은 검사 시스템을 포함하지 않는 시스템에 의해 수행될 수 있다.
- [0075] 다른 실시예는 표본의 특징을 모니터링하기 위한 컴퓨터-구현 방법에 관한 것이다. 일 실시예에서, 표본은 패터닝된 웨이퍼를 포함한다. 즉, 표본은 패턴 피쳐들(예컨대, 장치 피쳐들, 테스트 피쳐들, 등)이 그 위에 형성되는 웨이퍼를 포함할 수 있다. 그러나, 표본은 이곳에서 설명되는 다른 표본들 중 임의의 표본을 포함할 수 있다.
- [0076] 일반적으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 하기의 단계들을 포함할 수 있다: 1) 프레임 데이터의 수집, 2) 프레임 데이터로부터 웨이퍼 및 다이 시그너처 이미지들의 생성, 및 3) 상기 웨이퍼 및 다이 시그너처 이미지들의 시각화. 이러한 단계들 각각이 이곳에서 추가로 설명된다.
- [0077] 상기 방법은 검사 시스템을 이용해 표본을 검사함으로써 생성되는 출력을 이용하여 표본 상에서 개별 픽셀들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 출력은 이곳에서 설명되는 출력 중 임의의 출력을 포함할 수 있다. 검사 시스템은 이곳에서 설명되는 바와 같이 구성될 수 있다. 부가하여, 출력은 하나 이상의 조명 스킵들을 이용하여 표본을 스캐닝하고 표본 상의 매(또는 거의 매) 픽셀 위치로부터 응답 신호들을 모음으로써 생성될 수 있다. 각각의 픽셀 위치로부터의 응답 신호는 하나 이상의 검출 채널들에 의해 검출될 수 있다. 게다가, 출력은 하나보다 많은 조명 스킵 및 하나보다 많은 검출 채널을 동시에(예컨대, 표본의 단일 스캔으로) 또는 순차적으로(예컨대, 표본의 상이한 스캔들로) 이용하여 생성될 수 있다.
- [0078] 프레임 데이터의 수집은 정규 검사 스캔의 배경에서 또는 전용 프레임 데이터 수집 스캔으로서 프레임 데이터를 수집하는 단계를 포함할 수 있다. 후자의 경우, 검사 시스템은 여전히 정규 검사 스캔을 수행할 수 있으나, 이때 임의의 결함들을 검출하지 않도록 임계치가 턴 오프 된다. 프레임 데이터의 수집 동안에, 검사 시스템은 웨이퍼를 스캐닝하고 스와스 이미지들을 획득한다. 각각의 스와스 이미지는 각각의 다이 에지에서 시작하여 동일

사이즈의 프레임들로 분할된다. 예컨대, 도 2에 도시된 바와 같이, 검사 시스템(도 2에 미도시)의 이미지 센서(32)가 스와스 이미지(34)를 획득할 수 있다. 스와스 이미지(34)는 각각의 다이(38)의 에지에서 시작하여 동일 사이즈의 프레임들(36)로 분할된다. 디폴트 프레임 사이즈는 결합 검출을 위해 사용된 것과 동일한 사이즈이다(예컨대, 일부 BF 시스템들의 경우, 프레임 사이즈는 512 픽셀 높이이고 1024 픽셀 폭이다). 그러나, 최종 웨이퍼 시그너처 이미지들에서 더 나은 해상도를 얻기 위해, 프레임은 서브-프레임들로 분할될 수 있다. 그러면, 프레임 데이터는 프레임 또는 서브-프레임 이미지들로부터 추출된다.

[0079] 부가하여, "표본 상의 개별 픽셀들"이 표본 상에서 실제로 형성되지 않음이 언급된다. 대신에, "개별 픽셀들"은 검사 시스템의 개별 감광성 엘리먼트들이고, 각각의 엘리먼트는 표본으로부터 빛을 검출하고 그에 반응하는 출력을 생성할 수 있다. 그러므로, 검사의 출력은 실질상 많은 신호들 또는 데이터 포인트들을 포함할 수 있고, 그 각각은 상기 신호 또는 데이터 포인트가 획득된 표본 상의 포지션에 대응한다. 이와 같이, 검사 시스템에 의해 생성되는 출력 내의 개별 신호들 또는 데이터 포인트들은 또한 공통으로 "개별 픽셀들"로서 지칭된다. 개별 신호들 또는 데이터 포인트들이 생성된 표본 상의 위치들이 검사 시스템 또는 그에 결합된 프로세서에 의해 결정될 수 있으므로, "표본 상의 개별 픽셀들"은 표본 상에서 상이한 위치들에 의해 생성되는 출력 내의 개별 신호들 또는 데이터 포인트들로서 정의될 수 있다.

[0080] 비록 상기 방법들이 표본 상의 개별 픽셀들의 "특성"을 결정하는 단계를 포함하는 것으로서 이곳에서 설명되더라도, 이곳에서 설명되는 방법 실시예들이 표본 상의 개별 픽셀들의 하나보다 많은 특성을 결정하는 단계를 포함할 수 있음이 이해될 것이다. 상기 하나보다 많은 특성은 이곳에서 설명되는 특성들 중 임의의 특성을 포함할 수 있다. 예컨대, 개별 픽셀들의 특성은 개별 픽셀들의 신호의 값, 개별 픽셀들 각각의 주변 $N \times N$ 픽셀 이웃 내의 신호의 로컬 평균값, 이러한 이웃 내의 범위 또는 중앙값, 또는 이러한 이웃 내의 최대 또는 최소 신호값을 포함할 수 있다. 이러한 특성들은 종래에 알려진 임의의 적당한 방법 및/또는 알고리즘을 이용하여 결정될 수 있다.

[0081] 다른 실시예에서, 개별 픽셀들의 특성은 동일한(또는 실질상 동일한) 내부 다이 포지션에서 표본 상에서 인접한 다이들 내에 위치되는 개별 픽셀들의 특성들 간 차이이다. 예컨대, 개별 픽셀들의 특성을 결정하는 단계는 표본 상의 다이 내 선택된 픽셀에 대한 신호 및 표본 상의 인접한 다이 내 대응하는 픽셀(또는 인접한 다이들 내 대응하는 픽셀들, 상기 선택된 다이의 각각의 측면상의 픽셀)로부터의 신호 간 차분 값을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 차분 값은 인접한 다이들 내 대응하는 픽셀들 간 임의의 로컬 특성의 차분일 수 있다. 예컨대, 상기 차분을 결정하는데 사용되는 로컬 특성은 $N \times N$ 평균들, $N \times N$ 범위들, x 및 y 내 로컬 신호 기울기들, 또는 기울기 크기 및 위상을 포함할 수 있다. 개별 픽셀들의 특성들 간 차이는 임의의 적절한 방법 및/또는 알고리즘을 이용하여 결정될 수 있다.

[0082] 도 3에 도시된 바와 같이, 표본(42) 상의 개별 픽셀들(40)은 표본 상의 개별 영역(44)에 대응한다. 비록 도 3에서 특정한 개수의 픽셀들(40)이 표본(42) 상의 개별 영역(44) 내에 도시되더라도, 표본 상의 픽셀들의 개수는 종래에 알려진 임의의 적당한 개수를 포함할 수 있고 검사 시스템의 구성에 따라 일반적으로 가변할 것임이 이해될 것이다. 부가하여, 도 3에서 특정한 개수의 개별 영역들(44)이 표본(42) 상에서 도시되더라도, 표본 상의 개별 영역들의 개수는 표본 상의 프레임들의 개수에 일반적으로 대응할 수 있음이 이해될 것이다. 즉, 각각의 영역은 검사 시스템에 의해 획득되는 출력 내의 프레임으로서 정의될 수 있다. 예컨대, 스와스는 다중 프레임들을 포함할 수 있고, 상기 프레임들은 사이즈에 있어서 해상도 및 픽셀 사이즈와 같은 검사 시스템의 파라미터들에 따라 가변할 수 있다. 이러한 방식으로, 스와스 내의 픽셀들은 프레임들에 기초하여 분리되고, 각각의 프레임은 상이한 영역에 대응할 수 있다. 그러나, 공통으로 "잡"으로서도 지칭될 수 있는 단일 프레임 내의 픽셀들은 이곳에서 추가로 설명되는 바와 같이 다중 그룹들로 분리될 수 있다. 부가하여, 비록 표본이 특정한 형태를 갖는 것으로서 도 3에서 도시되더라도, 표본이 종래에 알려진 임의의 적당한 형태 및 사이즈를 가질 수 있음이 이해될 것이다.

[0083] 도 3에서 도시된 바와 같이, 개별 영역들(44) 각각은 개별 픽셀(40)의 영역보다 더 크고 표본(42)의 영역보다 더 작은 영역을 갖는다. 이러한 방식으로, 각각의 개별 영역은 표본 상에서 적어도 두 개의 개별 픽셀들을 포함한다. 부가하여, 개별 영역들은 적어도 두 개의 개별 영역들이 표본 상에서 정의되도록 표본의 영역보다 작은 영역을 갖는다. 일부 실시예들에서, 도 3에 도시된 바와 같이, 개별 영역들(44)은 직사각형 형태를 갖는다. 직사각형 형태는 직사각형 또는 정사각형일 수 있다(즉, 직사각형 형태가 필수적으로 정사각형은 아니다). 이러한 일 실시예에서, 도 3에 도시된 바와 같이, 개별 영역들은 표본 상에서 2차원 그리드(46)를 형성한다. 이러한 방식으로, 반도체 다이, 웨이퍼, 레티클, 또는 다른 표본이 표본 표면 상에서 겹쳐질 수 있는 2차원 그리

드를 형성하는 직사각형 영역들로 파티션될 수 있다.

[0084] 이러한 일 실시예에서, 도 4에 도시된 바와 같이, 표본(웨이퍼)(48)은 다이들(50)을 포함한다. 각각의 다이(50)는 직사각형 영역들(프레임들)(52)의 세트로 쪼개질 수 있다. 프레임들 전부는 동일한 사이즈를 갖는다. 각각의 프레임(52)은 다수의 픽셀들(54)을 포함한다. 프레임들의 형태는 일반적으로 직사각형, 예컨대 512 픽셀 가로 \times 1024 픽셀 높이 또는 정사각형, 예컨대 512 픽셀들 \times 512 픽셀들이다.

[0085] 각각의 영역 또는 프레임 내의 개별 픽셀들은 개별 픽셀들과 연관된 출력 도는 개별 픽셀들의 특성에 기초하여 그룹들로 추가로 분리될 수 있다. 예컨대, 도 5에 도시된 바와 같이, 표본(56)은 다이들(58)을 포함할 수 있다. 비록 표본(56)이 네 개의 다이들(58)을 포함하는 것으로서 도시되더라도, 표본이 임의의 적당한 개수의 다이들을 포함할 수 있음이 이해될 것이다. 표본은 웨이퍼일 수 있다. 다이들 각각은 위에서 추가로 설명된 바와 같이 프레임들(60)로 분할될 수 있다. 비록 다이들 각각이 네 개의 프레임들(60)로 분할되어 있는 것으로서 도시되더라도, 다이들 각각이 임의의 적당한 개수의 프레임들로 분할될 수 있음이 이해될 것이다. 도 5에서 추가로 도시된 바와 같이, 프레임들 각각 내의 픽셀들은 그룹들(62)로 분리될 수 있다. 부가하여, 비록 픽셀들이 도 5에서 세 개의 그룹들로 분리되고 있는 것으로 도시되더라도, 프레임들 각각 내의 픽셀들이 임의의 적당한 개수의 그룹들로 분할될 수 있음이 이해될 것이다. 픽셀들은 이곳에서 추가로 설명되는 바와 같이 그룹들로 분리될 수 있다.

[0086] 특히 잡음성으로 보이거나 또는 커다란 특성 신호를 포함하는 것으로 보이는 개별 픽셀들이 하나의 그룹으로 분리될 수 있고, 특히 잡음성으로 보이지 않는 개별 픽셀들이 상이한 그룹으로 분리될 수 있다. 이러한 방식으로, 각각의 프레임 내의 픽셀들은 그룹들(세그먼트들로도 지칭될 수 있음)로 분할될 수 있고, 주어진 프레임에서 주어진 그룹에 속하는 픽셀들은 서로 인접할 필요가 없다. 예컨대, 각각의 프레임에서, 픽셀들은 두 개의 그룹들, 즉 그 값(강도 신호)이 0 내지 128 사이인 그룹(이를 그룹 1이라 부름) 및 그 값들이 128 내지 255 사이인 그룹(이를 그룹 2라 부름)으로 분할될 수 있다. 프레임 내의 그룹 1 및 그룹 2 픽셀들은 공간적으로 완전히 섞일 수 있다. 요컨대, 프레임(영역) 내의 픽셀들의 그룹은 일부 공통 특성을 공유하는 픽셀들의 무리이다.

[0087] 이러한 방식으로 픽셀들을 분리하는데 사용될 수 있는 방법의 한 예는 SAT(segmented auto-thresholding)이다. 일반적으로, SAT는 잡음 바닥을 측정하고 잡음 바닥보다 더 높은 결함 검출 임계치를 셋팅함으로써 픽셀들을 카테고리화하기 위해 픽셀-이웃 통계치들을 이용하는 알고리즘이다. 그러므로, 잡음 바닥이 가변하므로, 임계치는 "표류한다". SAT를 위해 구성되는 방법들 및 시스템들의 예들은 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합되는 Kren 등에 공동 할당된 미국 특허 번호 6,781,688에 설명된다. 이곳에서 설명되는 방법 실시예들은 본 특허에서 설명되는 임의의 방법(들)의 임의의 단계(들)를 포함할 수 있다.

[0088] 이러한 방법 실시예는 개별 픽셀들과 연관된 임의의 출력 또는 이곳에서 설명되는 바와 같이 결정되는 개별 픽셀들의 임의의 특성에 기초하여 개별 픽셀들을 그룹들로 분리하기 위해 사용될 수 있다. 명백하게, 상이한 그룹들로 분리되는 픽셀들의 개수는 이러한 실시예들에서 가변할 수 있고, 이는 상이한 개수들의 픽셀들이 상이한 그룹들 내에 있도록 할 수 있다.

[0089] 개별 영역들에서 픽셀들을 그룹들로 분리하는 단계는 또한 또는 대안적으로 표본 상의 픽셀들의 위치들과 연관된 설계 콘텍스트와 같은 표본에 관한 정보(예컨대, 동일한 설계 콘텍스트와 연관되는 픽셀들이 그룹으로 분리될 수 있도록) 및 표본 상의 다이 레이아웃에 관한 정보에 기초하여 수행될 수 있다. 이러한 방식으로, 프레임 내에서 주어진 픽셀은 주어진 그룹에 속할 수 있고, 상기 그룹은 일부 특성에 의해 또는 설계 콘텍스트에 의해 정의될 수 있다. 용어 "설계 콘텍스트"는 일반적으로 상이한 특징들(예컨대, 정보를 "검사할 곳"인 접촉 구역들이나 더미 충전물 구역들 또는 프로세스 실패가 가능한 곳인 "주의 구역들", "중대 구역들", 또는 그들의 조합과 같은 구역들 내의 피쳐들의 타입(들))을 갖는 표본 상에서 형성되고 있는 장치 내 지리적 구역들을 정의하는 데이터를 지칭한다. 표본 상의 픽셀들의 위치와 연관되는 설계 콘텍스트는 설명되는 바와 같이 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합되는 2006년 11월 20일자로 출원된 Zafar 등에 의한 공동 할당된 미국 특허 시리얼 번호 11/561,659, 2006년 11월 20일자로 출원된 Kulkarni 등에 의한 공동 할당된 11/561,735, 2006년 12월 6일자로 출원된 Fouquet 등에 의한 공동 할당된 60/868,769, 2006년 12월 19일자로 출원된 Duffy 등에 의한 공동 할당된 60/870,724, 2007년 1월 5일자로 출원된 Park 등에 의한 공동 할당된 60/883,617, 2007년 2월 27일자로 출원된 Chen 등에 의한 공동 할당된 11/680,152, 및 2007년 3월 8일자로 출원된 Chen 등에 의한 공동 할당된 11/683,696으로 결정될 수 있다. 이곳에서 설명되는 방법 실시예들은 이러한 특허 출원들에서 설명되는 임의의 단계(들)를 포함할 수 있다. 예컨대, 이곳에서 설명되는 실시예들은 이러한 특허 출원들에서 설명되는

설계-기반 방법들의 임의의 단계들을 포함할 수 있다. 다른 예에서, 이곳에서 설명되는 실시예들은 레시피 셋업을 위해 이러한 특허 출원들에서 설명되는 임의의 방법들의 임의의 단계들을 포함할 수 있다.

[0090] 위에서 설명된 바와 같이, 개별 픽셀들의 특성은 동일한(또는 실질상 동일한) 내부 다이 포지션에서 표본 상의 인접한 다이들 내에 위치한 개별 픽셀들의 특성들 간 차이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 개별 영역들의 일부는 표본 상의 다이에 대응한다. 예컨대, 도 3에서 도시된 바와 같이, 개별 영역들(44) 중 네 개는 표본 상에서 다이(64)에 대응한다. 그러나, 표본 상에서 다이에 대응하는 개별 영역들의 개수는 다이당 프레임들의 개수에 따라 가변할 수 있다. 이러한 방식으로, 전체 개별 영역이 표본 상의 다이의 일부분에만 대응할 수 있다. 즉, 개별 영역들은 다이보다 더 적은 픽셀들을 포함할 수 있다.

[0091] 일 실시예에서, 상기 방법은 표본 상의 다이에 대응하는 개별 영역들의 일부분을 표본 상의 상이한 다이에 대응하는 개별 영역들의 상이한 일부분에 정렬하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 방법은 도 3에 도시된 표본(42) 상의 다이(64)에 대응하는 개별 영역들의 일부분을 표본 상의 다이(66)에 대응하는 개별 영역들의 일부분에 정렬하는 단계를 포함할 수 있다. 부가하여, 또는 대안적으로, 상기 방법은 다이(66)에 대응하는 개별 영역들의 일부분을 다이(68)에 대응하는 개별 영역들의 일부분에 정렬하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법에서 상호 정렬되는 상이한 다이에 대응하는 개별 영역들의 일부분들은 표본 상에서 서로 인접하는 상이한 다이에 대응하는 개별 영역들의 일부분들을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 선택된 다이에 대하여 대응하는 직사각형 영역들을 인접한 다이에 대하여 대응하는 직사각형 영역들에 정렬하는 단계를 포함할 수 있다. 다중 다이들에 대하여 대응하는 직사각형 영역들을 정렬하는 단계는 종래에 알려진 임의의 적당한 방법 및/또는 알고리즘을 이용하여 수행될 수 있다.

[0092] 다른 실시예에서, 각각의 프레임에 대하여, 랜덤 검사의 경우에, 상기 방법은 현재 다이("테스트 다이"로도 불림)의 프레임 이미지를 기준 다이(일반적으로 사전 다이)의 프레임 이미지에 정렬하는 단계, 그리고 차분 이미지를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 도 2에 도시된 바와 같이, 다이(A)의 프레임(2)의 이미지는 다이(B)의 프레임(2)의 이미지에 정렬되고, 이미지들 중 하나는 차분 이미지(70)를 결정하기 위해 다른 이미지로부터 차감될 수 있다. 어레이 검사의 경우, 상기 방법은 셀 단위 비교를 이용함으로써 차분 이미지를 결정하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 셀 단위 비교는 Tsai 등에 대한 미국 특허 번호 4,845,558에서 설명된 바와 같이 수행될 수 있으며, 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합된다.

[0093] 다른 실시예에서, 상기 방법은 표본 상의 다이에 대응하는 개별 영역들의 일부분을 기준 다이에 정렬하는 단계를 포함한다. 예컨대, 도 3에 도시된 바와 같이, 기준 다이(72)는 데이터베이스(74)에 저장될 수 있다. 이러한 한 예에서, 표본(42) 상의 다이(64)에 대응하는 개별 영역들의 일부분은 기준 다이(72)에 정렬될 수 있다. 표본 상의 다이(66)에 대응하는 개별 영역들의 일부분은 또한 또는 대안적으로 기준 다이(72)에 정렬될 수 있고, 표본 상의 다이(68)에 대응하는 개별 영역들의 일부분은 또한 또는 대안적으로 기준 다이(72)에 정렬될 수 있다. 기준 다이는 예컨대 골든 다이일 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 선택된 다이에 대하여 대응하는 직사각형 영역들을 골든 다이에 정렬하는 단계를 포함할 수 있다. 그러나, 기준 다이는 종래에 알려진 임의의 다른 적당한 기준 다이를 포함할 수 있다. 다이에 대하여 대응하는 직사각형 영역들을 골든 다이에 정렬하는 단계는 종래에 알려진 임의의 적당한 방법 및/또는 알고리즘을 이용하여 수행될 수 있다.

[0094] 골든 다이는 표본 상의 다이의 무결함 버전을 나타낼 수 있다. 골든 다이는 예컨대 추가 표본(미도시)을 검사하고, 추가 표본 상에서 무결함 다이를 식별하고, 및 기준 다이로서 상기 무결함 다이에 대응하는 추가 표본의 검사에 의해 생성되는 출력을 저장함으로써 생성될 수 있다. 다른 예에서, 기준 다이는 표본 상에서 무결함 다이를 위해 획득되는 출력을 시뮬레이션함으로써 생성될 수 있다. 출력을 시뮬레이션하는 단계는 표본 제작 프로세스의 모델에 대한 입력으로서 표본에 대한 레이아웃 데이터 또는 설계 데이터를 이용하여 표본의 특징들을 시뮬레이션하는 단계, 그리고 상기 표본의 검사를 시뮬레이션하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 시뮬레이션들을 수행하는데 사용될 수 있는 방법들 및 시스템들의 예들은 2005년 9월 14일자로 출원된 Verma 등에 의한 공동 출원된 미국 특허 출원 시리즈 번호 11/226,698(2006년 3월 23일에 미국 특허 공개 공보 번호 2006/0062445로 발행됨)에 묘사되고, 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합된다. 이곳에 설명되는 실시예들은 상기 특허 출원에서 설명된 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다. 데이터베이스(74)는 종래에 알려진 임의의 적당한 구성을 가질 수 있다. 부가하여, 기준 다이(72)는 종래에 알려진 임의의 적당한 포맷으로 데이터베이스(74)에 저장될 수 있다.

