



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년12월13일

(11) 등록번호 10-2055968

(24) 등록일자 2019년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) H01L 21/66 (2006.01)(52) CPC특허분류
G06T 7/0004 (2013.01)
H01L 22/12 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7020543

(22) 출원일자(국제) 2014년01월08일

심사청구일자 2019년01월04일

(85) 번역문제출일자 2015년07월28일

(65) 공개번호 10-2015-0103706

(43) 공개일자 2015년09월11일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/010743

(87) 국제공개번호 WO 2014/110178

국제공개일자 2014년07월17일

(30) 우선권주장
13/737,677 2013년01월09일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20070133860 A1

US20080016481 A1

W02009152046 A1

US6771806 B1

(73) 특허권자
케이엘에이 코퍼레이션미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크
놀로지 드라이브

(72) 발명자

췌 싱

미국 캘리포니아주 94539 프리몬트 발로리 스트리트 2225

로우버 잔

미국 캘리포니아주 94131 샌프란시스코 게일우드
씨클 208

러넨 렉스

(사망)

(74) 대리인

김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 35 항

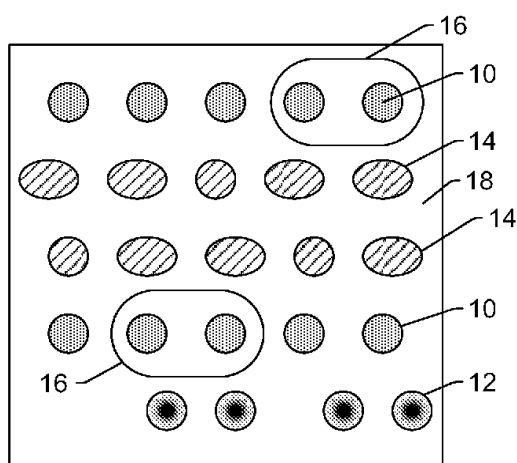
심사관 : 신재철

(54) 발명의 명칭 템플릿 이미지 매칭을 이용한 웨이퍼 상의 결함 검출

(57) 요약

웨이퍼 상의 결함을 검출하는 다양한 실시형태가 제공된다. 일부 실시형태는, 상이한 특성을 가진 디바이스 내의 영역들과 연관되어 있는 적어도 일부 픽셀이 있는 템플릿 이미지를, 전자빔 검사 시스템의 출력에 매칭하는 것과, 출력 내의 픽셀이 위치하는 영역에 기초하여, 결함 검출 파라미터를 출력 내의 픽셀에 적용함으로써 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 것을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 22/20 (2013.01)

G06T 2207/20012 (2013.01)

G06T 2207/30148 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

웨이퍼 상의 결함을 검출하기 위한 컴퓨터 구현 방법(computer-implemented method)에 있어서,

웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지(template image)를 생성하는 단계로서, 상기 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성을 가진 상기 디바이스 내의 영역과 연관되는 것인 상기 생성하는 단계와,

상기 웨이퍼에 대해 전자빔 검사 시스템의 출력을 취득하는 단계와,

상기 출력을 취득하는 단계 전에, 상기 템플릿 이미지를 상기 디바이스 내의 상이한 영역에 대응하는 상이한 영역으로 분리시키는 단계와,

상기 출력을 취득하는 단계 전에, 상기 분리시키는 단계의 결과에 기초하여, 상기 디바이스 내의 상이한 영역 중, 상기 템플릿 이미지 내의 픽셀이 위치하는 영역을 결정하는 단계와,

상기 출력 및 상기 템플릿 이미지 내의 패턴에 기초하여 상기 템플릿 이미지를 상기 출력에 매칭시키는 단계와,

상기 출력 내의 픽셀에 매칭하는 상기 템플릿 이미지의 픽셀 및 상기 템플릿 이미지의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 상이한 영역에 기초하여, 상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역을 식별하는 단계 - 상기 생성하는 단계, 상기 취득하는 단계, 상기 분리시키는 단계, 상기 결정하는 단계, 상기 매칭시키는 단계, 및 상기 식별하는 단계는, 상기 웨이퍼에 대해 수행된 결함 검출 전에 수행됨 - 와,

상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여, 상기 출력 내의 픽셀에 결함 검출 파라미터를 적용함으로써 상기 웨이퍼 상의 결함을 검출하는, 상기 결함 검출 파라미터를 적용하는 단계

를 포함하고,

상기 생성하는 단계, 상기 취득하는 단계, 상기 분리시키는 단계, 상기 결정하는 단계, 상기 매칭시키는 단계, 상기 식별하는 단계, 및 상기 적용하는 단계는 컴퓨터 시스템을 이용하여 수행되는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 정보는 상기 디바이스에 대한 설계 데이터를 포함하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 정보는 상기 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스의 고해상도 이미지를 포함하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 디바이스 내의 상이한 영역 중, 상기 템플릿 이미지 내의 픽셀이 위치하는 영역을 결정하는 단계는, 상기 디바이스의 특성, 관심 결함(defect of interest), 알려진 누이상스(nuisance) 결함, 또는 이들의 일부 조합에 기초하여, 수행되는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 디바이스 내의 영역 중 적어도 하나는, 상기 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조(repeating memory cell structure) 내의 단일 컨택에만 대응하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 디바이스 내의 영역 중 적어도 일부는, 상기 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 상이한 타입의 컨택에 대응하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 디바이스 내의 영역 중 적어도 하나는, 상기 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 컨택 사이의 산화물 영역에 대응하고, 상기 적용하는 단계는 상기 산화물 영역에 대해 수행되지 않는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 디바이스에 관한 정보를 이용하여 복수의 템플릿 이미지를 생성하는 단계를 더 포함하고, 상기 복수의 템플릿 이미지 각각은, 복수의 픽셀 사이즈 중 하나와, 상기 전자빔 검사 시스템에 대한 광학 조건에 대해 생성되는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 템플릿 이미지는 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 상기 매칭시키는 단계는, 패턴에 기초하여, 상기 템플릿 이미지를, 상기 어레이 영역 내의 하나의 단위 셀에 대응하는 상기 출력 내의 픽셀에 매칭시키는 단계와, 상기 단위 셀 및 상기 어레이 영역에 관한 정보에 기초하여, 상기 매칭을 상기 어레이 영역 도처로 넓히는(propagating) 단계를 포함하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 템플릿 이미지는 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 상기 매칭시키는 단계는 상기 어레이 영역에서 관심 영역(care area) 내의 단위 셀의 전체 행과 열에 대해 수행되는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 템플릿 이미지는 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 상기 매칭시키는 단계는 상기 어레이 영역 내의 모든 단위 셀에 대해 수행되는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 식별하는 단계는 상기 템플릿 이미지에 매칭하는 상기 출력 내의 픽셀 상에 영역 분할 스킴(region segmentation scheme)을 오버레이하는 단계를 포함하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 결함 검출 파라미터는, 상기 디바이스 내의 영역 중 하나 이상의 영역에서 결함 검출을 수행하는지의 여부와, 상기 결함 검출이 수행되어야 하는 디바이스 내의 영역에 대해, 상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 종속되는 임계치를 포함하며, 상기 임계치는 상기 출력 내의 픽셀과 참조 픽셀 간의 차이에 적용되는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 적용하는 단계는, 참조 이미지를 생성하기 위하여 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 복수의 단위 셀에 대응하는 상기 출력 내의 복수의 픽셀을 평균화하는 단계와, 차이 이미지를 생성하기 위하여 상기 복수의 단위 셀 중 하나에 대응하는 상기 출력 내의 테스트 이미지로부터 상기 참조 이미지를 차감하는 단계와, 상기 차이 이미지 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여, 상기 차이 이미지에 상기 결함 검출 파라미터를 적용하는 단계를 포함하는 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 검출된 결함을, 그 결함이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역과 자동으로 연관시키는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 16

