



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월11일

(11) 등록번호 10-2373941

(24) 등록일자 2022년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/66 (2006.01) G06K 9/62 (2022.01)  
G06T 7/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류  
H01L 22/12 (2013.01)  
G06K 9/6282 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2016-7014743

(22) 출원일자(국제) 2014년11월03일

심사청구일자 2019년11월01일

(85) 번역문제출일자 2016년06월02일

(65) 공개번호 10-2016-0083055

(43) 공개일자 2016년07월11일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/063668

(87) 국제공개번호 WO 2015/066602

국제공개일자 2015년05월07일

(30) 우선권주장

61/899,220 2013년11월03일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004047939 A\*

JP2009103508 A\*

JP2011254084 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

케이엘에이 코퍼레이션

미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크  
놀로지 드라이브

(72) 발명자

첸 치엔-후에이 아담

미국 캘리포니아주 95120 새네제이 메달리온 드라이브 1387

마허 크리스토퍼

미국 캘리포니아주 95008 캠벨 룬테일 애비뉴 407  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 33 항

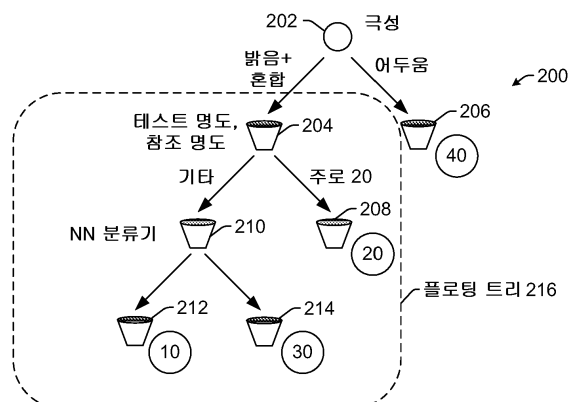
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 반도체 웨이퍼의 결함 자동 분류를 위한 결정 트리 구성

### (57) 요약

반도체 웨이퍼의 결함들의 자동 분류를 위해 결정 트리를 구성하는 방법 및 시스템이 제공된다. 하나의 방법은 결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리를 변경함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들의 분류를 위한 결정 트리를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리이다. 또한, 방법은 결정 트리를 결함들에 적용함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**G06K 9/6285** (2022.01)

**G06T 7/0004** (2013.01)

**H01L 22/20** (2013.01)

(72) 발명자

**휴에트 페트릭**

미국 캘리포니아주 95123 새너제이 코네스토가 웨이 393

**응 타이-캄**

미국 캘리포니아주 95130 새너제이 라티머 애비뉴 4561

**조단 존 알. III**

미국 캘리포니아주 94040 마운틴 뷰 이반 웨이 3397

(30) 우선권주장

61/972,418 2014년03월31일 미국(US)

14/257,921 2014년04월21일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

웨이퍼 상에 검출된 결함들을 분류하는 방법에 있어서,

결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리 - 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리임 - 를 변경함으로써 웨이퍼 상에 검출된 결함들의 분류를 위한 결정 트리를 생성하는 단계; 및

상기 결정 트리를 상기 결함들에 적용함으로써 상기 웨이퍼 상에 검출된 결함들을 분류하는 단계

를 포함하고,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은, 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 병렬 방식으로 배열하는 것을 포함하고,

상기 결함들을 분류하는 단계는, 각각의 결함이 1개 보다 많은 부류로 bin되는지 결정하는 단계와, 결함이 1개 보다 많은 부류로 bin되는 경우 결함의 최종 분류를 결정하기 위해 결함이 bin되는 부류들 중에서 중재하는 (arbitrating) 단계 및 상기 중재하는 단계 전에 상기 각각의 결함이 1개 보다 많은 부류로 bin되는지 결정한 결과를 분석하는 단계를 더 포함하고,

상기 결정 트리를 생성하는 단계 및 상기 결함들을 분류하는 단계는 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 결정 트리의 하나의 노드로부터 상기 결정 트리의 다른 노드로 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 절단하기, 복사하기, 붙이기 또는 이동하기를 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 결정 트리를 생성하는 단계 중에 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 적어도 하나의 집성 노드(aggregated node)로 접는(collapsing) 단계를 더 포함하는, 결함 분류 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 결정 트리를 생성하는 단계 중에 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 적어도 하나의 집성 노드로 접는 단계를 더 포함하고,

상기 접는 단계는 상기 적어도 하나의 플로팅 트리에 포함된 모든 잎(leaf) 노드를 상기 적어도 하나의 집성 노드로 접는 단계를 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 적어도 하나의 플로팅 트리가 절약(save)되는 적어도 하나의 파일로부터 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 반입하는(importing) 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나는 단일 부류의 결함들에 대한 비너(binner)인 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 첫번째는 제1 부류의 결함들만에 대한 비너이고, 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 두번째는 제2 부류의 결함들만에 대한 비너이며, 상기 결정 트리는 적어도 상기 제1 부류의 결함들 및 제2 부류의 결함들의 분류를 위해 생성되는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 반입하는 것과, 상기 웨이퍼 상에 검출된 결함들의 데이터를 맞추기(fit) 위해 상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리의 하나 이상의 파라미터를 조정하는(adjusting) 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리의 하나 이상의 파라미터를 조정하는 것은 상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리를 상기 결함에 대한 데이터에 적용한 결과들의 불순도(impurity) 및 마진(margin)을 최적화하는 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식(cascaded fashion)으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리에 의해 빈된(binned) 결함들의 부류의 임계성(criticality)에 기초하여 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리에 의해 빈된 결함들의 부류의 순도(purity)에 기초하여 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리의 정확도에 기초하여 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

제1항에 있어서,

상기 중재하는 단계는 부류의 임계성, 부류의 순도, 부류의 정확도, 부류의 훈련 집합(training set) 내의 부류에 대한 빈들의 크기, 결함이 분류된 부류의 수 및 유형의 통계적 측정치, 또는 이들의 조합에 기초하여 수행되는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 17

제1항에 있어서,

상기 중재하는 단계는 부류의 우선순위(priority)에 기초하여 수행되는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 18

제1항에 있어서,

상기 분류하는 단계는 자동으로 수행되는 것인, 결함 분류 방법.

#### 청구항 19

웨이퍼 상에 검출된 결함들을 분류하는 컴퓨터 구현 방법을 수행하기 위해 컴퓨터 시스템 상에서 실행 가능한 프로그램 명령어들을 저장한 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체에 있어서,

상기 컴퓨터 구현 방법은,

결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리 - 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리임 - 를 변경함으로써 웨이퍼 상에 검출된 결함들의 분류를 위한 결정 트리를 생성하는 단계; 및

상기 결정 트리를 상기 결함들에 적용함으로써 상기 웨이퍼 상에 검출된 결함들을 분류하는 단계

를 포함하고,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은, 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 병렬 방식으로 배열하는 것을 포함하고,

상기 결함들을 분류하는 단계는, 각각의 결함이 1개 보다 많은 부류로 bin되는지 결정하는 단계와, 결함이 1개 보다 많은 부류로 bin되는 경우 결함의 최종 분류를 결정하기 위해 결함이 bin되는 부류들 중에서 중재하는 단계 및 상기 중재하는 단계 전에 상기 각각의 결함이 1개 보다 많은 부류로 bin되는지 결정한 결과를 분석하는 단계를 더 포함하고,

상기 결정 트리를 생성하는 단계 및 상기 결함들을 분류하는 단계는 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체.

#### 청구항 20

웨이퍼 검사 틀에 있어서,

웨이퍼의 적어도 일부로부터의 광에 응답하여 출력을 발생시키기 위해 웨이퍼의 적어도 일부를 주사하도록 구성된 광학 서브시스템; 및

상기 출력에 기초하여 상기 웨이퍼 상의 결함들을 검출하고, 결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리 - 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리임 - 를 변경함으로써 상기 결함들의 분류를 위한 상기 결정 트리를 생성하고, 상기 결정 트리를 상기 결함들에 적용함으로써 상기 웨이퍼 상에 검출된 결함들을 분류하도록 구성된 컴퓨터 서브시스템

을 포함하고,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은, 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 병렬 방식으로 배열하는 것을 포함하며,

상기 결합들을 분류하는 것은, 각각의 결합이 1개 보다 많은 부류로 빈되는지 결정하는 것과, 결합이 1개 보다 많은 부류로 빈되는 경우 결합의 최종 분류를 결정하기 위해 결합이 빈되는 부류들 중에서 중재하는 것 및 상기 중재하기 전에 상기 각각의 결합이 1개 보다 많은 부류로 빈되는지 결정한 결과를 분석하는 것을 더 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 21

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 결정 트리의 하나의 노드로부터 상기 결정 트리의 다른 노드로 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 절단하기, 복사하기, 붙이기 또는 이동하기를 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 22

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 결정 트리를 생성하는 중에 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 적어도 하나의 집성 노드로 접도록 구성되는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 23

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 결정 트리를 생성하는 중에 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 적어도 하나의 집성 노드로 접도록 구성되고, 상기 접는 것은, 상기 적어도 하나의 플로팅 트리에 포함된 모든 일 노드를 상기 적어도 하나의 집성 노드로 접는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 24

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 적어도 하나의 플로팅 트리가 절약되는 적어도 하나의 파일로부터 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 반입하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 25

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나는 단일 부류의 결합들에 대한 비너인 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 26

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 첫번째는 제1 부류의 결합들만에 대한 비너이고, 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 두번째는 제2 부류의 결합들만에 대한 비너이며, 상기 결정 트리는 적어도 상기 제1 부류의 결합들 및 제2 부류의 결합들의 분류를 위해 생성되는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 27

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 반입하는 것과, 상기 웨이퍼 상에 검출된 결합들의 데이터를 맞추기 위해 상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리의 하나 이상의 파라미터를 조정하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 28

제27항에 있어서,

상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리의 하나 이상의 파라미터를 조정하는 것은 상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리를 상기 결함에 대한 데이터에 적용한 결과들의 불순도 및 마진을 최적화하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 29

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 30

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리에 의해 빈된 결함들의 부류의 임계성에 기초하여 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 31

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리에 의해 빈된 결함들의 부류의 순도에 기초하여 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 32

제20항에 있어서,

상기 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 것은 상기 하나 이상의 플로팅 트리의 정확도에 기초하여 상기 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 것을 포함하는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 33

삭제

#### 청구항 34

삭제

#### 청구항 35

제20항에 있어서,

상기 중재하는 것은 부류의 임계성, 부류의 순도, 부류의 정확도, 부류의 훈련 집합 내의 부류에 대한 빈들의 크기, 결함이 분류된 부류의 수 및 유형의 통계적 측정치, 또는 이들의 조합에 기초하여 수행되는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 36

제20항에 있어서,

상기 중재하는 것은 부류의 우선순위에 기초하여 수행되는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

#### 청구항 37

제20항에 있어서,

상기 분류하는 것은 자동으로 수행되는 것인, 웨이퍼 검사 툴.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 반도체 웨이퍼의 결함 자동 분류를 위한 결정 트리 구성에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 이하의 설명 및 예는 비록 이 단락에 포함되어 있다 하더라도 종래 기술로서 용인되는 것이 아니다.