[0095] 추가 실시예에서, 개별 영역들의 상이한 일부분들이 표본 상에서 상이한 다이들에 대응한다. 예컨대, 도 3에 도시된 바와 같이, 개별 영역들의 상이한 일부분들은 표본 상에서 상이한 다이들(64, 66, 및 68)에 대응한다.

이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 상이한 일부분들을 공통 기준 그리드에 정렬하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 표본 상의 다이들의 무리에 대응하는 직사각형 영역들을 공통 기준 그리드에 정렬하는 단계를 포함할 수 있다. 상이한 다이들에 대응하는 개별 영역들의 상이한 일부분들을 공통 기준 그리드에 정렬하는 단계는 종래에 알려진 임의의 적당한 방법 및/또는 알고리즘을 이용하여 수행될 수 있다. 공통 기준 그리드는 표본, 다이, 또는 임의의 다른 적당한 조정 시스템의 조정들에 있어서 정의될 수 있다.

[0096] 요약하면, 그러므로, 개별 픽셀들의 특성들은 주어진 픽셀에서의 그레이 레벨(신호)의 함수, 상기 픽셀 주변 픽셀들의 이웃의 함수, 픽셀에서의 상기 함수 값 및 인접한 다이 또는 임의의 기준 다이 또는 골든 다이, 또는 그들의 일부 조합 내 대응하는 픽셀 위치에서의 상기 함수 값 사이의 차분일 수 있다.

[0097] 상기 방법은 또한 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들을 이용하여 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 원본 프레임 이미지 또는 차분 이미지로부터 추출될 수 있는 임의의 특성들이 프레임 데이터를 구성할 수 있다. 한 가지 가능한 특성은 평균, 표준편차, 중앙치, 최소, 최대, 또는 퍼센티지와 같은 프레임 이미지의 픽셀 값들의 임의의 통계치들을 포함한다. 다른 가능한 특성은 평균, 표준편차, 중앙치, 최소, 최대, 또는 퍼센티지와 같은 차분 이미지의 픽셀 값들의 임의의 통계치들을 포함한다. 추가의 가능한 특성은 검출 알고리즘에 의해 결정되는 임의의 중간 결과들을 포함한다. 예컨대, 자동-임계 알고리즘의 경우, 상기 알고리즘은 차분 이미지의 히스토그램을 결정하고 그것을 이용하여 결함 픽셀들을 검출하기 위한 임계치를 자동으로 결정한다. 이러한 검출 알고리즘으로부터 추출될 수 있는 특성들은 목표 밀도 포지션, 극단적 픽셀 값, 및 오프셋을 포함한다. 예컨대, 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 알고리즘은 프레임 차분 히스토그램(76)을 결정할 수 있고, 상기 검출 알고리즘으로부터 추출될 수 있는 특성들은 임계치 오프셋(78), 잡음 바닥(80), 및 최대 차분(82)을 포함한다.

[0098] 상기 레시피가 다중 영역들을 포함하고 프레임 내에 하나보다 많은 영역이 존재한다면, 위에서-언급된 프레임 데이터는 각각의 영역에 대하여 수집된다. 즉, 프레임 데이터 추출의 단계들은 각각의 영역에 속하는 픽셀들 전체에 적용된다.

[0099] 저장시 파일 사이즈를 감소시키기 위해, 프레임 데이터는 압축될 수 있다. 압축 스킴은 수집된 프레임 데이터의 타입에 대하여 맞추어질 수 있다.

[0100] 상기 압축된 프레임 데이터는 이곳에서 추가로 설명되는 바와 같이 웨이퍼 및 다이 이미지들의 구성을 가능하게 하는 보조 정보와 함께 파일에 기록될 수 있다. 이러한 보조 정보는 스와스 인덱스들, 다이 인덱스들, 및 프레임 인덱스들, 그리고 스와스 및 프레임 레이아웃에 관련된 다른 파라미터들을 포함한다. 상기 압축된 프레임 데이터는 파일에 기록되고 후속하여 따로따로 첨부된다. 검사가 완료될 때, 상기 파일은 단히고 디스크에 저장된다.

[0101] 일 실시예에서, 개별 영역들 각각의 특징을 결정하는데 사용되는 개별 픽셀들의 특성들은 개별 영역들 각각 내의 개별 픽셀들 전체의 특성들을 포함한다. 이러한 방식으로, 영역 특징은 상기 영역(프레임) 내 픽셀들 전체에 걸쳐서 측정되는 픽셀 특성의 임의의 통계치일 수 있다. 대안적으로, 개별 영역들의 특징을 결정하는데 사용되는 개별 픽셀들의 특성들은 개별 영역들 각각 내의 개별 픽셀들의 일부분만의 특성들을 포함한다. 개별 영역들의 특징을 결정하는데 사용되는 개별 픽셀들의 특성들은 예컨대 상기 특성들의 값들 그리고 결정되고 있는 개별 영역들의 특징에 기초하여 선택될 수 있다.

[0102] 상기 방법은 또한 영역들 또는 프레임들 각각에서 픽셀들의 상이한 그룹들의 특징을 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 도 5에 도시된 바와 같이, 프레임들(60) 중 하나 내의 픽셀들이 세 개의 그룹들(62)(예컨대, 그룹 1, 그룹 2, 및 그룹 3)로 분리될 수 있다. 그룹들 각각에 대하여 하나 이상의 특성들이 결정될 수 있다. 예컨대, 도 5에 도시된 바와 같이, 특성들(84)(예컨대, 특성 1 및 특성 2)이 픽셀들의 그룹들 각각에 대하여 결정될 수 있다. 픽셀들의 상이한 그룹들의 특성들은 이곳에서 추가로 설명되는 바와 같이 결정될 수 있다. 부가하여, 도 5에 도시된 바와 같이, 특성 1 및 특성 2 모두는 픽셀들의 그룹들 각각에 대하여 결정될 수 있다. 픽셀들의 그룹들 각각에 대하여 결정되는 특성 또는 특성들은 동일한 특성 또는 동일한 특성들일 수 있다.

[0103] 일 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들의 통계치를 포함한다. 통계치는 이곳에 설명되는 통계치들 또는 임의의 다른 적당한 통계치 중 임의의 것을 포함할 수 있다. 추가 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들의 분포를 포함한다. 예컨대, 위에서 기술된 바와 같이 개별 픽셀들의 특성을 결정하는 단계는 각각의 개별 영역 내의 각각의 픽셀 위치의 특성을 결정하는 단계를 포함하고, 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계는 각각의 영역 내 픽셀들에 대한 상기 특성의 분포를 결정

하는 단계를 포함할 수 있다(예컨대, 픽셀 카운트의 히스토그램 대 특성 값). 일부 실시예들에서, 위에서 기술된 바와 같이, 개별 픽셀들의 특성은 동일한(또는 실질상 동일) 내부 다이 포지션에서 표본 상에서 인접한 다이들 내에 위치한 개별 픽셀들의 특성들 간 차이이다. 이러한 하나의 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내에서 개별 픽셀들의 차이들의 분포를 포함한다. 이러한 방식으로, 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계는 각각의 영역에서 개별 픽셀들의 특성의 분포를 결정하는 단계를 포함할 수 있다(예컨대, 상기 차분 값의 히스토그램).

[0104] 추가 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들의 분포의 특성을 포함한다. 예컨대, 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계는 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들의 분포(예컨대, 신호 값의 히스토그램, 인접한 다이들로부터의 신호 값들 간 차분의 히스토그램, 다이 행 내에서 둘 이상의 다이들(예컨대, 다이 행 내의 다이 전부)에서의 대응하는 다이-상대적 위치들에 있는 픽셀들에 대한 하나 이상의 통계치들의 하나 이상의 히스토그램들 등)의 일부 값을 결정하는 단계(및 선택적으로 일정 방식으로 레코딩하는 단계)를 포함할 수 있다. 상기 분포의 특성은 예컨대 최대 신호 값 또는 신호 값들의 최대 차분(인접한 다이들 간), 표준편차와 같은 상기 분포의 확산의 측정치, 또는 상기 분포의 평균값 또는 모드(예컨대, 히스토그램 내 피크의 위치)와 같이 직사각형 영역 내에서 레코딩된 최고 값일 수 있다. 여전히 다른 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 개별 영역들 내의 개별 픽셀들의 특성들의 분포의 특성 및 상기 분포의 특성에 대응하는 위치를 포함한다. 예컨대, 개별 영역들의 특징을 결정하는 단계는 분포(예컨대, 히스토그램)에서 예컨대 최대 신호를 나타내는 픽셀의 x 및 y 위치를 결정하는 단계(및 선택적으로 일정 방식으로 레코딩하는 단계)를 포함할 수 있다. 따라서, 히스토그램이 표본 상의 인접한 다이들 간 그레이 레벨 차분에 대하여 결정된다면, 위치는 최대 차분 값을 나타내는 픽셀의 위치일 수 있다.

[0105] 일부 실시예들에서, 개별 영역들의 특징은 개별 픽셀들과 연관되는 설계 콘텍스트에 기초하여 개별 픽셀들을 그룹들로 분리하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 개별 영역들 내의 픽셀들은 설계 콘텍스트에 따라 분리될 수 있다. 픽셀들의 그룹들로의 이러한 분리는 위에서 설명된 바와 같이 수행될 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 개별 영역들의 특징은 그룹들의 특징을 포함한다. 상기 실시예에서 결정되는 그룹들의 특징은 이곳에서 설명되는 개별 영역들의 특징들 중 임의의 특징을 포함할 수 있고, 이곳에서 설명되는 바와 같이 결정될 수 있다.

[0106] 위에서 또한 설명되는 바와 같이, 개별 영역들 내에서 개별 픽셀들은 개별 픽셀들의 특성에 기초하여 그룹들로 분리될 수 있다. 개별 픽셀들이 그룹들로 어떻게 분리되는지와 무관하게, 특징이 각각의 그룹에 대하여 또는 그룹들 중 하나 이상에 대하여 개별 영역들의 특징을 결정하는 것에 관하여 위에서 기술된 것과 유사한 방식으로 결정될 수 있다. 부가하여, 하나보다 많은 특징이 위에서 설명된 바와 같이 그룹들 각각 또는 하나 이상에 대하여 위에서 기술된 바와 같이 결정될 수 있다. 예컨대, 그룹 특징(그룹 특성 또는 영역(프레임) 특성)은 그룹 또는 영역(프레임) 내의 픽셀들 전부에 걸쳐서 측정되는 픽셀 특성의 통계치를 포함할 수 있다. 그룹들의 특징(들)은 이곳에 설명되는 특징(들) 중 임의의 특징을 포함할 수 있다.

[0107] 요약하면, 그러므로, 개별 영역들의 특징 또는 그룹들의 특징은 픽셀들의 평균 그레이 레벨, 그레이 레벨들의 평균 다이-대-다이 차분, 상기 영역(프레임) 또는 그룹에 속하는 인접한 다이들 내 픽셀들 간 그레이 레벨 차분의 표준편차, 또는 그들의 일부 조합일 수 있다.

[0108] 상기 방법은 또한 개별 영역들의 특징들에 기초하여 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 표본의 특징은 개별 영역들의 특징들 내의 표본-레벨 시그니처를 포함한다. 다른 실시예에서, 표본의 특징은 개별 영역들의 특징들 내의 다이-레벨 시그니처를 포함한다. 위에서 설명된 시그니처들은 표본 특성 맵으로부터 추출되는 "조직적 특성 시그니처들"일 수 있다.

[0109] 표본 특성은 다이 스와스를 프레임들로 분할함으로써(예컨대, 512×512) 생성될 수 있다. 하나의 다이 내의 프레임은 그러면 다른 다이 내의 대응하는 프레임과 정렬되는 서브-픽셀일 수 있다. 프레임 픽셀들은 예컨대 그레이 레벨 및 로컬 범위에 기초하여 자동으로 "SAT 세그먼트들"로 그룹핑될 수 있다. K개 세그먼트들, 통상적으로 3-8이 있을 수 있다. 그러면 두 개의 다이 간 i 번째 세그먼트 픽셀들에 대한 그레이 레벨 차분의 히스토그램이 결정될 수 있다. 각각의 세그먼트에 대하여 및 연속적인 다이들의 각각의 쌍에 대하여 이러한 차분 히스토그램의 통계치들이 레코딩될 수 있다. 상기 통계치는 세그먼트 내의 픽셀들, 최대 그레이 레벨 차분, 및 픽셀들의 바닥 p%(예컨대, 0.001%, 0.01%, 0.1% 등)의 히스토그램 꼬리 내 위치(그레이 레벨 값)와 같은 통계치들을 포함할 수 있다(히스토그램 꼬리 내의 픽셀들이 놓이는 장소에 대하여 위치 정보가 레코딩될 수 없으면, 결합 위치들만이 레코딩될 수 있다).

- [0110] 표본 특성은 다이에 걸친 세그먼트 모집단들의 분포, 모집단 분포들 내의 표본 스케일 변화들, 다이 내에서 다이-대-인접한 다이 특성 분포의 분포, 특성 분포 내의 표본 스케일 변화들, 및 시스템 레벨 문제점들에 대응하는 별개 시그너처들을 묘사할 수 있다. 예컨대, 별개 시그너처들은 거의 중요한 표본-스케일 이슈들을 표시하는 상이한 SAT 세그먼트들 내에서 식별될 수 있다.
- [0111] 표본-레벨 및/또는 다이-레벨 시그너처들은 개별 영역들 중 하나 이상에 걸쳐 있는 특성 맵과 같은 개별 영역들의 특징의 공간적 시그너처 분석(SSA)에 의해 결정될 수 있다. 이러한 방식으로, 표본-레벨 및/또는 다이-레벨 시그너처들은 이미지 분석의 타입을 이용하여 검출될 수 있다. 이곳에서 설명되는 실시예들에서 사용될 수 있는 SSA 방법들 및 시스템들의 예들은 Kulkarni 등에 공동 할당된 미국 특허 번호 5,991,699, Eldredge 등에 공동 할당된 6,718,526, 및 Huet 등에 공동 할당된 7,006,886에서 묘사되고, 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합된다. 이곳에서 설명되는 실시예들은 이러한 특허들에서 설명되는 방법(들)의 임의의 방법의 임의의 단계(들)를 포함할 수 있다.
- [0112] 이러한 방식으로, 상기 방법 실시예들은 표본을 검사함으로써 생성되는 출력 내에서 표본-레벨 및/또는 다이-레벨 시그너처들을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 출력은 KLA-Tencor로부터 상용으로 구할 수 있는 AIT, 23xx, 및 eS30 패밀리의 도구들과 같은 현재 이용될 수 있는 검사 시스템들에 의해 생성될 수 있다. 그러나, 이러한 도구들에 의해 생성되는 출력은 상기 출력이 표본 상의 결함들을 표시하지 않도록 결정된 이후에 현재 폐기된다(예컨대, 출력 신호들은 표본 상의 결함들을 식별하는데 사용되는 임계 값 미만이다).
- [0113] 상기 방법은 또한 웨이퍼 및 다이 시그너처 이미지들의 생성을 포함할 수 있다. 예컨대, 프레임 내에서 수집되는 프레임 데이터의 각각의 특성에 대하여, 별도의 시그너처 웨이퍼 또는 다이 이미지가 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 방법은 표본의 시그너처 이미지를 구성하는 단계를 포함하고, 시그너처 이미지의 각각의 픽셀은 개별 영역들의 선택된 특징을 나타낸다. 예컨대, 웨이퍼 시그너처 이미지를 생성하기 위해, 각각의 프레임의 상기 선택된 특성이 프레임 데이터로부터 판독되고, 픽셀 값으로 전환된다. 이러한 프레임의 픽셀 포지션은 위에서 언급된 보조 데이터로부터 결정된다. 다이 시그너처 이미지를 구성하기 위해, 웨이퍼 이미지들은 다이 사이즈 및 위치 정보에 따라 다이로 나뉘어진다. 그러면 도구는 다이 시그너처 이미지를 획득하기 위해 다이 이미지들의 적층의 최소치를 결정한다.
- [0114] 상기 방법은 또한 웨이퍼 및 다이 시그너처 이미지들의 시각화를 포함할 수 있다. 예컨대, 시각화를 위해, 도구는 사용자들이 프레임 데이터로부터 수집되는 특성들 중 임의의 하나를 선택하도록 사용자 인터페이스(UI)를 제공할 수 있다. 도구는 위에서 설명된 바와 같이 생성되는 대응하는 웨이퍼 시그너처 이미지들을 그레이 스케일로(예컨대, 도 7에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 시그너처 이미지의 예를 포함함) 또는 일정한 적당한 컬러 맵으로 디스플레이한다. 인간 눈에 더 잘 보이는 시그너처를 만들기 위해, 시스템은 시그너처 이미지의 일정한 범위(들)의 콘트라스트를 자동으로 조정할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 방법은 둘 이상의 시그너처 이미지들을 나란히 디스플레이하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 결함들의 웨이퍼 맵 상에서 겹쳐지는 하나 이상의 시그너처 이미지들을 디스플레이하는 단계를 포함한다. 예컨대, 검출된 결함들의 웨이퍼 시그너처로의 맵핑을 용이하게 하기 위해, 결함들의 웨이퍼 맵 및 웨이퍼 시그너처 이미지는 나란히, 또는 겹쳐져서 다이 시그너처 맵과 함께 디스플레이된다.
- [0115] 이곳에 설명되는 실시예들에서, 이러한 출력의 시그너처들은 웨이퍼 결함성 및 방법 이슈들을 모니터링하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 시그너처들은 스루풋 관련사항들(샘플링) 때문에 일반적으로 방법 또는 "파라메트릭" 측정들에 의해 검출될 수 없는 조직적 이슈들에 대응한다. 특히, 방법 측정들은 포인트-대-포인트 측정들이다. 즉, 표본이 고정된 동안 측정들은 표본 상의 하나의 위치에 수행되고, 그러면 측정들이 표본 상의 상이한 위치들에서 수행될 수 있도록 표본이 움직인다. 그러므로, 검사 시스템들의 스루풋과 비교할 때 계측 도구들의 낮은 스루풋 때문에, 전체 표본에 걸쳐서 방법 측정들을 수행하는 것은 비실용적이다. 그러나, 이곳에서 설명되는 실시예들은 검사 시스템들에 의해 생성되는 출력을 활용한다. 그러므로, 이러한 조직적 이슈들을 모니터링하기 위해 이곳에서 설명되는 실시예들에 사용되는 출력은 비교적 신속하게 생성될 수 있다.
- [0116] 이곳에서 설명되는 실시예들에서 식별되고 분석될 수 있는 조직적 이슈들은 종래에 알려진 임의의 조직적 이슈들을 포함한다. 게다가, 이곳에서 설명되는 실시예들이 전체 표본에 걸쳐서 비교적 짧은 시간량에서 조직적 이슈들을 식별하고 분석하는데 사용될 수 있기 때문에, 이곳에서 설명되는 실시예들은 실질적 학습량이 원해지는 애플리케이션들에 특히 유용할 수 있다. 예컨대, 제작 프로세스들에 대한 이머전 리소그래피와 같은 새로운 기술들의 도입은 새로운 타입들의 표본상 결함성을 유발할 수 있다. 제작 프로세스들의 비교적 많은 개수의 가변 파라미터들과 새로운 기술 및 예전 기술 사이(예컨대, 비-이머전 및 이머전 리소그래피 사이)의 실질적인 차이

들 때문에, 새로운 타입들의 결합성은 예측되고 제어되기 어려울 수 있다. 그러나, 이곳에서 설명되는 실시예들은 전체 표본에 걸쳐서 비교적 짧은 시간량에서 결합성에 관한 실질적인 양의 정보를 생성할 수 있으며, 이는 새로운 타입들의 결합들을 식별하고 제거하기 위한 효과적이고도 경제적인 방법들 및 시스템들을 제공함으로써, 출시에 걸리는 시간이 감소되고 제작 프로세스들의 수익성이 증가된다.

[0117] 그러므로, 위에서 기술된 영역 통계치들과 같은 개별 영역들의 특징들이 표본 상의 일부 기본적인 이슈들을 모니터링하기 위해 사용될 수 있다. 예컨대, SAT를 위해 사용되는 것과 같은 템플릿이 낮은 범위와 중간 내지 높은 평균값을 갖는 세그먼트를 취사선택함으로써 색 변동을 검출하도록 구성될 수 있다. 색 변동은 보통 막 두께 변동에 따라 트래킹하여서, 원칙적으로 파라메트릭 측정치들이 이러한 측정치들과 상관될 수 있으며, 이러한 데이터는 표본을 위한 검사 결과들의 일부로서 포함될 수 있다. 다른 예에서, SAT 세그먼트당 최대 차분, 다른 세그먼트-기반 통계적 특성들, 프레임당 가장 밝은 픽셀 및 프레임당 가장 어두운 픽셀처럼 절대 측정치들, 또는 이들의 일부 조합이 트래킹될 수 있다. 부가하여, 이곳에서 설명되는 실시예들에서 표본의 특징을 모니터링하는데 사용되는 개별 영역들의 특징들은 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합되는 Kren 등에 공동 출원된 미국 특허 번호 6,781,688에 설명된다. 이곳에서 설명되는 방법 실시예들은 이곳에서 설명되는 임의의 방법(들)의 임의의 단계(들)를 포함할 수 있다. 다른 자동 임계 알고리즘(예컨대, HLAT 알고리즘)이 이곳에서 설명되는 실시예들에서 유사한 방식으로 사용될 수 있다.