제1항에 있어서, 검출된 결함을, 그 결함이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여 분류하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 디바이스 내의 각각의 컨택 타입은 상기 디바이스 내의 영역 중 상이한 영역과 연관되고, 상기 방법은 상기 각각의 컨택 타입마다 검출된 결함의 밀도를 표시하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 18

컴퓨터 시스템으로 하여금 웨이퍼 상의 결함을 검출하기 위한 컴퓨터 구현 방법을 수행하게 하는, 저장되어 있는 프로그램 명령어를 포함하는 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능한 매체에 있어서,

상기 컴퓨터 구현 방법은,

웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지를 생성하는 단계로서, 상기 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성을 가진 상기 디바이스 내의 영역과 연관되는 것인 상기 생성하는 단계와,

상기 웨이퍼에 대해 전자빔 검사 시스템의 출력을 취득하는 단계와,

상기 출력을 취득하는 단계 전에, 상기 템플릿 이미지를 상기 디바이스 내의 상이한 영역에 대응하는 상이한 영역으로 분리시키는 단계와,

상기 출력을 취득하는 단계 전에, 상기 분리시키는 단계의 결과에 기초하여, 상기 디바이스 내의 상이한 영역 중, 상기 템플릿 이미지 내의 픽셀이 위치하는 영역을 결정하는 단계와,

상기 출력 및 상기 템플릿 이미지 내의 패턴에 기초하여 상기 템플릿 이미지를 상기 출력에 매칭시키는 단계와,

상기 출력 내의 픽셀에 매칭하는 상기 템플릿 이미지의 픽셀 및 상기 템플릿 이미지의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 상이한 영역에 기초하여, 상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역을 식별하는 단계 - 상기 생성하는 단계, 상기 취득하는 단계, 상기 분리시키는 단계, 상기 결정하는 단계, 상기 매칭시키는 단계, 및 상기 식별하는 단계는, 상기 웨이퍼에 대해 수행된 결함 검출 전에 수행됨 - 와,

상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여, 상기 출력 내의 픽셀에 결함 검출 파라미터를 적용함으로써 상기 웨이퍼 상의 결함을 검출하는, 상기 결함 검출 파라미터를 적용하는 단계를 포함하는 것인 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체.

청구항 19

웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성된 시스템에 있어서,

웨이퍼에 대한 출력을 취득하도록 구성된 전자빔 검사 서브시스템과,

컴퓨터 서브시스템

을 포함하고,

상기 컴퓨터 서브시스템은,

웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지를 생성하고 - 상기 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성을 가진 상기 디바이스 내의 영역과 연관되는 것임 -,

상기 전자빔 검사 서브시스템에 의한 출력 취득 전에, 상기 템플릿 이미지를 상기 디바이스 내의 상이한 영역에 대응하는 상이한 영역으로 분리시키며,

상기 전자빔 검사 서브시스템에 의한 출력 취득 전에, 상기 템플릿 이미지를 상이한 영역으로 분리시키는 결과에 기초하여, 상기 디바이스 내의 상이한 영역 중, 상기 템플릿 이미지 내의 픽셀이 위치하는 영역을 결정하고,

상기 출력 및 상기 템플릿 이미지 내의 패턴에 기초하여 상기 템플릿 이미지를 상기 출력에 매칭시키며,

상기 출력 내의 픽셀에 매칭하는 상기 템플릿 이미지의 픽셀 및 상기 템플릿 이미지의 픽셀이 위치하는

상기 디바이스 내의 상이한 영역에 기초하여, 상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역을 식별하고,

상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여, 상기 출력 내의 픽셀에 결함 검출 파라미터를 적용함으로써 상기 웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성되고,

상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 웨이퍼에 대해 수행된 결함 검출 전에, 상기 템플릿 이미지를 생성하고, 상기 템플릿 이미지를 분리시키며, 상기 상이한 영역 중 어떤 영역이 상기 템플릿 이미지에 매칭하는지를 결정하고, 상기 영역을 식별하도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출하도록 구성된 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 정보는 상기 디바이스에 대한 설계 데이터를 포함하는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 21

제19항에 있어서, 상기 정보는 상기 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스의 고해상도 이미지를 포함하는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 22

제19항에 있어서, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 디바이스의 특성, 관심 결함, 알려진 누이상스 결함, 또는 이들의 일부 조합에 기초하여, 상기 디바이스 내의 상이한 영역 중, 상기 템플릿 이미지 내의 픽셀이 위치하는 영역을 결정하도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 23

제19항에 있어서, 상기 디바이스 내의 영역 중 적어도 하나는, 상기 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 단일 컨택에만 대응하는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 24

제19항에 있어서, 상기 디바이스 내의 영역 중 적어도 일부는, 상기 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 상이한 타입의 컨택에 대응하는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 25

제19항에 있어서, 상기 디바이스 내의 영역 중 적어도 하나는, 상기 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 컨택 사이의 산화물 영역에 대응하고, 상기 결함 검출 파라미터는 상기 산화물 영역 내의 픽셀에 적용되지 않는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 26

제19항에 있어서, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 디바이스에 관한 정보를 이용하여 복수의 템플릿 이미지를 생성하도록 구성되고, 상기 복수의 템플릿 이미지 각각은, 복수의 픽셀 사이즈 중 하나와, 상기 전자빔 검사 서브시스템에 대한 광학 조건에 대해 생성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 27

제19항에 있어서, 상기 템플릿 이미지는 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 패턴에 기초하여, 상기 템플릿 이미지를, 상기 어레이 영역 내의 하나의 단위 셀에 대응하는 상기 출력 내의 픽셀에 매칭시키고, 상기 단위 셀 및 상기 어레이 영역에 관한 정보에 기초하여, 상기 매칭을 상기 어레이 영역 도처로 넓힘으로써 상기 템플릿 이미지를 상기 출력에 매칭시키도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 28

제19항에 있어서, 상기 템플릿 이미지는 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 어레이 영역에서 관심 영역 내의 단위 셀의 전체 행과 열에 대해 상기 템플릿 이미지

를 상기 출력에 매칭시키도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 29

제19항에 있어서, 상기 템플릿 이미지는 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 어레이 영역 내의 모든 단위 셀에 대해 상기 템플릿 이미지를 상기 출력에 매칭시키도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 30

제19항에 있어서, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 템플릿 이미지에 매칭하는 상기 출력 내의 픽셀 상에 영역 분할 스킴을 오버레이함으로써, 상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 영역을 식별하도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 31

제19항에 있어서, 상기 결함 검출 파라미터는, 상기 디바이스 내의 영역 중 하나 이상의 영역에서 결함 검출을 수행하는지의 여부와, 상기 결함 검출이 수행되어야 하는 디바이스 내의 영역에 대해, 상기 출력 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 종속되는 임계치를 포함하며, 상기 임계치는 상기 출력 내의 픽셀과 참조 픽셀 간의 차이에 적용되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 32

제19항에 있어서, 상기 컴퓨터 서브시스템은, 참조 이미지를 생성하기 위하여 상기 디바이스의 어레이 영역 내의 복수의 단위 셀에 대응하는 상기 출력 내의 복수의 픽셀을 평균화하고, 차이 이미지를 생성하기 위하여 상기 복수의 단위 셀 중 하나에 대응하는 상기 출력 내의 테스트 이미지로부터 상기 참조 이미지를 차감하며, 상기 차이 이미지 내의 픽셀이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여, 상기 차이 이미지에 상기 결함 검출 파라미터를 적용하도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 33

제19항에 있어서, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 검출된 결함을, 그 결함이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역과 자동으로 연관시키도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 34

제19항에 있어서, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 검출된 결함을, 그 결함이 위치하는 상기 디바이스 내의 영역에 기초하여 분류하도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

청구항 35

제19항에 있어서, 상기 디바이스 내의 각각의 컨택 타입은 상기 디바이스 내의 영역 중 상이한 영역과 연관되고, 상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 각각의 컨택 타입마다 검출된 결함의 밀도를 표시하도록 구성되는 것인 웨이퍼 상의 결함 검출 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 템플릿 이미지 매칭을 이용하여 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이어지는 설명과 예시는 본 단락에 포함되는 것에 의해 종래 기술로 인정되지 않는다.