[0003] 논리 소자 및 메모리 소자 등의 반도체 소자를 제조할 때는 전형적으로 반도체 소자의 각종 피쳐(feature) 및 복수의 레벨을 형성하기 위해 다수의 반도체 제조 공정을 이용하여 반도체 웨이퍼 등의 기판을 처리하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 리소그래피는 소정의 패턴을 레티클로부터 반도체 웨이퍼 상에 배열된 레지스트에 전사하는 것을 수반하는 반도체 제조 공정이다. 반도체 제조 공정의 추가적인 예는, 비제한적인 예를 들자면, 화학-기계 폴리싱(CMP), 에칭, 증착 및 이온 주입을 포함한다. 복수의 반도체 소자들은 단일 반도체 웨이퍼에서 소정의 배열로 제조되고, 그 다음에 개별 반도체 소자로 분리될 수 있다.

[0004] 검사 공정은 웨이퍼에서의 결함을 검출하여 제조 공정에서의 고수율 및 그에 따른 고수익을 촉진하기 위해 반도체 제조 공정 중 각종 단계에서 사용된다. 검사는 항상 IC 등의 반도체 소자 제조의 중요한 부분이었다. 그러나 반도체 소자의 크기가 작아짐에 따라 더 작은 결함들이 소자를 고장으로 이끌 수 있기 때문에, 검사는 수용 가능한 반도체 소자의 성공적인 제조를 위해 더욱 중요하게 되었다.

[0005] 반도체 결함의 자동 결함 분류(automatic defect classification, ADC)는 주사 전자 현미경(SEM) 리뷰 툴의 중요한 응용이다. 이러한 작업을 수행하는 산업에서 공통적으로 사용되는 방법 중 하나는 결정 트리(decision tree)이다. 예를 들면, 첸(Chen) 등에게 허여된 미국 특허 제8,502,146호(이 특허는 여기에서 인용함으로써 마치 그 전부를 여기에 기술한 것처럼 본원에 통합된다)에는 표면 높이 속성을 이용한 매우 효과적인 ADC 시스템에 대하여 설명되어 있다. 그 일 예가 도 1에 도시되어 있고, 여기에서는 2개의 유효 속성을 이용한 단순한 결정 트리 분류기가 4종류의 결함을 구별할 수 있다. 특히 룰 기반 트리(100)에서는 제1 노드(102)가 지형학적 높이에 기초하여 결함들을 분리한다. 예를 들면, 웨이퍼에서 검출된 결함들의 지형학적 높이에 대해 막대그래프(104)로 나타낸 바와 같이, 제1 노드의 커트라인(106)은 입자 및 콘(cone) 결함 유형으로부터 틈(void) 및 긁힘(scratch) 결함 유형을 분리한다. 틈 및 긁힘 결함 유형은 노드(108)로 보내질 수 있고, 결함의 크기에 대한 막대그래프(110)로 나타낸 바와 같이 커트라인(112)은 틈 결함을 다른 결함으로부터 분리하고 커트라인(114)은 긁힘 결함을 다른 결함으로부터 분리하며, 커트라인(112)과 커트라인(114) 사이에 있는 결함들은 미결정 결함 유형의 다른 빈(bin)으로 분리될 수 있다. 이 방식으로, 틈 결함 유형은 빈(116)에 넣어질 수 있고, 긁힘 결함 유형은 빈(118)에 넣어질 수 있으며, 미결정 결함 유형은 빈(120)에 넣어질 수 있다. 노드(122)는 입자 및 콘 결함 유형의 일부 특성을 이용하여 유사한 방식으로 입자 및 콘 결함 유형을 분리하기 위해 사용될 수 있다. 이와 같이, 도 1에 도시된 결정 기반 트리는 분류를 결정 트리 기반 ADC에 대하여 수행될 수 있는 일련의 쉽고 논리적인 단계로 분할한다.

[0006] 비록 결정 트리의 개념이 이해하기에 매우 간단하지만, 실제 응용을 위한 결정 트리 분류기의 수동 구성은 전혀 간단하지 않다. 종래의 결정 트리 모델에는 3가지의 중요한 단점이 있다. 첫째로, 결정 트리의 복잡성이 분류 대상 결함 유형의 수에 따라 실질적으로 급격히 상승한다. 예를 들면, 10개 이상의 결함 유형에 대한 유효 결정 트리는 전형적으로 10개 이상의 레벨 및 수백 개의 노드를 필요로 하고, 이 때문에 수동으로 구축 및 관리하는 것이 극히 어려워진다. 그러므로, 직관적으로 단순한 결정 트리는 빈의 수가 증가함에 따라 극히 복잡해진다. 둘째로, 다른 결함 유형의 결정 트리의 성능에 영향을 주지 않고 하나의 결함 유형의 결정 트리의 성능(예를 들면, 정확도 또는 순도)을 조율하는 것이 불가능하다. 유사하게, 결정 트리는 하나의 결함 유형의 조정(tweaking)이 다른 결함 유형에 영향을 줄 수 있기 때문에 유지하기가 어렵다. 셋째로, 모집단이 각 노드에 의해 분할되기 때문에, 하위 노드들은 유형들 간의 적당한 커트라인을 결정할 때 점점 더 적은 모집단을 갖는다. 그러므로, 오늘날 ADC 설정에 있어서 다수의 단점이 있다.

[0007] 수동 분류기 구성의 어려움에 대한 한가지 명백한 해법은 분류기를 자동으로 알고리즘적으로 구성하는 것이다. 이러한 자동 구성은 실제로 인공 지능(AI) 및 데이터 마이닝의 주요 연구 분야이고, 이 분야의 공개된 결과에 대한 오랜 역사가 있다. 가장 유력한 예 중 하나는 분류 및 회귀 트리(classification and regression tree, CART)이고, 이것은 캘리포니아주 샌디에고에 소재하는 살포드 시스템즈(Salford Systems)로부터 소프트웨어 제품으로 상업적으로 입수 가능하다. 사실, 캘리포니아주 밀피타스에 소재하는 케이엘에이-텐코(KLA-Tencor)로부터



터 상업적으로 입수 가능한 임팩트(IMPACT) 소프트웨어는 결정 트리 분류기를 자동으로 발생시킬 수 있는 "스타터-트리"라고 부르는 특징을 이미 갖고 있다. 그러나 일부 예에서 자동 방법으로 생성된 분류기는 데이터를 오버핏(over-fit)할 수 있고, 따라서 일반적으로 안정되지 않을 수 있다. 또한, 결과적인 분류기는 여전히 모든 유형을 분류하는 하나의 결정 트리이고, 이 때문에 여전히 상기 제2 및 제3의 문제점들을 갖고 있다. 더 나아가, 결정 트리 기반 ADC가 각각의 결함이 분류되게 할 때, 사용자는 알 수 없는 결함 유형들 때문에 방울 떠날 정도로 여분의 길이까지 가야한다(이것은 드문 경우이다).

[0008] 따라서 전술한 단점들을 하나 이상 갖지 않는 결함 분류 관련 응용을 위한 방법 및/또는 시스템을 개발하는 것이 유리하다.

### 발명의 내용

[0009] 각종 실시형태에 대한 이하의 설명은 어떻게든 첨부된 특허 청구범위의 주제를 제한하는 것으로 해석되지 않는다.

[0010] 일 실시형태는 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하는 방법과 관련된다. 이 방법은 결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리(floating tree)를 변경함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들의 분류를 위한 결정 트리를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리이다. 방법은 또한 결정 트리를 결함들에 적용함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하는 단계를 포함한다. 상기 생성하는 단계 및 분류하는 단계는 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행된다.

[0011] 전술한 방법은 여기에서 구체적으로 설명하는 것처럼 수행될 수 있다. 또한, 전술한 방법은 여기에서 설명하는 임의의 다른 방법의 임의의 다른 단계를 포함할 수 있다. 더 나아가, 전술한 방법은 여기에서 설명하는 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0012] 다른 하나의 실시형태는 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하는 컴퓨터 구현 방법을 수행하기 위해 컴퓨터 시스템에서 실행 가능한 프로그램 명령어들을 저장한 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체와 관련된다. 컴퓨터 구현 방법은 전술한 방법의 단계들을 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는 또한 여기에서 설명하는 것처럼 구성될 수 있다. 컴퓨터 구현 방법의 단계들은 여기에서 구체적으로 설명하는 것처럼 수행될 수 있다. 또한, 프로그램 명령어가 실행할 수 있는 컴퓨터 구현 방법은 여기에서 설명하는 임의의 다른 방법의 임의의 다른 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 추가의 실시형태는 웨이퍼 검사 툴과 관련된다. 웨이퍼 검사 툴은 웨이퍼의 적어도 일부로부터의 광에 응답하여 출력을 발생시키기 위해 웨이퍼의 적어도 일부를 주사하도록 구성된 광학 서브시스템을 포함한다. 웨이퍼 검사 툴은 또한 상기 출력에 기초하여 웨이퍼에서 결함들을 검출하도록 구성된 컴퓨터 서브시스템을 포함한다. 컴퓨터 서브시스템은 또한 결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리를 변경함으로써 결함들의 분류를 위한 결정 트리를 생성하도록 구성된다. 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리이다. 컴퓨터 서브시스템은 또한 결정 트리를 결함들에 적용함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하도록 구성된다. 상기 웨이퍼 검사 툴은 여기에서 설명하는 것처럼 추가로 구성될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0014] 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 상세한 설명을 첨부 도면을 참조하면서 읽을 때 명백하게 될 것이다.

