



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월16일  
(11) 등록번호 10-1297208  
(24) 등록일자 2013년08월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/66 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0114337

(22) 출원일자 2011년11월04일

심사청구일자 2011년11월04일

(65) 공개번호 10-2013-0049357

(43) 공개일자 2013년05월14일

(56) 선행기술조사문헌

JP2001525918 A

JP2000171404 A

JP2002002421 A

JP2008071988 A

전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자

(주)오로스 테크놀로지

경기도 화성시 삼성1로1길 40 (석우동)

(72) 발명자

박태훈

경기도 용인시 수지구 풍덕천1동 현대아파트  
111-902

강명주

서울특별시 서대문구 대현동 럭키아파트 108-107

(74) 대리인

특허법인대한

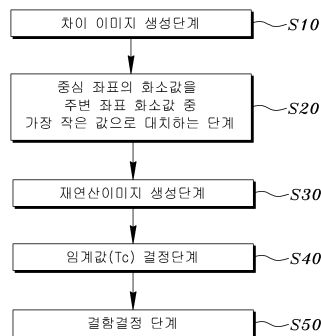
심사관 : 김교홍

(54) 발명의 명칭 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법

**(57) 요약**

본 발명은 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 반도체 웨이퍼에서 정상웨이퍼 표면 이미지(이하, '정상이미지' 라함)와 검사대상 웨이퍼 표면이미지(이하, '검사대상이미지' 라함)검사를 비교하여 결함을 검출하는 방법에 있어서, 획득한 검사대상이미지의 좌표로 표시되는 각 화소값에서 정상이미지의 상기 좌표에 대응하는 각 화소값을 감산하여 얻은 차이값을 통해 차이이미지를 생성하는 차이이미지 생성단계, 상기 차이이미지의 화소값 중 일정 범위내에서 가장 큰 화소값을 갖는 좌표를 중심 좌표로 설정하고, 상기 중심 좌표와 접하는 주변 좌표들의 화소값을 확인한 후, 중심 좌표의 화소값을 이 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대치하여 화소값이 재연산된 재연산이미지 생성단계, 상기 재연산이미지의 화소값을 연산하여 임계값(Tc)을 결정하는 단계;를 포함하여 이루어지고, 상기 화소값을 연산하여 임계값을 별도로 산출하고 상기 임계값을 통해 결함을 산출한다.

**대표도** - 도3



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

반도체 웨이퍼에서 정상웨이퍼 표면 이미지(이하, '정상이미지' 라함)와 검사대상 웨이퍼 표면이미지(이하, '검사대상이미지' 라함)를 비교하여 결함을 검출하는 방법에 있어서,

획득한 검사대상이미지의 각 좌표에 해당하는 각 화소값에서 정상이미지의 상기 각 좌표에 대응하는 각 화소값을 감산하여 얻은 차이값을 통해 차이이미지를 생성하는 제1단계;

상기 차이이미지의 화소값들을 스캐닝하여 비교하면서 주변의 화소값들보다 큰 화소값을 갖는 위치의 좌표를 중심 좌표로 설정하고, 상기 중심 좌표와 접하는 부근을 일정범위로 하여 상기 일정범위에 위치한 좌표들의 화소값을 확인한 후, 상기 중심 좌표의 화소값을 상기 중심 좌표의 주변에 위치한 좌표들의 화소값 중 가장 작은 화소값으로 대체하는 제2단계;

상기 제2단계를 반복하여 진행하면서, 차이이미지의 모든 좌표에 대해 스캐닝하여 주변의 화소값보다 큰 화소값을 주변의 화소값 중 가장 작은값으로 대체한 후 상기 화소값이 재연산된 값을 사용하여 재연산이미지 생성하는 제3단계;

상기 재연산이미지의 화소값을 연산하여 임계값( $T_c$ )을 결정하는 제4단계;를 포함하여 이루어지고,

상기 제2단계에서 스캐닝된 중심 좌표의 화소값과 상기 중심 좌표의 주변 좌표들의 화소값은 다음 스캐닝에서 제외되며,

상기 재연산이미지의 화소값은 통해 임계값을 별도로 산출하고 상기 임계값을 통해 결함을 산출하는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 재연산이미지에서 화소값들과 상기 임계값( $T_c$ )을 비교하여 화소값들 중에 임계값( $T_c$ )보다 큰값을 갖는 화소값은 결함으로 결정하는 결함결정 단계를 더 포함하여 결함을 산출하는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 중심 좌표와 접하는 부근의 일정범위는 최소  $3 \times 3$ 블럭으로 설정하는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 임계값( $T_c$ )은,

상기 재연산이미지의 화소값 전체에 대한 평균과 표준편차를 구하고, 상기 평균과 표준편차를 합산한 값을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 임계값( $T_c$ )은,

누적 히스토그램의 90% 이내 범위에 해당하는 화소값을 대상으로 계산하여 이상값(outlier)에 의한 영향을 최소화시키는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

