



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0119612
(43) 공개일자 2017년10월27일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>H01L 21/66</i> (2006.01) <i>G01N 21/17</i> (2006.01)
 <i>G01N 21/64</i> (2006.01) <i>G01N 21/88</i> (2006.01)
 <i>G01R 31/26</i> (2014.01) <i>G01R 31/265</i> (2006.01)
 <i>G01R 31/27</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>H01L 22/12</i> (2013.01)
 <i>G01N 21/6447</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2016-0168385
 (22) 출원일자 2016년12월12일
 심사청구일자 2016년12월12일</p> <p>(30) 우선권주장
 1020160047402 2016년04월19일 대한민국(KR)
 1020160047403 2016년04월19일 대한민국(KR)
 기술이전 희망 : 기술양도</p> | <p>(71) 출원인
 인천대학교 산학협력단
 인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)</p> <p>(72) 발명자
 조중휘
 인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
 최희철
 인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인충정</p> |
|---|---|

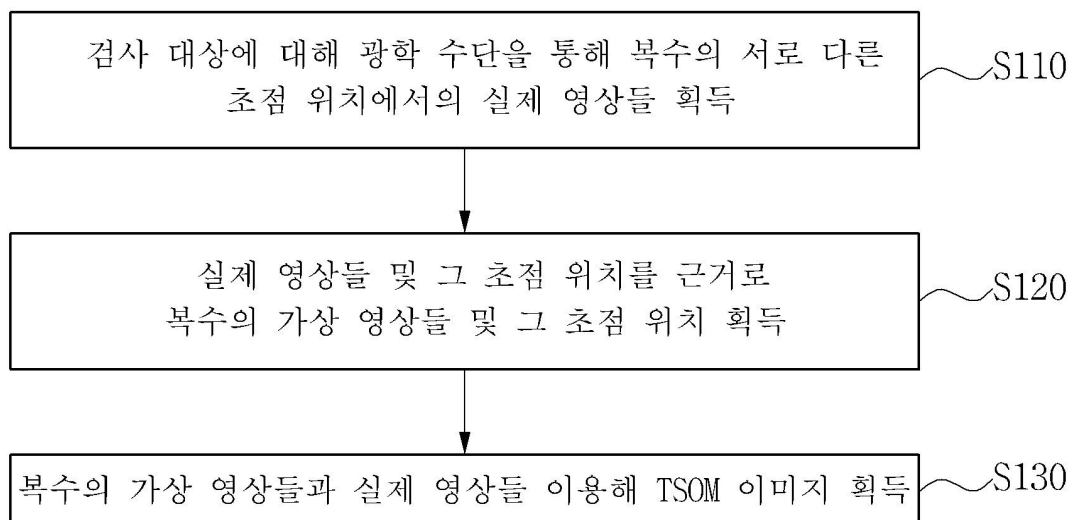
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **TSOM 이미지 획득 방법 및 반도체 장치 검사 방법**

(57) 요약

검사 대상에 대해 광학 수단을 통해 복수의 서로 다른 초점 위치의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도(거리)를 획득하는 단계, 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계, 실제 영상과 가상 영상을 이용하여 검사 대상에 대한 TSOM 이미지를 얻는 단계를 구비하여 이루어지는 TSOM 이미지 획득 방법 및 반도체 장치 검사 방법이 개시된다. 본 발명의 TSOM 이미지 획득방법 및 반도체 장치 검사 방법에 따르면 기존에 비해 더 작은 노력과 시간을 투입하면서도 대상에 대한 정밀도가 높은 TSOM 이미지를 얻을 수 있고, 이를 통해 능률적이고 경제적으로 반도체 장치를 검사할 수 있게 된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01N 21/8806 (2013.01)
G01R 31/2601 (2013.01)
G01R 31/265 (2013.01)
G01R 31/275 (2013.01)
H01L 22/20 (2013.01)
H01L 22/24 (2013.01)
G01N 2021/177 (2013.01)
G06T 2207/20081 (2013.01)
G06T 2207/30148 (2013.01)

(72) 발명자

강준희

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

신승일

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

김형복

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10048720
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	인천대학교 산학협력단
연구사업명	산업 기술 혁신 사업
연구과제명	다중 초점 광학 /계측 검사 기술
기 여 율	1/1
주관기관	공주대학교 산학협력단
연구기간	2014.06.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

검사 대상에 대해 광학 수단을 통해 복수의 서로 다른 초점 위치의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도(거리)를 획득하는 단계;