도 1은 업계에서 현재 사용되는 결정 트리 분류기의 일 예를 보인 개략도이다.

도 2는 플로팅 트리를 포함한 결정 트리의 일 실시형태를 보인 개략도이다.

도 3은 도 2에 도시된 실시형태에서 플로팅 트리가 접힌(collapsed) 결정 트리를 보인 개략도이다.

도 4는 복수의 플로팅 트리를 포함한 각종 결정 트리 실시형태를 보인 개략도이다.

도 5는 캐스케이드 방식(cascaded fashion)으로 배열된 복수의 플로팅 트리를 포함한 결정 트리의 일 실시형태를 보인 개략도이다.

도 6은 병렬 방식으로 배열된 복수의 플로팅 트리를 포함한 결정 트리의 일 실시형태를 보인 개략도이다.

도 7은 여기에서 설명하는 하나 이상의 컴퓨터 구현 방법을 수행하도록 컴퓨터 시스템에서 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장한 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체의 일 실시형태를 보인 블록도이다.

도 8은 웨이퍼 검사 툴의 일 실시형태의 측면도를 보인 개략도이다.

비록 본 발명이 각종의 변형에 및 대안적인 형태를 취할 수 있지만, 그 특정 실시형태가 도면에 예로서 도시되고 여기에서 구체적으로 설명된다. 그러나 도면 및 그 상세한 설명은 본 발명을 여기에서 설명하는 특정의 형태로 제한하는 의도가 없고, 이와 대조적으로 본 발명은 첨부된 특허 청구범위에 의해 규정되는 본 발명의 정신 및 범위에 포함되는 모든 변형에, 균등물 및 대안예를 망라하는 것으로 의도된다는 점을 이해하여야 한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이제 도면을 참조하면, 도면들은 정확한 축척으로 작도된 것이 아님에 주목한다. 특히, 도면의 일부 요소의 축척은 그 요소의 특징을 강조하기 위해 크게 확대된다. 도면들은 동일한 축척으로 작도되지 않았다는 점에 또한 주목한다. 유사하게 구성될 수 있는 2개 이상의 도면에 나타나는 요소들은 동일한 참조 번호를 이용하여 표시된다. 여기에서 다른 방식으로 규정하지 않는 한, 여기에서 설명하고 도시된 임의의 요소들은 임의의 적당한 상업적으로 입수 가능한 요소를 포함할 수 있다.
- [0016] 여기에서 설명하는 실시형태들은 일반적으로 반도체 웨이퍼 결함들의 자동 분류를 위한 결정 트리를 구성하는 방법 및 시스템과 관련된다. 여기에서 설명하는 실시형태들은 반도체 웨이퍼의 결정 트리 기반 자동 결함 분류기(automatic defect classifier, ADC)의 수동 구성을 단순화하고, 상기 결정 트리 기반 ADC의 성능을 개선하고, 상기 결정 트리 기반 ADC의 조율 및/또는 유지의 성능을 개선하고, 상기 결정 트리 기반 ADC의 모니터링 성능을 개선하기 위해 사용될 수 있다.
- [0017] 일 실시형태는 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하는 방법과 관련된다. 이 방법은 결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리를 변경함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들의 분류를 위한 결정 트리를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리이다. 그러므로 여기에서 설명하는 실시형태들은 플로팅 트리의 관념을 도입하고, 이것은 기본적으로 유닛으로서 다루어질 수 있는 결정 트리의 임의의 하위 트리이다. 플로팅 트리는 트리의 하나의 노드로부터 트리의 다른 노드로 절단, 복사, 이동 또는 붙여질 수 있다. 이 방식으로, 일 실시형태에 있어서, 상기 하나 이상의 플로팅 트리의 변경은 결정 트리의 하나의 노드로부터 결정 트리의 다른 노드로 하나 이상의 플로팅 트리를 절단하기, 복사하기, 붙이기 또는 이동하기를 포함한다. 여기에서 설명하는 실시형태는 또한 사용자가 플로팅 트리를 삭제할 수 있도록 구성될 수 있다.
- [0018] 도 2는 플로팅 트리를 포함한 결정 트리의 일 실시형태를 보인 도이다. 특히, 도 2에 도시된 것처럼, 결정 트리(200)는 극성에 기초하여 결함들을 분리하도록 구성된 노드(202)를 포함할 수 있다. 더 구체적으로, 노드는 밝은 극성과 혼합 극성을 가진 결함들을 포함하는 빈(204)과 어두운 극성을 가진 결함들을 포함한 빈(206)으로 결함들을 분리할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 빈(206)은 40개의 결함을 포함한다. 빈(204)에 포함된 결함들은 그 다음에 결함들의 테스트 명도, 참조 명도(또는 결함에 대응하는 테스트 이미지의 명도 및 결함 검출을 위해 테스트 이미지와 비교한 참조 이미지의 명도) 특성에 기초하여 분리될 수 있다. 예를 들면, 주로 20의 테스트 명도 및 참조 명도를 가진 결함들은 도 2에 도시된 것처럼 20개의 결함을 포함한 빈(208)으로 분리될 수 있다. 또한, 다른 값의 테스트 명도, 참조 명도를 가진 결함들은 빈(210)으로 분리될 수 있다. 가장 가까운 이웃(nearest neighbor, NN) 분류기가 그 다음에 빈(210)에 포함된 결함들에 적용될 수 있다. 결함들은 그 다음에 도 2에 도시된 바와 같이 각각 10개의 결함과 30개의 결함을 포함한 빈(212)과 빈(214)으로 분리될 수 있다. 도 2에 또한 도시된 바와 같이, 밝음+혼합 극성 결함에 대한 결정 트리 부분은 여기에서 설명하는 것처럼 구성될 수 있는 플로팅 트리(216)로서 구성될 수 있다. 또한, 어두움 극성 결함에 대한 결정 트리 부분은 플로팅 트리로서 구성되지 않을 수 있다. 그러므로 결정 트리 중 일부는 플로팅 트리이고 결정 트리의 다른 부분은 플로팅 트리가 아닐 수 있다.
- [0019] 다른 실시형태에 있어서, 방법은 상기 생성하는 단계 중에 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 적어도 하나의 집성 노드로 접는(collapse) 단계를 포함한다. 여기에서 설명하는 실시형태는 임의의 노드로부터 하위 트리를 접음 또는 확장하는 능력을 제공할 수 있다. 또한, 플로팅 트리는 결정 트리 구성의 작업공간에서의 혼란(clutter)이 감소될 수 있도록 "집성"(aggregated) 노드로 접힐(은닉될) 수 있다. 이 방식으로, 여기에서 설명하는 실시형태의 장점은 이들이 부동산을 절약하고 결정 트리 구성 사용자 인터페이스(UI)에서의 혼란을 제거하기 위해 사용될 수 있다는 점이다.
- [0020] 추가의 실시형태에 있어서, 방법은 상기 생성하는 단계 중에 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 적어도 하나의 집성 노드로 접는 단계를 포함하고, 상기 접는 단계는 상기 적어도 하나의 플로팅 트리에 포함된 모든 잎 노드를 적어도 하나의 집성 노드로 접는 단계를 포함한다. 예를 들면, 플로팅 트리에 있어서, 동일 코드(코

드 0 및 미지정을 포함함)에 속하는 플로팅 트리의 잎 노드는 접하면 하나의 노드로 집성된다.

[0021] 그러한 일 실시형태에 있어서, 도 2에 도시된 결정 트리의 플로팅 트리 부분은 도 3에 도시된 것처럼 접힐 수 있다. 예를 들면, 도 3에 도시된 것처럼, 플로팅 트리(216)는 플로팅 트리의 1개의 대표 노드(204) 및 플로팅 트리에 의해 생성된 각각의 다른 빈에 포함된 결합 카운트(300)만을 보이도록 접혔다. 플로팅 트리가 접힐 때, 트리가 그 특정 노드에서 접혔음을 표시하기 위해 더하기 부호 아이콘("+")이 UI에 디스플레이될 수 있다. 만일 플로팅 트리가 접혔으면, 플로팅 트리는 전체 플로팅 트리가 UI에서 디스플레이될 수 있도록 또한 확장될 수 있다. 일부 예에서 플로팅 트리는 잠금될 수 있다. 예를 들면, 플로팅 트리는 지적 재산 보호 목적으로 키(key)에 의해서만 확장 가능하도록 구성될 수 있다.

[0022] 추가적인 실시형태에 있어서, 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 단계는 적어도 하나의 플로팅 트리가 절약(save)되는 적어도 하나의 파일로부터 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나를 반입하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 플로팅 트리는 파일에서 또한 절약되고 다른 결정 트리에 반입되어 사용될 수 있다. 또한, 플로팅 트리는 파일로부터 반입되어 결정 트리의 임의 노드에 부착될 수 있다.