**청구항 6**

제4항에 있어서, 상기 임계값(Tc)은,

상기 화소값 전체의 최대 및 최소를 고려하여 상수값을 더 구하고, 이 상수값을 상기 표준편차에 곱한 후, 상기 평균에 합산한 합산값을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 화소값은 절대값으로 치환되는 것을 특징으로 하는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 결함 검사방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 검사대상이미지에서 정상이미지를 각 대응되는 좌표 별로 감산하여 차이이미지를 생성하되, 이 차이이미지의 화소값 중 일정 범위내에서 가장 큰 화소값을 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대치하여 화소값이 재연산된 재연산이미지를 이용하여 임계값을 결정하며, 재연산이미지의 화소값을 해당되는 임계값과 비교하여 결함을 결정할 수 있어 종래보다 정밀하게 결함을 검출할 수 있는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 일반적으로, 반도체 장치는 반도체 웨이퍼 상에 정교하게 미세한 패턴을 형성하는 것으로, 패턴을 형성할 때, 먼지 입자가 반도체 웨이퍼의 표면에 부착될 수 있고, 이에 따라, 웨이퍼가 손상될 수 있어 결함이 있는 웨이퍼가 형성될 수 있다.
- [0003] 그리고 패턴을 형성하는 과정에서 다양한 결함이 발생될 수 있으며, 이러한 결함이 존재하는 웨이퍼로 반도체를 제조할 경우, 불량률이 발생되어 폐기해야되는 문제점이 있다.
- [0004] 이에, 반도체 칩으로 패키징하기 전에 웨이퍼 표면을 검사하여 결함이 있는 웨이퍼를 분류하는 과정이 시행되고 있다.
- [0005] 이러한 종래 반도체 웨이퍼의 결함을 검사하는 방법은 특허등록번호 제10-0748861호에 제시된 바와 같이, 결함이 있는 웨이퍼 표면 이미지(이하 원본 이미지라 함.)와 정상 이미지(이하 참조 이미지라 함.)를 비교하여 결함을 결정하기 위한 임계값을 정의하고, 검사를 위한 웨이퍼 표면의 이미지를 픽업하여 임계값과 비교함에 따라 결함 여부를 확인하게 된다.
- [0006] 도 1은 종래 결함 검사하는 방법을 도시한 도면이고, 도 2는 종래 임계값을 적용하여 결함을 확인할 수 있는 그래프를 도시한 도면이다.
- [0007] 도면에서 도시한 바와 같이, 참조 이미지(R)와 검사를 위한 원본 이미지(I)를 획득하여 원본 이미지(I)에서 참조 이미지(R)를 감산하여 차이 이미지(D)를 확인하게 된다.
- [0008] 이는, 각 이미지가 각각의 색상정보를 갖고 있어 원본 이미지(I)와 참조 이미지(R)의 대응되는 좌표 위치별로 색상정보를 감산할 수 있고, 그 결과의 절대값으로 다수의 차이 이미지(D)를 생성할 수 있다.
- [0009] 이러한 모든 차이 이미지(D)를 이용하여 임계값(T)을 정의한 후, 이 임계값(T)과 차이 이미지(D)를 비교하여 해당 색상정보가 임계값(T)보다 높은 차이 이미지(D)의 좌표 위치에 결함이 존재한다고 결정하게 된다.
- [0010] 여기서, 종래 임계값을 정의하는 방법은 웨이퍼의 배경에 해당하는 색상정보보다 높은 색상정보를 갖는 좌표위

치를 모두 확인하고, 모든 해당 좌표위치의 색상정보에 대한 평균(M) 및 표준편차(S)를 계산하여 평균(M)과 표준편차(S)의 합산값을 임계값(T)이라 정의하고, 도 2에서와 같이 도시하고 있다.

[0011] 그러나 검사대상물인 원본 이미지(I)는 이미지 자체의 결함 외에 실제 결함이 아니지만 표시되는 노이즈(sub-pixel misalignment error)가 존재하며, 이러한 노이즈를 결함에서 분리하는 과정에서 실제 결함까지 분류되는 문제점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점들을 해소하기 위해 안출된 것으로써, 획득한 검사대상이미지의 좌표로 표시되는 각 화소값에서 정상이미지의 상기 좌표에 대응하는 각 화소값을 감산하여 얻은 차이값을 통해 차יי이미지를 생성하고, 생성한 차이이미지의 화소값 중 일정 범위내에서 가장 큰 화소값을 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대체하여 화소값이 재연산된 재연산이미지를 생성하며, 이 재연산이미지의 화소값으로 임계값을 결정하며, 재연산이미지의 화소값을 임계값과 비교하여 결함을 산출할 수 있어 결함이 아닌 노이즈를 분류하여 실제 결함을 정밀하게 산출할 수 있고, 이에 제품의 품질을 향상시킬 수 있는 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법을 제공하는 것이 목적이다.