상기 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계; 및

상기 실제 영상과 상기 가상 영상을 이용하여 상기 검사 대상에 대한 TSOM 이미지를 얻는 단계를 포함하는 TSOM 이미지 획득 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는,

복수의 서로 다른 초점 위치에 대한 상기 실제 영상들을 얻고, 상기 초점 위치 및 상기 실제 영상에 대한 정보(자료)를 근거로 한 보간법을 이용하여 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 TSOM 이미지 획득 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 보간법을 이용하여 얻는 상기 가상 영상은 초점이 맞는 거리를 중심으로 하여 초점 위치가 가우스 분포를 이룬다고 상정하고,

상기 가상 영상에 대한 초점 위치를 선택할 때에 초점이 맞는 초점 위치 근처의 초점 위치에 대해서는 조밀하게 하고, 초점에서 벗어난 초점 위치에 대해서는 적게 배치하는 가중 배치 방식을 취하는 것을 특징으로 하는 TSOM 이미지 획득 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 실제 영상들은 상기 검사 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상을 포함하는 3개의 영상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 TSOM 이미지 획득 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하기 위해,

FMM(Fourier Modal Method)을 이용하여 광학계를 해석하고,

상기 광학계 해석을 통해 얻은 상기 광학계의 설정(특성)을 이용하여 실제 영상들과 초점 위치가 같은 복수의 가상 영상을 획득하여 상기 실제 영상들과 비교하며,

상기 비교를 바탕으로 상기 광학계의 보다 적합한 해석과 상기 적합한 해석에 대한 변환식(변환 프로그램)을 얻고,

상기 변환식을 통해 상기 실제 영상들과 초점 위치가 다른 상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 TSOM 이미지 획득 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 FMM을 통한 광학계 해석을 위해, 상기 실제 영상을 얻기 위해 검사 대상에 조사하는 광원은 단일 파장을 가진 평면 광원을 사용하는 것을 특징으로 하는 TSOM 이미지 획득 방법.

청구항 7

적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 이미지를 획득하여 상기 검사 대상 항목, 상기 범주 및 상기 이미지를 연관된 상태로 딥 러닝(deep learning)을 위한 검증자료 세트로서 저장 목록(데이터 베이스)에 저장하는 단계;

컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 결합한 형태로 검사를 위한 기본 상태의 기본 툴(TOOL)을 준비하고 상기 저장 목록의 복수의 이미지에 기반하여 상기 검사 대상 항목 가운데 적어도 하나에 대해 딥 러닝을 실시하여 각각의 이미지가 어느 범주에 드는지를 구분하되, 구분 결과가 상기 저장 목록에 의한 구분 결과와 비교할 때, 규정된 일정 기준을 만족할 때까지 딥 러닝을 실시하여, 규정에 만족된 상태로 적합화된 소프트웨어를 가지는 상태의 툴을 검사에 적합한 검사용 툴로서 결정하는 결정 단계; 및

미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 이미지를 획득하고 딥 러닝을 통해 결정된 상기 검사용 툴을 이용하여 상기 검사 대상 이미지가 어떤 검사 대상 항목에 대해 어떤 범주에 속하는지 알아내는 검사 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 검사 단계에서는 상기 검사 대상 이미지가 검사 대상 항목의 어떤 범주에 속하는지가 단순 가부 결정방식이 아니고 검사 대상 항목의 모든 범주에 대한 확률 분포 방식으로 표현되고,

상기 범주는 수치의 범위로 표현되며,

상기 검사 대상 이미지의 상기 검사 대상 항목에 대한 수치 결정값은 각 범주의 대푯값과 각 범주에 포함될 확률을 곱한 것을 전부 더함으로써 결정되는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 이미지는 쓰루-포커스 스캔 광학현미경(TSOM) 이미지이고,

상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 TSOM 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 TSOM 이미지는,

상기 복수의 반도체 장치 부분 또는 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상에 대해 광학 수단을 통해 복수의 서로 다른 초점 위치의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도(거리)를 획득하는 단계;

상기 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계; 및

상기 실제 영상과 상기 가상 영상을 이용하여 상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 TSOM 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 TSOM 이미지를 얻는 단계를 포함하는 TSOM 이미지 획득 방법을 사용하여 획득되는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는,