[0118] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 개별 영역들의 특징들에 기초하여 잠재적 프로세스 문제점들을 결정하는 단계, 그리고 상기 잠재적 프로세스 문제점들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 예컨대, 위에서 설명된 바와 같이, 검사 시스템에 의해 생성되는 출력은 개별 영역들의 특징들을 결정하는데 사용되고, 색 변동과 같은 개별 영역들의 특징들은 부적절하게 기능하는 리소그래피 트랙(예컨대, 부적절하게 기능하는 레지스트 적용 모듈)과 같은 잠재적 프로세스 문제점을 결정하는데 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 표본 특성 분석 및 조직적 프로세스 이슈들을 포함할 수 있다. 이곳에서 설명되는 실시예들에서 검출될 수 있는 조직적 프로세스 이슈들은 임계 치수(CD) 변동, 막 두께 변동, 라인 에지 거칠기, 에칭 깊이를 포함하지만, 이들로 제한되지는 않는다. 예컨대, 이곳에서 설명되는 실시예들에서 결정되는 개별 영역들의 특징은 CD 변동에 직접 상관될 수 있는 패턴 특성을 포함할 수 있다. 개별 영역들의 특징들은 종래에 알려진 임의의 방식으로(예컨대, 선천적 또는 실험에 기초하여) 잠재적 프로세스 문제점들에 상관될 수 있다. 부가하여, 잠재적 프로세스 문제점들은 종래에 알려진 임의의 적절한 방법, 알고리즘, 및/또는 데이터 구조(예컨대, 데이터베이스, 규칙들 데이터베이스, 룩업 테이블, 기능적 관계, 등)를 이용하여 개별 영역들의 특징들로부터 결정될 수 있다. 잠재적 프로세스 문제점들을 묘사하는 출력은 잠재적 프로세스 문제점들을 나타내는 병렬적 다중 표본-레벨 및 다이-레벨 뷰들을 포함할 수 있다. 상기 뷰들은 또한 표본에 걸쳐서 다이 단위로 또는 표본-대-표본에 걸쳐서 잠재적 프로세스 문제점들을 나타내는 뷰들을 포함할 수 있다. 잠재적 프로세스 문제점들을 묘사하는 출력은 종래에 알려진 임의의 적절한 포맷을 가질 수 있다.

[0119] 일부 실시예들에서, 표본 상에서 개별 영역들 또는 그룹들의 상기 하나 이상의 특징들로부터 결정되는 표본의 특징은 각각의 다이의 각각의 영역(프레임)에 대하여 또는 각각의 다이의 각각의 영역 내의 각각의 그룹에 대하여 결정되는 각각의 특징의 값을 나타내는 표를 포함할 수 있다. 즉, 상기 표는 영역 및 다이의 함수로서 또는 그룹, 영역, 및 다이의 함수로서 상기 결정된 특징(들)을 묘사할 수 있다. 아래의 표 1은 이러한 표의 일 예를 묘사한다.

표 1

	그룹 1		그룹 2		그룹 3	
	특성 1	특성 2	특성 1	특성 2	특성 1	특성 2
다이 1 프레임1	26	57	30	94	23	108
다이 1 프레임2	05	90	08	94	10	240
다이 1 프레임3	125	57	148	22	110	108
다이 1 프레임4	75	57	64	94	70	108
다이 2 프레임1	26	57	30	94	23	108
다이 2 프레임2	26	57	30	94	23	108
다이 2 프레임3	26	57	110	94	23	200
다이 2 프레임4	26	88	30	94	23	108
다이 3 프레임1	26	57	30	94	23	108
다이 3 프레임2	26	57	30	94	23	155
다이 3 프레임3	26	11	120	94	23	108
다이 3 프레임4	26	57	30	94	44	108
다이 4 프레임1	26	57	30	94	23	111
다이 4 프레임2	99	05	30	94	66	220
다이 4 프레임3	26	57	130	94	23	139
다이 4 프레임4	26	20	30	94	23	108

[0120]

[0121]

다른 실시예에서, 표본 상에서 개별 영역들 또는 그룹들의 상기 하나 이상의 특징들로부터 결정되는 표본의 특징은 하나 이상의 맵들을 포함할 수 있으며, 상기 맵들의 각각은 영역(프레임) 및 다이의 함수로서 또는 그룹, 영역, 및 다이의 함수로서 하나의 특징의 값을 나타낸다. 대안적으로, 상기 하나 이상의 맵들의 각각은 표본 상에서 하나 이상의 다이들 내에서 영역(프레임)당 한 타입의 그룹만을 위한 한 특징의 값만을 나타낼 수 있다. 예컨대, 한 맵은 표본 상의 한 다이 내가 아니라 각각의 영역 내의 제1 타입의 그룹만을 위한 제1 특징의 값들을 묘사할 수 있고, 다른 맵은 표본 상의 한 다이 내가 아니라 영역들 각각 내의 제2 타입의 그룹만을 위한 제1 특징의 값들을 묘사할 수 있으며, 추가 맵은 표본 상의 한 다이 내가 아니라 영역들 각각 내의 제3 타입만을 위한 제2 특징의 값들을 묘사할 수 있다. 이러한 그룹 특성 맵들의 예들이 도 8에 도시된다. 특히, 그룹 특성 맵(86)은 표본(56) 상에서 형성된 다이들(58) 내의 프레임들(60) 각각에 대하여 그룹 1을 위한 특성 1을 묘사한다. 그룹 특성 맵(88)은 표본(56) 상에서 형성된 다이들(58) 내의 프레임들(60) 각각에 대하여 그룹 1을 위한 특성 2를 묘사한다. 그룹 특성 맵(90)은 표본(56) 상에서 형성된 다이들(58) 내의 프레임들(60) 각각에 대하여 그룹 3을 위한 특성 2를 묘사한다. 이러한 방식으로, 각각의 맵은 표본 상에서 영역 및 다이의 함수로서 개별 픽셀들의 그룹의 단 한 타입의 단 한 특징의 값들을 묘사할 수 있다.

[0122]

일 실시예에서, 상기 방법은 고유 특징들을 갖는 개별 영역들의 하나 이상을 식별하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 방법은 최대 패턴 특성 변동을 갖는 개별 영역(들) 또는 최대 색 변동을 갖는 개별 영역(들)을 식별하는 단계를 포함할 수 있다. 고유 특징(들)은 특징 단위로 정의될 수 있다. 예컨대, 일부 특징들의 최소 값이 고유할 수 있는 반면에 다른 특징들의 경우 최고 값이 고유할 수 있다. 개별 영역들은 임의의 적당한 방식으로 (예컨대, 각각의 영역의 특징을 다른 영역들 각각의 특징들과 비교하거나 또는 각각의 영역의 특징을 사용자에게 의해 또는 이곳에서 설명된 방법들에 의해 자동으로 정의될 수 있는 고유한 것으로 간주될 특징의 값들을 정의하는 일정한 미리 결정된 기준과 비교하여) 고유 특징들을 갖는 것으로서 식별될 수 있다.

[0123]

이러한 일 실시예에서, 도 9에 도시된 바와 같이, 개별 영역들(92)은 고유 특징들을 갖는 표본(42)의 개별 영역들로서 식별될 수 있다. 비록 고유 특징들을 갖는 일정 개수의 개별 영역들(92)이 도 9에 도시되더라도, 임의의 개수의 개별 영역들(예컨대 하나 이상)이 고유 특징들을 갖는 것으로서 식별될 수 있음이 이해될 것이다. 부가하여, 비록 개별 영역들(92)이 표본(42) 상의 특정한 위치들을 갖는 것으로서 도시되더라도, 고유 특징들을

갖는 것으로서 식별된 개별 영역들이 표본 상에서 임의의 포지션에 위치될 수 있음이 이해될 것이다.

- [0124] 다른 실시예에서, 상기 방법은 계측을 위해 고유 특징들을 갖는 상기 개별 영역들 중 하나 이상을 선택하는 단계를 포함한다. 계측을 위해 선택되는 상기 하나 이상의 개별 영역들은 위에서 설명된 바와 같이 식별되는 개별 영역들 전부 또는 일부를 포함할 수 있다. 부가하여, 개별 영역들 상에서 수행되는 계측은 종래에 알려진 임의의 적당한 계측을 포함할 수 있고, 예컨대 표본의 특징들 및/또는 표본 상에서 사전에 수행된 프로세스(들)에 따라 가변할 수 있다. 결함 리뷰 및/또는 결함이나 재료 분석과 같은 다른 분석 프로세스들도 계측을 위해 선택된 영역들 상에서 수행될 수 있다.
- [0125] 추가 실시예에서, 상기 방법은 고유 특징들을 갖는 개별 영역들 중 하나 이상에 대응하는 표본 상의 하나 이상의 위치들을 결정하는 단계, 그리고 상기 하나 이상의 위치들에서 하나 이상의 측정들을 수행하는데 사용될 수 있는 하나 이상의 위치들에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 계측 도구 또는 사용자를 표본 상에서 정확한 지점들로 안내하는데 사용될 수 있으며, 이때 표본-단위 및/또는 다이-레벨 이슈들이 고유하다(예컨대, 최악). 고유 특징들을 갖는 개별 영역(들)에 대응하는 표본 상의 상기 하나 이상의 위치들은 임의의 적당한 방식으로(예컨대, 검사 시스템에 의해 생성되는 포지셔닝 정보로부터) 결정될 수 있다. 부가하여, 위치(들)가 결정된 개별 영역(들)은 예컨대 고유 특징들을 갖는 것으로서 식별된 개별 영역(들) 전부 또는 계측을 위해 선택된 그러한 개별 영역(들)만을 포함할 수 있다.
- [0126] 상기 하나 이상의 개별 영역들 상에서 수행될 하나 이상의 측정들은 이곳에서 설명된 바를 포함하여 종래에 알려진 임의의 적당한 계측 측정(들)을 포함할 수 있다. 부가하여, 상기 하나 이상의 측정들은 단일 계측 도구에 의해 또는 하나보다 많은 계측 도구에 의해 수행될 수 있다. 예컨대, 상기 하나 이상의 측정들은 단일 계측 도구 또는 다중 계측 도구들에 의해 수행되는 둘 이상의 상이한 타입들의 측정들을 포함할 수 있다.
- [0127] 상기 하나 이상의 측정들을 수행하는데 사용될 수 있는 상기 하나 이상의 위치들에 관하여 생성되는 정보는 개별 영역(들) 상에서 수행될 측정(들)에 따라 가변할 수 있다. 예컨대, 상기 측정(들)을 수행할 계측 도구가 검사 시스템에 의해 생성되는 출력으로부터 표본 상의 개별 영역들의 위치들을 결정할 수 있다면, 상기 정보는 측정들이 수행될 하나 이상의 개별 영역들에 대응하는, 검사 시스템에 의해 생성된 위치 정보 전부 중 서브세트를 포함할 수 있다. 대안적으로, 상기 정보의 포맷은 정보의 전환 없이 계측 도구에 의해 사용될 수 있는 포맷 또는 표준 파일 포맷일 수 있다. 예컨대, 상기 정보를 생성하는 단계는 측정(들)이 검사 시스템에 의해 보고된 바와 같이 수행될 개별 영역(들)의 좌표들을 계측 도구(들)에 있어서 개별 영역(들)의 좌표들로 변환하는 단계를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 상기 정보는 판독될 수 있고 다수의 도구들(예컨대, 검사 및 계측 도구들 모두)에 의해 사용될 수 있는 표준 파일 포맷 형태일 수 있다. 이러한 표준 파일 포맷의 일 예는 KLARF 파일 포맷이다.
- [0128] 다른 실시예에서, 표본의 특징은 표본에 걸친 포지션의 함수로서 개별 영역들의 특징을 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본 및 기준의 특징 사이의 유사성들을 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 방법은 이러한 맵들 사이의 유사성들을 결정하기 위하여 표본의 특징 또는 개별 영역들의 특징들의 표본 맵을 표본 맵들의 저장된 데이터베이스와 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 유사성 측정치는 맵들의 값들 사이의 직접적인 매칭(상관 함수와 같이) 또는 맵들로부터 추출된 피쳐 벡터들 사이의 유사성일 수 있다. 피쳐 벡터는 표본 맵의 특성들의 임의의 세트에 대하여 결정될 수 있다. 이러한 단계는 표본 맵의 미리 결정된 카테고리들 또는 클래스들의 세트 중 하나로의 분류로서 보일 수 있다(예컨대, 정상 맵 대 비정상 맵).
- [0129] 추가 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본의 특징을 하나 이상의 제어 제한치들과 비교함으로써 표본 단위 또는 룯 단위로 표본의 특징을 모니터링하는 단계를 포함한다. 예컨대, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본의 일부 특징을 표본-대-표본 또는 룯-대-룰로부터 트래킹하는 단계, 그리고 상기 특징이 일정 제어 제한치들을 위반할 때 알람을 트리거링하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 제어 한계치들은 종래에 알려진 임의의 방식으로 선택될 수 있고, 종래에 알려진 임의의 적당한 포맷을 가질 수 있다. 상기 알람은 종래에 알려진 임의의 적당한 포맷을 가질 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 표본의 검사에 의해 생성되는 출력에 기초하여 표본의 특징을 모니터링함으로써 통계적 프로세스 제어(SPC)를 포함할 수 있다.
- [0130] 일부 실시예들에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본의 특징을 하나 이상의 제어 한계치들과 비교하는 단계, 그리고 표본의 특징이 상기 하나 이상의 제어 제한치들을 초과하는 표본 상의 위치들을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 하나 이상의 제어 제한치들과 비교되는 표본의 특징은 이곳에서 설명되는 표본의 특징들 중 임의의 특징을 포함할 수 있다. 하나 이상의 제어 제한치들은 종래에 알려진 임의의 방식으로 선택될 수 있고,

종래에 알려진 임의의 적당한 포맷을 가질 수 있다. 표본 상의 상기 위치들은 표본 상에서 개별 영역들, 다이들, 및/또는 개별 픽셀들에 관한 위치 정보에 기초하여 결정될 수 있다. 즉, 표본의 특징이 상기 하나 이상의 제어 한계치들을 초과하는 표본 상의 위치들은 검사 시스템에 의해 생성된 또는 이곳에서 기술된 실시예들에 의해 생성된 임의의 포지셔닝 정보를 이용하여 결정될 수 있다.

[0131] 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 또한 상기 위치들에서 하나 이상의 측정들을 수행하는데 사용될 수 있는 상기 위치들에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 위치들에 관한 정보는 위에서 설명된 정보 중 임의의 정보를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 취사선택된 특징이 제어 제한치(들)를 초과하는 표본 위치들을 레코딩하는 단계를 포함할 수 있으며, 그래서 이러한 표본 위치들이 계측 도구를 이용하여 예컨대 높은 정확도로 라인 폭들을 측정하기 위해, 광학 현미경 또는 전자 빔 현미경과 같은 고-해상도 리뷰 현미경, 또는 이곳에서 설명된 다른 계측 측정들 중 임의의 것을 이용하여 수동으로 검사하기 위해 측정될 수 있다.

[0132] 일부 실시예들에서, 표본의 특징은 표본 상에서 적어도 하나의 추가 다이에 대응하는 개별 영역들의 특징들과 결합된, 표본 상에서 적어도 하나의 다이에 대응하는 개별 영역들의 특징들을 포함한다. 예컨대, 표본의 특징을 결정하는 단계는 표본 상에서 둘 이상의 개별 다이들을 "적층"하는 단계, 그리고 적층되는 다이 맵을 디스플레이하는 단계를 포함한다. 즉, 표본 상의 둘 이상의 다이에 대응하는 개별 영역들의 특징들이 겹쳐질 수 있다. 이러한 일 예에서, 표본(도 10에는 미도시) 상에서 도 10에 도시된 다이(96)의 특징들은 적층된 다이 맵(98)으로서 도시된 두 개의 다이의 결합된 특징들을 생성하기 위해 표본 상의 다이(96)의 특징들과 겹쳐질 수 있다.

[0133] 적층되는 다이는 이곳에서 설명된 실시예들의 사용자에게 의해 취사선택되거나 또는 일부 알고리즘 및/또는 방법을 이용하여 자동으로 선택될 수 있다. 다중 다이들에 대응하는 개별 영역(들)의 특징들의 값들은 임의의 개수의 방식들로(예컨대, 평균 값, 중앙 값, 최소 또는 최대 값, 등) 결합될 수 있다. 이진 표본 맵을 위해, 다이 적층은 상기 다중 다이들에 대응하는 개별 영역(들)의 개별 이진 값들 전부의 불 방식의(Boolean) 함수를 이용하여 수행될 수 있다. 상기 불 방식의 함수는 예컨대 합집합 또는 교집합 함수 또는 상기 위치에서의 이진 값과 동일한 이진 값을 갖는 값들의 개수가 총계될 수 있는 총계 함수일 수 있다. 상기 방법은 또한 이진 이미지(일부 임계 값을 이용하여) 또는 특징들이 그레이 레벨 값으로서 또는 실시예들의 사용자에게 쉽게 보이도록 색-코딩된 값으로서 디스플레이되는 이미지로서 상기 적층된 다이 맵을 디스플레이하는 단계를 포함한다.

[0134] 이러한 일 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 상기 결합된 특징들 및 기준 사이의 유사성들을 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 특징의 이러한 모니터링은 이러한 맵들 사이의 유사성들을 결정하기 위하여 표본의 적층된 다이 맵을 적층된 다이 맵들의 저장된 데이터베이스와 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 유사성 측정치는 상기 맵들의 값들 사이의 직접적인 매칭(상관 함수와 같이) 또는 상기 맵들로부터 추출된 피쳐 벡터들 사이의 유사성일 수 있다. 피쳐 벡터는 상기 적층된 다이 맵의 특성들의 임의의 세트에 대하여 결정될 수 있다. 이러한 단계는 상기 적층된 다이 맵의 미리 결정된 카테고리들 또는 클래스들의 세트 중 하나로 분류로서 보일 수 있다(예컨대, 정상 맵 대 비정상 맵). 다른 예에서, 특징의 이러한 모니터링은 상기 적층된 다이 맵의 표본-대-표본 또는 룯-대-룰로부터 일부 특성을 트랙킹하는 단계, 그리고 상기 특성이 일정한 제어 한계치들을 위반할 때 알람을 트리거링하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 트랙킹 및 상기 알람의 트리거링은 이곳에서 설명된 바와 같이 수행될 수 있다.

[0135] 추가 실시예에서, 상기 방법은 표본의 특징을 모니터링하는 동안에 출력을 이용하여 상기 표본 상의 결합들을 검출하는 단계를 포함한다. 상기 결합들은 종래에 알려진 임의의 타입의 결합들을 포함할 수 있고, 검사되고 있는 표본의 타입에 따라 가변할 수 있다. 결합을 검출하는 단계는 종래에 알려진 임의의 적당한 방법 및/또는 알고리즘을 이용하여 수행될 수 있다. 이러한 방식으로, 표본은 검사 시스템에 의해 검사될 수 있고, 결합들은 표본의 특징이 모니터링 될 수 있는 시간 이전에 — 그러나 동시에는 아님 — 검출될 수 있다. 이와 같이, 이곳에서 설명되는 방법들은 다른 조직적 이슈들에 대한 표본을 모니터링하는 동안에 동시에 결합 검출을 수행할 수 있다. 특히, 이곳에서 설명되는 실시예들은 미소-결합 검출과 병렬로 결합 검사기들을 동시에 이용하여 조직적 프로세스 이슈들 및 결합들을 발견하는데 사용될 수 있다. 예컨대, 표본이 검사 동안에 스캐닝되므로, 결합 검출은 표본 상의 개별 영역들(예컨대, 프레임들)의 특징(예컨대, 통계치)을 결정하고 및 이곳에서 설명된 바와 같이 분석을 수행하는 동안에 동시에 픽셀 레벨에서 수행될 수 있다. 이러한 일 예에서, 검사 시스템에 의해 생성되는 출력은 표본 상에서 결합들을 검출하기 위한 임계치와 비교될 수 있음으로써, 출력 내에서 결합 신호들이 식별된다. 그러면 상기 출력은 이곳에서 설명된 실시예들에서 사용될 수 있다. 부가하여, 표본 상에서 검출된 결합들의 위치들을 묘사하는 결합 맵이 생성될 수 있다. 상기 결합 맵은 검출된 결합들이 격리되는 지 또는 더 커다란 결합 모집단의 일부인지의 여부를 결정하기 위해 표본 상의 개별 영역들의 특징들을 묘사하

는 맵 상에서 겹쳐질 수 있다.

[0136] 다른 실시예에서, 상기 방법은 하나의 개별 영역에 걸쳐서 포지션의 함수로서 개별 영역들 중 하나에 대응하는 개별 픽셀들 각각의 특성을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 상기 영역에 대응하는 개별 픽셀들의 특성들의 영역-레벨 뷰를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 출력은 상기 개별 영역에 대응하는 개별 픽셀들 각각의 특성의 2차원 맵과 같은 임의의 적당한 출력을 포함할 수 있다. 상기 방법은 또한 또는 대안적으로 표본에 걸쳐서 포지션의 함수로서 이러한 출력을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 실시예들은 그레이 레벨로서 값을 인코딩함으로써 2차원 디스플레이 표면(예컨대, 그래픽 유저 인터페이스(GUI)) 상에 특성의 상기 값 또는 인간에 보이기 쉽도록 인코딩된 색을 디스플레이하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 일 예에서, 출력은 특성의 표본 맵일 수 있고, 여기서 디스플레이 내의 각각의 픽셀 값은 다 이 내에서 주어진 직사각형 영역 내의 상기 특성의 값을 나타낸다. 이러한 방식으로, 출력은 영역에 걸쳐서 또는 표본에 걸쳐서 개별 픽셀들의 특성의 이미지일 수 있다. 이러한 일 예에서, 개별 픽셀들의 특성은 개별 픽셀들의 특성 값일 수 있다. 그러므로, 상기 이미지는 영역에 걸쳐서 또는 표본에 걸쳐서 측정되는 특성의 이미지일 수 있다. 이러한 이미지들을 생성하기 위한 방법들 및 시스템들의 예들은 마치 이곳에 전부 전개되는 듯 이 참조로서 통합되는 Kirk 등에 의한 공동 할당된 미국 특허 시리얼 번호 11/673,150에 설명된다. 이곳에서 설명되는 실시예들은 본 특허에서 설명되는 임의의 방법(들)의 임의의 단계(들)를 포함할 수 있다. 이러한 이미지는 이곳에서 설명되는 바와 같이 표본의 특징을 모니터링하는데 사용될 수 있다.