### 과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 이루기 위한 본 발명은, 반도체 웨이퍼에서 정상웨이퍼 표면 이미지(이하, '정상이미지' 라함)와 검사대상 웨이퍼 표면이미지(이하, '검사대상이미지' 라함)검사를 비교하여 결함을 검출하는 방법에 있어서, 획득한 검사대상이미지의 각 좌표에 해당하는 각 화소값에서 정상이미지의 상기 각 좌표에 대응하는 각 화소값을 감산하여 얻은 차이값을 통해 차이이미지를 생성하는 제1단계, 상기 차이이미지의 화소값들을 스캐닝하여 비교하면서 주변의 화소값들보다 큰 화소값을 갖는 위치의 좌표를 중심 좌표로 설정하고, 상기 중심 좌표와 접하는 부근을 일정범위로 하여 상기 일정범위에 위치한 좌표들의 화소값을 확인한 후, 상기 중심 좌표의 화소값을 이 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대체하는 제2단계, 상기 제2단계를 반복하여 진행하면서, 차이이미지의 모든 좌표에 대해 스캐닝하여 주변의 화소값보다 큰 화소값을 주변의 화소값 중 가장 작은값으로 대체한 후 상기 화소값이 재연산된 값을 사용하여 재연산이미지 생성하는 제3단계, 상기 재연산이미지의 화소값을 연산하여 임계값(Tc)을 결정하는 제4단계를 포함하여 이루어지고, 상기 제2단계에서 스캐닝된 중심 좌표의 화소값과 이 주변 좌표 화소값은 다음 스캐닝에서 제외되며, 상기 재연산이미지의 화소값은 통해 임계값을 별도로 산출하고 상기 임계값을 통해 결함을 산출한다.

[0014] 바람직하게, 상기 재연산이미지에서 화소값들과 상기 임계값(Tc)을 비교하여 화소값들 중에 임계값(Tc)보다 큰 값을 갖는 화소값은 결함으로 결정하는 결함결정 단계를 더 포함하여 결함을 산출한다.

[0015] 그리고 상기 중심 좌표와 접하는 부근의 일정범위는 최소 3×3블럭으로 설정한다.

[0016] 또한, 상기 임계값(Tc)은, 상기 재연산이미지의 화소값 전체에 대한 평균과 표준편차를 구하고, 상기 평균과 표준편차를 합산한 값을 포함한다.

[0017] 그리고 상기 임계값(Tc)은, 누적 히스토그램의 90% 이내 범위에 해당하는 화소값을 대상으로 계산하여 이상값(outlier)에 의한 영향을 최소화시킨다.

[0018] 또한, 상기 임계값(Tc)은, 상기 화소값 전체의 최대 및 최소를 고려하여 상수값을 더 구하고, 이 상수값을 상기 표준편차에 곱한 후, 상기 평균에 합산한 합산값을 포함한다.

[0019] 그리고 상기 화소값은 절대값으로 치환한다.

### 발명의 효과

[0020] 상기한 바와 같이, 본 발명에 의한 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법에 의하면, 차이이미지의 화소값 중 일정 범