복수의 서로 다른 초점 위치에 대한 상기 실제 영상들 및 상기 실제 영상들을 얻고, 상기 초점 위치 및 상기 실제 영상에 대한 정보(자료)를 근거로 한 보간법을 이용하여 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 보간법을 이용하여 얻는 상기 가상 영상은 초점이 맞는 거리를 중심으로 하여 초점 위치가 가우스 분포를 이룬다고 상정하고,

상기 가상 영상에 대한 초점 위치를 선택할 때에 초점이 맞는 초점 위치 근처의 초점 위치에 대해서는 조밀하게 하고, 초점에서 벗어난 초점 위치에 대해서는 적게 배치하는 가중 배치 방식을 취하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 실제 영상들은 상기 복수의 반도체 장치 부분 또는 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상을 포함하는 3개의 영상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하기 위해,

FMM(Fourier Modal Method)을 이용하여 광학계를 해석하고,

상기 광학계 해석을 통해 얻은 상기 광학계의 설정(특성)을 이용하여 실제 영상들과 초점 위치가 같은 복수의 가상 영상을 획득하여 상기 실제 영상들과 비교하고,

상기 비교를 바탕으로 상기 광학계의 보다 적합한 해석과 상기 적합한 해석에 대한 변환식(변환 프로그램)을 얻고,

상기 변환식을 통해 상기 실제 영상들과 초점 위치가 다른 상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 FMM을 통한 광학계 해석을 위해, 상기 실제 영상을 얻기 위해 검사 대상에 조사하는 광원은 단일 파장을 가진 평면 광원을 사용하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 15

제 7 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 이미지는,

상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분 또는 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 M개의 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 N개의 영상을 포함하는 멀티 채널 이미지이고,

상기 M과 N은 1 이상 4 이하의 임의의 정수인 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 M과 N은 동일한 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 M과 N은 1인 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 18

제 7 항에 있어서,

상기 검사 대상 항목 가운데 적어도 하나에 대해 딥 러닝을 실시할 때에는 상기 기본 틀에 포함된 알고리즘(소프트웨어, 프로그램)을 통해 상기 검증자료 세트의 다수 이미지의 특징을 먼저 탐색하고, 상기 특징에 의해 상기 다수 이미지를 구분한 뒤 상기 저장 목록에 의한 구분 결과와 비교하고, 상기 일정 기준에 부합하면 현재 상태의 틀을 상기 검사용 틀로 결정하고, 상기 일정 기준에 부합하지 않으면 상기 알고리즘 수정을 통해 상기 기본 틀을 수정하면서 다시 새로운 특징을 탐색하는 과정을 상기 일정 기준을 만족할 때까지 반복하거나, 미리 정한 횟수를 만족할 때까지 반복하고, 반복한 현재 상태의 틀을 검사용 틀로 결정하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 19

제 7 항에 있어서,

상기 결정 단계에서 상기 검사 대상 항목 가운데 복수 항목에 대한 검사용 틀을 결정할 때에는, 상기 기본 틀에 상기 복수 항목 가운데 하나에 대해 딥 러닝을 적용하여 개별 틀을 결정하되 상기 복수 항목 전체에 대한 복수의 개별 틀을 결정하고,

상기 검사 단계에서는 상기 검사 대상 이미지에 대해서는 상기 복수의 개별 틀을 적용하여 상기 검사 대상 이미지가 상기 복수 항목을 이루는 각 항목마다 어떤 범주에 속하는지를 알아내는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

청구항 20

제 7 항에 있어서,

상기 검사 대상 항목은 반도체 장치의 홀(hole), 쓰루 실리콘 비아(TSV: Through Silicon Via), 그루브, 평면에서 돌출된 선형 패턴(LINE pattern) 각각의 상부 폭, 저면 폭, 깊이, 높이, 경사각 가운데 하나를 포함하며,

상기 범주는 상기 항목들이 속할 수 있는 수치 범위로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체 장치 검사 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 장치 검사 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 반도체 장치 검사를 위한 TSOM 이미지 획득 방법 및 반도체 장치 검사 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 미국 국립표준기술연구소(NIST)의 라비키란 아토타(Ravikiran Attota) 등은 쓰루-포커스 스캔 광학현미경(Through focus Scanning Optical Microscopy: TSOM)을 이용하여 3차원적 미세 패턴을 측정할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