[0003] 반도체 제조 공정의 수율을 높여 더 높은 수익을 창출하기 위해 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 검사 공정이 반도체 제조 공정의 과정 중 다양한 단계에서 이용된다. 검사는 반도체 디바이스의 제작에서 항상 중요한 부분이다. 그러나, 반도체 디바이스의 치수가 감소함에 따라, 작은 결함이 디바이스의 고장(fail)을 야기할 수 있기 때문에, 만족할 만한 반도체 디바이스의 성공적인 제조에 있어서 검사가 더욱 더 중요해지고 있다.

[0004] 검사는 일반적으로 웨이퍼를 스캐닝 및/또는 촬상함으로써 생성되는 출력에 일부 결함 검출 파라미터를 적용하는 것을 수반한다. 결함 검출 파라미터는 출력에, 또는 그 출력과 일부 참조 출력 간의 차이에 적용되는 임계치를 포함할 수 있다. 디바이스의 상이한 영역들의 거칠기(roughness)로 인한 휘도 및/또는 노이즈 등의, 출력의 가변 특성에 종속하여, 그러나 검사되는 면적 내의 영역의 위치에는 종속하지 않고, 상이한 검출 임계치가 설정될 수 있다. 그 출력에서 분석되는(resolved) 디바이스 컨텍스트(device context)에 따라 출력 내의 상이한 영역들을 따로따로 처리하는 용이한 방법이 없다.

[0005] 간단한 결함 검출 이상의 정보가 검사 공정 동안 종종 생성된다. 예를 들어, 검출된 결함들은 종종 상이한 그룹들로 분류된다. 그 일례에 있어서, 결함을 발견한 후에, 이들 결함은 사이즈, 크기 및 위치 등의 결함 특성에 기초하여 상이한 그룹들로 분류될 수 있다. 결함은 또한 패치 이미지(patch image), 즉 전체 이미지의 비교적 작은 서브섹션(subsection) 내에 포함된 정보에 기초하여 분류될 수 있다. 때때로, 결함이 발견된 컨텍스트가 패치 이미지 단독으로부터 결정될 수 없다면, 그 결함을 둘러싼 이미지의 더 큰 섹션이 필요하게 된다.

[0006] 따라서, 전술한 단점들 중 하나 이상을 가지지 않는, 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 방법 및 시스템을 개발하는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

[0007] 이어지는 다양한 실시형태의 설명은 어떤 식으로도, 첨부하는 청구범위의 발명의 대상을 제한하는 것으로서 해석되어서는 안 된다.

[0008] 일 실시형태는 웨이퍼 상의 결함을 검출하기 위한 컴퓨터 구현 방법에 관한 것이다. 이 방법은 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지(template image)를 생성하는 단계를 포함한다. 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성들을 가진 디바이스 내의 영역들과 연관된다. 상기 방법은 또한, 상기 웨이퍼에 대한 전자빔 검사 시스템의 출력을 취득하는 단계와, 템플릿 이미지와 출력 내의 패턴들에 기초하여 템플릿 이미지를 출력에 매칭시키는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 출력 내의 픽셀에 매칭하는 템플릿 이미지의 픽셀과 연관되는 영역에 기초하여 출력 내의 픽셀이 위치하는 영역을 식별하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 픽셀이 위치하는 영역에 기초하여 그 출력 내의 픽셀에 결함 검출 파라미터를 적용함으로써 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 단계를 더 포함한다. 전술한 단계들은 컴퓨터 시스템에 의해 수행된다.

[0009] 전술한 방법의 각각의 단계들은 본 명세서에서 설명하는 대로 또한 수행될 수도 있다. 또, 전술한 방법은 본 명세서에서 설명하는 기타 방법의 기타 단계들을 포함할 수도 있다. 또, 전술한 방법은 본 명세서에서 설명하는 임의의 시스템에 의해 수행될 수도 있다.

[0010] 다른 실시형태는 프로그램 명령어가 저장되어 있는 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능한 매체에 관한 것인데, 상기 프로그램 명령어는 컴퓨터 시스템으로 하여금 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 컴퓨터 구현 방법을 수행하게 한다. 컴퓨터 구현 방법은 전술한 방법의 단계들을 포함한다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 본 명세서에서 설명한 대로 또한 구성될 수도 있다. 방법의 단계들은 본 명세서에서 또한 설명하는 대로 수행될 수도 있다. 또, 방법은 본 명세서에서 설명하는 기타 방법의 기타 단계들을 포함할 수도 있다.

[0011] 추가 실시형태는 웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성된 시스템에 관한 것이다. 이 시스템은 웨이퍼에 대한 출력을 취득하도록 구성된 전자빔 검사 서브시스템을 포함한다. 또한 상기 시스템은 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지를 생성하도록 구성된 컴퓨터 서브시스템을 포함한다. 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성들을 가진 디바이스 내의 영역들과 연관된다. 컴퓨터 서브시스템은 또한, 템플릿 이미지와 출력 내의 패턴들에 기초하여 템플릿 이미지를 출력에 매칭하고, 출력 내의 픽셀에 매칭하는 템플릿 이미지의 픽셀과 연관되는 영역에 기초하여 출력 내의 픽셀이 위치하는 영역을 식별하도록 구성된다. 컴퓨터 서브시스템은 또한, 픽셀이 위치하는 영역에 기초하여 그 출력 내의 픽셀에 결함 검출 파라미터를 적용함으로써 웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성된다. 시스템은 또한, 본 명세서에서 설명하는 임의의 실시형태에 따라 구성될 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명의 추가 장점은, 이어지는 바람직한 실시형태에 대한 상세한 설명 및 참조하는 첨부 도면을 통해 당업자들에게 분명해질 것이다.

도 1은 본 명세서에서 설명하는 실시형태에 따라 생성될 수 있는 템플릿 이미지의 일 실시형태의 평면도를 나타

내는 개략도이다.

도 2는 템플릿 이미지를 전자빔 검사 시스템에 의해 생성된 출력에 매칭시키는 일 실시형태를 나타내는 개략도이다.

도 3은 비밀시적 컴퓨터 판독 가능한 매체의 일 실시형태를 나타내는 블록도이다.

도 4는 웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성된 시스템의 일 실시형태를 나타내는 블록도이다.