[0137] 추가 실시예에 따르면, 상기 방법은 개별 픽셀들의 특성들을 임계 값과 비교하는 단계, 그리고 상기 임계 값을 초과하는 특성을 갖는 표본 상의 개별 픽셀들 및 상기 임계 값 미만의 특성을 갖는 표본 상의 개별 픽셀들을 표시하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 임계 값은 종래에 알려진 임의의 적당한 임계 값을 포함할 수 있다. 명백하게, 임계 값은 특성에 따라 가변할 것이다. 임계 값은 이곳에서 시그너처된 실시예들의 사용자에게 의해 선택될 수 있거나 또는 이곳에 설명된 실시예들에 의해 선택될 수 있다. 상기 출력은 종래에 알려진 임의 의 방식으로 생성될 수 있다. 부가하여, 출력은 개별 영역, 개별 다이, 또는 표본의 2차원 맵으로서 임의의 적당한 포맷을 가질 수 있다. 2차원 맵은 임계치 초과 및 미만의 값들을 갖는 개별 픽셀들을 별도로 표시할 수 있다. 이러한 일 예에서, 출력은 임계치 미만의 값들을 갖는 디스플레이 내의 모든 픽셀들이 블랙이고 임계치 초과 값들을 갖는 디스플레이 내의 모든 픽셀들이 화이트이거나 또는 그 반대가 되도록 임계 값에 기초하여 표 본 맵의 이전 버전의 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0138] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 표본 상에서 둘 이상의 다이 내에서 개별 픽셀들의 특성들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 다이 내에서 특성 측정치들이 고도로 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 표본 상에서 둘 이상의 다이의 일부분 들을 식별하는 단계를 포함하고, 여기서 개별 픽셀들의 특성들은 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메 커니즘의 위치들로서 상관된다. 이러한 방법은 또한 일부 조직적인 결함 유발 메커니즘이 동작중일 수 있는 가 능한 사이트들인 것으로서 사용자에게 고도로 상관된 다이 영역들(예컨대, 프레임들)을 디스플레이하는 단계를 포함할 수 있다.

[0139] 이러한 조직적 이벤트들은 다중 다이들에서 대응하는 위치들에서의 "픽크 특성 이벤트들" 간 상관을 측정함으 로써 검출될 수 있다. 상기 방법의 이러한 실시예는 "반복자 분석" 방법의 확장으로서 간주될 수 있으며, 상기 방법에서는 많은 다이들 내 동일한(또는 실질상 동일한) 다이-상대적 위치에서 발생하는 결함들이 반복자 결함 들로서 플래깅된다. 이러한 방법들의 예들은 둘다 마치 이곳에 전부 전개되는 듯이 참조로서 통합되는 2006년 11월 20일자로 출원된 Zafar 등에 의한 공동 할당된 미국 특허 시리얼 번호 11/561,659 및 2006년 11월 20일자 로 출원된 Kulkarni 등에 의한 공동 할당된 11/561,735에서 설명된다.

[0140] 다이-대-다이 또는 다이-대-골든 다이 결함 검출 방법들은 두 개의 다이의 정렬된 이미지들을 비교하는 단계를 동반하고, 결함성 픽셀들을 식별하고 플래깅하기 위해, 그 중 하나는 "목표 다이"로서 보통 지칭되고, 그 중 다 른 하나는 "기준 다이"로서 보통 지칭된다. 일반적으로, 결함성 픽셀들은 다이-대-기준 다이 그레이 레벨 차분 이 일정 임계 값을 초과하게 되는 픽셀들이다. 그러나, 종종, 일부 조직적인 결함 유발 메커니즘은 다이 내의 일정한 위치들이 프로세스 변동들에 유사하게 행동하도록 유발하고, 이러한 위치들에서의 그레이 레벨 값들이 결함성 픽셀들이 결함들로서 플래깅되도록 유발할 수 없는 반면에, 이러한 위치들이 상관된 방식으로 가변하고 있고 이러한 지점들에서 결함들이 발생하도록 유발할 수 있음(프로세스가 추가로 감퇴한다면)을 아는 것은 유용 할 수 있다.

[0141] 따라서, 다이-대-다이 픽셀 차분들의 상관을 검사함으로써, 다이 내에서 조직적 차분 트렌드들을 검출하는 것이

가능할 수 있다. 다이들 내의 일정한 위치들의 이러한 조직적 차분 트렌드들이 공통 설계 컨텍스트를 공유하는 이러한 위치들에서 동작중인 조직적 결함 메커니즘 때문일 수 있다는 강한 가능성이 존재한다. 예컨대, 설계 내의 일부 기하구조들은 다른 것들이 아닌 조직적 결함들에 더욱 예민할 수 있다. 그러므로, 유사한 기하구조들의 위치들에 있는 픽셀 특성들은 조직적 결함 메커니즘이 이러한 기하구조들에서 발생하고 있음을 표시할 수 있다. 대조적으로, 유사한 기하구조들의 위치들에 있는 특징들의 변동들은 상기 기하구조들이 조직적 결함 메커니즘들에 예민할 수 없음을 표시할 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에 설명되는 방법 실시예들은 조직적 결함들을 검출하기 위해 상관 분석을 이용할 수 있다.

[0142] 이러한 그레이 레벨 차분 상관들을 검사하기 위한 소모적 방법은 표본 상에서 모든 다이들에 걸쳐서 상기 다이 이미지 내의 모든 픽셀 쌍들의 교차-상관을 측정하는 것이다. 그러나, 심지어 이차(second-order) 상관(즉, 두 개의 픽셀 간 상관)을 연구하기 위해, $N \times N$ 이미지에 대하여 사이즈 $N^2 \times N^2$ 의 교차 상관 매트릭스를 계산하고 높은 교차-상관 값을 갖는 픽셀 쌍들을 찾아야 할 것이다. 예컨대, 더 높은 차수의 상관들의 경우, 상관되는 픽셀들의 모든 트리플렛들(triplets)을 검사하기 위해, 조합의 폭발(the combinatorial explosion)이 계산을 비실용적인 것으로 만든다.

[0143] 상관 분석은 대안적으로 실용적 제한치들 내에서 계산 부하를 유지하기 위해 피크 이벤트 상관을 이용하여 수행될 수 있다. 이러한 방법은 "피크 특성 이벤트들"(즉, 다이-대-다이 차분 값들이 임계 값을 초과하는 픽셀들의 위치들)의 개념을 활용한다. 주어진 임계 값 T에서 검출된 피크 이벤트들은 각자의 상관을 측정하기 위해 표본 상의 모든 다이들에 걸쳐서 분석된다. 표본 상에 M개 다이가 존재한다고 가정하자. p_i 및 p_j 로 지시된 두 개의 피크 이벤트들 사이의 상관은 양, 즉 $\text{Corr}[p_i, p_j] = \#(p_i, p_j) / \{\#p_i * \#p_j\}^{1/2}$ 에 의해 측정되며, 여기서 $\text{Corr}[]$ 은 두 이벤트들 사이의 상관을 지시하고, $\#p_i$, $\#p_j$ 는 표본 상의 다이들 전부에서 이벤트들 p_i 및 p_j 의 발생 횟수를 각각 나타내며, $\#(p_i, p_j)$ 는 이벤트들 모두가 함께 발생하는 다이의 개수를 지시한다. 이벤트 p_i 는 자신의 다이-상대적 위치(즉, 다이 내에서 자신의 (x,y) 위치)에 의해 고유하게 식별된다. $\text{Corr}[]$ 은 0 내지 1 사이의 값을 가질 것이고, 이때 1은 이벤트들 모두가 항상 함께 발생하는 것을 지시한다.

[0144] 임계 값 T에서 다이당 $n(T)$ 피크 이벤트들의 평균이 존재하면, 계산되는 쌍 방식(pair-wise) 상관들의 개수는 $n(T) * n(T) / 2$ 이다. 이 숫자는 앞서 설명된 소모적 방법에서 동반되는 $N^2 * N^2$ 계산들보다 훨씬 작는데, 그 이유는 이벤트들의 횟수가 N^2 , 즉 픽셀들의 개수보다 훨씬 작기 때문이다. 예컨대 유사한 방식으로 삼차, 사차 등의 더 높은 차수 상관들을 결정할 수 있다. m번째 차수 상관의 경우, $n(T)$ 이벤트들 외 m개 이벤트들의 모든 가능한 조합들이 고려될 수 있고, 이러한 조합들에 대한 상관 함수는 아래와 같다:(다이 내에서 이러한 m개 이벤트들이 함께 발생하는 횟수 #)/(이들 각각이 모든 다이에 걸쳐서 발생하는 횟수의 곱) $^{1/m}$ 이 결정될 수 있다.

[0145] 일 예에서, $\#p_1=100$, $\#p_2=75$, $\#p_3=50$, $\#(p_1, p_2)=60$, $\#(p_1, p_3)=40$, $\#(p_2, p_3)=35$, 및 $\#(p_1, p_2, p_3)=25$ 로 두자. 이러한 예에서, $\#(p_i, p_j)$ 는 이벤트들 p_i 및 p_j 가 이벤트들 p_1 및 p_3 의 조합 그리고 이벤트들 p_2 및 p_3 의 조합보다 더욱 자주 함께 발생하는 경향이 있음을 표시한다. 부가하여, 이벤트들 p_1 및 p_3 은 이벤트들 p_2 및 p_3 의 조합보다 더욱 자주 함께 발생하는 경향이 있다. 그러나, $\#(p_i, p_j, p_k)$ 는 세 개의 이벤트들이 이벤트들 중 두 개의 임의의 조합보다 덜 자주 함께 발생하는 경향이 있음을 표시한다. 이러한 예에 대한 이차 및 삼차 상관들은 $\text{Corr}[p_1, p_2]=60/\sqrt{7500}=0.69$, $\text{Corr}[p_1, p_3]=0.566$, $\text{Corr}[p_2, p_3]=0.57$, 및 $\text{Corr}[p_1, p_2, p_3]=25/(100*75*50)^{1/3}=25/72=0.347$ 이다. 결함 이벤트들 $\{p_1, p_2, p_3, \dots\}$ 의 주어진 세트의 상관은 임계 값 T의 함수이다. 궁극적으로, 포인트들의 임의의 이러한 세트의 상관은 유니티에 접근할 것이다(즉, 모든 픽셀들이 결함들인 것으로서 플래깅될 때).

[0146] 비교적 커다란 상관 값을 갖는 이벤트들의 높은 차수(50 차수로 말해보면)에 관심이 있다면, 이러한 이벤트들은 비교적 커다란 값의 상관을 갖는 더 낮은 차수의 상관들의 목록을 유지함으로써 위치될 수 있고, 그러면 이러한 이벤트들은 더 높은 차수의 상관들을 구성하도록 "합병"될 수 있다. 예컨대, 모든 쌍 방식의 상관들(예컨대, 차수 2)이 평가되고 비교적 높은 값들을 갖도록 $\text{Corr}[p_{12}, p_{27}]$ 및 $\text{Corr}[p_{12}, p_{27}]$ 이 결정되면, 사차 상관들 $(p_1, p_3, p_{12}, p_{27})$ 이 (p_1, p_3) 및 (p_{12}, p_{27}) 이 함께 발생한 다이의 목록을 검사함으로써 결정될 수 있다. 비교적 높은 값을 갖는 단지 이러한 더 낮은 차수의 상관들에 대하여 더 높은 차수 상관들을 결정함으로써, 더 높은 차수의

이벤트 그룹들 내의 비교적 커다란 상관들은 이벤트들의 모든 조합들을 소모적으로 탐색하지 않고도 식별될 수 있다.

- [0147] 일 예에서, 이러한 방법은 일차 이벤트 빈도수들의 목록을 소팅(sorting)하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 또한 n_1 최고 일차 이벤트 빈도수들의 이차 동시-발생들을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 부가하여, 상기 방법은 최고 n_2 이차 이벤트들의 모든(또는 적어도 일부) 쌍들에 대한 삼차 및 사차 상관들을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 최고 n_3 삼차 및 사차 이벤트들의 모든(또는 적어도 일부) 쌍들을 검사함으로써 오차, 육차, 칠차, 팔차 등의 차수의 다른 상관들을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0148] 위의 접근은 조직적 결함 메커니즘들을 발견하기 위해 다이 레이아웃과 연관된 설계 컨텍스트를 이용하지 않는다. 그러나, 다이 레이아웃이 이용될 수 있다면, 다이 영역들은 상이한 설계 컨텍스트들(유사한 기하구조 레이아웃을 갖는 영역들, 및 그러므로 프로세스 변동들에 의해 유사하게 영향받기 쉽다)로 분류될 수 있다. 이러한 방식으로, 상관 정확도가 향상될 수 있고, 계산량이 설계 컨텍스트를 이용함으로써 상당히 감소될 수 있다.
- [0149] 그러므로, 이곳에서 설명되는 방법들은 조직적 결함 검출을 향상시키기 위해 설계 컨텍스트를 사용할 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 상기 방법은 상이한 설계 컨텍스트를 갖는 표본 상의 다이의 상이한 일부분들을 식별하는 단계를 포함한다. 부가하여, 설계 컨텍스트 맵이 이용될 수 있다면, 피크 이벤트들이 컨텍스트에 의해 소팅될 수 있다. 이러한 방법 실시예에는 또한 동일한 설계 컨텍스트를 갖는 상이한 일부분들 내의 개별 픽셀들의 특성들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 위의 이차 및 더 높은-차수의 상관 분석이 선택된 컨텍스트 내의 이벤트들에 대해서만 수행될 수 있다. 즉, 상이한 컨텍스트들 내에서 발생한 이벤트들 간에는 상관 계산들이 수행될 수 없다. 이러한 방법은 분석될 이벤트 조합들의 개수를 감소시키고, 또한 동일한 컨텍스트 내에서 피크 이벤트들 간 비교적 강한 $n^{\text{번째}}$ 차수 상관관계가 존재한다면 조직적 결함 생성 현상이 발생했다는 가능성을 향상시킨다.
- [0150] 이곳에서 설명되는 방법 실시예들은 또한 잠재적 조직적 결함들을 조직적 뉴슨스 결함들(nuisance defects)(예컨대, 거의 영향이 없거나 영향을 일으키지 않는 조직적 결함들을 유도할 수 있는 설계의 "콜드 스팟들" 또는 비-중대 영역들(예컨대, 더미 구조들, 더미 충전물 영역들 등)에서 발생하는 결함들)과 분리하는데 사용될 수 있다. 조직적 뉴슨스 결함들은 이곳에서 설명되는 실시예들에 의해 생성되는 출력에 포함될 수 없다. 즉, 조직적 뉴슨스 결함들은 실시예들의 사용자에게 표현될 수 없다.
- [0151] 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 상관되는 특성들을 갖는 상이한 일부분들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 출력은 표본 또는 적층된 다이 레벨에서 사용자에게 이곳에서 설명되는 특징들(예컨대, 최대 차분, 최대 강도, 등) 중 하나 이상의 디스플레이를 포함할 수 있다. 출력은 또한 또는 대안적으로 사용자에게 표현되는 동일한 설계 컨텍스트 타입에 속하는 고도로 상관된 다이 프레임들의 디스플레이를 포함할 수 있다.
- [0152] 위에서 설명된 방법들은 조직적 결함 메커니즘들을 식별하기 위해 피크 이벤트들(잠재적 결함들) 간 상관들을 사용한다. 따라서, 이러한 방법들은 결함들의 정확한 위치를 (예컨대, 일정한 방식으로 차분 히스토그램을 임계치화함으로써) 결정하는 단계를 포함한다. 개별 픽셀들의 특성 내에 "묻히는"(또는 그렇지 않으면 개별 픽셀들의 특성에 의해 잘 안보이는) 조직적 결함들을 식별하기 위하여 임계치 T의 다양한 값들에서 이러한 임계치화를 수행할 수 있다. 피크 이벤트들을 위치시키기 위한 임계치화는 이미지 프레임(512×512로 말해보면) 내의 모든 픽셀들의 차분 히스토그램들을 구성하는 것을 암시한다. 이러한 방법에 대한 한 가지 대안은 결함 위치들을 명백하게 찾지 않고서 이러한 상관들을 식별하기 위해 히스토그램들 자체들을 사용하는 것이다. 물론, 이러한 방법은 정확한 결함 위치들을 매칭시킴으로써 획득되는 위치 정확도를 소유하지 않는다. 그러나, 이러한 방법은 특히 임계 값들 T_1, T_2, \dots, T_n 의 연속체에서 고도로 상관된 이벤트들을 찾길 원한다면 개별 이벤트들이 아닌 프레임들을 상관시키는 것이 계산적으로 더욱 효율적일 수 있다는 장점을 갖는다.
- [0153] 추가 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 표본 상에서 둘 이상의 다이 내의 개별 영역들의 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 다이 내의 특성 측정치들이 고도로 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 표본 상에서 둘 이상의 다이 내의 개별 영역들의 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계는 이곳에서 설명된 바와 같이 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 개별 영역들의 특징들은 상기 표본 상의 잠재적인 조직적 결함 유발 메커니즘의 위치들로서 상관되는 표본 상에서 둘 이상의 다이의 일부분들을 식별하는 단계를 포함한다. 개별 영역들의 특징들이 상관되는 표본 상에서 둘 이상의 다이의 일부분들을 식별하는 단계는 이곳에서 설명되는 바와 같이

수행될 수 있다. 이러한 방법은 또한 일부 조직적인 결함 유발 메커니즘이 동작중일 수 있는 가능한 사이트들인 것으로서 고도로 상관된 다이 영역들(예컨대, 프레임들)을 사용자에게 디스플레이하는 단계를 포함할 수 있다.

[0154] 다이 레이아웃의 컨텍스트 맵들 또는 다른 컨텍스트 정보가 또한 이용가능하다면, 상기 방법은 상관들을 결정하기 위해 프레임 상관 및 설계 컨텍스트를 사용할 수 있다. 특히, 프레임 내 픽셀들이 설계 컨텍스트에 의해 소팅되고 각각의 컨텍스트에 대하여 차분 히스토그램들이 레코딩되면, 개별 결함 이벤트들이 아닌 프레임 히스토그램들을 상관시킬 수 있고 주어진 컨텍스트에 속하는 픽셀들에 영향을 끼치는 조직적 이벤트들의 합리적으로 정확한 검출을 획득할 수 있다. 예컨대, 다른 실시예에서, 표본의 특징을 모니터링하는 단계는 상이한 설계 컨텍스트를 갖는 표본 상의 다이의 상이한 일부분들을 식별하는 단계를 포함한다. 그러므로, 상기 방법은 설계 컨텍스트에 기초하여 다이 영역들을 세그멘팅하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방법 실시예는 또한 동일한 설계 컨텍스트를 갖는 상기 상이한 일부분들 내에서 개별 영역들의 특징들이 상관되는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다.

[0155] 컨텍스트에 의한 이러한 접근에서 특징들을 소팅하는 것은 설계 컨텍스트를 이용하지 않고도 개별 영역들의 특징들 간 상관이 존재하는지 여부를 결정하는 것보다 더욱 유용할 수 있다. 예컨대, 프레임이 대단히 상이한 컨텍스트들 내에서 결함들을 포함할 수 있고, 다중 컨텍스트들을 포함하는 프레임 특징들을 상관시키는 것은 결론들을 호도하도록 유도할 수 있다. 특히, 상이한 컨텍스트들은 상이한 특징들을 나타낼 수 있고, 다중 컨텍스트들에 걸쳐서 상관들을 결정하는 것은 특정한 조직적 결함 메커니즘들과 연관된 특정한 특징들을 식별하는 것을 더 어렵게 만들 수 있다.

[0156] 위의 실시예들의 일 예에서, i 번째 다이 내에서 주어진 컨텍스트 k , 주어진 다이 i , 및 주어진 프레임 j 의 경우, 우리는 이미지 프레임 정렬 이후에 다이-대-다이 또는 다이-대-골든 다이 비교로부터 획득되는, 그레이 레벨의 차분 히스토그램 $H_k(i, j, g)$ 를 레코딩했음을 가정할 수 있다. 인덱스 g 는 상기 그레이 레벨 차분의 절대 값을 제공한다(예컨대, g 는 0으로부터 255까지 사이의 범위를 갖는다). 따라서, $H_k(i, j, g)$ 은 g 의 그레이 레벨 차분을 갖는 다이 i 의 j 번째 프레임에서 컨텍스트 k 내의 픽셀들의 개수이다. $P_k(i, j, g, \Delta)$ 가 그레이 레벨 인터벌 $[g, g\Delta]$ 의 히스토그램 내 픽셀들의 개수인 것으로 두자. 상기 값은 g 및 $g\Delta$ 사이의 그레이 레벨 차분을 갖는 픽셀들의 개수이고, 여기서 Δ 는 일부 비교적 작은 인터벌의 그레이 레벨들이다. 상기 인터벌이 사용되는데, 그 이유는 일정한 이벤트들이 임계치가 일정 값 미만으로 낮아질 때만을 나타낼 수 있고, 우리는 결함 이벤트들이 단지 검출될 때의 그레이 레벨 차분에 의해 상기 결함 이벤트들을 식별하길 원하기 때문이다.

[0157] 위의 정의들이 주어진다면, 각각의 다이가 프레임들로 구성되는 표본 맵을 상상해보자 그리고 일정한 상관 임계치를 만족시키는 각각의 다이 내에서 프레임들을 시각적으로 "환하게 할 수 있다"(또는 그렇지 않으면 표시할 수 있다). 예컨대, 주어진 컨텍스트 k 및 인터벌 $[g, g\Delta]$ 에 대하여 가정하면, $P_k(i, j, g, \Delta)$ 의 값이 n -제로인 모든 프레임들 — 그러나 (예컨대) 5개 픽셀들보다 적음 — 을 환하게 하는 것이었다. 선택된 프레임들은 차분 신호가 이러한 그레이 레벨 인터벌 내에 있게 되는 동일한 컨텍스트에 속하는 다이 내의 대략적인 위치들이다. (픽 이벤트들에 대하여 위에서 설명된 방법과 유사하게) 모든 다이에 걸쳐서 이러한 프레임들 간 상관들이 이제 결정된다면, 높은 차수 상관은 프레임들의 동일한 세트가 이러한 그레이 레벨 인터벌 내에 있는 이벤트들을 가짐을 시사한다. 그러므로, 동일한 컨텍스트에 속하는 이벤트들의 동시-발생은 조직적 메커니즘이 동작중임을 시사한다. 이러한 높은 차수 상관들은 디스플레이에서 하이라이트(또는 그렇지 않으면 표시)될 수 있다. 그레이 레벨 인터벌이 자신의 범위에 걸쳐서 가변되므로, 잠재적 조직적 시그너처들이 주어진 컨텍스트 k 에 대하여 검출될 수 있다. 상기 방법은 각각의 컨텍스트에 대하여 각각의 컨텍스트 내에서 조직적 시그너처들을 식별하기 위해 수행될 수 있다.

[0158] 상기 Δ 인터벌 내의 픽셀 총계가 비교적 작은 프레임들을 취사선택하는 이유는 비교적 큰 횡수의 이벤트들이 존재한다면 단지 소수의 픽셀들에만 영향을 끼치는 일부 결함 메커니즘보다는 프레임 내에서 많은 픽셀들에 영향을 끼치는 로컬 색 변동과 같은 일부 프로세스 변동에 주목할 수 있기 때문이다. 물론, 위의 언급이 진실이라는 보장은 없다. 예컨대, 영역 내의 로컬 CD 변동들이 주어진 그레이 레벨 인터벌 내의 픽셀 총계가 비교적 크게 되도록 유발할 수 있고, 이러한 변동이 사용자가 검출하길 바라는 결함일 수 있다.