- [0003] 이 기술은 기존의 광학현미경을 사용하지만, 동일한 대상에 대해 서로 다른 초점 위치에서 2차원 이미지를 수집하여 대상에 대한 3차원적 영상 데이터 공간을 만드는 방법을 사용한다. 따라서, 얻어진 2차원 이미지들은 초점이 맞은 이미지(in-focus image)와 초점이 맞지 않는 초점 외 이미지(out-of-focus image)를 여럿을 포함한 쓰루 포커스 이미지(through-focus image)를 구성하게 된다. 이러한 3차원적 영상 데이터 공간에 대한 컴퓨터 처리가 이루어진다. 컴퓨터는 수집된 동일 대상에 대한 복수 개의 쓰루 포커스 이미지(through-focus image)로부터 휘도(brightness) 프로파일을 추출하고 초점 위치 정보를 이용하여 쓰루-포커스 스캔 광학현미경(TSOM) 이미지를 만들게 된다.
- [0004] 쓰루-포커스 스캔 광학현미경(TSOM)이 제공하는 이미지들을 통해 구성한 TSOM 이미지는 구체적으로 대상을 그대로 나타내는 것은 아니며, 약간 추상적이지만, 그들 이미지 사이의 차이는 측정된 대상 3차원 구조체의 미세한 모양 차이를 추론할 수 있도록 한다.
- [0005] 시뮬레이션 연구를 통해 쓰루-포커스 스캔 광학현미경(TSOM) 이미지는 10나노미터 이하의 특성을 측정할 수 있는 것으로 알려져 있으며, 미세한 3차원 구조체 형상 분석에 대한 가능성을 제시하고 있다.
- [0006] 이러한 TSOM 기술은 광학적 장비를 사용하여 전자 현미경 수준의 정밀도로 반도체 장치를 검사할 수 있는 방법을 제시하고 있으나, TSOM 기술을 사용하려면 초점 깊이를 달리하는 복수의 영상을 획득해야 하며 이를 위해 대개는 검사 대상의 위치를 바꾸거나 검사 장비의 렌즈 위치와 같은 광학적 장비의 설정을 바꾸는 것이 필요하여 검사 현장에서 신속하게 반도체 장치를 검사하는 것을 지연시키고 현장 적용을 어렵게 할 수 있다.
- [0007] 즉, TSOM 이미지를 통한 검사의 정확성을 높이기 위해서는 보다 많은 수의 초점 위치에 대한 영상을 확보하여 이들을 통해 TSOM 이미지를 얻는 것이 필요하지만 그러기 위해서는 검사 대상이나 광학 장비의 물리적 위치를 바꾸는 등의 설정 변경이 필요하고, 비용과 시간이 많이 들게 된다는 단점이 존재한다.
- [0008] 한편, TSOM 기술은 대상의 실제 이미지를 사용하는 것이 아니고 패턴을 통해 실제 반도체 장치의 특정 부분의 형태 및 크기를 판단하거나 정상 여부를 판단하는 것이므로 검사 대상물의 TSOM 이미지를 얻어도 바로 그 형태, 크기나 정상 여부를 파악할 수 있는 것은 아니며 SEM과 같은 다른 수단을 이용한 실제 검사를 통해 어떤 패턴의 TSOM 이미지가 반도체 장치의 어떤 구조, 형태, 크기에 대응하는 것을 알고, 이를 확장시켜, 미지의 대상에 대한 TSOM 이미지를 얻으면 이미 얻어진 대응 자료를 활용하여 그 대상의 형태, 크기, 이상 여부를 알 수 있게 된다.
- [0009] 가령, 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 그 관련 사항(수치, 수치범위)을 알고 있는 반도체 장치 부분에 대한 TSOM 이미지를 획득하고 모든 항목, 사항, 이미지를 연관된 상태로 데이터 베이스를 작성하고, 미지의 검사 대상이 있으면 그에 대한 TSOM 이미지를 얻고, 이미 작성된 데이터 베이스의 각 항목, 사항의 TSOM 이미지와 비교를 한 다음, 이미지의 차이가 가장 작은 TSOM 이미지에 해당하는 항목, 사항을 미지의 검사 대상의 항목, 사항으로 판단한다.
- [0010] 두 TSOM 이미지의 비교를 위해서는 TSOM 이미지의 각 화소의 밝기값 혹은 색채값 등의 차이를 얻고, 그 차이값의 제곱을 모든 화소에 대해 더한 다음 이를 모든 화소의 수로 나누는 MSD 방법을 사용할 수 있다.
- [0011] 그러나, 이런 방법을 사용하는 경우, 각 항목과 그 항목의 각 범주에 대한 TSOM 이미지를 확보해야 하며, 그러기 위해서 많은 TSOM 이미지 확보가 필요하며, 각 TSOM 이미지 확보를 위해 각 대상에 대한 많은 초점 위치에서의 영상이 필요하다면 TSOM 이미지를 이용한 대상 검사를 위해 너무나 많은 사전 작업을 거쳐야 한다는 어려움이 현실적으로 발생된다.
- [0012] 또한, 이미지가 정확하게 정합되지 않아 오차가 발생할 경우 계측의 정확도가 급격히 떨어지는 문제가 있고, 데이터 베이스의 자료가 증가함에 따라 검사 계산에 드는 시간이 많아지는 등의 문제가 있었다.
- [0013] 결국, 어떤 대상에 대한 TSOM 이미지를 확보할 때 대상에 대한 최소한의 서로 다른 초점 위치에 대한 영상만으로 정확한 TSOM 이미지를 얻을 수 있다면 TSOM 이미지를 얻는데 드는 비용과 시간을 절약할 수 있으므로 매우 바람직할 것이다.
- [0014] 따라서, TSOM 기술이 가지는 가능성과 장점, 비교적 저렴한 광학 장비를 이용하여 전자현미경과 같은 고도의 정확성을 가지는 검사를 수행할 수 있고, 생산 과정을 중단하거나 대상을 파괴함이 없이 공정 검사에 적용될 수 있다는 장점 및 가능성에도 불구하고 아직 실질적인 반도체 장치 검사에 적절히 활용되지 못하고 있으며, 현재로서는 어떤 구체적 반도체 장치의 생산과정에서 현장 검사에 적용되기 위해 TSOM 기술의 적용에서 요구되는 이미지 획득 및 분석 작업을 신속하게 하고 과정을 자동화할 수 있는 구체적인 검사 방법의 개발이 요청된다.