위내에서 가장 큰 화소값을 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대치하여 화소값이 재연산된 재연산이미지를 생성함에 따라 결함이 아닌 노이즈를 산출하여 감소시킬 수 있고, 이러한 재연산이미지의 화소값으로 임계값을 결정하여 재연산이미지의 화소값과 비교하여 결함을 산출함에 따라 종래보다 정밀하게 결함을 산출할 수 있게 하는 매우 유용하고 효과적인 발명이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0021] 도 1은 종래 결함 검사하는 방법을 도시한 도면이고,
- 도 2는 종래 임계값을 적용하여 결함을 확인할 수 있는 그래프를 도시한 도면이며,
- 도 3은 본 발명에 따른 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법을 도시한 도면이고,
- 도 4는 본 발명에 따른 재연산이미지 생성단계를 도시한 도면이며,
- 도 5는 본 발명에 따른 재연산이미지를 도시한 도면이고,
- 도 6은 본 발명에 따른 임계값을 도시한 도면이며,
- 도 7은 본 발명에 따른 테스트 결과를 도시한 도면이고,
- 도 8은 본 발명에 따른 다른 실시 예의 재연산이미지를 도시한 도면이며,
- 도 9는 다른 실시 예에 따른 테스트 결과를 도시한 도면이고,
- 도 10은 다른 실시 예에 따른 브라이트 필드 테이트의 세부사항을 도시한 도면이며,
- 도 11은 다른 실시 예에 따른 다크 필드 테이트의 세부사항을 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0022] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.
- [0023] 또한, 본 실시 예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것은 아니고 단지 예시로 제시된 것이며, 그 기술적 요지를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변경이 가능하다.
- [0024] 도 3은 본 발명에 따른 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법을 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 재연산이미지 생성단계를 도시한 도면이며, 도 5는 본 발명에 따른 재연산이미지를 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명에 따른 임계값을 도시한 도면이며, 도 7은 본 발명에 따른 테스트 결과를 도시한 도면이고, 도 8은 본 발명에 따른 다른 실시 예의 재연산이미지를 도시한 도면이며, 도 9는 다른 실시 예에 따른 테스트 결과를 도시한 도면이고, 도 10은 다른 실시 예에 따른 브라이트 필드 테이트의 세부사항을 도시한 도면이며, 도 11은 다른 실시 예에 따른 다크 필드 테이트의 세부사항을 도시한 도면이다.
- [0025] 도면에서 도시한 바와 같이, 반도체용 웨이퍼 결함 검사방법은 차이이미지를 생성하는 제1단계(S10)와 중심 좌표의 화소값을 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대치하는 제2단계(S20), 재연산이미지 생성하는 제3단계(S30) 및 임계값(Tc)을 결정하는 제4단계(S40)로 구성된다.
- [0026] 이러한 재연산이미지의 화소값은 통해 임계값(Tc)을 별도로 산출하고, 이 임계값(Tc)을 통해 결함을 산출한다.
- [0027] 먼저, 제1단계(S10)는 획득한 검사대상이미지(I)의 좌표로 표시되는 각 화소값[I(x,y)]에서 정상이미지(R)의 상기 좌표에 대응하는 각 화소값[R(x,y)]을 감산하여 얻은 차이값을 통해 차이이미지(D)를 생성하게 된다.
- [0028] 여기서, 검사대상이미지(I)는 검사대상 웨이퍼 표면이미지를 말하고, 정상이미지(R)는 반도체 웨이퍼에서 정상 웨이퍼 표면 이미지를 말한다.
- [0029] 이 정상웨이퍼 표면 이미지를 얻는 방법은 이미 여러 가지가 제시되어 있으며, 본 발명에서는 이들 방법 중 하나를 선택하여 얻는다.
- [0030] 그리고 생성된 차이이미지(D)의 차이값은  $D(x,y) = I(x,y) - R(x,y)$ 의 수학식으로 결정된다.
- [0031] 일반적으로, 모든 이미지는 화소값을 포함하며, 이 화소값은 일 실시 예로, 흑백 이미지의 경우 0 ~ 255 범위 내에 존재하고, 칼라 이미지(RBG)의 경우 빨간색 0 ~ 255, 파란색 0 ~ 255, 녹색 0 ~ 255 범위 내에서 RGB가

상호 조합되어 존재한다.