[0159] 상기 방법은 메모리 및 계산 요구사항들에 있어서 일부 장점들을 갖는다. 예컨대, 상관 분석에 대하여 이벤트-기반 대 프레임-기반 접근들의 저장 및 계산 비용들이 비교될 수 있다. 각각의 다이가 512×512 프레임을 담당

하는 40mm×40mm인 표본 상의 100개 다이의 경우, 총 대략 95백만 프레임들이 존재하고, 다이당 대략 1백만 프레임들이 80nm 픽셀 사이즈를 맡는다. 프레임당 심지어 3개 픽셀들을 가정하면, 프레임들 중 1%가 결함들을 포함했다면, 모든 결함들의 (x,y) 위치들을 저장하는 것은 주어진 그레이 레벨 인터벌의 경우에 콘텍스트당 (0.01*100,000,000*3*8)=24 메가바이트를 요구할 것이다. 프레임 인덱스가 4 바이트 내에 저장될 수 있으므로 및 개별 픽셀들이 레코딩되지 않으므로, 요구되는 저장량은 주어진 그레이 레벨 인터벌의 경우에 콘텍스트당 4 메가바이트이다. 게다가, 이 숫자는 프레임당 플래깅된 픽셀들의 개수와 무관하다. 계산-방식(computation-wise), 즉 상관될 플래깅된 결함들 대 상관될 플래깅된 프레임들의 개수의 비율이 프레임-기반 접근을 이용하여 얻어지는 효율성을 결정할 것이다.

[0160] 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 상관되는 개별 영역들의 특징들을 갖는 상이한 일부분들을 묘사하는 출력을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 출력은 또한 또는 대안적으로 사용자에게 표현되는 표본 또는 적층된 다이 레벨에서 이곳에서 설명된 특징들(예컨대, 최대 차분, 최대 강도, 등) 중 하나 이상의 디스플레이를 포함할 수 있다. 출력은 또한 또는 대안적으로 사용자에게 표현되는 동일한 설계 콘텍스트 타입에 속하는 고도로 상관된 다이 프레임들의 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0161] 이곳에서 설명되는 실시예들은 표본의 특징을 모니터링하기 위한 현재 사용되고 있는 방법들 및 시스템들에 비하여 많은 장점들을 갖는다. 예컨대, 헤이즈 맵들(haze maps)이 현재 사용되고 있는 무패턴 웨이퍼 검사 시스템들 상에서 생성될 수 있다. 이러한 헤이즈 맵들은 표면 거칠기 및 무패턴 웨이퍼들을 모니터링하기 위해 사전에 사용되어왔다. 이러한 방법들은 이곳에서 설명되는 실시예들에 의해 결정될 수 있는 패턴닝된 웨이퍼들 또는 패턴-특정 정보의 일부를 강조하지 않는다. 부가하여, 일부 현재 사용되고 있는 검사 시스템들은 거시-결함들에 특정하게 목표로 삼아진다. 이러한 검사 시스템들에 의해 검출될 수 있는 일부 이벤트들은 이곳에서 설명되는 실시예들을 이용하여 검출될 수 있지만, 이곳에서 설명되는 실시예들에 의해 검출될 수 있는 다른 이벤트들은 거시-결함 검사 시스템들 상에서 검출될 수 없는데 왜냐하면 이러한 시스템들은 더 작은-픽셀 검사 도구들의 해상도를 갖지 않기 때문이다. 게다가, 이곳에서 설명된 사용 케이스들은 자신들을 거시-결함 검사 도구들에 제공하지 않는데, 그 이유는 특정 장치 영역들에 더 높은 해상도 도구들이 요구될 수 있기 때문이다. 일부 현재 사용되고 있는 검사 시스템들은 웨이퍼 및 다이 거시 뷰들을 생성할 수 있다. 그러나, 이러한 거시 뷰들은 분극화현상처럼 검사 시스템의 파라미터들을 취사선택하기 위해 셋업에서만 사용된다. 거시 뷰들은 검사 결과들의 일부로서 표현되지 않고 임의의 다른 방식으로 사용되지 않는다.

[0162] 대조적으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 예컨대 CD 변동과 같이 조직적 결함들에 직접 상관되는 표본 상의 패턴 특성 변동들을 측정하는데 사용될 수 있다. 이러한 예에서, 표본은 검사 시스템에 의해 검사될 수 있고 결함들이 이전과 같이 검출될 수 있으나, 동시에 CD 변동 시그니처 맵이 생성될 수 있다. 맵이 진폭 또는 시그니처 형태에서 어떻게 변하는지에 따라, 추가 SPC 플래그는 사용자에게 CD 스캐닝 전자현미경(CD SEM)과 같은 계측 도구를 이용하여 CD 변동을 체크하도록 경고할 수 있다. 검사 시스템으로부터의 위치 정보는 최대 CD 변동들을 갖는 다이의 특정 부분들 위로 계측 도구 시야를 이동시키는데 사용될 수 있다(사용자가 당연히 각자의 CD SEM을 이용하여 쳐다보는 경우와 같지 않음).

[0163] 이곳에서 설명되는 실시예들의 이러한 적용은 레티클 향상 기술들(RET)로 인해 계측에서 다이당 단 하나의 스팟만을 주목하는 것이 더 이상 프로세스 윈도우를 모니터링하기 위해 수용될만한 프로시가 아니기 때문에 중요성이 증가될 수 있다. 게다가, 최근 RET 이슈들 및 쉬링크 설계 규칙들(shrinking design rules)은 더욱 많은 조직적 결함들이 표본 상에서 존재할 수 있음을 의미하고, 상기 조직적 결함들은 종종 검사 시스템들에 의해 측정되는 일부 특성의 변화로서 나타내진다. 이곳에서 추가로 설명되는 바와 같이, 이곳에서 설명되는 실시예들은 표본 상의 조직적 결함들을 검출하고 모니터링하기 위해 검사 시스템들에 의해 생성되는 출력을 유용하게 활용한다.

[0164] 이곳에서 설명되는 실시예들은 또한 상기 실시예들이 최소 내지 제로의 스루풋 영향을 검사 프로세스에 주어 사용자에게 더 많은 가치를 제공한다는 점에서 유용하다. 예컨대, 이곳에서 설명되는 실시예들은 현재 사용되고 있는 시스템들 및 방법들을 이용하여 검출될 수 없는 문제점들을 식별하는데 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 더 나은(예컨대, 더 정확하고, 더 민감한 등) 프로세스 모니터링 및 제어를 제공하는데 사용될 수 있다. 부가하여, 이곳에서 설명되는 실시예들은 임의의 현재 가용한 검사 시스템을 이용하여 구현될 수 있다. 특히, 상기 실시예들은 임의의 현재 사용되고 있는 검사 시스템의 임의의 광 또는 전자 빔 하드웨어를 이용하여 구현될 수 있다.

[0165] 다른 실시예는 패턴닝된 웨이퍼의 표면의 이미지를 생성하기 위한 컴퓨터-구현 방법에 관한 것이다. 일부 실시

예들에서, 컴퓨터-구현 방법은 프로세서 상에서 실행될 수 있는 프로그램 명령어들에 의해 구현될 수 있다. 프로그램 명령어 및 프로세서는 이곳에서 설명되는 바와 같이 더 구성될 수 있다. 예컨대, 프로그램 명령어들은 이곳에서 설명되는 바와 같이 구성될 수 있는 캐리어 매체 내에 포함될 수 있다. 부가하여, 컴퓨터-구현 방법은 이곳에서 설명되는 시스템들 중 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0166] 상기 방법은 패터닝된 웨이퍼를 위한 검사 시스템의 출력을 획득하는 단계를 포함한다. 검사 시스템은 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 구성될 수 있다. 출력은 검사 시스템의 임의의 출력을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 출력을 획득하는 단계는 광 패턴 역제를 이용하여 패터닝된 웨이퍼를 위한 검사 시스템의 출력을 획득하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 광 패턴 역제는 푸리에 필터링을 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 획득하는 단계는 이미지 획득 동안에 푸리에 필터를 이용하는 단계를 포함할 수 있다. 푸리에 필터는 종래에 알려진 임의의 적당한 푸리에 필터를 포함할 수 있다. 부가하여, 푸리에 필터링은 종래에 알려진 임의의 적당한 방식으로 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 레시피 셋업 동안에, 푸리에 필터 트레이닝이 결함 검출 알고리즘 임계치들을 셋업하기에 앞서 수행될 수 있다. 푸리에 필터링 트레이닝은 임의의 적당한 방식으로 수행될 수 있다. 부가하여, 결함 검출 알고리즘 임계치들을 셋업하는 단계는 임의의 적당한 방식으로 수행될 수 있다.

[0167] 일단 푸리에 필터 트레이닝이 수행되었다면, 이곳에서 설명된 사용 케이스들 중 하나가 수행될 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 상기 획득하는 단계는 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면에 대하여 출력을 획득하는 단계를 포함한다. 상기 출력은 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면에 대하여 임의의 적당한 방식으로(예컨대, 웨이퍼의 실질상 전체 표면을 스캐닝함으로써) 획득될 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 표면 이미지들을 생성하기 위해, 사용자는 완전한 웨이퍼 이미지 스캔을 호출할 수 있다. 완전한 웨이퍼 이미지 스캔은 그러면 레시피에서 기존 광학 세트를 이용하여 검사 시스템에 의해 실행될 수 있다.

[0168] 상기 방법은 또한 상기 출력을 이용하여 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 이미지는 상기 출력을 이용하여 임의의 적절한 방식으로 생성될 수 있다. 부가하여, 이미지는 임의의 적당한 이미지 포맷을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면의 이미지를 포함한다. 예컨대, 위에서 설명된 바와 같이, 상기 출력은 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면에 대하여 획득될 수 있다. 이러한 방식으로, 이러한 출력은 패터닝된 웨이퍼의 실질상 전체 표면의 이미지를 생성하는데 사용될 수 있다. 이와 같이, 상기 방법은 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 사용될 수 있는 패터닝된 완전한 웨이퍼 표면 이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 특히, 이곳에서 설명되는 실시예들은 패터닝된 웨이퍼의 유용한 완전한 웨이퍼 이미지를 조립하기 위해 광 패턴 역제를 사용할 수 있다.

[0169] 다른 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패턴 오정합 잡음이 실질상 없다. 예컨대, 출력 획득 동안에 푸리에 필터를 사용함으로써, 통상적으로 기존 표면 이미지들을 지배하는 패턴 오정합 잡음이 실질상 없는 완전한 웨이퍼 이미지가 획득될 수 있다. 특히, 이곳에서 설명되는 실시예들은 패턴 오정합 잡음을 제거하는데, 상기 패턴 오정합 잡음은 웨이퍼 상의 상이한 포지션들에서 획득되는 이미지들을 차감함으로써 생성되는 패터닝된 웨이퍼들의 이미지들 내에 존재할 수 있으며, 이로써 이미지들 내에 웨이퍼 상에서 패턴 피치들로부터 기여들이 소거된다. 그러나, 이러한 이미지 차감을 수행하기 위하여, 이미지들은 이미지 차감에 앞서 상호 정렬되어야 한다. 그러므로, 이러한 이미지 차감에 의해 생성되는 이미지들은 상호 완벽하게 등록되지 않는 패턴들로부터의 잡음을 포함할 수 있다. 대조적으로, 이곳에서 설명되는 패터닝된 웨이퍼의 이미지가 한 이미지를 다른 이미지로부터 차감함으로써 생성되지 않으므로, 패터닝된 웨이퍼의 이미지는 실질상 아무런 패턴 오정합 잡음을 포함하지 않을 것이다. 특히, 이곳에서 설명되는 실시예들은 디지털화에 앞서 이미지로부터 패턴을 제거하기 위해 광 푸리에 필터링을 사용함으로써 패터닝된 웨이퍼 표면 이미지들로부터 잔여 패턴 잡음을 제거한다. 그러므로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 이미지를 지배하는 패턴 잡음 없이 우수한 패터닝된 웨이퍼 표면 이미지를 획득하는데 사용될 수 있다. 이와 같이, 이곳에서 설명되는 실시예들은 패턴 피치들의 기저를 이루는 웨이퍼에 대하여 "프록시"로서 제공될 수 있는 패터닝된 웨이퍼 이미지를 생성할 수 있다.

[0170] 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패터닝된 웨이퍼로부터의 산란광의 강도의 그레이 스케일 이미지를 포함한다. 예컨대, 이미지는 웨이퍼의 강도 리스폰스 오프(intensity response off)의 그레이 스케일 이미지를 포함할 수 있다. 부가하여, 출력이 광 패턴 역제를 이용하여 획득되면, 이미지는 웨이퍼의 표면으로부터의 산란광의 강도의 그레이 스케일 이미지를 포함할 수 있다. 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵을 포함한다. 상기 잡음은 이곳에서 설명되는 잡음 중 임의의 잡음을 포함할 수 있다. 부가하여, 잡음 맵은 이곳에서 설명된 바와 같이 구성될 수 있다.

- [0171] 일부 실시예들에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 광 패턴 억제를 이용하여 출력이 획득되는 패턴닝된 웨이퍼의 하나 이상의 영역들의 하나 이상의 통계치들을 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 이미지는 상기 하나 이상의 통계치들의 그레이 스케일 이미지를 포함한다. 예컨대, 검사 시스템에 의해 수행되는 웨이퍼의 스캔의 각각의 프레임(잡)은 상기 영역으로부터의 통계치가 푸리에 필터링되도록 레코딩할 수 있다. 웨이퍼의 상기 영역(들)은 이곳에서 설명되는 바와 같이 더 구성될 수 있다. 상기 통계치는 이곳에서 더 설명되는 통계치들 중 임의의 것을 포함하여 임의의 적당한 통계치를 포함할 수 있으나, 일반적으로 영역에 대한 히스토그램 내에서 피크 강도 또는 누적 밀도 포인트일 수 있다. 상기 통계치들은 임의의 적당한 방식으로 결정될 수 있다. 각각의 프레임으로부터의 통계치들은 수집되고 그레이 스케일 이미지 포맷으로 디스플레이될 수 있다.
- [0172] 일부 실시예들에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 광 패턴 억제를 이용한 출력이 획득되는 패턴닝된 웨이퍼의 하나 이상의 영역들을 하나 이상의 서브-영역들로 분할하는 단계, 그리고 상기 하나 이상의 서브-영역들에 대하여 하나 이상의 통계치들을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 서브-영역(들)에 대한 상기 통계치(들)은 이곳에서 설명되는 통계치들 중 임의의 통계치를 포함할 수 있고, 임의의 적당한 방식으로 결정될 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 이미지는 상기 하나 이상의 통계치들의 그레이 스케일 이미지를 포함한다. 그러므로, 위에서 설명된 바와 같은 구역이 서브-영역들로 분할될 수 있고, 통계치가 각각의 서브-영역에 대하여 레코딩될 수 있음으로써 더 많은 이미지 세부사항이 제공된다. 상기 영역들은 임의의 적당한 방식으로 서브-영역들로 분할될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 각각의 프레임으로부터의 통계치들은 수집되고 그레이 스케일 이미지 포맷으로 디스플레이될 수 있다.
- [0173] 일 실시예에서, 상기 생성하는 단계는 패턴닝된 웨이퍼의 하나 이상의 영역들이 광 패턴 억제에 적절하지 않은지 여부를 결정하는 단계, 그리고 상기 하나 이상의 영역들에 대응하는 이미지들을 표면의 이미지로부터 제거하는 단계를 포함한다. 예컨대, 완전한 웨이퍼 이미지가 시각화를 위해 이미 고도로 훼손될 수 있으므로, 푸리에 필터 패턴 억제에 적절하지 않은 웨이퍼의 영역들이 폐기될 수 있다. 푸리에 필터 패턴 억제에 적절하지 않은 웨이퍼의 영역들은 주기적 패턴 피쳐들이 형성되지 않거나 또는 광 패턴 억제에 의해 출력으로부터 실질상 완벽하게 제거될 수 없는 패턴들을 생성하는 패턴 피쳐들이 형성되는 웨이퍼의 영역들을 포함할 수 있다. 푸리에 필터 억제에 적절하지 않은 웨이퍼의 영역들은 임의의 적당한 방식으로(예컨대, 이미지 내에서 상이한 영역들에 임계치를 적용함으로써) 결정될 수 있다.
- [0174] 다른 실시예에서, 상기 생성하는 단계는 패턴이 광학적으로 억제되는 웨이퍼 상의 단지 영역들에서 또는 웨이퍼 상의 다이에서 하나 이상의 통계치들을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 영역들에 대한 통계치들은 위에서 설명된 바와 같이 결정될 수 있고, 종래에 알려진 임의의 적당한 통계치들을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법의 획득하는 단계는 이미지 획득 동안에 광 푸리에 필터를 적용함으로써 상기 방법에 의해 생성되는 패턴닝된 웨이퍼에 대한 잡음 맵으로부터 웨이퍼 상에서 형성되는 패턴을 억제하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 이미지를 생성하는 단계는 다이(들) 또는 웨이퍼의 광학적으로 푸리에 필터링된 영역들 내에서 단지 이러한 통계치들을 레코딩하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0175] 일 실시예에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패턴닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함한다. 예컨대, 패턴닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계는 패턴닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵을 생성하는 단계 그리고 그 다음에 "완전한" 패턴닝된 웨이퍼의 잡음 맵을 웨이퍼 상에서 형성되는 상이한 다이들에 대응하는 상이한 잡음 맵들로 분리하는 단계를 포함할 수 있다. "완전한" 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵은 전체 패턴닝된 웨이퍼에 필수적으로 대응할 수는 없다. 예컨대, "완전한" 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵은 패턴닝된 웨이퍼의 에지에 인접한 패턴닝된 웨이퍼의 일부분들을 포함할 수 없다. 완전한 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵은 임의의 적당한 정보(예컨대, 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 레이아웃에 관한 정보, 다이들 간 공간들 및/또는 경계들에 대한 출력이 서로 차별화될 수 있다면 검사 시스템에 의해 획득되는 출력, 등)를 이용하여 개별 다이 잡음 맵들로 분할될 수 있다. 부가하여, 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵은 웨이퍼에 대한 출력이 획득된 이후에 다이 잡음 맵들로 분리될 수 있다. 대안적으로, 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵은 웨이퍼에 대한 출력이 어떠한 출력이 어떻게 획득되는지에 관한 정보(예컨대, 스와스 정보)와 결합되어 위에서 설명된 정보에 기초하여(예컨대, 실시간으로) 획득되고 있으므로 다이 잡음 맵들로 분리될 수 있다. 다이들에 대한 잡음 맵들은 또한 이곳에서 설명되는 임의의 다른 실시예들에 따라 생성될 수 있다.
- [0176] 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 패턴닝된 웨이퍼 상의 개별 다이들을 수용하거나 거부하기 위해 잡음 맵들을 다이의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 개별 다이들을 수용하거나 거부하기 위해 다이 잡음 맵들을 다른 다이 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 다이 잡음 맵들에 비교되는 다른 다이 잡음 맵들은 이곳에서 설명되는 다이 잡음 맵들 중 임의의 다이 잡음 맵을 포

합할 수 있다. 상이한 다이들의 잡음 맵들은, 패턴이 동등하게 또는 충분히 억제되지 않은 다이 잡음 맵들이 거부될 수 있도록 패턴이 상이한 다이들에 대한 잡음 맵들에서 동등하게 또는 충분히 억제되었는지 여부를 결정하기 위해 위에서 설명된 바와 같이 비교될 수 있다. 부가하여, 또는 대안적으로, 상이한 다이들에 대한 다이 잡음 맵들은 일정한 방식으로 결합성이 있는 다이들(예컨대, 다이-레벨 결합 또는 프로세스 시그니처를 나타내는 다이들)을 식별하도록 비교될 수 있다. 이러한 방식으로, 잡음 맵들은 웨이퍼 상의 다른 다이들 또는 다른 웨이퍼들 상의 다른 다이들과 비교되는 일정한 방식으로 분리물들이거나 결합성이거나 또는 고유한 다이들을 식별하는데 비교될 수 있다. 상이한 다이들에 대한 다이 잡음 맵들은 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 비교될 수 있다. 게다가, 웨이퍼 잡음 맵들은 유사한 방식으로 및 유사한 이유들(예컨대, 패턴이 충분히 억제되지 않은 웨이퍼 잡음 맵들을 식별하기 위해, 분리물 웨이퍼 잡음 맵들을 식별하기 위해, 웨이퍼-레벨 결합 또는 프로세스 시그니처를 포함하는 웨이퍼 잡음 맵들을 식별하기 위해 등)로 비교될 수 있다.

[0177] 다른 실시예에서, 상기 방법은 패턴닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 패턴닝된 웨이퍼 상에서 다이들의 잡음 맵들을 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 다이 잡음 맵들을 동일한 웨이퍼 상의 다른 다이 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 다른 실시예에서, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 다른 패턴닝된 웨이퍼들 상의 다이들의 잡음 맵들을 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 다이 잡음 맵들을 다른 웨이퍼들 상의 다른 다이 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 상이한 웨이퍼들 상의 다이 잡음 맵들은 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 비교될 수 있다. 예컨대, 일단 다이 잡음 맵들이 생성되었다면, 상이한 다이 잡음 맵들의 상호 간의 정렬, 이러한 다이 잡음 맵들이 동일한 패턴닝된 웨이퍼 상에서 또는 상이한 패턴닝된 웨이퍼들 상에서 다이들에 대하여 생성되었는지의 여부가 비교적 쉽게 수행될 수 있다. 상이한 다이 잡음 맵들이 상호 정렬된 이후에, 다이 잡음 맵들은 비교될 수 있다. 추가의 이러한 실시예에서, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 완전한 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵으로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체를 포함한다. 이와 같이, 상기 방법은 완전한 웨이퍼 잡음 맵으로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체를 통해 상기 하나 이상의 다른 다이 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 다중 다이 잡음 맵들의 상기 합성체는 전체 웨이퍼에 걸쳐서 다이 잡음 맵들을 필수적으로 결합하기 위해 평균 기술을 이용하여 생성될 수 있다. 유사한 방식으로, 하나보다 많은 웨이퍼에 대한 잡음 맵들로부터 다중 다이 잡음 맵들을 이용하여 합성체가 생성될 수 있다. 그러므로, 다중 다이 잡음 맵들의 합성체를 생성하는 단계는 개별 다이 잡음 맵들에서의 임의의 비정상 잡음을 필수적으로 평균할 수 있음으로써, 상기 합성체 잡음 맵이 정상 다이 잡음 맵을 더 잘 나타내도록 한다. 이러한 방식으로, 상기 합성체 다이 잡음 맵은 테스트 하에서 패턴닝된 웨이퍼에 대한 다이 잡음 맵들과의 비교를 위해 더 우수한 "기준" 다이 잡음 맵일 수 있다. 유사한 방식으로, 합성체 웨이퍼-레벨 잡음 맵이 생성될 수 있고(예컨대, 상이한 웨이퍼들에 대한 다중 웨이퍼-레벨 잡음 맵들을 이용하여) 이곳에서 설명되는 바와 같이 사용될 수 있다.