[0023] 일 실시형태에 있어서, 하나 이상의 플로팅 트리 중 적어도 하나는 단일 부류의 결합에 대하여 비너(binner)이다. 예를 들면, 플로팅 트리의 능력을 이용해서, 사용자는 한번에 1 유형의 결합만의 결정 트리를 구축하여 플로팅 트리로서 저장할 수 있다. 사용자는 또한 이러한 트리들을 임의 갯수로 생성할 수 있다(예를 들면, 결합 유형의 수만큼의 트리). 이러한 플로팅 트리들은 단일 부류 비너(single class binner, SCB)라고 부를 수 있다. 이 방식으로, 플로팅 트리로서 구현되는 SCB는 단일 결합 유형을 분류하기 위해(다시 말하면, 단일 유형을 모든 다른 유형으로부터 분리하기 위해) 사용될 수 있다. 그 다음에 다른 SCB들이 결합되어 많은 결합 유형들을 분류할 수 있는 완전한 결정 트리를 형성할 수 있다. 이 방식으로, 여기에서 설명한 것처럼 생성된 결정 트리들은 2개 이상의 플로팅 트리를 포함할 수 있다. 그러므로 결정 트리는 복수의 플로팅 트리를 포함한 분류기일 수 있다.

[0024] 도 4는 2개 이상의 플로팅 트리를 포함한 결정 트리의 몇 가지 실시형태를 보인 것이다. 예를 들면, 도 4에 도시된 바와 같이, 결정 트리(400)는 노드(402)에 공급되는 결과들을 생성하는 플로팅 트리(Y)를 포함한다. 노드(402)는 일부 결합들이 결정 트리에 포함된 노드(404)에 보내지고 다른 결합들이 플로팅 트리(X)에 보내지도록 결합들을 분리할 수 있다. 노드(404)는 또한 일부 결합들이 10개의 결합 및 20개의 결합을 각각 포함하는 빈(406) 및 빈(408)에 보내지고 다른 결합들이 플로팅 트리(X)에 보내지도록 결합들을 분리한다.

[0025] 다른 실시형태에 있어서, 결정 트리(410)는 웨이퍼에서 검출된 결합들의 모집단을 분리하도록 구성된 노드(412)를 포함한다. 하나의 하위 모집단은 노드(414)로 보내지고 다른 하위 모집단은 노드(416)로 보내질 수 있다. 노드(414)에 보내진 결합들의 하위 모집단은 그 다음에 10개의 결합 및 20개의 결합을 각각 포함하는 빈(418) 및 빈(420)에 보내지는 결합들로 분리될 수 있고, 다른 결합들은 플로팅 트리(X)에 보내진다. 또한, 노드(416)에 보내진 결합들의 하위 모집단은 플로팅 트리(Y) 및 플로팅 트리(X)에 보내지는 결합들로 분리될 수 있다.

[0026] 그러므로 도 4에 도시된 것처럼, 결정 트리는 2개 이상의 플로팅 트리를 포함할 수 있다. 임의의 결정 트리에 포함된 플로팅 트리는 결정 트리의 상이한 위치에 배열된 2개 이상의 동일한 플로팅 트리 및 결정 트리의 상이한 위치에 배열된 2개 이상의 상이한 플로팅 트리를 포함할 수 있다. 트리들은 가장 용이한 사용을 위해 사용자에게 의해 UI에서 이동될 수 있다. 또한, 일부 경우에, 결정 트리를 생성하는 단계는 새로운 플로팅 트리를 생성하는 단계와 새로운 플로팅 트리의 데이터 소스를 선택하는 단계를 포함할 수 있다. 이 방식으로 플로팅 트리는 급힘으로부터 반입 또는 생성될 수 있다. 또한, 결정 트리가 2개 이상의 플로팅 트리를 포함할 때, 복수의 플로팅 트리가 참조에 의해 서로에게 링크될 수 있다. 여기에서 설명하는 실시형태들은 또한 용장성을 제거함으로써 실질적으로 복잡한 트리들의 구성 및 표시를 매우 간단하게 할 수 있고, 이것은 여기에서 설명하는 "은닉/보이기"(hide/show) 트리 능력과 결합된 때 매우 강력하다. 여기에서 설명하는 실시형태는 또한 트리 유지를 단순화한다. 더 나아가 여기에서 설명하는 실시형태는 결정 트리에서의 순환성을 금지하도록 구성될 수 있다. 다시 말해서, 실시형태들은 결정 트리를 페루프로 생성하는 것을 금지하도록 구성될 수 있다. 여기에서 설명하는 결정 트리는 또한 순차적인 누이상스(nuisance) 필터링을 제공하도록 구성될 수 있다.

[0027] 도 5는 플로팅 트리를 이용하여 완전한 결정 트리를 구성할 때 수행될 수 있는 단계들의 예를 보인 것이다. 예를 들면, 일 실시형태에 있어서, 하나 이상의 플로팅 트리 중 첫번째는 제1 부류의 결합들만에 대한 비너이고, 하나 이상의 플로팅 트리 중 두번째는 제2 부류의 결합들만에 대한 비너이며, 결정 트리는 적어도 제1 및 제2 부류의 결합들의 분류를 위해 생성된다. 이러한 일 실시형태에 있어서, 결정 트리의 설정(setup)은 틸 유형 결합에 대한 SCB의 구축을 포함할 수 있다. 특히, SCB는 틸 유형 결합을 다른 유형의 결합들로부터 분리하기 위해

도 1에 도시된 것처럼 설정될 수 있다. 그러나 도 1에 도시된 결정 트리와는 달리 SCB는 틸 유형 결함을 다른 특정 유형의 다른 결함들로부터 분리하지 않을 수 있다. 다시 말해서, 결함들을 틸 및 굽힘으로 분리하는 대신에, SCB는 결함들을 틸 유형과 다른 (미지정) 결함 유형으로 단순히 분리할 수 있다. 유사한 방식으로, 결정 트리의 설정은 굽힘 유형 결함에 대한 SCB의 구축을 포함할 수 있다. 이러한 일 실시형태에 있어서, 굽힘 결함에 대한 SCB는 굽힘 유형 결함을 다른 결함 유형들로부터 분리하기 위해 도 1에 도시된 것처럼 설정될 수 있다. 그러나 도 1에 도시된 결정 트리와는 달리 SCB는 굽힘 유형 결함을 다른 특정 유형의 다른 결함들로부터 분리하지 않을 수 있다. 다시 말해서, 결함들을 굽힘 및 틸로 분리하는 대신에, SCB는 결함들을 굽힘 유형과 다른 (미지정) 결함 유형으로 단순히 분리할 수 있다. 그 다음에, 결정 트리의 설정은 2개의 SCB를 새로운 분류기에 부착하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들면, 도 5에 도시된 바와 같이, 2개의 결함 유형에 대한 결정 트리(500)는 틸 유형 결함에 대한 SCB(502)와 굽힘 유형 결함에 대한 SCB(504)를 포함할 수 있다. 그러므로 틸 유형 결함에 대한 SCB는 결함들을 틸 결함 및 다른 결함으로 분리할 수 있고, 상기 다른 결함들이 굽힘 유형 결함에 대한 SCB로 보내질 수 있으며, 굽힘 유형 결함에 대한 SCB는 그 다음에 상기 다른 결함들을 굽힘 결함과 다른 결함으로 분리할 수 있다.

[0028] 일부 실시형태에 있어서, 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 단계는 적어도 하나의 플로팅 트리를 반입하는 단계와, 웨이퍼에서 검출된 결함들의 데이터를 맞추기 위해 상기 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리의 하나 이상의 파라미터를 조정하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 플로팅 트리의 능력을 이용해서, 사용자는 범프 및 굽힘과 같은 공통 결함들에 대한 SCB를 사전 구축할 수 있고, 이것은 임의의 사용자에게 의해 쉽게 사용될 수 있다. 또한, SCB는 특정 반도체 처리 계층의 범프 및 굽힘과 같이 반도체 제조 공정의 많은 공통 결함 유형에 대하여 구성될 수 있다. 이러한 플로팅 트리들은 상자 외(out-of-box, OOB) 비너라고 부를 수 있다. 이 방식으로, SCB는 OOB 비너로서 절약될 수 있다. 그래서, 사전 구축된 SCB는 스타터로서 사용되는 OOB 또는 분류기를 구축하기 위한 템플릿으로 될 수 있다.

[0029] 일 실시형태에 있어서, 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리의 하나 이상의 파라미터를 조정하는 단계는 적어도 하나의 반입된 플로팅 트리를 결함들의 데이터에 적용한 결과들의 불순도(impurity) 및 마진(margin)을 최적화하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 사용자가 OOB 비너를 새로운 데이터 집합의 새로운 분류기로 반입한 때, OOB의 커트라인은 상기 새로운 데이터 집합에 대해 잘 작용하지 않을 수 있다. 이러한 일 실시형태에 있어서, 굽힘 유형 결함에 대한 OOB는 지형학적 높이에 대한 노드와 크기에 대한 노드인 2개의 노드를 포함하고, 이들은 굽힘 유형 결함을 웨이퍼의 다른 결함들로부터 분리하기 위해 사용된다. 2개의 노드에 대한 커트라인은 훈련 데이터의 속성 막대그래프에 기초하여 결정될 수 있다. 그러나 훈련 데이터를 발생시키기 위해 사용되는 데이터 외의 웨이퍼에 대한 데이터는 훈련 데이터와 상이할 수 있다. 그 경우에, OOB의 각 노드에서 2개의 메트릭, 즉 불순도와 마진을 최적화함으로써 새로운 데이터 및 주어진 훈련 집합을 맞추기 위해 커트라인을 자동으로 조정할 수 있는 방법이 개발된다. 예를 들면, 속성 막대그래프는 새로운 데이터에 대하여 발생될 수 있다. 제1 노드에 대한 커트라인은 속성치의 함수로서 불순도(IP(x))와 마진(M(x))을 결정함으로써 새로운 데이터를 맞추기 위해 조정될 수 있다. 특히, 커트라인은 저장된 값에 대한 최상의 정합 불순도 및 마진을 산출하는 위치에서 설정될 수 있다. 또한, 제2 노드 및/또는 임의의 다른 레벨 2 노드에 대한 커트라인은 속성치의 함수로서 불순도와 마진을 결정함으로써 새로운 데이터를 맞추기 위해 전술한 바와 같이 조정될 수 있다. 이와 같이 커트라인은 OOB에 포함된 각 노드에 대하여 조정될 수 있다. 이 방식으로, 방법은 OOB를 새로운 웨이퍼 데이터에 대하여 자동으로 적응시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0030] 새로운 분류기를 형성하기 위해 상이한 SCB를 결합하는 다른 방법들이 있다. 예를 들면, 일 실시형태에 있어서, 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 단계는 하나 이상의 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 배열하는 단계를 포함한다. 그래서 여기에서 설명하는 생성하는 단계는 한번에 하나의 SCB를 구축하고 그러한 SCB를 완전한 결정 트리 분류기로 결합함으로써 분류기를 구성하는 설정 절차를 포함할 수 있고, 이때 SCB는 캐스케이드 방식으로 구성된다. 또한, 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 단계는 하나 이상의 플로팅 트리에 의해 빈(bin)되는 결함들의 부류의 임계성, 하나 이상의 플로팅 트리에 의해 빈되는 결함들의 부류의 순도, 또는 하나 이상의 플로팅 트리의 정확도에 기초하여 캐스케이드 방식으로 하나 이상의 플로팅 트리를 배열하는 단계를 포함할 수 있다. 이 방식으로, 새로운 분류기를 형성하는 한가지 가능한 방법은 플로팅 트리를 캐스케이드 방식으로 구성하고 SCB를 더 많은 임계 결함들을 먼저 빈하기 위해 사용될 수 있는 그들의 임계성, 빈되는 에러를 최소화하기 위해 사용될 수 있는 그들의 순도, 및 그들의 정확성에 따라 정돈하는 것이다. 추가적으로 또는 대안적으로, 여기에서 설명하는 생성하는 단계는 분류기를 SCB가 다중 부류 비너로 교체되는 캐스케이드 방식으로 구성하기 위한 설정 절차를 포함할 수 있다.