- [0032] 이에 따라, 검사대상이미지(I)의 좌표로 표시되는 각 화소값에서 정상이미지(R)의 상기 좌표에 대응하는 각 화소값을 감산할 수 있는 것이다.
- [0033] 본 발명에서의 화소값은 흑백 이미지나 칼라 이미지를 필요에 따라 모두를 적용할 수 있음은 당연하다.
- [0034] 이하, 흑백 이미지와 칼라 이미지에 관계없이 화소값에 대해 설명하기로 한다.
- [0035] 이렇게 생성된 차이이미지(D)는 정상이미지(R)의 배경(정상적인 부분)과 노이즈(배경과 결합이 공존하는 부분) 및 결합이 혼재되어 있는 것으로, 배경을 기준으로 양(+)과 음(-)이 존재한다.
- [0036] 물론, 화소값은 음(-)이 존재하지 않지만, 여기서 표시한 양과 음은 배경을 기준으로 정의된 수치인 것이다.
- [0037] 그리고 제2단계(S20)는 차이이미지(D)의 화소값들을 스캐닝하여 비교하면서 주변의 화소값들보다 큰 화소값을 갖는 위치의 좌표를 중심 좌표로 설정하고, 이 중심 좌표와 접하는 부근을 일정범위로 하여 일정범위에 위치한 좌표들의 화소값을 확인한 후, 중심 좌표의 화소값을 이 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대체하게 된다.
- [0038] 제3단계(S30)는 제2단계(S20)를 반복하여 진행하면서, 차이이미지(D)의 모든 좌표에 대해 스캐닝하여 주변의 화소값보다 큰 화소값을 주변의 화소값 중 가장 작은값으로 대체한 후 이 화소값이 재연산된 값을 사용하여 재연산이미지 생성하게 된다.
- [0039] 다시 말해, 중심 좌표와 접하는 주변 좌표들의 화소값을 확인한 후, 중심 좌표의 화소값을 이 주변 좌표 화소값 중 가장 작은 값으로 대체하여 화소값이 재연산된 재연산이미지(Dc)를 생성하는 것이다.
- [0040] 이때, 제2단계(S20)에서 스캐닝된 중심 좌표의 화소값과 이 주변 좌표 화소값은 다음 스캐닝에서 제외됨이 당연하다.
- [0041] 이와 같이, 재연산이미지(Dc)를 생성하는 이유는 웨이퍼 표면에 존재하는 결합과 노이즈를 분류하는 것으로, 결합을 보존하고 노이즈를 감소시킴으로, 결합을 용이하게 산출하기 위한 것이다.
- [0042] 여기서, 노이즈는 결합이 아니지만, 검사과정에서 발생될 수 있는 것으로, 실제 결합이 아닌 부분을 나타낸다.
- [0043] 이러한 재연산이미지(Dc)의 재연산값은  $Dc(x,y) = \min[D(x + i, y + j)]$ 의 수학적식으로 결정되고,  $i = \pm 1, j = \pm 1$ 이다.
- [0044] 이러한 재연산과정은 도 4에서 도시한 바와 같이, 일 실시 예로, 차이이미지(D)의 일정 범위 화소값 중 가장 높은 화소값 10의 좌표를 중심으로 주변 좌표에 대한 화소값을 확인한다.
- [0045] 그리고 가장 높은 화소값 10을 확인된 주변 화소값 중 가장 작은 화소값인 4로 대체하게 된다.
- [0046] 이에 따라, 일정 범위의 재연산이미지(Dc)가 생성되는 것이다.
- [0047] 또한, 차이이미지(D)의 다른 일정 범위 화소값 중 가장 높은 화소값 7의 좌표를 중심으로 주변 좌표에 대한 화소값을 확인한다.
- [0048] 그리고 가장 높은 화소값 7을 확인된 주변 화소값 중 가장 작은 화소값인 1로 대체하게 된다.
- [0049] 이에 따라, 다른 일정 범위의 재연산이미지(Dc)가 생성되는 것이다.
- [0050] 이때, 차이이미지(D)의 화소값은 음(-)이 존재하는 것으로, 가장 높은 화소값이 가장 낮은 음(-)의 숫자로 대체될 수도 있지만, 이는 배경을 기준으로 한 수치적인 것일 뿐, 실체가 아님이 당연하다.
- [0051] 이와 같은 과정을 거쳐 차이이미지(D)가 재연산된 재연산이미지(Dc)는 도 5에서 도시하였으며, 재연산이미지(Dc)는 차이이미지(D)에 비하여 전체적으로 어두워지지만, 정상인 부분은 더욱 어두워지고, 결합은 상대적으로 밝게 나타나는 것이다.

- [0052] 그리고 제4단계(S40)는 재연산이미지(Dc)의 화소값을 연산하여 임계값(Tc)을 결정하게 된다.
- [0053] 이러한 임계값(Tc)은 재연산이미지(Dc)의 화소값 전체에 대한 평균(M)과 표준편차(S)를 구하고, 평균(M)과 표준편차(S)를 합산한 값을 포함한다.
- [0054] 그리고 양임계값(Tc)은 누적 히스토그램의 90% 이내 범위에 해당하는 화소값을 대상으로 계산하여 이상값(outlier)에 의한 영향을 최소화시킨다.
- [0055] 또한 양임계값(Tc)은 재연산이미지(Dc)의 화소값 전체의 최대 및 최소를 고려하여 상수값(α)을 더 구하고, 이 상수값(α)을 표준편차(S)에 곱한 후, 평균(M)에 합산한 합산값을 포함한다.
- [0056] 이에 따라, 임계값(Tc)은 평균(M) + {상수값(α)×표준편차(S)}를 포함하는 것으로,
- [0057]  $Tc = M + (\alpha \times S)$ 의 수학적식으로 표시된다.

[0058] 여기서, 상수값(αp, αn)은 수학적식

$$\alpha = 6S \frac{1}{\ln(DS + e)}$$

[0059] 로 표시되고, ln은 자연로그이며, DS는 검출 민감도로써, 필요에 따라 변경됨이 바람직하고, e는 자연로그의 밑(base)으로서, 그 근삿값은 e=2.71828...이며, 이 수는 무리수인 동시에 초월수(超越數)이다.

- [0060] 이와 같이 결정된 임계값(Tc)을 통해 결함결정 단계(S50)가 더 구성되며, 도 6에서 도시한 바와 같다.
- [0061] 결함결정 단계(S50)는 재연산이미지(Dc)에서 화소값들과 임계값(Tc)을 비교하여 화소값들 중에 임계값(Tc)보다 큰값을 갖는 화소값은 결함으로 결정하게 된다.
- [0062] 여기서, 차이이미지(D)와 재연산이미지(Dc)의 화소값은 절대값으로 치환하여 계산하는 것이 바람직하다.
- [0063] 이는, 각 이미지의 화소값이 0 ~ 255의 범위에서 존재함에 따라 실제 음(-)이란 존재하지 않기 때문이며, 웨이퍼 표면의 배경(정상적인 부분)이 되는 화소값을 기준으로 양과 음이 수치적으로 존재하게 된다.