본 발명에는 다양한 수정 및 대안적 형태가 이루어질 수 있고, 그 특정 실시형태는 도면에 예시로 도시되며, 이에 대해서는 명세서에서 상세하게 설명한다. 도면은 실척된 것이 아닐 수 있다. 한편, 도면 및 상세한 설명은 본 발명을 개시된 특정 형태로 제한하려고 의도되지 않으며, 반면 본 발명은 첨부하는 청구범위에서 정해지는 것인 본 발명의 사상 및 범위 내에 속하는 모든 변형예, 균등예 및 대안예를 포함한다고 이해되어야 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이제 도면을 참조하면, 도면은 실척으로 작성되지 않았음을 알아야 한다. 구체적으로, 도면의 일부 요소의 크기는 그 요소의 특징을 강조하기 위해 크게 확대되어 있다. 또한, 도면은 같은 축적으로 작성되지 않았음을 알아야 한다. 유사하게 구성될 수 있는, 복수의 도면 내에 도시된 요소들은 같은 도면부호를 이용하여 표시되었다.
- [0014] 일 실시형태는 웨이퍼 상의 결함을 검출하기 위한 컴퓨터 구현 방법에 관한 것이다. 이 방법은 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지를 생성하는 단계를 포함한다. 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성들을 가진 디바이스 내의 영역들과 연관된다. 따라서, 상기 방법은 반도체 디바이스를 디바이스 컨텍스트에 따라 상이한 관심 영역들(ROI, regions of interest)로 구획한다. 그런 다음 디바이스 컨텍스트(또는 그것의 섹션)는 검사에 적절한 템플릿 이미지로 렌더링될 수 있다.
- [0015] 디바이스 내 영역들의 상이한 특성은 그 영역들이 최종 제조 디바이스에서 갖게 되는 상이한 전기 특성을 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 더 설명하겠지만, 디바이스의 어레이 영역 내의 상이한 컨택(contact)들은 완성된 디바이스에서 상이한 전기적 기능들을 가지며, 그에 따라 상이한 전기적 특성들을 가질 수 있다. 동일한 전기적 기능을 가진 각각의 컨택은 하나의 영역으로 그룹핑될 수 있으며, 상이한 영역 내의 컨택의 전기적 기능은 상이할 수 있다. 기타 이종 디바이스 요소들도 마찬가지로 그룹핑될 수 있다. 예를 들어, 각각의 컨택은 그것의 영역과 상관없이, 전기적으로 컨택들을 서로 절연시키는 유전체 재료과는 상이한 영역 내에 있을 수 있다.
- [0016] 일 실시형태에 있어서, 정보는 디바이스에 대한 설계 데이터를 포함한다. 예를 들어, 디바이스 컨텍스트는 디바이스 레이아웃 설계 데이터베이스(예, GDSII 파일)의 형태로 취득될 수 있으며, 해당 기술분야에 알려진 임의의 설계 정보를 포함할 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 정보는 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스의 고해상도 이미지(high resolution image)를 포함한다. 예를 들어, 디바이스 컨텍스트 정보는 검사될 디바이스의 비교적 고해상도 이미지의 형태로 취득될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 것인 "고해상도 이미지(high resolution image)"는, 일반적으로 웨이퍼 상의 패턴이 분석되는 임의의 이미지를 지칭하며, 그 웨이퍼 상에 형성된 디바이스 내의 패턴에 관한 정보가 비교적 높은 정확도를 갖는 이미지로부터 결정될 수 있도록, 비교적 잘 분석되는 것이 바람직하다. 웨이퍼 상에 형성된 디바이스의 패턴의 고해상도 이미지는 예컨대 전자빔 검사 시스템을 이용하여 취득될 수 있다. 이런 식으로 비교적 양호한 품질의 이미지로부터 컨텍스트가 실험적으로 도출될 수 있다.
- [0017] 일 실시형태에 있어서, 상기 방법은, 본 명세서에서 추가로 설명하겠지만 출력을 취득하기 전에, 템플릿 이미지 내의 픽셀과 연관되는 영역을 결정하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 상기 방법은 웨이퍼의 검사 전에, 반도체 디바이스를 상이한 ROI로 구획할 수 있다. 그런 다음, 상이한 영역에 대한 정보를 갖는 템플릿 이미지는, 웨이퍼의 검사를 수행할 검사 시스템에 의해 액세스될 수 있는 일부 파일 또는 데이터 구조로 저장될 수 있다. 또한, 템플릿 이미지 및 연관된 정보는 복수의 웨이퍼의 검사에 이용될 수 있다.
- [0018] 다른 실시형태에 있어서, 상기 방법은, 디바이스의 특성, 관심 결함(defect of interest, DOI), 알려진 누이상스 결함(nuisance defect), 또는 이들의 일부 조합에 기초하여, 템플릿 이미지 내의 픽셀과 연관되는 영역을 결정하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 디바이스 물리특성(device physics), 현재의 DOI, 및/또는 우세 누이상스의 존재에 기초하여 디바이스 컨텍스트를 복수의 영역을 구획하기 위해 분할 스킴(segmentation scheme)이 구축될 수 있다. 다수의 경우에, 셀 또는 디바이스 내에서의 DOI의 위치는 노이즈 및/또는 누이상스의 위치인 것으로 알려져 있다. 상기 정보는 템플릿 내의 영역들을, DOI에 대응하는 것들과 대응하지 않는 것들로 구별하는데 이용될 수 있다. 디바이스 컨텍스트 기반의 분할 스킴은 설계에 기초한 핫 스팟(hot spot) 분석 소프트웨어의

지원으로 구축될 수 있다. 또한, 추출된 단위 셀 컨텍스트로부터, 사용자는 관심 영역들을 구획할 수 있고, 이들은 단지 검사 중에 결함에 대해 검사될 영역일 수 있다. 그런데, 이들 영역의 결정이 완전히 자동화될 수 있다.

[0019] 일 실시형태에 있어서, 그 영역들 중 적어도 하나는 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조(repeating memory cell structure) 내의 단일 컨택에만 대응한다. 예를 들어, 영역들은 반복성 메모리 셀 구조 내에서 개별 컨택만큼 작을 수도 있다. 또한, 그 영역들 중 하나 이상은 디바이스 내의 컨택만큼 또는 기타 특징부나 구조만큼 작을 수 있고, 다른 영역은 복수의 특징부, 층 등을 포함할 수 있다.

[0020] 다른 실시형태에 있어서, 그 영역들 중 적어도 일부는 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 상이한 유형의 컨택에 대응한다. 예를 들어, 도 1은 메모리 셀 구조의 검사에 이용될 수 있는 템플릿 이미지의 일 실시형태를 도시하고 있다. 본 명세서에서 추가로 설명하겠지만, 단위 셀에 대한 디바이스 컨텍스트는 설계 디바이스로부터 또는 고해상도 이미지로부터 식별될 수 있다. 도 1에 도시하는 분할 스킴은 디바이스의 이 부분 내의 구조들을, 배경(background) 유전체, 상이한 컨택 그룹, 및 상이한 영역이 되는 컨텍스트 내의 특정 위치로 구획할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시하는 바와 같이, 하나의 유형을 갖는 한 그룹의 컨택은 ROI 또는 DOI 영역인 제1 영역(10)으로서 식별될 수 있다. 제1 그룹과는 상이한 제2 타입을 갖는 다른 그룹의 컨택 역시 ROI 또는 DOI 영역인 제2 영역(12)으로서 식별될 수 있다. 제1 및 제2 그룹과는 상이한 제3 타입을 갖는 추가 그룹의 컨택은 ROI가 아닌 제3 영역(14)로서 식별될 수 있다. 예를 들어, 이 그룹의 컨택은 DI0가 없는 위치 내의 또는 근처의 컨택일 수 있다. 제4 영역(16)은 아마도 DOI를 포함하는 것으로서 관심 대상이 되는 컨택들 중 일부 근처의 위치로서 식별될 수 있다. 유전체 배경부는 관심 영역이 아닌 제5 영역(18)으로서 식별될 수 있다. 그런 다음, 디바이스 컨텍스트는 본 명세서에서 추가로 설명하는 대로 수행될 수 있는 이어지는 검사에서 이미지와 매칭하기에 적절한 템플릿 이미지로 렌더링될 수 있다.

[0021] 일부 실시형태에 있어서, 영역들 중 적어도 하나는 디바이스의 반복성 메모리 셀 구조 내의 컨택들 사이의 산화물 영역에 대응하고, 본 명세서에서 추가로 설명하겠지만 결함 검출 파라미터를 적용하는 것은 이 산화물 영역에 대해서는 수행되지 않는다. 예를 들어, 컨택들 간의 산화물 영역과 같은 일부 영역은 검사로부터 배제될 수 있다. 도 1에 도시하는 예에 있어서, 반복성 메모리 셀 구조 내의 컨택들 사이에 유전체 배경부를 포함하는 제5 영역(18)은 비ROI(non-ROI)로서 표시될 수 있고, 그 영역 내에 위치한 픽셀에 대해서는 결함 검출이 행해지지 않는다.