[0178] 일부 실시예들에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패턴닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 방법은 패턴닝된 웨이퍼 상의 다이들의 잡음 맵들 전부로부터 합성체 잡음 맵을 생성하는 단계 그리고 상기 합성체 잡음 맵을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 "완전한" 웨이퍼 잡음 맵들로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체를 통해 다이 잡음 맵을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 그러므로, 상기 생성하는 단계는 테스트 하에서 웨이퍼에 대한 합성체 다이 잡음 맵을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 합성체 잡음 맵과 비교되는 다이들의 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 또한 둘 이상의 다이 잡음 맵들의 합성체일 수 있다. 이러한 방식으로, 위에서 설명된 비교 단계는 합성체 대 합성체 비교일 수 있다. 대안적으로, 상기 하나 이상의 다른 잡음 맵들은 단일 웨이퍼 상의 단일 다이에 대하여 생성되는 잡음 맵일 수 있거나 또는 이곳에서 설명되는 임의의 다른 기준일 수 있다. 테스트 하에서 웨이퍼에 대한 상기 합성체 다이 잡음 맵을 다이들의 하나 이상의 다른 잡음 맵들과 비교하는 단계는 이곳에서 설명되는 이유들 중 임의의 이유로(예컨대, 다이-레벨 결합 및/또는 패턴 시그니처를 검출하기 위해) 상기 합성체 다이 잡음 맵에서 수행될 수 있다.

[0179] 일 실시예에서, 패턴닝된 웨이퍼는 테스트 패턴 웨이퍼를 포함한다. 이러한 일 실시예에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패턴닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 다이들의 잡음 맵들은 이곳에서 설명되는 바와 같이 생성될 수 있다. 일부 이러한 실시예들에서, 상기 방법은 완전한 패턴닝된 웨이퍼 잡음 맵으로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체 잡음 맵을 생성하는 단계, 그리고 테스트 패턴 웨이퍼 상에서 형성되는 상기 다이들의 잡음 맵들과의 비교를 위해 상기 합성체 잡음 맵을 골든 다이 잡음 맵으로서 저장하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 완전한 웨이퍼 잡음 맵으로부터 다중 다이 잡음 맵들의 합성체를 통해 다이 잡음 맵을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 골든 다이 잡음 맵이 그러면 현

재 웨이퍼 또는 임의의 다른 웨이퍼들과의 비교를 위해 저장될 수 있다. 예컨대, 다중 다이 잡음 맵들의 합성체 잡음 맵이 패터닝된 웨이퍼에 대하여 생성될 수 있고, 그런 다음에 상기 웨이퍼에 대하여 생성되는 개별 다이 잡음 맵들이 상기 합성체 잡음 맵과 비교될 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에서 더 설명되는 바와 같이, 상기 합성체 잡음 맵은 임의의 단일 다이 잡음 맵보다 더욱 적당한 기준일 수 있고, 이러한 합성체 잡음 맵은 테스트 하에서 상기 웨이퍼에 대하여 자가-기준으로서 사용될 수 있다.

[0180] 일부 실시예들에서, 위에서 설명된 바와 같은 표면 이미지는 사용자에게 디스플레이될 수 있다. 상기 표면 이미지는 임의의 적당한 방식으로 사용자에게 디스플레이될 수 있다. 사용자는 결함 또는 프로세스 시그니처의 외양에 대하여 표면 이미지를 검사할 수 있다. 그런 다음에 사용자는 상기 시그니처를 풀 아웃하기 위해 검출 알고리즘을 튜닝할 수 있다.

[0181] 일부 실시예들에서, 상기 이미지를 생성하는 단계는 패터닝된 웨이퍼 상에서 형성되는 다이들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 방법은 잡음이 다이 기능적 영역의 함수로서 디스플레이되도록 그 위에 겹쳐진 설계 정보와 함께 잡음 맵들을 디스플레이하는 단계를 포함한다. 예컨대, 잡음 맵들은 다이 기능적 영역의 함수로서 상기 잡음을 보여주기 위하여 GDSII 설계 정보 또는 이곳에서 설명되는 다른 설계 정보와 함께 겹쳐져 디스플레이될 수 있다. 설계 정보가 다이 잡음 맵들과 겹쳐지고 있으므로, 설계 정보 및 다이 잡음 맵들은 겹쳐짐을 위해 비교적 쉽게 서로 정렬될 수 있다. 상기 다이 잡음 맵들과 겹쳐지는 설계 정보는 임의의 적당한 방식으로(예컨대, 단지 상이한 다이 기능적 영역들에 대한 표시자들과 함께, 다이 설계 등에 관한 임의의 다른 정보에 대한 표시자들과 함께, 또는 이들의 일부 조합) 묘사될 수 있다. 그 위에 겹쳐진 설계 정보를 갖는 잡음 맵들은 임의의 적당한 방식으로(예컨대, 임의의 적당한 사용자 인터페이스 및 임의의 적당한 디스플레이 장치를 이용하여) 디스플레이될 수 있다.

[0182] 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵을 포함하고, 상기 방법은 그 위에 겹쳐진, 검사 시스템에 의해 결정되는 하나 이상의 속성들과 함께 잡음 맵을 디스플레이하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 방법은 웨이퍼 잡음 맵을 검사 시스템 상에서 생성되는 다른 속성(들)과 결합하는 단계를 포함할 수 있다. 웨이퍼 잡음 맵 및 상기 다른 속성(들)은 임의의 적당한 디스플레이 장치 상에서 동일한 사용자 인터페이스 스크린 내에서 서로 상에 겹쳐질 수 있다. 상기 잡음 맵과 겹쳐지는 상기 하나 이상의 속성들은 웨이퍼 포지션을 일부 참조하여 검사 시스템에 의해 결정되는 임의의 속성들을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 잡음 맵 및 속성(들)은 상기 잡음 맵 및 상기 속성(들)에 대응하는 포지션들 또는 좌표들에 기초하여 쉽게 서로 겹쳐질 수 있다. 검사 시스템에 의해 결정되는 상기 하나 이상의 속성들은 패터닝된 웨이퍼 상에서 검출되는 결함들(예컨대, 빛 포인트 결함들)의 하나 이상의 속성들, 검사 시스템에 의해 결정되는 웨이퍼의 하나 이상의 속성들, 검사 시스템에 의해 수행되는 검사의 하나 이상의 속성들 등을 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 속성(들)은 결함 맵, 주의 구역 영역 경계들, 다이 경계들, 스와스 경계들, 검사 영역 경계들, 이미지 강도들 등을 포함할 수 있다. 그러므로, 잡음 맵을 그 위에 겹쳐지는 속성(들)과 함께 디스플레이하는 단계는 상이한 주의 구역들에 의해 나타나는 잡음, 웨이퍼 상의 상이한 포지션들에서 동일한 주의 구역들에 의해 나타나는 잡음, 개별 결함들 및 잡음 간 임의의 상관, 웨이퍼 상의 상이한 포지션들에서 다이들에 의해 나타나는 잡음 등과 같이 사용자에게 중대한 정보를 제공할 수 있다.

[0183] 추가 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵을 포함하고, 상기 방법은 잡음 맵 그리고 검사 시스템에 의해 결정되는 하나 이상의 속성들을 동시에 디스플레이하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 방법은 웨이퍼 잡음 맵 디스플레이를 검사 시스템 상에서 생성되는 다른 속성(들)과 결합하는 단계를 포함할 수 있다. 웨이퍼 잡음 맵 및 다른 속성(들)은 동일한 사용자 인터페이스 스크린에서 동시에(예컨대, 나란히) 디스플레이될 수 있다. 사용자 인터페이스 및 상기 사용자 인터페이스가 디스플레이되는 디스플레이 장치는 임의의 적당한 구성을 가질 수 있다. 이러한 방식으로, 웨이퍼 잡음 맵 및 다른 속성(들)은 위에서 설명된 바와 같이 상기 맵 및 속성(들)이 겹쳐지지 않고도 별도로 및 동시에 디스플레이될 수 있다. 속성(들)은 결함 맵, 주의 구역 영역 경계들, 다이 경계들, 스와스 경계들, 검사 영역 경계들, 이미지 강도들 등을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로 상기 잡음 맵 및 상기 하나 이상의 속성들을 디스플레이하는 단계는 또한 위에서 설명된 정보 중 임의의 정보를 포함하여 사용자에게 중대한 정보를 제공할 수 있다. 부가하여, 위에서 설명되는 속성들 중 하나 이상은 잡음 맵과 겹쳐질 수 있고, 위에서 설명된 속성들 중 하나 이상은 상기 겹쳐진 잡음 맵과 별도로(예컨대, 옆에) 디스플레이될 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 상이한 속성들을 디스플레이하는 단계를 포함할 수 있고, 동시에, 상기 상이한 속성들 중 적어도 하나는 잡음 맵과 겹쳐지고 상기 상이한 속성들 중 적어도 하나는 잡음 맵과 겹쳐지지 않는다.

[0184] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 결함 검출을 위한 임계치를 이미지에 적용하지 않고도 결함 시그니처가 상기

이미지 내에 존재하는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 이곳에서 설명된 바와 같이 생성되는 이미지들은 검출 알고리즘 독립적이다. 즉, 이곳에서 설명되는 이미지들은 결합 검출 알고리즘을 검사 시스템의 획득된 출력에 적용함으로써 생성되지 않는다. 그러므로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 임계치 결합들에 대한 알고리즘을 이진 이미지에 적용하지 않고도 결합 시그너처 탐험을 위해 표면 이미지를 사용할 수 있다. 결합 시그너처는 이곳에서 설명되는 시그너처들 중 임의의 시그너처를 포함하여 임의의 적당한 결합 시그너처를 포함할 수 있다. 결합 시그너처가 이미지 내에 존재하는지 여부를 결정하는 단계는 결합 시그너처를 식별하지 않고도 수행될 수 있다. 즉, 결합 시그너처의 존재를 결정하는 단계는 단순히 결합 시그너처에 대응하는 결합이 알려져 있는지의 여부와 무관하게 결합 시그너처가 이미지 내에 존재하는지 아닌지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 유사한 방식으로, 일부 실시예들에서, 상기 방법은 결합 검출을 위한 임계치를 이미지에 적용하지 않고도 프로세스 시그너처가 상기 이미지 내에 존재하는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 프로세스 시그너처는 이곳에서 더 설명되는 시그너처들 중 임의의 시그너처를 포함하여 임의의 적당한 프로세스 시그너처일 수 있고, 시그너처에 대응하는 프로세스에 따라 가변할 수 있다. 프로세스는 웨이퍼 상에서 수행될 수 있는 임의의 프로세스를 포함할 수 있다.

[0185] 다른 실시예에서, 상기 방법은 결합 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고도 결합 시그너처가 이미지 내에 존재하는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 위에서 설명된 바와 같이 표면 이미지가 웨이퍼의 강도 리스폰스 오프의 그레이 스케일 이미지일 수 있으므로, 상기 방법은 결합 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고도 이곳에서 설명되는 바와 같이 생성되는 이미지를 탐험하는 단계를 포함할 수 있다. 부가하여, 이곳에서 설명되는 실시예들은 노출된(bare) 표면 측정을 위한 프로시를 유발하는 패턴 잡음의 우수한 억제체를 사용할 수 있다. 그러므로, 결합 시그너처들을 식별하기 위해 알고리즘 튜닝이 요구되지 않는다. 대조적으로, 알고리즘이 시그너처를 만들어내는 결합들을 풀 아웃하는데 실패할 때 종종 시그너처들이 놓쳐진다. 이와 같이, 서명은 미통지 될 수 있다. 그러나, 이곳에서 설명되는 실시예들은 그렇지 않으면 미통지 될 수도 있는 시그너처들을 잡기 위해 결합 시그너처 탐험을 수행할 수 있다.

[0186] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 결합 시그너처가 이미지 내에 존재하는지 여부를 결정하기 위해 SSA를 상기 이미지에 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, SSA 알고리즘은 시그너처 알람들을 플래깅하기 위해 패턴닝된 웨이퍼의 표면 이미지에 적용될 수 있다. SSA는 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 수행될 수 있다.

[0187] 일 실시예에서, 상기 방법은 결합 검출을 위한 임계치를 이미지에 적용하지 않고도 상기 이미지 내에 존재하는 결합 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 예컨대, 이곳에서 설명되는 바와 같이 생성되는 이미지들은 결합 검출 알고리즘 독립적이다. 즉, 이곳에서 설명되는 이미지들은 결합 검출 알고리즘을 검사 시스템의 획득된 출력에 적용함으로써 생성되지 않는다. 그러므로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 임계치 결합들에 대한 알고리즘을 이진 이미지에 적용하지 않고도 결합 시그너처 식별을 위해 표면 이미지를 사용할 수 있다. 부가하여, 이곳에서 설명되는 실시예들은 그렇지 않으면 미통지될 수도 있는 시그너처들을 잡기 위해 결합 시그너처 식별을 수행하는데 사용될 수 있다. 추가 실시예에서, 상기 방법은 결합 검출을 위한 임계치를 이미지에 적용하지 않고도 이미지 내에 존재하는 프로세스 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 광 패턴 억제 필터(푸리에 필터)의 사용을 통해 패턴닝된 웨이퍼 상에서 프로세스 시그너처들 및 결합성 시그너처들을 식별하는데 사용될 수 있다. 프로세스 시그너처 및 결합성 시그너처는 이곳에서 설명되는 시그너처들 중 임의의 시그너처를 포함할 수 있다.

[0188] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 이미지가 선택된 결합 시그너처를 검출하기 위해 사용될 수 있도록 상기 획득하는 단계 동안에 사용될 검사 시스템의 광학 모드를 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 상기 방법은 결합 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고도 이미지가 선택된 결합 시그너처를 검출하기 위해 사용될 수 있도록 상기 획득하는 단계 동안에 사용될 검사 시스템의 광학 모드를 결정하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 방법은 관심대상의 특정 결합들에 집중하지 않고도 웨이퍼 결합 시그너처를 하이라이트하기 위한 최선의 광학 모드를 결정하기 위해 이곳에서 설명된 바와 같이 생성되는 이미지를 이용하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 표면 이미지들은 관심대상의 결합 시그너처들을 하이라이트하기 위한 최선의 광학 모드를 선택하는데 사용될 수 있다. 부가하여, 검사 시스템의 광학 모드는 결합 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고도 선택될 수 있는데, 그 이유는 이미지들이 결합 검출 알고리즘을 이용하지 않고서 생성되기 때문이다. 그러므로, 모드 선택은 위에서 설명된 바와 같이 결합 검출 알고리즘을 튜닝하지 않고서 수행될 수 있음으로써, 셋업에 동반되는 시간이 감소한다. 광학 모드는 임의의 적당한 검사 시스템의 임의의 적당한 광학 모드를 포함할 수 있다.

[0189] 일 실시예에서, 상기 방법은 검사 시스템의 하나보다 많은 광학 모드를 이용하여 상기 획득하는 단계를 수행하

는 단계, 상기 하나보다 많은 광학 모드를 이용하여 획득된 출력을 이용하여 패터닝된 웨이퍼의 표면의 하나보다 많은 이미지를 생성하는 단계, 그리고 이미지가 선택된 결함 시그니처를 검출하기 위해 사용될 수 있도록 상기 획득하는 단계 동안에 사용될 검사 시스템의 광학 모드를 결정하기 위해 상기 하나보다 많은 이미지를 사용하는 단계를 포함한다. 상기 하나보다 많은 광학 모드는 검사 시스템의 각각의 가용 광학 모드 또는 검사의 가용 광학 모드들 전부 중 단지 서브세트만(예컨대, 패터닝된 웨이퍼에 적당한 것으로 알려진 그러한 광학 모드들만)을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 표면 이미지가 이곳에서 설명되는 바와 같이 검사 시스템의 각각의 광학 모드에 대하여 생성될 수 있고, 각각의 모드에 대한 표면 이미지들은 결함 검출 알고리즘을 튜닝할 필요 없이 획득된다. 즉, 이곳에서 설명되는 이미지들이 결함 검출 알고리즘을 검사 시스템에 의해 획득된 출력에 적용하지 않고도 생성되므로, 표면 이미지들을 생성하기 위해 결함 검출 알고리즘을 튜닝할 필요가 없고, 그러므로 이미지 내의 결함 시그니처의 검출을 위한 최선의 광학 모드를 결정하기 위해 결함 검출 알고리즘을 튜닝할 필요가 없다.

[0190] 표면 이미지들은 각각의 광학 모드에 대하여 생성될 수 있고 사용자 인터페이스의 이미지 갤러리에서 사용자에게 나타날 수 있다. 표면 이미지들은 임의의 적당한 방식으로 사용자에게 나타날 수 있다. 시그니처를 풀 아웃하거나 억제하기 위한 최선의 모드를 식별하기 위해 이미지 메트릭들이 이미지들에 대하여(시그니처 밀도 또는 콘트라스트와 같이) 결정될 수 있다. 이곳에서 설명되는 사용 케이스들의 일부는 시그니처의 바람직함의 일부 사전 지식을 가정한다. 일부 경우들에서, 시그니처는 바람직하고, 이미지 내에서 시그니처를 하이라이트하는 것이 원해진다. 다른 경우들에서, 시그니처는 뉴슨스이고, 이미지 내에서 시그니처를 억제하는 것이 목표이다. 그러므로, 도구 사용자의 일부 사전 경험이 이곳에서 설명되는 바와 같이 검출되는 시그니처들을 해석하는데 도움이 된다.

[0191] 일 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패터닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵을 포함한다. 패터닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵은 이곳에서 설명되는 잡음 맵들 중 임의의 잡음 맵을 포함할 수 있고, 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 생성될 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 검사 시스템의 하나보다 많은 수의 광학 구성을 이용하여 상기 획득하는 단계를 수행하는 단계를 포함한다. 상기 하나보다 많은 수의 광학 구성은 검사 시스템의 적어도 하나의 광학 파라미터에 있어서 상이한 적어도 두 개의 광학 구성들을 포함할 수 있다. 상기 검사 시스템의 적어도 하나의 광학 파라미터는 검사 시스템의 임의의 가변 또는 조정가능한 광학 파라미터(예컨대, 파장, 분극화현상, 조리개 구성, 등)를 포함할 수 있다. 이러한 방법은 또한 하나보다 많은 수의 광학 구성을 이용하여 획득되는 출력을 이용하여 패터닝된 웨이퍼의 표면의 하나보다 많은 수의 잡음 맵을 생성하는 단계를 포함한다. 유사한 방식으로, 상기 방법은 하나보다 많은 수의 잡음 맵을 생성하는 단계를 포함할 수 있는데, 상기 잡음 맵의 각각은 상기 광학 구성들 중 하나를 이용하여 획득된 출력을 이용하여 생성된다. 부가하여, 이러한 방법은 상기 하나보다 많은 수의 광학 구성의 함수로서 웨이퍼-스케일 프로세스 변동을 식별하기 위해 상기 하나보다 많은 수의 잡음 맵을 이용하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방법은 검사 시스템 및 패터닝된 웨이퍼의 조합에 대하여 최선의 광학 모드를 식별하기 위해 상기 하나보다 많은 수의 광학 구성의 함수로서 상기 웨이퍼-스케일 프로세스 변동을 이용하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 검사 시스템 광학 구성의 함수로서 웨이퍼-스케일 프로세스 변동을 설명하기 위해 잡음 맵을 이용하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 정보는 주어진 프로세스에 대하여 및/또는 주어진 웨이퍼-스케일 프로세스 변동에 대하여 검사 시스템의 최선의 광학 모드를 선택하거나 개발하는데 사용될 수 있다. 예컨대, 웨이퍼-스케일 프로세스 변동의 최선의 또는 가장 정확한 검출을 제공하는 광학 모드 및/또는 구성은 최선의 광학 모드로서 선택되거나 생성될 수 있다.