[0064] 이러한 결함결정 단계(S50)에 의해 웨이퍼 표면에 대한 결함을 최소한의 오차범위로 감소시키며 정밀하게 분류함에 따라 종래 결함 결정과정에서 결함이 아닌 노이즈를 정밀하게 분류하지 못하는 문제를 해소하여 정밀하게 분류할 수 있어 제품의 품질을 향상시킬 수 있다.

- [0065] 일 실시 예로, 웨이퍼 표면 검사 결과를 도 7에서 도시하였다.
- [0066] 총 72개의 샘플 이미지를 이용하여 종래와 본 발명으로 구분하였으며, 종래의 경우, 43개의 정상이미지와 29개의 결함이미지를 결정하였다.
- [0067] 반면에, 본 발명의 경우, 24개의 정상이미지와 48개의 결함이미지를 결정하여 종래보다 많은 결함을 결정함을 알 수 있으며, 정밀한 검사가 이루어짐을 알 수 있다.
- [0068] 다시 말해, 본 발명은 결함이 아닌 노이즈를 결함과 분류할 수 있어 실제 결함을 더욱 정밀하게 검출할 수 있고, 이에 따라 제품의 품질을 향상할 수 있음을 알 수 있는 것이다.

[0069] 또한 도 8에서 도시한 바와 같이, 검사대상이미지(I)와 정상이미지(R)는 브라이트 필드(Bright Field)와 다크 필드(Dark Field)로 구분되어 획득하고, 이러한 검사대상이미지(I)와 정상이미지(R)에 의해 차이이미지(D) 및 재연산이미지(Dc)가 각각 생성된다.

[0070] 여기서, 브라이트 필드(Bright Field)는 이미지를 촬상하는 방향과 측정광 입사방향이 동일한 상태에서 획득한 것이고, 다크 필드(Dark Field)는 이미지를 촬상하는 방향과 측정광 입사방향이 일정 경사를 갖는 상태에서 획득

특한 것이다.

- [0071] 이러한 브라이트 필드(Bright Field)와 다크 필드(Dark Field)로 구분된 재연산이미지(Dc)를 통해 웨이퍼 표면 검사 결과를 도 9에서 도시하였다.
- [0072] 총 72개의 샘플 이미지를 이용하여 종래와 본 발명으로 구분하였으며, 브라이트 필드(Bright Field)의 경우, 종래 43개의 정상이미지와 29개의 결함이미지를 결정하였다.
- [0073] 반면에, 본 발명은 24개의 정상이미지와 48개의 결함이미지를 결정하여 종래보다 많은 결함을 결정함을 알 수 있으며, 정밀한 검사가 이루어짐을 알 수 있다.
- [0074] 이와 같은, 브라이트 필드(Bright Field) 검사 결과의 세부사항은 도 10에서 도시하여 정밀한 검사가 이루어지는 것을 뒷받침하고 있다.
- [0075] 다시 말해, 본 발명은 결함이 아닌 노이즈를 결함과 분류할 수 있어 실제 결함을 더욱 정밀하게 검출할 수 있고, 이에 따라 제품의 품질을 향상할 수 있음을 알 수 있는 것이다.
- [0076] 또한 다크 필드(Dark Field)의 경우, 종래 72개의 정상이미지와 0개의 결함이미지를 결정하였다.
- [0077] 반면에, 본 발명은 56개의 정상이미지와 16개의 결함이미지를 결정하여 종래보다 많은 결함을 결정함을 알 수 있으며, 정밀한 검사가 이루어짐을 알 수 있다.
- [0078] 다시 말해, 본 발명은 결함이 아닌 노이즈를 결함과 분류할 수 있어 실제 결함을 더욱 정밀하게 검출할 수 있고, 이에 따라 제품의 품질을 향상할 수 있음을 알 수 있는 것이다.
- [0079] 이와 같은, 다크 필드(Dark Field) 검사 결과의 세부사항은 도 11에서 도시하여 정밀한 검사가 이루어지는 것을 뒷받침하고 있다.

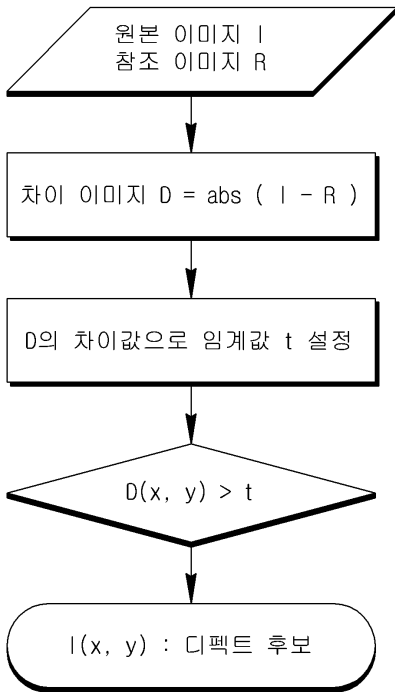
**부호의 설명**

- |        |           |             |
|--------|-----------|-------------|
| [0080] | R : 정상이미지 | I : 검사대상이미지 |
|        | D : 차이이미지 | Dc : 재연산이미지 |
|        | Tc : 임계값  | M : 평균      |
|        | S : 표준편차  | a : 상수값     |