[0022] 본 명세서에서 설명하는 바와 같이, 영역들은 디바이스 내의 특징부의 전기 특성, 알려진 DOI, 및 알려진 누이 상스에 기초하여 규정될 수 있다. 따라서, 검사 시스템에서 유사한 특성(예, 노이즈, 신호, 신호대잡음비, 휘도, 콘트라스트, 및 기타 이미지, 신호 또는 데이터 특성)을 갖는 출력을 생성할 수 있는 영역들이 상이한 영역으로 구별될 수 있다. 다시 말해, 이미지 특성에 기초하여 픽셀을 구별할 수 있는 다른 방법들과 달리, 본 명세서에서 설명하는 실시형태는 검사 면적의 적어도 일부를, 영역들이 검사 시스템 출력에 어떻게 영향을 끼치는지에 상관없이, 그 영역들로 구별할 수 있다.

[0023] 추가 실시형태에 있어서, 본 방법은 디바이스에 관한 정보를 이용하여 복수의 템플릿 이미지를 생성하는 단계를 포함하고, 복수의 템플릿 이미지 각각은 복수의 픽셀 사이즈 중 하나와, 본 명세서에서 추가로 설명하는 전자빔 검사 시스템에 대한 광학 조건에 대해 생성된다. 예를 들어, 템플릿 이미지(즉, 추출된 단위 셀 컨텍스트)는 검사 시스템의 픽셀 사이즈(즉, 정확한 픽셀 사이즈)로 렌더링될 수 있다. 또한, 비교적 고해상도 단위 셀은 복수의 픽셀 사이즈 및/또는 광학 조건에서 이용되도록 렌더링될 수 있다. 이런 식으로, 템플릿 이미지는, 템플릿 이미지에 대응하는 디바이스의 부분이 검사 시스템에서 어떻게 보일지 시뮬레이션함으로써 템플릿 이미지를 검사 시스템의 출력에 정확히 매칭시키는 방법의 능력을 증가시키도록 렌더링될 수 있다. 또한, 복수의 템플릿 이미지가 존재할 경우, 그 각각은 상이한 픽셀 사이즈 및/또는 검사 시스템의 다른 광학 조건에 대응하고, 정확한 템플릿 이미지는, 웨이퍼의 검사에 이용될 검사 레시피 내의 검사 시스템의 파라미터에 기초하여 검사의 초기에 선택될 수 있다.

[0024] 본 방법은 또한 웨이퍼에 대해 전자빔 검사 시스템의 출력을 취득하는 단계를 포함한다. 출력을 취득하는 단계는 (예컨대, 전자빔 검사 시스템을 이용하여 웨이퍼를 스캐닝함으로써) 웨이퍼의 검사를 실제로 행하는 단계를 포함할 수 있다. 그런데, 출력을 취득하는 단계가 웨이퍼 상에서 검사를 행하는 단계를 포함하지 않을 수도 있다. 예를 들어, 출력을 취득하는 단계는, 다른 방법 또는 전자빔 검사 시스템에 의해 출력이 저장되어 있는 기억 매체로부터 출력을 취득하는 단계를 포함할 수도 있다. 검사는 본 명세서에서 추가로 설명하는 것들 중 임의의 것을 포함하는 임의의 적절한 검사를 포함할 수 있다. 출력은 검사 공정 또는 시스템에 의해 생성될 수 있는

임의 및 모든 출력을 포함할 수 있다.

- [0025] 본 방법은 템플릿 이미지와 출력 내의 패턴들에 기초하여 템플릿 이미지를 출력에 매칭시키는 단계를 더 포함한다. 예를 들어, 검사 공정 과정에서, 디바이스 컨텍스트 템플릿 이미지는 취득된 출력(예, 검사 이미지 또는 이미지들)에 매칭되어, 검사 이미지 내의 컨텍스트(예, 각각의 단위 셀 컨텍스트)의 위치가 결정되게 한다. 구체적으로, 패턴 매칭은 디바이스의 어레이 영역 또는 다른 영역 내의 템플릿 이미지에 대응하는 디바이스의 단위 셀 또는 부분을 찾는 데 이용될 수 있다. 그러한 일 실시형태에 있어서, 도 2에 도시하는 바와 같이, 템플릿 이미지(20)는 일치(match)가 발견될 때까지 검사 이미지(26) 내의 다양한 위치(22, 24)로 이동할 수 있다. 예를 들어, 템플릿 이미지(20)는 위치(22)에서 검사 이미지 위에 오버레이될 수 있고, 템플릿 이미지 내의 패턴과 검사 이미지의 그 부분의 일치가 발견되지 않기 때문에, 템플릿 이미지는 다른 위치, 즉 위치(24)에서 검사 이미지 위에 오버레이될 수 있으며, 이 위치에서는 패턴들 간의 일치가 발견된다.
- [0026] 도 2에 도시하는 바와 같이, 템플릿 이미지는, 템플릿 이미지와 검사 이미지 간의 일치를 발견할 수 있기에 충분한 픽셀을 검사 이미지가 포함하도록, 검사 이미지보다 작을 수 있다. 또한, 도 2에 도시하는 바와 같이, 검사 이미지의 복수의 부분이 템플릿 이미지에 매칭할 수 있다. 이 경우에도, 검사 이미지와 템플릿 이미지의 상이한 부분들 간에 복수의 일치가 찾아져서 발견되거나, 검사 이미지와 템플릿 이미지 간의 일치의 일례가 매칭이 발견된 다음에, 본 명세서에서 추가로 설명하는 바와 같이 그 매칭이 검사 이미지 도처로 넓어질(propagating) 수 있다.
- [0027] 또한 도 2에 도시하는 바와 같이, 템플릿 이미지는 템플릿 이미지 내의 상이한 영역들(즉, 다양한 컨텍스트들이 지정되는 상이한 영역들)에 관한 정보를 포함할 수 있다. 그러나, 템플릿 이미지 및 상이한 영역들에 관한 정보는 (예컨대, 상이한 영역들에 관한 정보가 매칭 단계를 보다 어렵게 한다면) 상이한 데이터 구조로 저장될 수도 있다.
- [0028] 템플릿 이미지와, 전자빔 검사 시스템의 출력 간의 일치는 "완전한(perfect)" 일치가 발견될 수 없는 상황에서 선언될 수 있다. 예를 들어, "매칭"은 "완전한 일치"를 찾는 것을 포함할 수 있고, 또한 일부 불확정성 또는 에러의 범위 내에서 일치한다. 이런 식으로, 매칭은 전자빔 검사 시스템의 출력이 웨이퍼 그 자체의 변화로 인해 달라질 수 있다는 사실을 고려하여 수행될 수 있으며, 이 웨이퍼 자체의 변화는 예컨대 웨이퍼 상에 패턴을 형성하는데 이용된 공정의 파라미터의 변동에 의해 야기될 수 있다.
- [0029] 일 실시형태에 있어서, 템플릿 이미지는 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 템플릿 이미지를 출력에 매칭시키는 것은, 패턴들에 기초하여, 어레이 영역 내의 하나의 단위 셀에 대응하는 출력 내의 픽셀에 템플릿 이미지를 매칭시키는 것과, 단위 셀 및 어레이 영역에 관한 정보에 기초하여 매칭을 어레이 영역 도처로 넓히는 것을 포함한다. 예를 들어, 단위 셀은 어레이 셀 사이즈와 소(small) 탐색 범위를 이용하여 어레이 영역 도처로 넓어질 수 있다. 다시 말해, 템플릿 이미지가 하나의 단위 셀에 대응할 경우, 어레이 셀이 복수의 단위 셀로 구성되기 때문에, 템플릿 이미지와 출력의 작은 부분 간에 일치가 발견된다면, 템플릿 이미지는 출력 내의 하나의 단위 셀에 일치할 것이다. 그런 다음, 어레이 영역 내의 단위 셀의 치수 및 배열에 관한 정보는, 매칭을 수행하지 않고서 그 출력 내의 다른 단위 셀을 식별하는데 이용될 수 있다. 이런 식으로 매칭을 퍼지게 하는 것은, 검사 공정 전체의 속도를 높일 수 있고, 동일한 어레이 영역 내에서 단위 셀에 걸쳐 웨이퍼 특성이 변하는 경우에 있어서, 이런 식으로 매칭을 퍼지게 하면 출력 내의 단위 셀의 위치를 식별할 수 있는 정확도를 상승시킬 수 있다.
- [0030] 다른 실시형태에 있어서, 템플릿 이미지는 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 템플릿 이미지를 출력에 매칭시키는 것은 어레이 영역에서 관심 영역 내의 단위 셀의 전체 행과 열에 대해 행해진다. 예를 들어, "스마트" 어레이 검사에 있어서, 템플릿 어레이를 검사 픽셀에 패턴 매칭시키는 것은 어레이 관심 영역 내의 셀의 완전한 행과 열에 대해 행해질 수 있다. 어레이 관심 영역은 본 명세서에서 설명하는 실시형태나 다른 방법 또는 시스템에 의해 임의의 적절한 방식으로 결정될 수 있다.
- [0031] 일부 실시형태에 있어서, 템플릿 이미지는 디바이스의 어레이 영역 내의 단위 셀에 대응하고, 매칭은 그 어레이 영역 내의 단위 셀마다 행해진다. 예를 들어, 어레이 실시간 얼라인먼트(real time alignment, RTA)의 경우, 패턴 매칭은 어레이 영역 내부의 단위 셀마다 행해질 수 있다. 또한, 이 얼라인먼트는 다중 분할 얼라인먼트(multi-segmented alignment, MS)와 마찬가지로, x 및 y 양방향으로 행해질 수 있다.
- [0032] 또한, 본 방법은 출력 내의 픽셀에 매칭하는 템플릿 이미지 내의 픽셀과 연관되는 영역에 기초하여, 출력 내의 픽셀이 위치하는 영역을 식별하는 단계를 포함한다. 이런 식으로, 검사 과정에서, 상이한 영역들의 위치는 이미