- [0031] 이 방식으로, 캐스케이드 타입 배열을 가진 결정 트리는 캐스케이드 방식으로 배열된 SCB만을 포함할 수 있고, 또는 캐스케이드 방식으로 배열된 SCB와 다중 부류 비너의 일부 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 각각의 플로팅 트리는 하나 이상의 결합 유형을 고려할 수 있다. 하나의 플로팅 트리에서 고려되지 않는 유형은 표시되지 않고 다음 트리의 제1 노드로 아래로 진행할 수 있다. 고려되는 유형의 결합은 그 트리로부터 부류 코드가 지정되고 다음 트리로는 캐스케이드 다운(cascade down)하지 않는다.
- [0032] 직렬 조직에서 플로팅 트리를 포함한 결정 트리를 생성하기 위한 UI에 있어서, OOB로서 사용될 수 있는 각종 SCB는 UI의 하나의 패널 또는 창에서 디스플레이될 수 있다. 모든 트리들은 트리의 명칭을 보여주는 트리 페인(tree pane)에서 이 방식으로 보여질 수 있고, 트리는 전술한 순서들 중 하나로 상기 트리 페인에서 보여질 수 있다. 예를 들면, 트리는 임계성의 순서로 최상부로부터 최하부까지 보여질 수 있다. 사용자는 트리를 선택하고 트리 다음의 상향 또는 하향 화살표를 클릭함으로써 상기 순서를 변경할 수 있다. SCB는 브리지, 입자, SEM 넌 비주얼(SEM non-visual, SNV), 범프, 및 큰 시야(FOV) SNV와 같은 각종 유형의 결합에 대한 SCB를 포함할 수 있다. SCB 외에, 임의의 다른 OOB가 동일한 패널 또는 창에서 디스플레이될 수 있다. 그 다음에 사용자는 결정 트리에 포함시키고자 하는 것을 식별하기 위해 이용 가능한 OOB 및 아마도 상기 이용 가능한 OOB를 통해 스크롤을 볼 수 있다. 사용자는 패널 또는 창으로부터 결정 트리가 생성되는 주 작업공간 또는 창으로 OOB를 복사하여 붙이고 및/또는 드래그하여 드롭할 수 있다. 전술한 트리 패널에서 트리를 선택하면 더 큰 주 작업공간 패널에서 상기 선택된 트리를 나타낼 수 있다. 트리를 선택하면 상기 선택된 트리를 반영하도록 혼동 행렬(confusion matrix) 및 갤러리를 또한 갱신할 수 있다. 각 플로팅 트리에 대한 혼동 행렬은 임의의 적당한 방식으로 기능할 수 있다. 트리 페인 내의 트리들은 더 큰 주 작업공간 패널에서 편집을 위해 또한 선택할 수 있다. OOB는 결정 트리의 각종 노드로서 사용될 수 있고, 이것은 사용자가 생성한 임의의 다른 정규 노드를 또한 포함할 수 있다.
- [0033] 다른 실시형태에 있어서, 하나 이상의 플로팅 트리를 변경하는 단계는 하나 이상의 플로팅 트리를 병렬 방식으로 배열하는 단계를 포함한다. 이 방식으로, 플로팅 트리들을 병렬 방식으로 구성함으로써 새로운 분류기가 생성될 수 있고(이것은 "나무숲"(forest of trees)이라고 부를 수 있다), 이때 모든 결합들은 모든 SCB를 병렬로 통과한다. 그래서, 여기에서 설명하는 생성하는 단계는 한번에 하나의 SCB를 구축하고 상기 SCB를 완전한 결정 트리 분류기로 결합함으로써 분류기를 구성하기 위한 설정 절차를 포함할 수 있고, 여기에서 SCB는 병렬 방식으로 구성된다. 추가적으로 또는 대안적으로, 여기에서 설명하는 생성하는 단계는 SCB가 다중 부류 비너로 교체되는 병렬 방식으로 분류기를 구성하기 위한 설정 절차를 포함할 수 있다. 이 방식으로, 병렬 유형 배열을 가진 결정 트리는 병렬로 배열된 SCB만을 포함할 수 있고, 또는 병렬로 배열된 SCB와 다중 부류 비너의 임의 조합을 포함할 수 있다. 더 나아가, 생성하는 단계는 SCB가 "나무숲" 분류기로 교체되는 병렬("나무숲") 방식으로 분류기를 구성하기 위한 설정 절차를 포함할 수 있다.
- [0034] 플로팅 트리를 병렬 방식으로 배열하면 플로팅 트리의 직렬 조직에 비하여 많은 장점을 제공한다. 예를 들면, 결정 트리 노드의 직렬 조직에서와는 달리 "나무숲" 배열에서는 하나의 노드의 순도 및/또는 정확도의 조정이 임의의 다른 노드의 입력 모집단에 영향을 주지 않을 것이다. 또한, 직렬 조직과는 달리 병렬로 배열된 노드들은 어느 것도 훈련을 위한 불충분한 결합 모집단을 갖지 않을 것이다.
- [0035] 일 실시형태에 있어서, 여기에서 설명하는 바와 같이 결합들을 분류하는 단계는 각각의 결합이 2개 이상의 부류로 bin되는지 결정하는 단계와, 결합이 2개 이상의 부류로 bin되는 경우 결합의 최종 분류를 결정하기 위해 결합이 bin되는 부류들 중에서 중재하는 단계를 포함한다. 이 방식으로, 주어진 결합에 대한 최종 부류는 결합이 bin되었던 부류들에서의 중재에 기초를 둘 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 중재는 부류의 임계성, 부류의 순도, 부류의 정확도, 그들의 훈련 집합 내의 부류에 대한 bin들의 크기, 결합이 분류된 부류의 수 및 유형의 통계적 측정치, 또는 이들의 조합에 기초하여 수행될 수 있다. 이 방식으로, 부류들 중 중재는 그들의 임계성, 그들의 순도, 그들의 정확도, 훈련 집합 내 그들의 bin의 크기, 상기 특성들의 일부 조합, 또는 결합이 bin되었던 부류들의 수 및 유형에 대한 일부 통계적 측정치에 기초하여 수행될 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 상기 중재는 부류들의 우선순위(priority)에 기초하여 수행된다.
- [0036] 도 6은 플로팅 트리가 병렬 조직으로 배열된 "나무숲" 분류기 구조의 실시형태를 보인 도이다. 특히, 도 6에 도시된 바와 같이, 분류기는 임의 유형의 노드일 수 있는 노드(600)를 포함한다. 이 노드는 결합들을 2개의 bin(602, 604)으로 분리할 수 있다. bin(602, 604) 내의 결합들은 상이한 나무숲 분류기(606, 608)에 의해 각각 처리될 수 있다. 특히, bin(602) 내의 결합들은 서로 병렬로 배열된 SCB(610, 612, 614)에 보내질 수 있다. 또한, bin(604) 내의 결합들은 서로 병렬로 배열된 SCB(616, 618)에 보내질 수 있다. 그러므로 bin(602) 내의 결합들은 모두 나무숲 분류기(606)의 각 트리에 보내지고, bin(604) 내의 결합들은 모두 나무숲 분류기(608)의 각 트리에 보내질 수 있다. 이 방식으로 결합은 "숲" 내의 각 트리에 의해 처리될 수 있다. 일부 경우에, 나무숲 분류기는

유입되는 결합 모집단을 나무숲에 포함된 플로팅 트리에 분배하도록 구성된 분배기(도시 생략됨)를 각각 포함할 수 있다.