[0192] 다른 실시예에서, 패터닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 프로세스가 그 위에서 수행된 테스트 패턴 웨이퍼의 실질 상 전체 표면의 잡음 맵을 포함한다. 상기 프로세스는 리소그래피, 에칭, 화학-기계적 폴리싱(CMP), 증착, 클리닝 등과 같은 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행될 수 있는 임의의 프로세스를 포함할 수 있다. 상기 잡음 맵은 이곳에서 설명되는 잡음 맵들 중 임의의 잡음 맵을 포함할 수 있고 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 생성될 수 있다. 일부 이러한 실시예들에서, 상기 방법은 프로세스가 프로세스의 하나 이상의 상이한 파라미터들을 이용하여 그 위에서 수행된 다중 패터닝된 웨이퍼들에 대하여 상기 획득하는 단계를 수행하는 단계를 포함한다. 프로세스의 상이한 파라미터들은 가변될 수 있는 프로세스의 임의의 파라미터들을 포함할 수 있다. 예컨대, 상이한 패터닝된 웨이퍼들은 리소그래피 프로세스의 상이한 초점 조건들, 리소그래피 프로세스의 상이한 노출 조건들, 상이한 에칭 시간들, 상이한 CMP 레이트들 및/또는 시간들, 또는 그들의 임의의 조합을 이용하여 프로세스될 수 있다. 이러한 방법은 또한 출력을 이용하여 상기 다중 패터닝된 웨이퍼들의 표면들의 잡음 맵들을 생성하는 단계를 포함한다. 잡음 맵들은 테스트 하에서 패터닝된 웨이퍼의 타입과 동일한 타입의 잡음 맵들일 수 있다. 다중 패터닝된 웨이퍼들에 대한 잡음 맵들은 또한 동일한 방식으로 테스트 하에서 패터닝된 웨이퍼에

대한 잡음 맵으로서 생성될 수 있다. 부가하여, 이러한 방법은 상기 하나 이상의 상이한 파라미터들의 함수로서 다중 패터닝된 웨이퍼들의 표면들의 잡음 맵들을 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 하나 이상의 제어 컨디션들 하에서 각각의 검사 포인트로부터 완전한 웨이퍼 잡음 맵들을 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 상이한 패터닝된 웨이퍼들에 대한 잡음 맵들은 상기 잡음 맵들이 상이한 패터닝된 웨이퍼들을 프로세싱하는데 사용되는 상이한 파라미터들과 연관되도록 저장될 수 있다. 이와 같이, 상이한 잡음 맵들은 상이한 파라미터들에 상관될 수 있음으로써, 필수적으로 상이한 잡음 맵들이 상이한 파라미터들에 대하여 조정된다. 이러한 방법은 테스트 패턴 웨이퍼 상에서 수행된 프로세스의 하나 이상의 특징들을 결정하기 위해 테스트 패턴 웨이퍼의 실질상 전체 표면에 대한 잡음 맵을 상기 저장된 잡음 맵들과 비교하는 단계를 더 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 저장된 잡음 맵들은 상기 프로세스의 특징들을 결정하기 위해 현재 웨이퍼에 대한 잡음 맵과 비교될 수 있다. 결정될 수 있는 프로세스의 특징들은 알려진 컨디션들 하에서 생성되는 맵들에 잡음 맵 피쳐들을 상관시킴으로써 둘 이상의 프로세스 도구들의 매칭(예컨대, 둘 이상의 프로세스 도구들이 동일한 프로세스를 상이하게 수행하고 있는지 아닌지의 여부), 프로세스 외도 플래깅(또는 식별하기), 및 프로세스 메트릭들(예컨대, 라인 폭 변화들, 에칭 균일성, CMP 시그너처 등)을 포함하지만, 이들로 제한되지는 않는다.

[0193] 다른 실시예에서, 상기 방법은 상기 획득하는 단계와 검사 시스템의 각각의 가능한 광학 구성을 이용하는 상기 생성하는 단계를 수행함으로써 상기 획득하는 단계에 대하여 사용된 검사 레시피의 하나 이상의 광학 파라미터들을 튜닝하는 단계, 그리고 이미지들 각각 내에서 결함 시그너처들의 존재 또는 비-존재에 기초하여 상기 검사 레시피에 대한 광학 구성을 선택하기 위해 각각의 가능한 광학 구성에 대응하는 이미지들을 사용하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 각각의 가능한 광학 구성 하에서 잡음/결함성 맵을 획득함으로써 검사 레시피 광학 파라미터들을 튜닝하는 단계, 그리고 각각의 잡음/결함성 맵 내에서 결함 시그너처들의 존재 또는 비-존재에 기초하여 원해지는 광학 구성을 선택하기 위해 이러한 잡음/결함성 맵들을 사용하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 광학 파라미터들은 검사 시스템의 임의의 광학 파라미터들(예컨대, 검사 시스템의 임의의 조정될 수 있는 광학 파라미터들)을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들에서 선택되거나 튜닝될 수 있는 검사 시스템 및 검사 레시피의 파라미터들은 출력을 획득하기 위해 사용될 수 있는 검사 시스템의 광학 모드 및/또는 임의의 다른 광학 파라미터들을 포함할 수 있다.

[0194] 추가 실시예에서, 상기 획득하는 단계는 검사 시스템의 미리 결정된 광학 구성을 이용하여 수행된다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 이미지 내의 결함 시그너처들의 존재 또는 비-존재를 결함 검출 알고리즘의 출력에 매칭시킴으로써 검사 레시피의 결함 검출 알고리즘의 하나 이상의 파라미터들을 튜닝하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 결함 검출 알고리즘의 출력을 매칭시키기 위한 주어진 광학 구성 하에서 결함 시그너처들의 존재 또는 비-존재를 나타내기 위해 잡음/결함성 맵을 사용함으로써 검사 레시피 결함 검출 알고리즘 파라미터들을 튜닝하는 단계를 포함할 수 있다. 그러므로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 이곳에서 설명되는 이미지들 중 하나 이상을 이용하여 수행되는 결함 검출의 하나 이상의 파라미터들을 선택하는 단계를 포함할 수 있다. 부가하여, 이곳에서 설명되는 실시예들은 이미지 획득의 하나 이상의 파라미터들(예컨대, 하나 이상의 광학 파라미터들) 및 결함 검출의 하나 이상의 파라미터들을 선택하는 단계를 포함할 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이 상기 하나 이상의 광학 파라미터들 및/또는 결함 검출의 하나 이상의 파라미터를 선택하는 단계는 유용하게도 정확성을 증가시킬 수 있고, 상기 정확성에 의해 결함 및/또는 프로세스 시그너처들이 이곳에서 설명되는 바와 같이 생성되는 이미지들 내에서 검출되고 식별될 수 있다.

[0195] 이곳에서 설명되는 실시예들은 웨이퍼들의 표면 이미지들을 생성하고 이러한 이미지들을 사용하기 위한 다른 방법들 및 시스템들에 걸쳐서 다수의 장점들을 갖는다. 예컨대, 패터닝된 웨이퍼들을 위한 기존의 표면 이미지 방법들은 웨이퍼 이미지를 얻기 위해 원시 이미지 강도들 또는 다이-대-다이 차분 이미지 강도들의 디스플레이를 활용한다. 부가하여, 기존 결함 시그너처 검출은 적절한 광학 모드 선택 및 검출 알고리즘 파라미터들의 적절한 셋팅을 요구한다. 게다가, 기존 모드 선택은 알려진 결함 신호-대-잡음(S/N) 측정치들을 사용한다. 결함 S/N을 최대화하고 잡음을 최소화하는 광학 모드가 통상적으로 선택된다.

[0196] 그러나, 이러한 방법들 및 시스템들은 다수의 단점들을 갖는다. 예컨대, 패터닝된 웨이퍼 이미지에서, 뉴슨스 잡음의 주요 소스가 패턴 기하구조 자체이다. 부가하여, 다이-대-다이 이미지 차감은 패턴을 억제하고 잔여 프로세스 또는 결함성 정보를 디스플레이하는 가장 보편적인 방식이다. 그러나, 잔여 오정합 잡음은 프로세스 잡음 및 CD 변동으로부터 분리되기 어렵다. 게다가, 시그너처 검출은 현재 결함들의 패턴 내 공간적 시그너처에 대한 결함 맵을 검사하는 과정에 따라 좌우된다. 상기 알고리즘이 적절하게 튜닝되지 않으면, 시그너처가 놓쳐질 수 있다. 알고리즘 튜닝은 시그너처들을 폴 아웃하기 위해 중대한 것으로 보여졌다.

- [0197] 위에서 설명된 방법들 및 시스템들과 대조적으로, 이곳에서 설명되는 실시예들은 디지털화에 앞서 이미지로부터 패턴을 제거하기 위해 광 푸리에 필터링을 사용함으로써 패턴닝된 웨이퍼 표면 이미지들의 해석을 혼란시키는 것으로부터 잔여 패턴 잡음을 유용하게 제거할 수 있다. 부가하여, 이곳에서 설명되는 실시예들은 적절한 수정들을 갖는 상용 검사 시스템들상에 구현될 수 있다. 예컨대, Puma 90xx 및 91xx 시리즈의 도구들이 이곳에서 설명되는 애플리케이션들에 잘-맞추어지는데, 그 이유는 이러한 시스템들의 검사 결과들이 결함 검출을 위한 패턴들의 억제에 매우 의존하기 때문이다.
- [0198] 이곳에서 더 설명되는 실시예들은 일반적으로 웨이퍼 시그너처 추론을 위한 방법들 및 시스템들에 관한 것이다. 위에서 설명된 바와 같이, 패턴닝된 웨이퍼의 표면의 이미지는 패턴닝된 웨이퍼의 표면의 잡음 맵을 포함할 수 있다. 잡음 맵들은 이곳에서 설명되는 실시예들 중 임의의 실시예에 따라서 이곳에서 설명되는 검사 시스템들 중 임의의 시스템(예컨대, BF 시스템들 및/또는 DF 시스템들)에 의해 획득되는 출력을 이용하여 생성될 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵 내에서 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행된 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 즉, 식별되는 시그너처는 현재 프로세스에 대한 시그너처(예컨대, 프로세스가 상기 생성된 이미지를 이용하여 모니터링되고 있음) 또는 패턴닝된 웨이퍼의 현재 계층에 대한 시그너처이다. 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행된 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처는 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 식별될 수 있다.
- [0199] 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 방법들은 웨이퍼 검사 시스템들을 이용하여 생성되는 웨이퍼 잡음 이미지들 및/또는 맵들을 실용적 관련 제조 프로세스 제어 신호들로 디-콘벌빙하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 결함 검출을 이용하는 것과 같이, 웨이퍼 스케일 이미지들의 생성은 웨이퍼 상에서 지금까지 이루어진 프로세싱 전부의 함수일 수 있는 광 신호들의 획득을 동반한다. 이와 같이, 이미지 및 따라서 상기 이미지로부터 추출되는 시그너처들은 변동의 다수 소스들로부터 인공물들을 포함할 수 있고, 그 중 일부는 주어진 애플리케이션에 대해 관심대상이 아닐 수 있다.
- [0200] 그러므로, 시그너처의 활용성은 프로세스 변동의 특정 소스(들)의 신호가 격리될 수 있는지의 여부에 따라 가변할 것이다. 웨이퍼의 현재 계층에 대한 잡음 맵 내의 시그너처가 이곳에서 설명되는 바와 같이 상기 잡음 맵 내에 존재하거나 상기 잡음 맵에 영향을 끼칠 수 있는 상기 획득된 출력을 이용하여 모니터링되고 있는 프로세스가 아닌 다른 프로세스들에 기인할 수 있는 다른 시그너처들로부터 격리될 수 있으므로, 이곳에서 설명되는 바와 같이 식별되는 시그너처들은 이곳에서 설명되는 프로세스 제어 및 다른 애플리케이션들에 대하여 실용적 사용들을 갖는다. 이러한 방식으로, 이곳에서 설명되는 실시예들에서 식별되는 시그너처들은 실용적 제조 제어 신호들로서 사용될 수 있다.
- [0201] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵 내에서 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 하나 이상의 다른 프로세스들에 대응하는 하나 이상의 다른 시그너처들에 기초하여 상기 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 또는 최신 프로세스에만 대응하는 시그너처는 현재 프로세스 단계(예컨대, 모니터링되고 있는 프로세스 단계)에 관련되지 않은 사전 프로세스 레벨들로부터 상기 시그너처들을 고려함으로써 식별될 수 있다. 예컨대, 사전 프로세스들에 대응하는 시그너처들에 관한 정보 및/또는 사전 프로세스 시그너처들 자체들은 현재 프로세스에 대한 임의의 시그너처가 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지 내에서 존재하는지 여부를 결정하는데 사용될 수 있다. 부가하여, 사전 프로세스들에 대응하는 시그너처들에 관한 정보 및/또는 사전 프로세스 시그너처들 자체들은 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지 내에 존재하는 임의의 현재 프로세스 시그너처들로부터 사전 프로세스 시그너처들을 분리하는데 사용될 수 있다.
- [0202] 다른 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵 내에서 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 하나 이상의 다른 프로세스들에 대응하는 하나 이상의 시그너처들을 상기 잡음 맵으로부터 추출함으로써 상기 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 상기 잡음 맵으로부터 앞선 레벨의 시그너처들의 차감 또는 추출을 포함할 수 있다. 예컨대, 잡음 맵 또는 웨이퍼 이미지 내의 시그너처들 전부는 첨가적일 수 있다(또는 시그너처들 전부의 합으로서 잡음 맵 또는 웨이퍼 이미지 내에 나타날 수 있다). 즉, 현재 레벨 및 사전 레벨들로부터의 시그너처들 전부는 현재 레벨에 대한 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지 내에서 서로 상에 포개질 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 사전 프로세스 시그너처들은 현재 프로세스에 대한 잡음 맵으로부터 간단히 차감될 수 있다. 그러나, 잡음 맵 또는 웨이퍼 이미지 내 시그너처들의 전부 또는 일부가 현재 프로세스에 대한 잡음 맵 또는 웨이퍼 이미지에 더욱 복잡한 방식으로 영향을 끼친다면, 상기 사전 프로세스 시그너처들은 잡음 맵으로부터 단순히 차감되기보다는 추출될 수 있다. 이러한 추출은 예컨대 사전 계층 시그너처들 상에 대한 현재 계층의 영향들을 고려하기 위해 사

전 계층 시그너처들을 수정하는 단계, 그리고 그런 다음에 현재 계층 잡음 맵 및/또는 임의의 다른 기능들로부터 상기 수정된 사전 계층 시그너처들을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0203] 상기 방법은 또한 사전 계층 시그너처들이 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지 내에 존재하지 않는다면 상기 사전 계층 시그너처들이 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지로부터 착오적으로 차감되거나 추출되지 않음으로써 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지의 필요없는 및/또는 원해지지 않는 수정이 방지되도록 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지 내에서 사전 계층 시그너처들을 탐색하는 단계를 포함할 수 있다. 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지 내에서 사전 계층 시그너처들을 탐색하는 단계는 전체 사전 계층 시그너처를 탐색하고, 사전 계층 시그너처에 고유한 사전 계층 시그너처의 일부분을 탐색하고, 및/또는 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지가 사전 계층 시그너처의 존재를 표시하는 임의의 하나 이상의 특징들을 갖는지 여부를 결정함으로써 수행될 수 있다.

[0204] 사전 계층 시그너처들이 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지로부터 추출된 이후에, 현재 프로세스에 대한 시그너처가 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지로부터 추출될 수 있다. 현재 프로세스 시그너처는 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지로부터 추출될 수 있다.

[0205] 추가 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵 내에서 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처를 분류하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 시그너처 분류를 포함할 수 있다. 상기 시그너처를 분류하는 단계는 임의의 방식으로 (예컨대, 시그너처의 하나 이상의 피쳐들을 추출함으로써 및 상기 하나 이상의 피쳐들에 기초하여 상기 시그너처를 분류함으로써, 시그너처를 사전에 분류된 하나 이상의 시그너처들에 매칭시킴으로써, 공간적 시그너처 분석에 의해 등) 수행될 수 있다. 상기 시그너처를 분류하는 단계는 이곳에서 설명되는 실시예들에 의해 자동으로 수행될 수 있다. 시그너처에 할당되는 분류는 프로세스 모니터링, 프로세스 제어, 근본원인분석 등과 같은 임의의 개수의 애플리케이션들에서 사용될 수 있다.

[0206] 추가 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵 내에서 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계 그리고 패터닝된 웨이퍼의 하나 이상의 특징들 또는 최종 프로세스를 결정하기 위해 상기 시그너처를 추가 시그너처들과 비교하는 단계를 포함한다. 상기 추가 시그너처들은 이곳에서 설명되는 저장 미디어 중 임의의 것을 포함할 수 있는 저장 매체에 저장될 수 있다. 상기 추가 시그너처들은 라이브러리 또는 임의의 다른 적당한 데이터 구조에 저장될 수 있다. 부가하여, 라이브러리에 저장되는 추가 시그너처들은 패터닝된 웨이퍼의 상이한 특징들 및/또는 프로세스의 상이한 특징들과 연관될 수 있다. 예컨대, 상기 저장된 시그너처들 중 하나는 휘어진 패터닝된 웨이퍼와 연관될 수 있고, 상기 저장된 시그너처들 중 다른 시그너처는 일정 정도까지 아웃 오브 포커싱된 리소그래피 프로세스와 연관될 수 있고, 상기 저장된 시그너처들 중 다른 시그너처는 상이한 정도까지 초점 밖인 리소그래피 프로세스와 연관될 수 있는 등이다. 이러한 방식으로, 현재 프로세스에 대하여 식별된 시그너처는 프로세스를 모니터링하고, 프로세스를 제어하고, 프로세스를 정정하고, 웨이퍼를 거부하고, 웨이퍼를 재-작업하는데 등등에 사용될 수 있는 웨이퍼 및/또는 프로세스에 관한 일정한 정보를 결정하기 위해 다른 시그너처들과 비교될 수 있다.

[0207] 상기 추가 시그너처들은 다수의 상이한 방식으로 패터닝된 웨이퍼 및/또는 프로세스의 상이한 특징들과 연관될 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 추가 시그너처들은 경험적으로 생성된다. 이러한 방식으로, 추가 시그너처들은 하나 이상의 경험적 시그너처 소스 라이브러리들로서 저장될 수 있다. 상기 추가 시그너처들을 경험적으로 생성하는 단계는 프로세스들의 상이한 파라미터들을 갖는 상이한 프로세스들을 이용하여 웨이퍼들을 프로세싱하고 상이한 프로세스들 각각 이후에 웨이퍼들 각각에 대하여 시그너처들을 획득함으로써 수행될 수 있다. 부가하여, 상기 추가 시그너처들을 경험적으로 생성하는 단계는 위에서 설명된 바와 같이 웨이퍼들을 프로세싱하고, 상기 시그너처들이 프로세스와 상기 프로세스의 파라미터들 및/또는 웨이퍼 상에서 하나 이상의 다른 측정들 및/또는 프로세스들을 수행(예컨대, 압력 측정들, CD 측정들, 결함 리뷰, 등)하는 것으로 웨이퍼의 하나 이상의 특징들(예컨대, 휘어짐)에 기여할 수 있는지 여부를 결정함으로써 수행될 수 있다. 게다가, 상기 추가 시그너처들을 경험적으로 생성하는 단계는 임의의 다른 방식으로 획득될 수 있는 상이한 프로세스들 및/또는 웨이퍼들의 경험적 지식에 기초하여 수행될 수 있다.

[0208] 이러한 다른 실시예에서, 추가 시그너처들은 최종 프로세스를 수행하는데 사용되는 하나 이상의 프로세스의 모델링에 의해 생성된다. 이러한 방식으로, 추가 시그너처들은 예측된 시그너처들을 갖는 프로세스 장비 모델들을 이용하여 생성될 수 있다. 상기 하나 이상의 프로세스 도구들을 모델링하는 것은 임의의 적당한 모델들을 이용하여 임의의 적당한 방식으로 수행될 수 있다. 상기 모델링은 상기 하나 이상의 프로세스 도구들에 의해 프로세싱 이후에 패터닝된 웨이퍼의 하나 이상의 특징들을 시뮬레이션하도록 수행될 수 있다. 이러한 방식으로

시그너처들을 생성하는 단계는 또한 어떻게 검사 시스템이 웨이퍼를 "볼" 것인지를 모델링하는 단계를 포함한다. 예컨대, 상기 하나 이상의 프로세스 도구들에 의해 생성되는 웨이퍼의 상기 하나 이상의 시뮬레이션된 특징들에 기초하여, 검사 시스템의 모델링은 웨이퍼에 대하여 획득되는 출력을 시뮬레이션하도록 수행될 수 있다. 그러면 추가 시그너처들은 시뮬레이션된 출력에서 추출되고 및/또는 그렇지 않으면 식별될 수 있다.

[0209] 일 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵에서 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 최종 프로세스의 하나 이상의 파라미터들이 상기 시그너처에 기초하여 프로세스 제어 제한치들 밖에 있는지 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 시그너처 인지를 포함하는 고장 진단 방법들을 포함할 수 있다. 예컨대, 이곳에서 설명되는 바와 같이 식별되는 시그너처들 중 임의의 시그너처가 현재 프로세스가 프로세스 제어 제한치들 밖에 있는지를 결정하는데 사용될 수 있다. 시그너처를 이용하여 현재 프로세스가 프로세스 제어 제한치들 밖에 있는지를 결정하는 단계는 상기 시그너처가 알려진 시그너처에 대응하는지 또는 비정상 시그너처(예컨대, 사전에 관찰되지 않은 시그너처 또는 동일한 프로세스 이후에 사전에 관찰된 시그너처들로부터의 비정상적인 하나 이상의 특징들을 갖는 시그너처)에 대응하는지 여부를 결정하는 단계, 위에서 설명된 것과 같이 상기 시그너처를 추가 시그너처들과 비교하는 단계를 포함할 수 있고, 이때 상기 추가 시그너처들 중 일부는 제어 제한치들 내에서 프로세스 동작에 대응하고, 다른 일부는 제어 제한치들의 밖에서 프로세스 동작, 시그너처의 분류 또는 임의의 다른 적당한 방식으로 대응한다.

[0210] 다른 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵 내에서 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 기초하여 상기 최종 프로세스의 하나 이상의 파라미터들을 제어하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 시그너처 인지를 포함하는 제어 방법들을 포함할 수 있다. 상기 최종 프로세스의 상기 하나 이상의 파라미터들을 제어하는 단계는 상기 프로세스에 의해 생성되는 추가 웨이퍼들이 더욱 수용될 수 있는(또는 특징(들)에 대하여 목표 값들에 더 가까운) 하나 이상의 특징들을 갖도록 피드백 방식으로 수행될 수 있다. 부가하여, 상기 하나 이상의 파라미터들을 제어하는 단계는 제어 제한치들 밖에 있는 프로세스들 및/또는 제어 제한치들 내에서 동작중인 프로세스들(예컨대, 목표 성능으로부터 이동중이지만 그러나 아직 제어 제한치들 밖에 있지는 않은 프로세스들)에 대하여 수행될 수 있다. 어느 파라미터(들)가 제어되어야 하는지 및 시그너처를 이용하여 어떻게 파라미터(들)가 제어되어야 하는지 여부를 결정하는 것은 임의의 적당한 방식으로 수행될 수 있다. 예컨대, 시그너처는 시그너처에 대응하는 프로세스의 하나 이상의 파라미터들을 결정하는데 사용될 수 있고, 그런 다음에 상기 결정된 하나 이상의 파라미터들은 어느 파라미터(들)가 변경되어야 하는지 및 어떻게 이러한 파라미터(들)가 변경되어야 하는지 여부를 결정하기 위해 프로세스에 대하여 목표 또는 이상 파라미터들과 비교될 수 있다.