지 내에서 분석된 디바이스 컨텍스트의 세부내용(detail)에 따라 식별된다. 그런 다음, 이미지 내 각각의 픽셀은 미리 정해진 영역들 중 하나에 지정될 수 있다. 이런 식으로, 디바이스 컨텍스트의 렌더링 및 매칭은, 검사 이미지 내에서 컨텍스트의 위치를 식별하기 위한 목적으로 수행된다. 또한, 검사 이미지의 디바이스 컨텍스트 기반의 분할은 결합 검출 이전에 수행될 수 있다. 이 경우에도, 본 명세서에서 설명하는 실시형태들은 검사 이미지 내의 픽셀을 이용하여 검사가 수행되기 전에 그 검사 이미지 내의 픽셀을 "저장하는데(bin)" 이용될 수 있다.

[0033] 일 실시형태에 있어서, 영역을 식별하는 것은, 템플릿 이미지에 매칭하는 출력 내의 픽셀 상에 영역 분할 스킴을 오버레이하는 것을 포함한다. 예를 들어, 검사 이미지 내에서의 컨텍스트의 위치가 취득되면, 검사 이미지 내의 모든 픽셀을 상이한 영역으로 구획하기 위해 영역 분할 스킴이 검사 이미지 상에 오버레이될 수 있다. 또한, 각각의 단위 셀 컨텍스트의 위치가 취득되면, 영역 분할 스킴이 기타 방식으로 적용될 수 있고, 그 검사 이미지 내의 모든 픽셀은 적절한 영역으로 구획될 수 있다.

[0034] 또한, 본 방법은 픽셀이 위치하는 영역에 기초하여 그 출력 내의 픽셀에 결합 검출 파라미터를 적용함으로써 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 단계를 더 포함한다. 이런 식으로, 본 명세서에서 설명하는 실시형태들은 컨텍스트에 따른(context sensitive) 전자빔 웨이퍼 검사를 위해 구성된다. 예를 들어, 상이한 영역들 내의 픽셀은 각 개별 영역에 대해 적절한 상이한 결합 검출 방법을 이용해서 따로따로 처리될 수 있다. 그러한 일례에 있어서, 각 영역 내의 픽셀들은 상이한 검출 방법으로 처리되거나, 원한다면 모두 무시될 수도 있다. 예를 들어, 복수의 관심 영역 그룹이 존재할 수도 있고, 각각의 그룹은 그 자체의 임계치, 결합 검출 방법, 또는 결합 검출 파라미터를 가질 수 있다. 다른 예로, 컨텍스트 영역의 검사 과정에서, 셀 내의 각각의 특징부의 정확한 위치가 본 명세서에서 설명하는 매칭으로 인해 알려지기 때문에, 그 영역 각각은 자신의 개별 임계 방법과 파라미터에 의해 따로따로 히스토그램 작성되어 검사될 수 있다. 또한, 일부 영역들은 배경부로 표시되고 검사되지 않을 것이다.

[0035] 이런 식으로, 컨텍스트에 따른 검사(context sensitive inspection, CSI)는, DOI가 발생할 것으로 예상되는 민감한 위치에 있는 특정 ROI의 목표 검사를 수행하기 위해 어레이 영역 내의 단위 셀이나 디바이스 내의 기타 영역에 관한 설계 지식을 이용할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 설명하는 실시형태는, 관심 대상이 아닌 배경 영역은 무시하고, 잠재적인 관심 대상에 속하는 셀의 부분만 검사되게 하도록, 주사 이미지(swath image) 내의 각각의 단위 셀의 위치 및 그 셀 내의 ROI의 위치를 결정하는데 이용될 수 있다. 이런 식으로, 사용자에게 의해 정의된 관심 영역 내의 픽셀만이 결함에 대해 검사될 수 있다. 이에, 이들 영역 외부의 누이상스는 DOI에 대한 신호대잡음비를 저감시키지 않고 필터링되어 제거될 필요도 없다. 이 경우에도, 본 명세서에서 설명한 실시형태는 디바이스 컨텍스트의 설계 지식에 기초하여, 사용자가 목표로 한 검사를 수행할 수 있는 합리적인 방법을 제공한다. 또한, 검사 이미지의 분할로, 사용자에게 각 영역마다 검사를 맞춤화할 수 있는 유연성을 줄 수 있어, 새로운 방식은 누이상스 결함을 억제하고 DOI에 대해 검사 민감도를 높이는 것이 가능하다. 또한, 관련없는 누이상스를 억제할 필요 없이, DOI에 대해서만 신호대잡음비를 높이기 위해, 광학 선택(optics selection)이, 본 명세서에서 설명하는 방법에 의한 누이상스 검출의 감소를 이용할 수 있다. 그러한 일례에 있어서, 본 명세서에서 설명하는 실시형태는 광학 선택기와 함께, 검사 시스템의 이득이 ROI의 콘트라스트를 최대화하도록 조정되는 심지어 이미지 최적화로 이용될 수 있으며, 이 광학 선택기는 2011년 12월 6일자로 Fischer 등에게 특허 허여된 미국 특허 제8,073,240호에 설명된 바와 같이 구성 및/또는 수행될 수 있고, 이 특허문헌은 본 명세서에 전체가 개시되는 것처럼 인용에 의해 포함된다.