[0037] 각각의 결합에 대하여, 각 SCB는 결합을 빈하거나 결합에 대한 미분류 빈 코드를 반송할 것이다. 이 방식으로, 각각의 나무숲 내의 각 SCB는 결합들의 다른 하위 모집단을 생성할 것이고, 임의의 특수한 결합은 2개 이상의 하위 모집단에 포함될 수 있다. 예를 들면, SCB(610, 612, 614)는 각각 결합 하위 모집단(620, 622, 624)을 생성할 수 있다. 하위 모집단(620, 622, 624) 중 임의의 하나에 포함된 임의의 결합은 상기 하위 모집단 중 임의의 다른 하위 모집단에 포함될 수 있다. 또한, SCB(616, 618)는 각각 결합 하위 모집단(626, 628)을 생성할 수 있다. 하위 모집단(626, 628) 중 임의의 하나에 포함된 임의의 결합은 상기 하위 모집단 중 임의의 다른 하위 모집단에 포함될 수 있다. 그래서, 복수의 트리가 서로 충돌하는 빈 코드를 가진 결합을 빈하는 경우가 있을 수 있다. 그러므로 도 6에 도시된 나무숲 분류기들은 2개 이상의 하위 모집단에 포함된 임의의 결합에 대한 최종 부류를 결정하도록 구성된 중재자를 포함한다. 예를 들면, 나무숲 분류기(606)는 중재 노드(630)를 포함하고, 나무숲 분류기(608)는 중재 노드(632)를 포함한다. 중재자는 모든 트리로부터의 결과들을 처리하고 임의의 충돌을 해결한다. 예를 들면, 중재자는 나무숲 분류기 내 SCB에 대응하는 부류들의 우선순위에 기초하여 결합들의 최종 부류를 결정할 수 있고, 상기 우선순위는 사용자에게 의해 특정될 수 있다. 특히, 만일 결합이 수 개의 트리에 의해 수 개의 충돌하는 코드로서 빈되면 최고 "우선순위"를 가진 빈 코드가 승리한다. 빈 코드의 속성은 최고 우선순위를 "1"로, 그 다음을 "2"로 등과 같이 정수로 표현될 수 있다. 절대치로 최저 우선순위를 가진 빈 코드는 "0"의 우선순위가 지정될 수 있다. 여기에서 설명하는 실시형태들은 각각의 빈 코드에 대하여 독특하게 자동으로 우선순위를 부여할 수 있다. 예를 들어서 만일 사용자가 다른 빈에 대하여 이미 존재하는 우선순위 값을 입력하면, 실시형태들은 그 자리를 만들기 위해 다른 빈들의 충돌하는 우선순위들을 자동으로 밀어낼 수 있다(즉, 증분). 이 방식으로, 중재자는 임의의 수의 결합을 포함한 다수의 빈(634)을 발생시킬 수 있다. 중재자에 의해 만들어진 빈은 클라이언트 소프트웨어에 반송될 수 있다.

[0038] 병렬 조직으로 플로팅 트리를 배열함으로써 결정 트리를 생성하는 UI는 플로팅 트리를 직렬 조직으로 배열하는 것에 대하여 위에서 설명한 것과 유사하다.

[0039] 플로팅 트리의 병렬 조직은 새로운 결합 유형을 취급함에 있어서 최상의 융통성을 제공하고 각각의 기존 비너를 각각의 다른 비너로부터 격리시킨다. 그러나 플로팅 트리의 병렬 조직은 각각의 결합이 나무숲 내의 각 SCB를 통과하여야 하기 때문에 플로팅 트리의 직렬 조직을 가진 결정 트리에 비하여 플로팅 트리가 포함된 결정 트리를 이용하는 ADC의 실행 시간을 증가시킬 수 있다.

[0040] 병렬 "나무숲" 분류기 구조의 경우에는 병렬 구조 "나무숲" 분류기의 중간(중재 전) 결과를 분석할 수 있고, 이것에 의해 수동 결합 분류를 요구하지 않는 강력한 분류기 모니터링 및 품질 평가를 제공할 수 있다. 또한, 실시형태들은 분류기 건전성(health)을 모니터링하기 위해 나무숲 빈과 미분류 결합 간의 혼합을 이용할 수 있다. 예를 들면, 결합들의 모집단은 나무숲 배열의 2개 이상의 SCB를 통하여 보내질 수 있다. SCB의 모집단은 여기에서 설명하는 것처럼 설정될 수 있다. 실시형태들은 중재된 코드뿐만 아니라 수신된 각 결합의 모든 부류 코드를 제공할 수 있다. 예를 들면, 실시형태들은 나무숲에 보내진 각 결합의 리스팅 및 각 결합이 분류된 빈들의 표시를 제공할 수 있다. 이 정보는 케이엘에이-텐코로부터 상업적으로 입수 가능한 클라리티(Klarity)와 같은 다른 소프트웨어에 보내질 수 있다. 또한, 이 정보는 2개 이상의 부류 코드를 가진 결합들의 수 및 임의의 다른 빈에 의해 역시 포착된 임의의 하나의 빈 내의 결합들의 총 수를 결정하는데 사용될 수 있다. 이러한 분류기 모니터링은 수동 분류 및 어떤 빈이 문제가 있는지 제안하는 순간 피드백 없이 민감한 분류기 모니터링을 제공하기 때문에 유리하다.

[0041] 여기에서 설명하는 것처럼 결정 트리를 생성하는 단계는 일부 노드를 캐스케이드 방식으로 배열하고 다른 노드들을 병렬 방식으로 배열하는 단계를 또한 포함할 수 있다. 예를 들면, 결정 트리는 FOV의 크기(예를 들면, 소형, 중간 및 대형)에 기초하여 결합들의 모집단을 분리하는 제1 노드를 포함할 수 있다. 이 노드에 의해 생성된 각각의 하위 모집단은 추가의 노드에 보내질 수 있다. 이러한 추가의 노드들은 각각의 하위 모집단을 결합들이 위치되는 패턴의 유형(예를 들면, 어레이 및 랜덤)에 기초하여 하위-하위 모집단으로 분리할 수 있다. 그 다음에 각각의 하위-하위 모집단은 나무숲 유형 분류기로 보내질 수 있고, 그 각각의 뒤에는 중재 로직이 따를 수 있다. 그러므로 중재 로직의 출력은 결합들의 최종 빈을 포함할 수 있다.

[0042] 방법은 또한 결합들에게 결정 트리를 적용함으로써 웨이퍼에서 검출된 결합들을 분류하는 단계를 포함한다. 결합들에게 결정 트리를 적용하는 단계는 임의의 적당한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들면, 여기에서 설명하는 결정 트리가 일단 생성되면, 그 결정 트리는 임의의 다른 결정 트리와 동일한 방식으로 사용될 수 있다. 또한,

일 실시형태에 있어서, 결함들을 분류하는 단계는 자동으로 수행된다. 예를 들면, 여기에서 설명하는 결정 트리는 임의의 ADC 방법 또는 시스템에서 사용될 수 있다.

[0043] 전술한 결정 트리를 생성하는 단계 및 결함들을 분류하는 단계(및 임의의 다른 단계)는 여기에서 추가로 설명하는 바와 같이 구성될 수 있는 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0044] 여기에서 설명하는 실시형태들은 반도체 결함 분류를 위해 결정 트리를 생성하고 이용하는 현재 사용되고 있는 다른 방법 및 시스템에 비하여 많은 장점을 갖는다. 예를 들면, 여기에서 설명하는 실시형태들은 분류기 구성을 위한 UI의 작업공간에서 클러터를 제거하고 부동산을 절약하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 실시형태들은 구축하기가 더 용이한 단일 부류 분류기를 제공한다. 예를 들면, 여기에서 설명하는 실시형태들은 인간이 한번에 하나의 결함 유형을 생각할 수 있는 직관적 설정을 제공함으로써 사용의 용이성을 극적으로 개선한다. 또한, 설정은 데이터가 하위 노드에서 덜 단편화되기 때문에 더 용이하다. 더 나아가, 개념적으로 단순한 결정 트리는 실제로 UI에서 단순함으로 볼 수 있다. 여기에서 설명하는 실시형태들은 개별 부류들의 순도 및 정확도를 다른 부류들과 무관하게 조정하는 능력을 또한 제공한다. 결정 트리를 유지하는 것은 사용자가 한번에 1 유형의 결함을 조정(tweak)할 수 있기 때문에 또한 더 쉽다. 또한, 여기에서 설명하는 실시형태들은 포트(port)하기에 더 용이한 단일 부류 분류기를 제공한다. 더 나아가, 여기에서 설명하는 실시형태에 있어서, 분류기를 구축하는 것은 SCB 또는 OOB 비너의 조립 및 이들의 구성이 캐스케이드 방식 또는 병렬 방식으로 되게 할 수 있다. SCB의 캐스케이드 오더링은 또한 캐스케이드의 명시적 구조를 통해 다른 유형의 분류 우선순위화를 가능하게 한다. SCB의 병렬 정돈은 중재 로직의 사용을 통해 다른 유형의 분류 우선순위화를 가능하게 한다. 또한, 병렬 구조("나무숲") 분류기의 중간(중재 전) 결과 분석은 수동 결함 분류를 요구하지 않는 강력한 분류기 모니터링 및 품질 평가를 가능하게 한다.

[0045] 전술한 방법 실시형태들은 각각 여기에서 설명하는 임의의 다른 방법의 임의의 다른 단계를 포함할 수 있다. 또한, 전술한 방법 실시형태들은 각각 여기에서 설명하는 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0046] 여기에서 설명하는 모든 방법들은 방법 실시형태의 하나 이상의 단계들의 결과를 비일시적 컴퓨터 판독가능 기억 매체에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 결과들은 여기에서 설명하는 임의의 결과들을 포함하고 업계에 공지된 임의의 방식으로 저장될 수 있다. 기억 매체는 여기에서 설명하는 임의의 기억 매체 또는 업계에 공지된 임의의 다른 적당한 기억 매체를 포함할 수 있다. 결과들이 저장된 후에, 상기 결과들은 기억 매체에서 접근될 수 있고 여기에서 설명하는 임의의 방법 또는 시스템 실시형태에 의해 사용되며, 사용자에게 디스플레이하기 위해 포맷되고, 다른 소프트웨어 모듈, 방법 또는 시스템 등에 의해 사용될 수 있다. 예를 들면, 방법이 결함들을 분류한 후에, 방법은 결함 분류에 대한 정보를 기억 매체에 저장하는 단계를 포함할 수 있다.

[0047] 추가의 실시형태는 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하는 컴퓨터 구현 방법을 수행하기 위해 컴퓨터 시스템에서 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체와 관련된다. 그러한 일 실시형태가 도 7에 도시되어 있다. 특히, 도 7에 도시된 바와 같이, 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체(700)는 컴퓨터 시스템(704)에서 실행 가능한 프로그램 명령어(702)를 포함한다. 컴퓨터 구현 방법은 전술한 방법의 단계들을 포함한다. 프로그램 명령어가 실행할 수 있는 컴퓨터 구현 방법은 여기에서 설명하는 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다.