[0211] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵에서 최종 프로세스에 앞서 패턴닝된 웨이퍼에 대하여 획득된 원시 데이터 및 원시 데이터에서 식별된 시그너처들에 기초하여 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계를 포함한다. 원시 데이터 및 원시 데이터에서 식별된 시그너처들은 역사적 원시 데이터 및 추출된 시그너처들의 데이터베이스와 같은 임의의 적당한 저장 매체에 저장될 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에 대하여 시그너처를 식별하기 위해 역사적 데이터 및 추출된 시그너처들을 활용할 수 있다. 대조적으로, 출력을 분석하기 위한 현재 사용되고 있는 방법들은 일반적으로 표본의 현재 상태에서 수집되는 데이터에 제한된다. 그러나, 최종 프로세스에 앞서 웨이퍼 상에서 수행되는 프로세스들이 잡음 맵에 영향을 끼칠 수 있으므로, 현재 계층에 대하여 시그너처를 식별하기 위해 사전에 획득된 출력 및/또는 웨이퍼에 대하여 결정된 시그너처들을 활용하는 것은 정확성을 증가시킬 수 있고, 이러한 정확성에 의해 최종 프로세스에 대응하는 시그너처가 잡음 맵에서 식별될 수 있다. 예컨대, 표본의 현재 상태에서 추출된 시그너처가 현재/최신 프로세스 단계들에 기인될 수 있다고 가정한다면 에러성의 결론들이 도출될 수 있다.

[0212] 이곳에서 설명되는 실시예들은 결함 소스 분석(DSA) 타입 애플리케이션들과 유사한 애플리케이션들에 대하여 사용될 수 있다. 예컨대, DSA 타입 애플리케이션들은 프로세스 흐름에서 결함들이 어디에서 기원되었는지 여부를 식별하는데 사용된다. 프로세스에서 결함들이 어디에서 기원되었는지 여부를 식별하는 것은 두 가지 일반적인 목적들을 갖는다. 예컨대, 프로세스에서 결함들이 어디에서 기원되었는지 여부를 식별하는 것은 근본원인분석에 대하여 수행될 수 있는데, 여기서는 프로세스 내에서 문제점 단계를 식별하기 위한 조사가 수행된다. 부가하여, 프로세스에서 결함들이 어디에서 기원되었는지 여부를 식별하는 것은 프로세스 모니터링을 위해 수행될 수 있는데, 여기서는 관심대상이 현재 프로세스 단계에서 생성되는 그러한 결함들에 제한된다.

[0213] 일 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵에서 패턴닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로

세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 대응하는 근본원인을 결정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 웨이퍼 이미지 시그너처들은 프로세스에서 주어진 시그너처가 어디에서 기원되었는지 여부를 식별하기 위해 근본원인분석에 대해 사용될 수 있다. 근본원인분석은 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 수행될 수 있고(예컨대, 현재 프로세스에 대한 시그너처를 시그너처들의 라이브러리와 비교하여), 근본원인분석의 결과들은 이곳에서 설명되는 임의의 애플리케이션을 위해 사용될 수 있다(예컨대, 프로세스 제어 및 조정).

[0214] 다른 실시예에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 잡음 맵에서 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스에만 대응하는 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 상기 시그너처에 기초하여 프로세스를 모니터링하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 웨이퍼 이미지 시그너처들은 프로세스의 현재 레벨에서 생성된 시그너처들을 격리시키기 위해 사용될 수 있다. 부가하여, 현재 프로세스 시그너처가 사전 프로세스 시그너처들로부터 격리될 수 있으므로, 이곳에서 설명되는 바와 같이 식별되는 시그너처들을 이용하여 수행되는 프로세스 모니터링은 실질상 정확할 수 있다. 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 임의의 프로세스들은 이곳에서 설명되는 시그너처들을 이용하여 모니터링될 수 있다. 상기 시그너처들은 이곳에서 더 설명되는 바와 같이 및 종래에 알려진 임의의 적당한 프로세스 모니터링 기술들을 이용하여 프로세스 모니터링을 위해(예컨대, 프로세스의 임의의 하나 이상의 파라미터들 및/또는 프로세스의 임의의 하나 이상의 특징들을 결정함으로써 프로세스를 모니터링하기 위해) 사용될 수 있다.

[0215] 일부 실시예들에서, 상기 방법은 출력이 획득되기 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스 이외의 프로세스들이 잡음 맵에 영향을 끼칠 확률을 추정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 현재 관찰되는 시그너처가 모니터링되고 있는 프로세스 단계에 관련되지 않은 원인들을 가질 확률을 결정하는 단계를 포함한다. 현재 관찰되는 시그너처가 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스 이외의 프로세스들로부터 기여들을 포함할 확률은 다수의 방식으로 결정될 수 있다. 예컨대, 상기 확률은 패터닝된 웨이퍼 및 검사 시스템에 관한 정보에 기초하여 결정될 수 있다. 이러한 정보는 검사 시스템이 동작하는 파장(들)에 대한 패턴 웨이퍼 상의 최상위 계층 또는 계층들의 투명성, 최상위 계층 및 하위 계층들 상에서 형성되는 임의의 패턴, 동작의 파장(들)과 같은 검사 시스템의 하나 이상의 특징들, 검사 시스템의 타입 또는 검사 모드(예컨대, BF 또는 DF), 입사각, 수집각도 등을 포함할 수 있다. 부가하여, 또는 대안적으로, 상기 확률은 사전 계층들 및 현재 계층에 대응하는 시그너처들에 관한 정보에 기초하여 결정될 수 있다. 예컨대, 웨이퍼 상에서 수행되는 사전 프로세스들에 대응하는 잡음 맵들 및/또는 웨이퍼 이미지들 내에서 검출된 시그너처들 그리고 현재 프로세스에 대하여 예상되는 또는 "정상" 시그너처는 현재 프로세스에 대하여 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지가 사전 프로세스들에 대한 시그너처들로부터의 기여들을 포함하는지 여부를 결정하는데 사용될 수 있다. 이러한 일 예에서, 사전 프로세스들이 이러한 사전 프로세스들에 대하여 생성된 잡음 맵들 및/또는 웨이퍼 이미지들 내에서 비교적 강한 시그너처들을 생성하는 것으로 알려진다면, 이러한 프로세스들에 대한 시그너처들이 현재 프로세스에 대한 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지에 영향을 끼칠 확률은 비교적 높을 수 있다.

[0216] 추가 실시예에서, 상기 방법은 잡음 맵 내에서 시그너처를 식별하는 단계, 그리고 출력이 획득되기 이전에 패터닝된 웨이퍼 상에서 수행되는 최종 프로세스 이외의 프로세스들의 시그너처들이 출력을 획득하는데 사용되는 검사 시스템의 광학에 기초하여 잡음 맵 내에서 시그너처에 기여하는 정도를 추정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법은 사전 레벨 시그너처들이 현재 관찰되는 시그너처들에 기여할 수 있는지의 정보를 추정하기 위해 현재 및 앞선 레벨 이미지들을 획득하는데 사용된 광학 모드를 (모델링 또는 경험 법칙들(rules of thumb)을 통해) 고려하는 단계를 포함할 수 있다. 예컨대, 패터닝된 웨이퍼의 일부 계층들이 특정한 광학 구성에 비교적 투명한지의 여부와 같은 경험 법칙들은 사전 프로세스들의 시그너처들이 현재 관찰되는 프로세스 계층 시그너처에 기여하는 정보를 추정하는데 사용될 수 있다. 이러한 일 예에서, 패터닝된 웨이퍼의 현재 계층이 특정한 광학 구성에 비교적 투명한 것으로 알려지면, 사전 프로세스 시그너처가 현재 프로세스 시그너처에 영향을 끼칠 정도는 비교적 높을 수 있다. 유사한 방식으로, 검사 시스템 광학 구성의 모델링은 웨이퍼의 현재 계층이 상기 광학 구성에 투명한 정도를 결정하기 위해 검사 시스템 광학 구성의 모델링이 사용될 수 있다(예컨대, 웨이퍼 상에서 수행되는 현재 프로세스 및/또는 웨이퍼 상에서 수행된 사전 프로세스(들)에 관한 정보와 결합하여). 이러한 일 예에서, 상기 모델링이 패터닝된 웨이퍼의 현재 계층이 특정한 광학 구성에 비교적 투명한 것으로 예측한다면, 사전 프로세스 시그너처가 현재 프로세스 시그너처에 영향을 끼칠 정도는 비교적 높을 수 있다.

[0217] 사전 프로세스 시그너처(들)가 현재 프로세스 시그너처에 영향을 끼칠 정도가 비교적 높다면, 현재 프로세스에 대한 시그너처는 이곳에서 설명되는 실시예들 중 임의의 실시예에 따라서 사전 프로세스 시그너처들로부터 격리

될 수 있다. 대조적으로, 사전 프로세스 시그너처(들)가 현재 프로세스 시그너처에 영향을 끼칠 정도가 비교적 낮다면, 현재 프로세스에 대한 시그너처가 사전 프로세스 시그너처(들)에 관한 고려 없이(예컨대, 웨이퍼 이미지 및/또는 잡음 맵으로부터 사전 프로세스 시그너처(들)를 제1 추출함 없이) 잡음 맵 및/또는 웨이퍼 이미지로부터 추출될 수 있다.

[0218] 위에서 설명된 방법들 중 임의의 방법은 설계 정보(예컨대, 칩 2차원(2D) 및/또는 3차원(3D) 설계 레이아웃) 또는 상기 설계 정보로부터 추출되는 속성들(예컨대, 패턴 밀도, 방위, 밀도 기울기 등과 같은 레이아웃으로부터 추출되는 속성들)의 통합을 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 방법은 잡음 맵에서 최종 프로세스에 대응하는 시그너처를 식별하기 위해 설계 정보 및 상기 설계 정보의 임의의 속성들을 사용하는 단계를 포함할 수 있다. 특히, 출력이 획득되도록 하는 웨이퍼의 계층에 대한 설계는 잡음 맵에서 존재하는 시그너처에 영향을 끼칠 수 있다. 그러므로, 출력이 획득되도록 하는 웨이퍼의 계층에 대한 설계에 관한 정보는 잡음 맵에서 상기 시그너처를 식별하는데 사용될 수 있다. 유사한 방식으로, 출력이 획득되도록 하는 웨이퍼의 계층의 설계가 웨이퍼의 하위 계층들에 대한 설계와 충분히 상이하다면, 잡음 맵이 생성되도록 하는 계층에 대한 설계는 현재 계층에 대한 시그너처를 잡음 맵으로부터 추출하는데 사용될 수 있다.

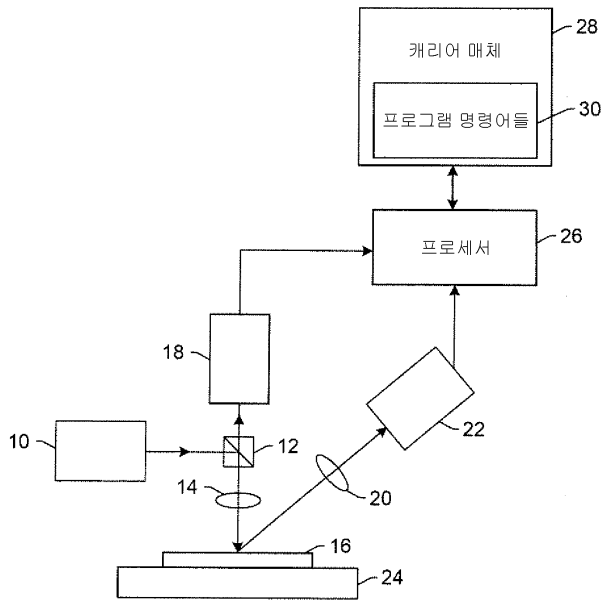
[0219] 위에서 설명된 방법의 실시예들 각각은 이곳에서 설명된 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다. 부가하여, 위에서 설명된 방법의 실시예들 각각은 이곳에서 설명된 시스템들 중 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0220] 이곳에서 설명된 방법들 전부는 방법 실시예들의 하나 이상의 단계들의 결과들을 저장 매체에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 결과들은 이곳에서 설명된 결과들 중 임의의 결과를 포함할 수 있고 종래에 알려진 임의의 방식으로 저장될 수 있다. 상기 저장 매체는 이곳에서 설명된 임의의 저장 매체 또는 종래에 알려진 임의의 다른 적당한 저장 매체를 포함할 수 있다. 결과들이 저장된 이후, 상기 결과들은 저장 매체에서 액세스될 수 있고 이곳에서 설명된 방법 또는 시스템 실시예들 중 임의의 것에 의해 사용되고, 사용자로의 디스플레이를 위해 포맷팅되고, 다른 소프트웨어 모듈, 방법, 또는 시스템 등에 의해 사용될 수 있다. 예컨대, 이미지들 중 하나 이상이 이곳에서 설명된 바와 같이 생성된 이후, 상기 방법은 상기 하나 이상의 이미지들을 사용자에게 디스플레이하는 과정을 포함할 수 있다. 게다가, 상기 결과들은 "영구적으로", "반영구적으로", "일시적으로" 또는 일정 기간 동안에 저장될 수 있다. 예컨대, 상기 저장 매체는 랜덤 액세스 메모리(RAM)일 수 있고, 상기 결과들은 저장 매체에서 필수적으로 무기한 지속될 필요는 없다.

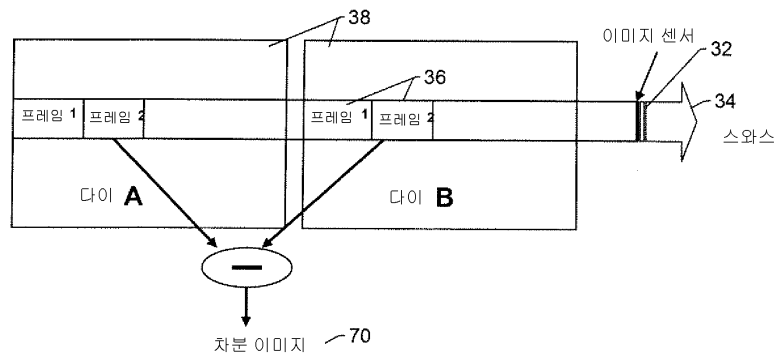
[0221] 본 발명의 다양한 양상들의 추가 수정들 및 대안적인 실시예들은 본 상세한 설명 관점에서 당업자에 명백하게 될 수 있다. 예컨대, 표본의 특징을 모니터링하기 위한 방법들, 캐리어 미디어, 및 시스템들이 제공된다. 따라서, 이러한 설명은 예시적인 것으로서만 구성되며, 당업자의 이해를 위해 본 발명을 수행하는 일반적인 방식이다. 이곳에서 나타나고 설명된 본 발명의 형태들이 현재 바람직한 실시예들로서 취해질 것임이 이해될 것이다. 엘리먼트들 및 재료들은 이곳에서 도시되고 설명된 것들에 대하여 대체될 수 있고, 부품들 및 프로세스들이 예비될 수 있고, 본 발명의 일정 피쳐들이 독립적으로 활용될 수 있으며, 이 모든 것은 본 발명의 상기 상세한 설명의 이점을 가진 이후에 당업자에게 명백할 것이다. 이어지는 청구범위에서 기술되는 바와 같이 본 발명의 사상 및 범위에서 벗어남 없이 이곳에 설명된 엘리먼트들에 변경들이 이루어질 수 있다.

도면

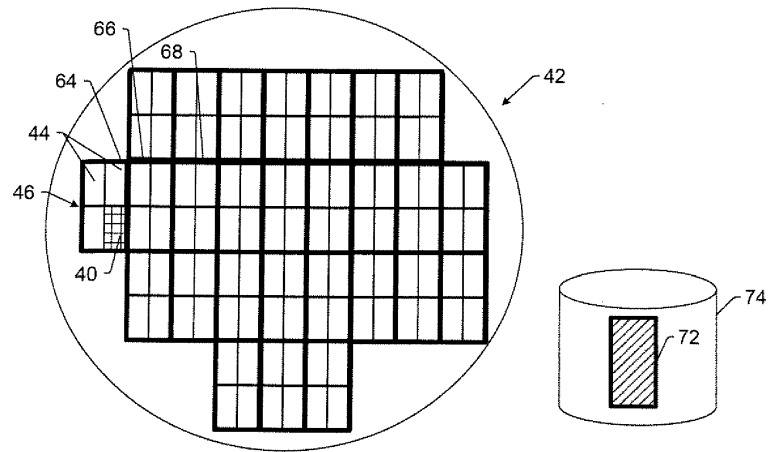
도면1



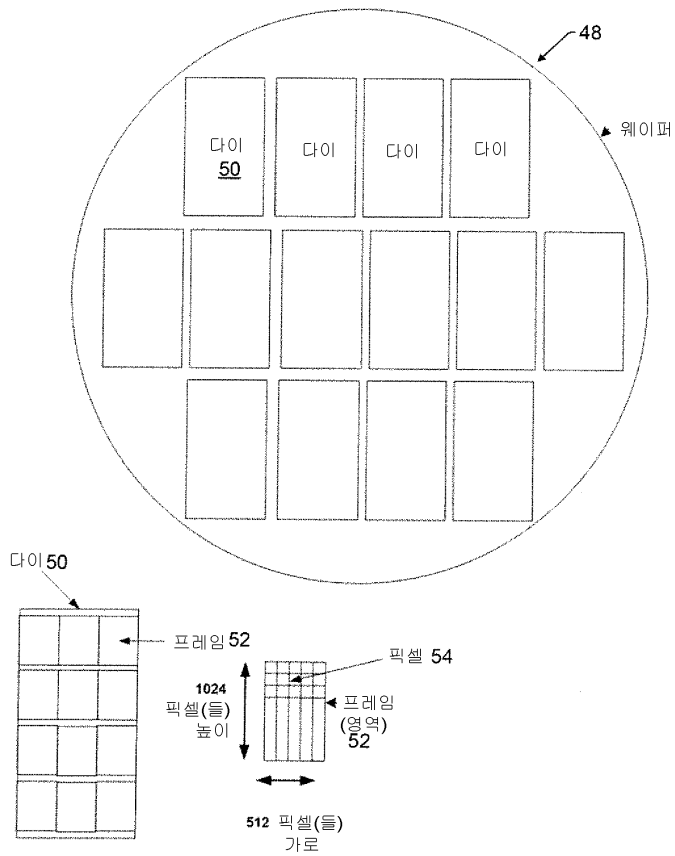
도면2



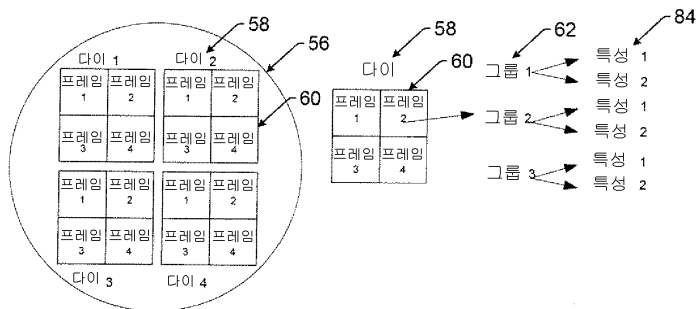
도면3



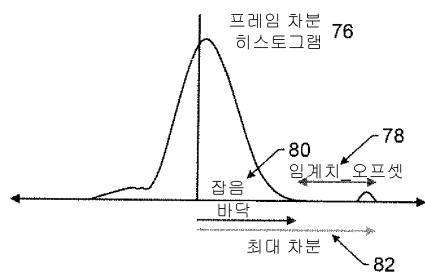
도면4



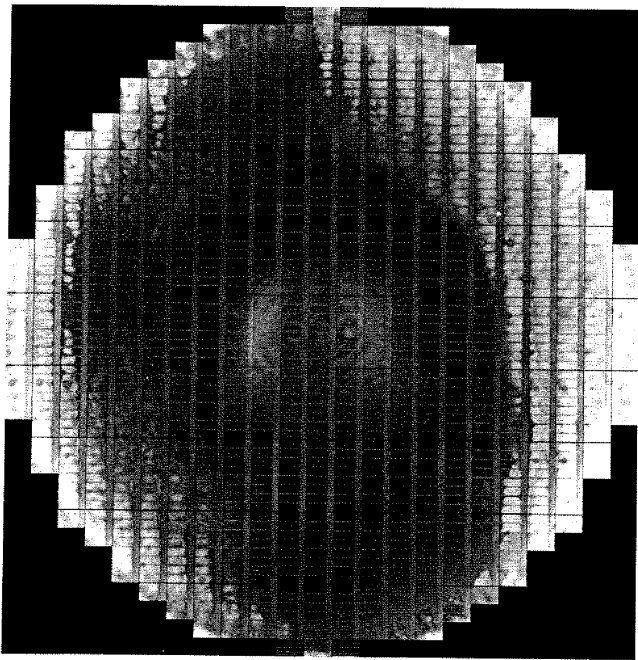
도면5



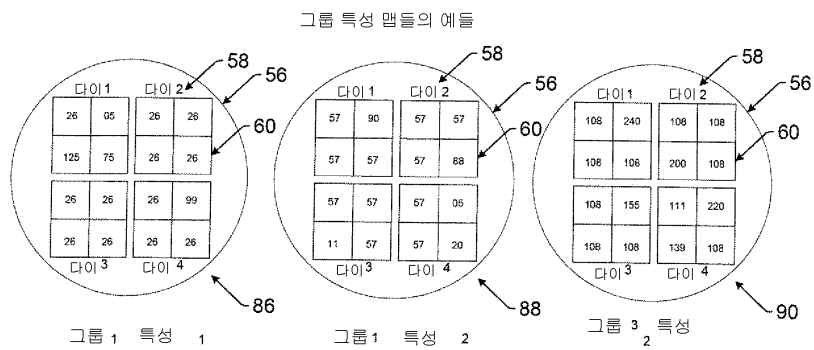
도면6



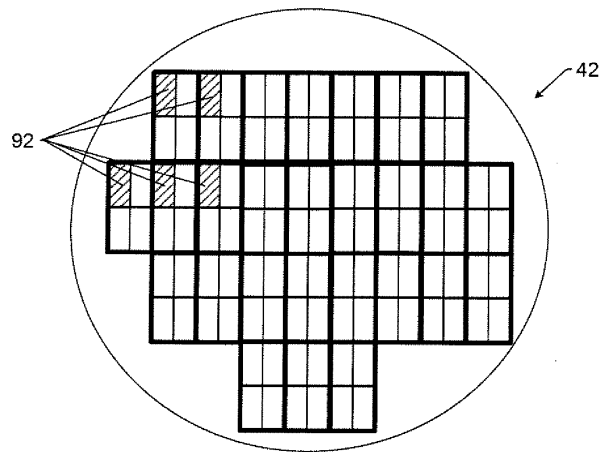
도면7



도면8



도면9



도면10