[0036] 일 실시형태에 있어서, 결합 검출 파라미터는, 영역들 중 하나 이상에서 결합 검출을 수행하는지의 여부와, 결합 검출이 수행되어야 하는 영역에 대해, 픽셀이 위치하는 영역에 종속된 임계치를 포함하며, 그 임계치는 출력 내의 픽셀과 참조 픽셀 간의 차이에 적용되는 것이다. 예를 들어, 영역 분할 스킴이 검사 이미지 내의 픽셀에 적용된 후에, 배경 유전체와 비DOI(non-DOI)로부터의 모든 정보는 무시하면서, 미리 정해진 DOI 영역(그 각각은 자신의 검출 임계치를 가짐)에 대해 결합 검출이 수행될 수 있다. 각각의 영역의 검출 임계치는 개별적으로 설정될 수 있다. 그러한 일례로, 셀의 레이아웃을 알고 있다면, 각각의 컨택은 그 자신의 영역에 그 자신의 임계치가 지정될 수 있다. 비교적 작은 DOI가 예상되는 영역은 비교적 높은 감도로 검사될 수 있는 반면, 대량의 누설(leakage) 누이상스 결함을 포함할 수 있는 다른 영역들은 디튜닝(detune)될 수 있다. 또한, 상당한 노이즈를 포함하는 영역은 결합 검출 알고리즘을 제압하기 전에 배제될 수 있다. 이에, 임계치가 다른 영역에서는 상당히 낮아질 수 있어, DOI의 검출을 가능하게 하거나 최적화할 수 있다.

[0037] 그러한 일례에 있어서, 전자빔 검사 시스템 광학계에 의해 비교적 잘 분석된 메모리 구조는 PMOS/NMOS/비트라인 또는 워드라인 컨택 등의 개별 컨택 타입으로 구획될 수 있다. 이들 컨택의 각각에 대한 임계치는 개별로 설정될 수 있다. 예를 들어, 어느 한 컨택 타입에, 누이상스라고 간주되는, 누설에 의해 유도된 그레이 레벨 변동이

생기기 쉽다면, 그 타입의 검출 임계치는 누이상스로 검사 결과를 제압하지 않도록 디튜닝될 수 있다. 이들 누설 경향이 있는 컨택의 분할은 누설 신호가, 다른 영역으로부터의 결함의 검출 감도에 영향을 주는 것을 막을 수 있어, 고객이 관심을 가진 결함 타입에 대한 검사 감도 전체를 크게 향상시킬 수 있다.

[0038] 다른 실시형태에 있어서, 결함 검출 파라미터를 적용하는 것은, 참조 이미지를 생성하기 위하여 디바이스의 어레이 영역 내의 복수의 단위 셀에 대응하는 출력 내의 복수의 픽셀을 평균화하는 것과, 차이 이미지를 생성하기 위하여 복수의 단위 셀 중 하나에 대응하는, 출력 내의 테스트 이미지로부터 상기 참조 이미지를 차감하는 것과, 차이 이미지 내의 픽셀이 위치하는 영역에 기초하여, 차이 이미지에 결함 검출 파라미터를 적용하는 것을 포함한다. 예를 들어, 이미지 평균화에 있어서, 인접한 셀들은 열라인먼트의 제약 없이, 비교적 낮은 노이즈의 참조 이미지를 위해 평균화될 수 있다. 그 상하에 있는 셀도 평균화에 이용될 수 있다.

[0039] 일 실시형태에 있어서, 본 발명은 검출된 결함을, 그 결함이 위치하는 영역과 자동으로 연관시키는 단계를 포함한다. 다시 말해, 본 명세서에서 설명하는 바와 같이 검출되는 결함은 그 결함이 검출되는 영역과 자동으로 연관될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명하는 검사시에 검출된 모든 결함은 단위 셀 컨텍스트 내의 특정 영역 및 상대 위치와 연관될 수 있다.

[0040] 그런 다음 전술한 정보는 결함의 추가 분류에 이용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시형태에 있어서, 본 방법은 검출된 결함을, 그 결함이 위치하는 영역에 기초하여 분류하는 단계를 포함한다. 이런 식으로, 검사시에 검출되는 임의의 결함은 그 결함이 발견된 영역에 따라 자동으로 분류될 수 있다. 이 경우에도, 결함이 검출되는 영역에 관한 정보는 결함의 추가 분류에 이용될 수 있다. 또한, 검출된 결함을 분류하는 것은, 결함 분류의 목적을 위해 (디바이스 컨텍스트 기반의 분할로부터 자동으로 취득되는) 각 결함마다 영역 및 컨텍스트 내의 위치 정보(location-within-context information)를 이용하는 것을 포함할 수 있다. 이런 식으로, 검사시에 검출된 결함은 디바이스 컨텍스트 기반의 영역 및/또는 위치에 따라 분류되어, 사용자에게 설계에 관한 유용한 정보를 더 빠르게 제공할 수 있다.

[0041] 일부 실시형태에 있어서, 디바이스 내의 각각의 컨택 타입은 영역들의 상이한 것과 연관되고, 본 방법은 검출된 결함의 밀도를 각 컨택 타입으로 표시하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 검출된 결함은 그 결함이 위치하는 템플릿 이미지 내의 영역에 기초하여 영역에 따라 자동으로 저장(bin)될 수 있다. 이에, 각각의 결함 타입의 웨이퍼 맵은 생성될 필요가 없다. 또한 모든 컨택 타입들은 그 자체의 ROI로서 설정될 수 있다. 검사후에, 각각의 컨택 타입의 결함 밀도는 임의의 적절한 방식으로 표시될 수 있다. 그러한 일례에 있어서, 결함 밀도는 PMOS 컨택 결함, 비트라인 컨택 오성형(mis-shaped) 결함, 비트라인 컨택 오픈(open) 결함, 워드라인 컨택 오픈 결함, 및/또는 NMOS S/D 컨택 오픈 결함에 대해 표시될 수 있다.

[0042] 템플릿 이미지를 생성하는 것, 출력을 취득하는 것, 템플릿 이미지를 출력에 매칭시키는 것, 영역을 식별하는 것, 및 결함 검출 파라미터를 적용하는 것은 본 명세서에서 추가로 설명하는 바와 같이 구성될 수 있는 컴퓨터 시스템을 이용하여 수행될 수 있다.

[0043] 본 발명의 단계들 중 일부를, 디바이스의 메모리 셀 부분에 대해 본 명세서에서 설명하였지만, 웨이퍼의 비메모리 셀 부분에 대해서도, 관련 설계 파라미터가 이용 가능하다면, 같은 동작들이 수행될 수 있다.

[0044] 본 명세서에서 설명하는 방법들은 모두 본 발명의 실시형태의 하나 이상의 단계들의 결과를 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 그 결과는 본 명세서에서 설명한 임의의 결과를 포함할 수 있고 해당 기술 분야에 알려진 임의의 방법으로 저장될 수 있다. 저장 매체는 본 명세서에서 설명한 임의의 저장 매체 또는 해당 기술 분야에 알려진 기타 적절한 저장 매체를 포함할 수 있다. 결과가 저장된 후에, 그 결과는 저장 매체에서 액세스되고, 본 명세서에서 설명한 방법 또는 시스템 중 임의의 것에 의해 이용되고, 사용자에게 표시하기 위해 포맷팅되고, 다른 소프트웨어 모듈, 방법 또는 시스템에 의해 이용되고, 기타의 방식으로 이용될 수 있다.