[0048] 여기에서 설명하는 것과 같은 방법을 구현하는 프로그램 명령어(702)는 컴퓨터 판독가능 매체(700)에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는 자기 또는 광 디스크, 자기 테이프, 또는 업계에 공지된 임의의 적당한 다른 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체와 같은 기억 매체일 수 있다.

[0049] 프로그램 명령어는 다른 무엇보다도 특히 절차 기반 기법, 컴포넌트 기반 기법, 및/또는 객체 지향 기법을 포함한 임의의 각종 방법으로 구현될 수 있다. 예를 들면, 프로그램 명령어는 필요에 따라 액티브X 컨트롤, C++ 오브젝트, 자바빈스, 마이크로소프트 파운데이션 클래스("MFC"), 매트랩(Matlab), 또는 다른 기술 또는 방법을 이용하여 구현될 수 있다.

[0050] 컴퓨터 시스템은 퍼스널 컴퓨터 시스템, 이미지 컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 네트워크 기기, 인터넷 기기 또는 다른 장치를 비롯한 각종 형태를 취할 수 있다. 일반적으로, 용어 "컴퓨터 시스템"은 메모리 매체로부터의 명령어를 실행하는 하나 이상의 프로세서를 구비한 모든 장치를 망라하도록 넓게 규정된다. 컴퓨터 시스템은 또한 병렬 프로세서와 같은 업계에 공지된 임의의 적당한 프로세서를 포함할 수 있다. 더 나아가, 컴퓨터 시스템은 독립형 도구 또는 네트워크형 도구로서 고속 처리 및 소프트웨어를 구비한 컴퓨터 플랫폼을 포함할 수 있다.



- [0051] 다른 하나의 실시형태는 웨이퍼 검사 툴과 관련된다. 이러한 툴의 일 실시형태가 도 8에 도시되어 있다. 웨이퍼 검사 툴은 웨이퍼의 적어도 일부를 주사하고 이것에 의해 웨이퍼의 적어도 일부로부터의 광에 응답하여 출력을 발생시키도록 구성된 광학 서브시스템을 포함한다. 예를 들면, 도 8에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 검사 툴은 광학 서브시스템(800)을 포함한다.
- [0052] 도 8에 도시된 바와 같이, 광학 서브시스템은 광원(804)을 포함한다. 광원(804)은 광대역 플라즈마 광원과 같이 업계에 공지된 임의의 적당한 광원을 포함할 수 있다. 광원(804)은 광을 빔 스플리터(806)에 지향하도록 구성되고, 빔 스플리터(806)는 광원(804)으로부터의 광을 굴절 광학 요소(808)에 반사하도록 구성된다. 굴절 광학 요소(808)는 빔 스플리터(806)로부터의 광을 웨이퍼(810)에 집속하도록 구성된다. 빔 스플리터(806)는 50/50 빔 스플리터와 같은 임의의 적당한 빔 스플리터를 포함할 수 있다. 굴절 광학 요소(808)는 임의의 적당한 굴절 광학 요소를 포함할 수 있고, 비록 도 8에는 굴절 광학 요소(808)가 단일 굴절 광학 요소로서 도시되어 있지만, 굴절 광학 요소(808)는 하나 이상의 굴절 광학 요소 및/또는 하나 이상의 반사 광학 요소로 교체될 수 있다.
- [0053] 그러므로 광원(804), 빔 스플리터(806) 및 굴절 광학 요소(808)는 광학 서브시스템의 조명 채널을 형성할 수 있다. 조명 채널은 스펙트럼 필터와 같은 하나 이상의 필터 및 하나 이상의 편광 컴포넌트와 같은 임의의 다른 적당한 요소(도 8에는 도시 생략됨)를 포함할 수 있다. 도 8에 도시된 바와 같이, 광원, 빔 스플리터 및 굴절 광학 요소는 광이 수직 또는 실질적으로 수직 입사각으로 웨이퍼에 지향되도록 구성된다. 그러나 광은 임의의 다른 적당한 입사각으로 웨이퍼에 지향될 수도 있다.
- [0054] 광학 서브시스템은 임의의 적당한 방식으로 웨이퍼 위에 광을 주사하도록 구성될 수 있다.
- [0055] 조명에 의해 웨이퍼(810)로부터 반사된 광은 굴절 광학 요소(808)에 의해 수집되고 빔 스플리터(806)를 통해 검출기(812)로 지향될 수 있다. 그러므로 굴절 광학 요소, 빔 스플리터 및 검출기는 광학 서브시스템의 검출 채널을 형성할 수 있다. 검출기는 전하 결합 소자(CCD)와 같은 업계에 공지된 임의의 적당한 이미징 검출기를 포함할 수 있다. 이 검출 채널은 하나 이상의 편광 컴포넌트, 하나 이상의 공간 필터, 하나 이상의 스펙트럼 필터 등과 같은 하나 이상의 추가적인 컴포넌트(도 8에는 도시 생략됨)를 또한 포함할 수 있다. 검출기(812)는 검출기에 의해 검출된 반사광에 응답하는 출력을 발생시키도록 구성된다. 출력은 신호, 신호 데이터, 이미지, 이미지 데이터 및 임의의 다른 적당한 출력을 포함할 수 있다.
- [0056] 전술한 바와 같이 광학 서브시스템에 포함된 검출기는 웨이퍼로부터 반사된 광을 검출하도록 구성될 수 있다. 그러므로 광학 서브시스템에 포함된 검출 채널은 명시야(bright field, BF) 채널로서 구성될 수 있다. 그러나 광학 서브시스템은 웨이퍼의 조명에 기인하여 웨이퍼로부터 산란된 광을 검출하도록 사용될 수 있는 하나 이상의 검출 채널(도시 생략됨)을 포함할 수 있다. 또한, 도 8에 도시된 검출 채널의 하나 이상의 파라미터는 검출 채널이 웨이퍼로부터 산란된 광을 검출하도록 변경될 수 있다. 이 방식으로 광학 서브시스템은 암시야(dark field, DF) 툴 및/또는 BF 툴로서 구성될 수 있다.
- [0057] 웨이퍼 검사 툴은 광학 서브시스템에 결합된 컴퓨터 서브시스템을 또한 포함한다. 예를 들면, 컴퓨터 서브시스템은 광학 서브시스템의 검출기에 결합될 수 있다. 이러한 일 예에 있어서, 도 8에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 서브시스템(814)은 광학 서브시스템(800)의 검출기(812)에 결합된다(예를 들면, 도 8에 대시 선으로 도시된, 업계에 공지된 임의의 적당한 전송 매체를 포함한 하나 이상의 전송 매체에 의해). 컴퓨터 시스템은 임의의 적당한 방식으로 검출기에 결합될 수 있다. 컴퓨터 시스템은 광학 서브시스템에 의해 발생한 웨이퍼에 대한 이미지 및 임의의 다른 정보가 컴퓨터 시스템에 전송될 수 있도록, 및 선택적으로 컴퓨터 시스템이 여기에서 설명하는 하나 이상의 단계를 수행하도록 광학 서브시스템에 명령어를 전송할 수 있도록 임의의 다른 적당한 방식으로 광학 서브시스템에 결합될 수 있다.
- [0058] 컴퓨터 시스템(814)은 광학 서브시스템에 의해 발생한 출력에 기초하여 웨이퍼에서 결함을 검출하도록 구성된다. 컴퓨터 서브시스템은 임의의 적당한 방식으로 웨이퍼에서 결함을 검출하도록 구성될 수 있다. 컴퓨터 서브시스템은 또한 결정 트리의 하나 이상의 플로팅 트리를 변경함으로써 결함의 분류를 위한 결정 트리를 생성하도록 구성된다. 하나 이상의 플로팅 트리는 개별 유닛으로서 다루어지는 하위 트리이다. 또한, 컴퓨터 서브시스템은 결함들에게 결정 트리를 적용함으로써 웨이퍼에서 검출된 결함들을 분류하도록 구성된다. 각각의 이러한 단계는 여기에서 설명하는 것처럼 수행될 수 있다. 더 나아가, 컴퓨터 서브시스템은 여기에서 설명하는 임의의 다른 단계(들)를 수행하도록 구성될 수 있다. 도 8에 도시된 웨이퍼 검사 툴은 여기에서 설명하는 것처럼 또한 구성될 수 있다.
- [0059] 도 8은 여기에서 설명하는 웨이퍼 검사 툴 실시형태에 포함될 수 있는 광학 서브시스템의 일 구성을 개략적으로