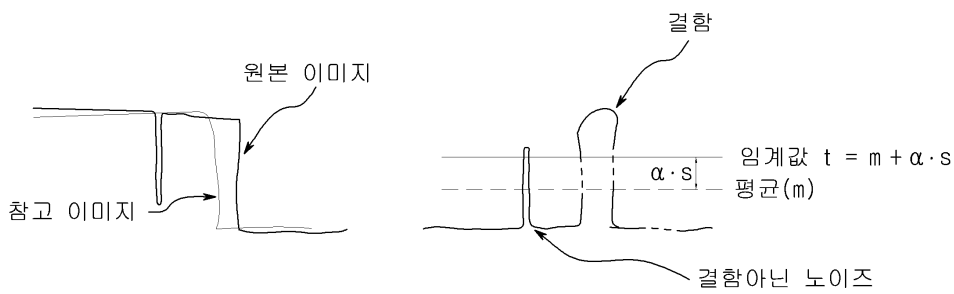
도면

도면1

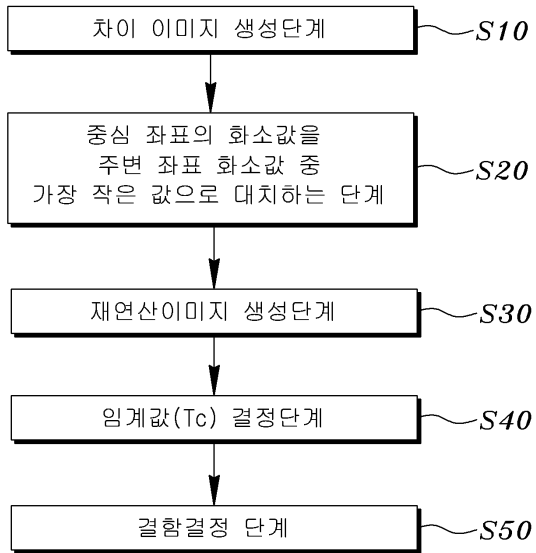


도면2

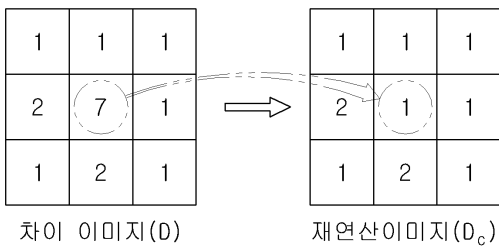
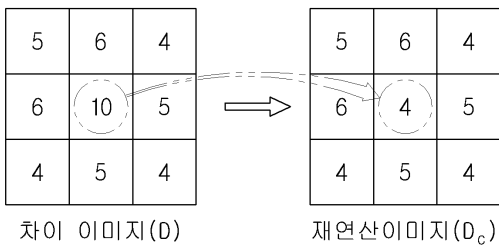
기존방법(One-side Threshold)



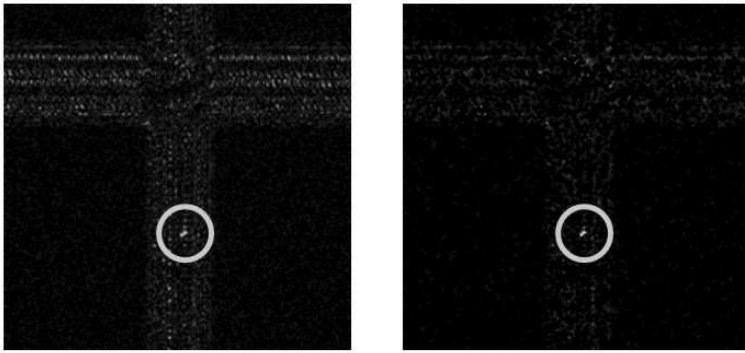
도면3



도면4



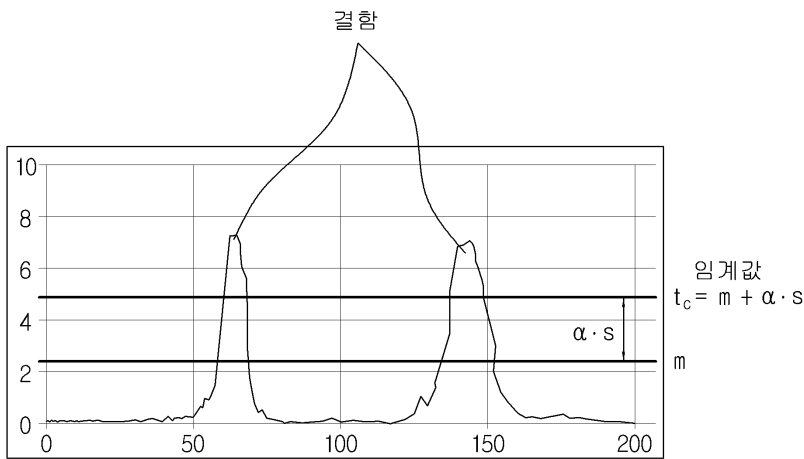
도면5



차이이미지(D)