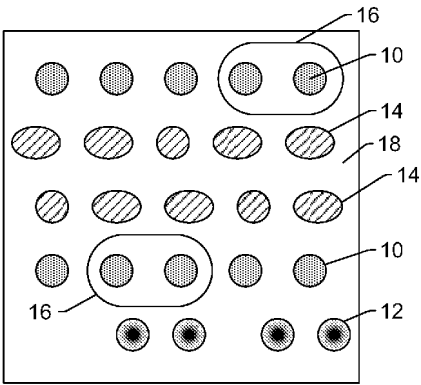
[0045] 전술한 방법의 실시형태 각각은 본 명세서에서 설명하는 기타 방법의 기타 단계를 포함할 수도 있다. 또, 전술한 방법의 실시형태 각각은 본 명세서에서 설명하는 임의의 시스템에 의해 수행될 수도 있다.

[0046] 다른 실시형태는 프로그램 명령어가 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체에 관한 것인데, 상기 프로그램 명령어는 컴퓨터 시스템으로 하여금 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 컴퓨터 구현 방법을 수행하게 한다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 매체의 일 실시형태가 도 3에 도시된다. 구체적으로, 컴퓨터 판독 가능한 매체(28)는 저장되어 있는 프로그램 명령어(30)를 포함하고, 이 프로그램 명령어는 컴퓨터 시스템(32)으로 하여금 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 컴퓨터 구현 방법을 수행하게 한다.

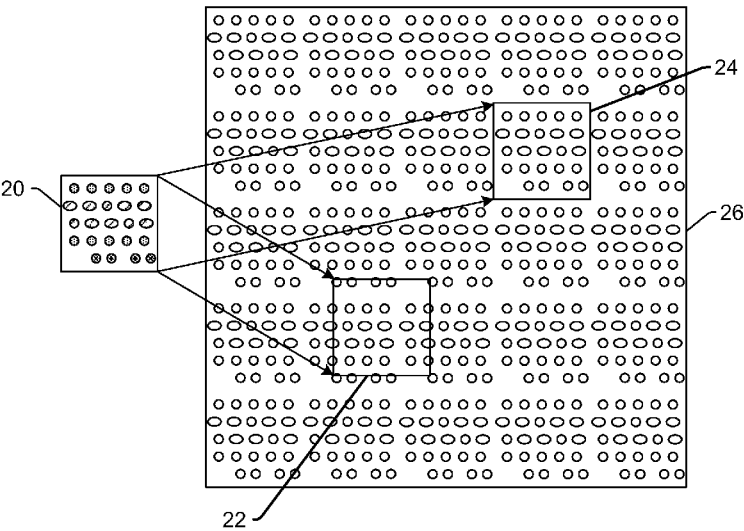
- [0047] 컴퓨터 구현 방법은 본 명세서에서 설명하는 방법의 단계들을 포함한다. 컴퓨터 구현 방법은 또한 본 명세서에서 설명하는 기타 방법의 기타 단계도 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨터 판독 가능한 매체는 본 명세서에서 설명한 대로 또한 구성될 수도 있다.
- [0048] 본 명세서에서 설명한 바와 같은 방법을 구현하는 프로그램 명령어(30)는 컴퓨터 판독 가능한 매체(28) 상에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 자기 또는 광 디스크, 자기 테이프, 또는 해당 기술 분야에 알려진 기타 적절한 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체 등의 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체일 수 있다.
- [0049] 프로그램 명령어는 무엇보다도 프로시저 기반의 기술, 컴포넌트 기반의 기술, 및/또는 객체 지향 기술을 비롯한 다양한 방식 중 임의의 것으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 프로그램 명령어는 원하는 대로, ActiveX controls, C++ objects, JavaBeans, Microsoft Foundation Classes("MFC"), 또는 다른 기술이나 방법론을 이용하여 구현될 수 있다.
- [0050] 컴퓨터 시스템(32)은 개인용 컴퓨터 시스템, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬형 프로세서 또는 해당 기술 분야에 알려진 기타 장치를 비롯한 다양한 형태를 취할 수 있다. 일반적으로, "컴퓨터 시스템"이란 용어는 메모리 매체로부터 명령어를 실행하는, 하나 이상의 프로세서를 갖는 임의의 장치를 망라하도록 넓게 정의될 수 있다.
- [0051] 도 4는 웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성된 시스템의 일 실시형태를 나타내고 있다. 이 시스템은 웨이퍼에 대한 출력을 취득하도록 구성된 전자빔 검사 서브시스템(34)을 포함한다. 전자빔 검사 서브시스템은 KLA-Tencor사에서 시판중인 임의의 검사 툴 등의 기존의 검사 서브시스템을 포함할 수 있다(예, 본 명세서에서 설명한 기능을 기존의 검사 시스템에 추가함으로써). 그러한 일부 시스템의 경우, 본 명세서에서 설명한 방법은 시스템의 선택적 기능으로서(예, 시스템의 다른 기능에 더하여) 제공될 수 있다. 한편, 본 명세서에서 설명한 시스템은 완전히 새로운 시스템을 제공하기 위해 "맨 처음부터(from scratch)" 설계될 수 있다.
- [0052] 또한 시스템은 본 명세서에서 설명한 임의의 실시형태에 따라, 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스에 관한 정보를 이용하여 템플릿 이미지를 생성하도록 구성된 컴퓨터 서브시스템(36)을 포함한다. 본 명세서에서 추가로 설명한 바와 같이, 템플릿 이미지 내의 적어도 일부 픽셀은 상이한 특성들을 가진, 디바이스 내의 영역들과 연관된다. 컴퓨터 서브시스템은 또한 템플릿 이미지와 출력 내의 패턴들에 기초하여 템플릿 이미지를 출력에 매칭하도록 구성되며, 이는 본 명세서에서 추가로 설명한 임의의 실시형태에 따라 수행될 수 있다. 또한, 컴퓨터 서브시스템은 출력 내의 픽셀에 매칭하는 템플릿 이미지의 픽셀과 연관되는 영역에 기초하여, 출력 내의 픽셀이 위치하는 영역을 식별하도록 구성되며, 이는 본 명세서에서 추가로 설명한 임의의 실시형태에 따라 수행될 수 있다. 컴퓨터 서브시스템은 또한, 픽셀이 위치하는 영역에 기초하여 그 출력 내의 픽셀에 결함 검출 파라미터를 적용함으로써 웨이퍼 상의 결함을 검출하도록 구성되며, 이는 본 명세서에서 추가로 설명한 임의의 실시형태에 따라 수행될 수 있다. 컴퓨터 서브시스템 및 시스템은 또한 본 명세서에서 설명한 기타 방법의 기타 단계를 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0053] 본 명세서를 검토한 당업자에게는, 본 발명의 다양한 양태의 추가 변형 및 대안적 실시형태가 명백해질 것이다. 예를 들어, 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 방법 및 시스템이 제공된다. 따라서, 이상의 설명은 예시로서만 해석되어야 하며, 본 발명을 수행하는 일반적인 방식으로 당업자를 교시하기 위함이다. 본 명세서에서 나타내고 설명한 형태들은 현시점에서 바람직한 실시형태로서 받아들여야 한다고 이해하면 된다. 본 발명의 설명의 도움을 받은 후에 당업자에게 모두 명백한 바와 같이, 본 명세서에서 예시하고 설명한 것들에 대해 구성요소 및 재료가 대체될 수도 있고, 부분 및 공정은 전환될 수도 있으며, 본 발명의 소정의 특징들이 독립적으로 이용될 수도 있다. 이하의 청구범위에서 나타내는 발명의 사상 및 범위 내에서 이탈하지 않고서 본 명세서에 설명하는 구성요소에 있어서 변화가 있을 수 있다.

도면

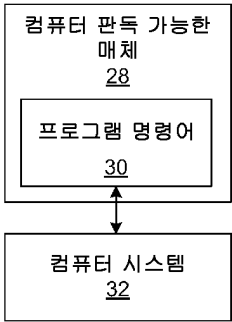
도면1



도면2



도면3



도면4