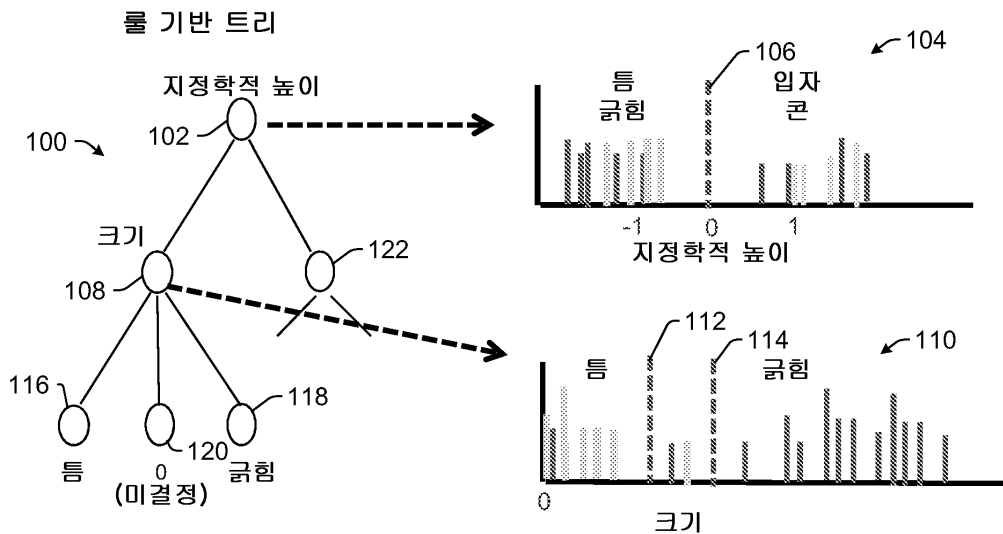
도시한 것임에 주목한다. 명백하게, 여기에서 설명한 광학 서브시스템의 구성은 상업적 검사 툴을 설계할 때 통상적으로 수행되는 것과 같이, 툴의 성능을 최적화하도록 변경될 수 있다. 또한, 여기에서 설명하는 웨이퍼 검사 툴은 캘리포니아주 밀피타스에 소재하는 케이엘에이-텐코로부터 상업적으로 입수가 가능한 28XX, 29XX 및 푸마 9XXX 계열의 툴과 같이 (예를 들면, 여기에서 설명하는 기능을 기존의 검사 툴에 추가함으로써) 기존의 광학 서브시스템을 이용하여 구현될 수 있다. 이러한 일부 툴에 있어서, 여기에서 설명하는 방법은 (예를 들면, 툴의 다른 기능 외에) 툴의 선택적 기능으로서 제공될 수 있다. 대안적으로, 여기에서 설명하는 웨이퍼 검사 툴은 완전히 새로운 툴을 제공하기 위해 "스크래치로부터" 설계될 수 있다. 또한, 웨이퍼 검사 툴의 광학 서브시스템은 결함 검토 툴의 전자빔 서브시스템으로 교체될 수 있고, 컴퓨터 서브시스템은 예컨대 전자빔 이미지 및 이 전자빔 이미지에서 검출된 결함들의 특성을 포함할 수 있는, 전자빔 서브시스템에 의해 발생된 출력을 이용하여 여기에서 설명하는 방법들의 각 단계를 수행하도록 구성될 수 있다. 여기에서 설명한 것처럼 구성될 수 있는 적당한 결함 검토 툴의 예로는 케이엘에이-텐코로부터 상업적으로 입수가 가능한 eDR7110이 있다.

[0060]

본 발명의 각종 양태에 대한 추가적인 수정예 및 대안적인 실시형태가 상기 설명에 비추어 당업자에게 명백할 것이다. 예를 들면, 반도체 웨이퍼의 결함들의 자동 분류를 위한 결정 트리 구성 방법 및 시스템이 제공된다. 따라서, 이 설명은 단지 예시하는 것이고 본 발명을 실시하는 일반적인 방법을 당업자에게 교시하는 용도로 해석되어야 한다. 여기에서 도시하고 설명한 본 발명의 형태는 현재의 양호한 실시형태로서 취해진 것임을 이해하여야 한다. 요소 및 물질들은 여기에서 도시하고 설명한 것들로 대체될 수 있고, 부품 및 공정들은 역으로 될 수 있으며, 본 발명의 소정 특징들은 독립적으로 사용될 수 있다. 이것은 모두 당업자가 본 명세서를 읽음으로써 명백하게 될 것이다. 첨부된 특허 청구범위에 기술되어 있는 본 발명의 정신 및 범위로부터 벗어나지 않고, 여기에서 설명한 각종 요소에 대하여 각종 변경이 이루어질 수 있다.

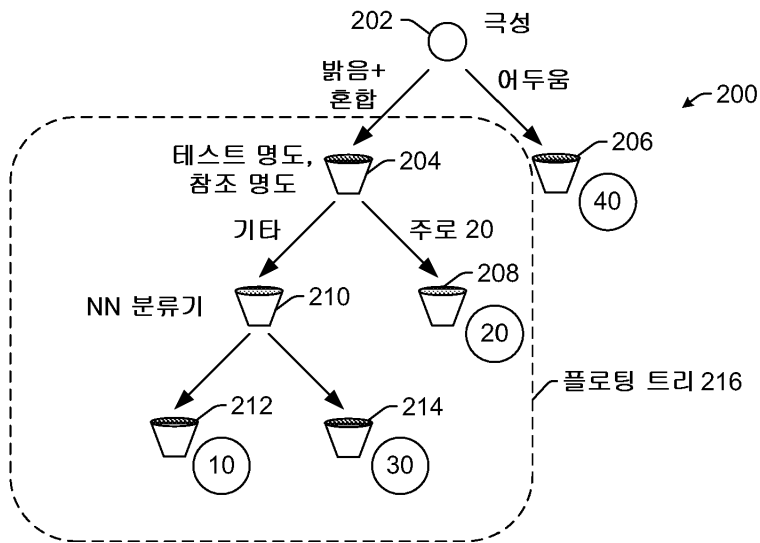
## 도면

### 도면1

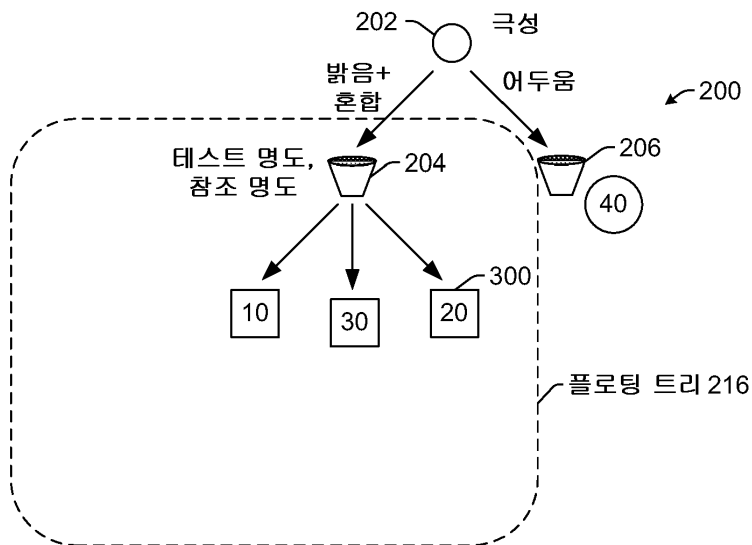


(Related Art)

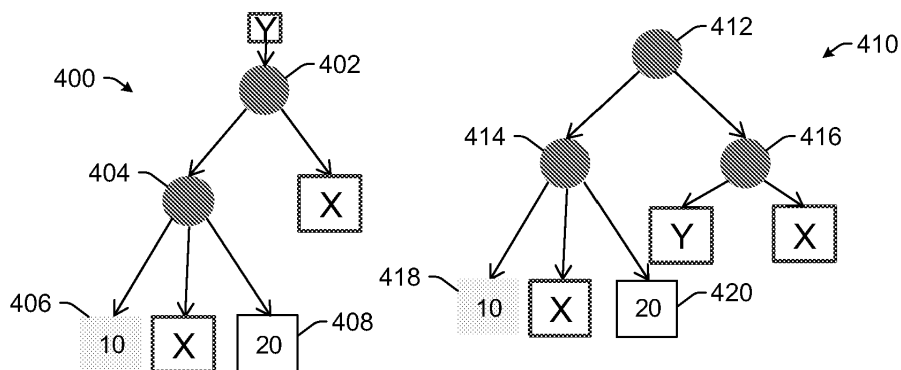
도면2



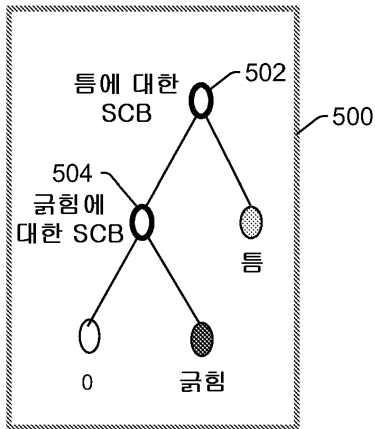
도면3



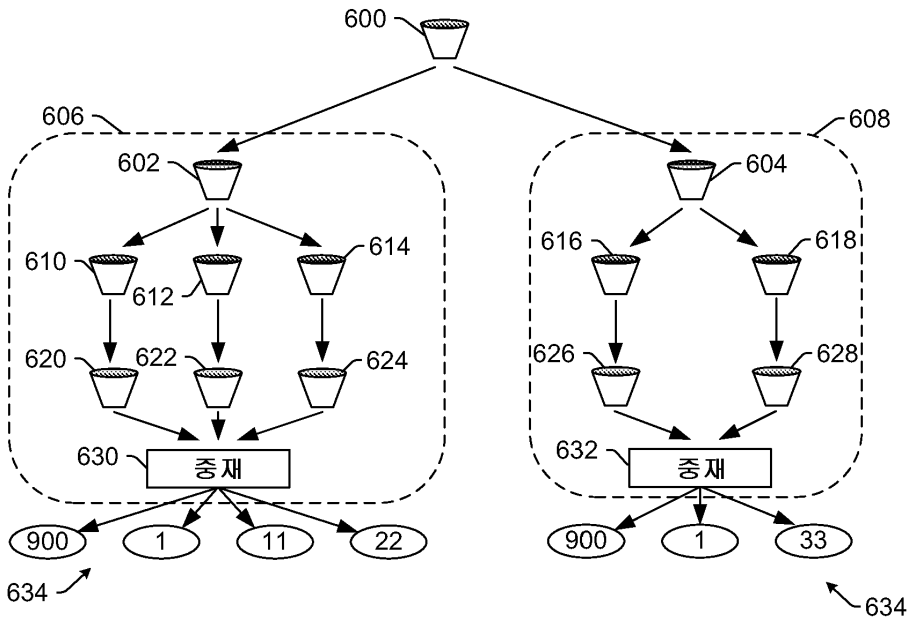
도면4



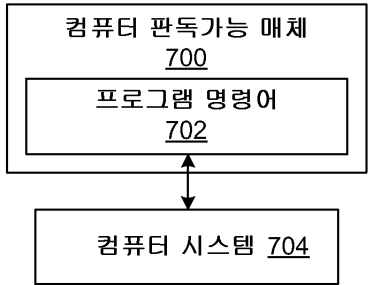
도면5



도면6



도면7



도면8