재연산이미지(D<sub>c</sub>)

도면6



도면7

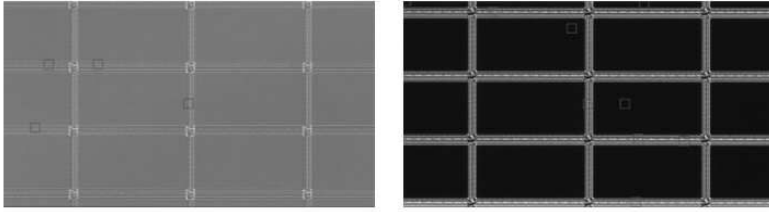
검출력 향상 테스트 결과

샘플 개수 = 72

	종래		본발명(DCA)	
	결함	29	40.3%	48
정상	43	59.7%	24	33.3%
S - S	-	-	29	40.3%
F - F	-	-	24	33.3%
S - F	-	-	0	0.0%
F - S	-	-	19	26.4%

도면8

재연산이미지



브라이트 필드 (Bright Field)

다크 필드 (Dark Field)

도면9

브라이트 필드 / 샘플 개수 = 72

결합	종래		본발명 (DCA)	
	결합	29	40.3%	48
정상	43	59.7%	24	33.3%
S - S	-	-	29	40.3%
F - F	-	-	24	33.3%
S - F	-	-	0	0.0%
F - S	-	-	19	26.4%

다크 필드 / 샘플 개수 = 72

결합	종래		본발명 (DCA)	
	결합	0	0.0%	16
정상	72	100.0%	56	77.8%
S - S	-	-	0	0.0%
F - F	-	-	56	77.8%
S - F	-	-	0	0.0%
F - S	-	-	16	22.2%

도면10

브라이트 필드 (Bright Field)

No	종래	본발명 (DCA)	No	종래	본발명 (DCA)	No	종래	본발명 (DCA)
1	X	O	106	X	X	183	X	X
10	X	O	107	X	O	184	X	X
25	X	O	108	X	X	185	X	X
27	X	X	109	O	O	186	O	O
79	X	O	129	O	O	187	O	O
80	O	O	130	O	O	189	O	O
82	X	O	132	X	O	191	O	O
83	O	O	133	X	X	192	O	O
84	O	O	134	X	X	193	X	X
87	O	O	135	X	O	194	O	O
89	X	O	137	O	O	195	X	X
90	X	X	138	X	X	196	X	X
91	X	O	139	O	O	197	X	O
93	O	O	140	X	X	199	X	X
94	X	O	141	O	O	200	X	X
95	X	O	142	O	O	201	X	X
96	O	O	143	X	X	202	O	O
98	X	X	144	X	X	204	X	X
99	X	X	145	O	O	205	O	O
100	X	O	146	O	O	206	O	O
101	X	X	148	O	O	301	X	O
103	X	X	165	X	O	322	X	O
104	O	O	180	X	O	378	O	O
105	O	O	182	O	O	389	X	O

도면11

다크 필드 (Dark Field)

No	종래	본발명 (DCA)	No	종래	본발명 (DCA)	No	종래	본발명 (DCA)
1	X	X	106	X	X	183	X	X
10	X	X	107	X	X	184	X	X
25	X	O	108	X	X	185	X	X
27	X	O	109	X	O	186	X	X
79	X	O	129	X	X	187	X	X
80	X	O	130	X	O	189	X	X
82	X	X	132	X	X	191	X	X
83	X	O	133	X	X	192	X	X
84	X	O	134	X	X	193	X	X
87	X	O	135	X	X	194	X	X
89	X	O	137	X	X	195	X	X
90	X	X	138	X	X	196	X	X
91	X	X	139	X	X	197	X	X
93	X	X	140	X	X	199	X	X
94	X	O	141	X	X	200	X	X
95	X	X	142	X	O	201	X	X
96	X	X	143	X	X	202	X	X
98	X	X	144	X	X	204	X	O
99	X	O	145	X	X	205	X	X
100	X	X	146	X	X	206	X	X
101	X	X	148	X	X	301	X	X
103	X	X	165	X	X	322	X	X
104	X	X	180	X	X	378	X	O
105	X	X	182	X	O	389	X	X