- [0015] 한편, 딥러닝(Deep Learning)이란 사물이나 데이터를 분류하거나 군집하는 데 사용하는 기술을 말한다. 사람의 뇌가 사물을 구분하는 것처럼 컴퓨터가 사물을 분류하도록 훈련시키는 기계학습(Machine Learning)의 일종이다.
- [0016] 2006년 미국 토론토 대학 제프리 힌튼(Geoffrey Hinton) 교수의 논문을 통해 처음으로 사용된 딥러닝이란 용어의 기본 개념은 인공신경망(ANN, Artificial Neural Network)과 유사하다. 인공신경망은 사람의 두뇌와 비슷한 방식으로 정보를 처리하는 알고리즘으로, 사물의 면이나 형상 등 여러 요소의 데이터를 합치고 구분하는 과정을 반복해 정보를 학습한다. 힌튼은 자신의 논문에서 기존 인공신경망 모델의 단점을 극복할 방법을 제시했다. 여기에 대량의 데이터를 분석할 수 있는 하드웨어의 발달과 빅 데이터(Big Data) 등장으로 인공신경망은 한층 뛰어난 결과를 보여주게 되는데 이것을 딥러닝이라 한다.
- [0017] 딥러닝의 특징 중 하나는 비지도 학습(Unsupervised Learning)을 통한 데이터 분류 방식이다. 일반적으로 컴퓨터의 데이터 분류 방식은 지도 학습(Supervised Learning)과 비지도 학습(Unsupervised Learning)으로 나뉜다. 지도 학습은 먼저 컴퓨터에 분류 기준을 입력하는 방식으로 기존의 기계학습 알고리즘은 대개 지도 학습 방식으로 데이터를 분류해왔다. 비지도 학습은 분류 기준 없이 정보를 입력하고 컴퓨터가 알아서 분류하게 하는 방식으로 컴퓨터는 스스로 비슷한 군집을 찾아 데이터를 분류하게 되는데 이를 위해 고도의 연산 능력이 필요하다. 딥러닝은 비지도 학습 방법을 사용한 전처리과정(Pre-training)으로 데이터를 손질해 인공신경망 최적화를 수행한다.
- [0018] 가령, 컴퓨터는 투입된 데이터들을 바탕으로 일정한 패턴을 발견해 특징 지도(feature map)를 형성한다. 아주 작은 특징부터 큰 특징까지 추출될 수 있다. 얼마나 좋은 특징을 찾느냐에 따라 알고리즘의 성능이 크게 좌우된다. 여러 단계를 거쳐 특징을 추출하는 CNN(convolutional neural network) 알고리즘을 통해 상위계층으로 올라갈수록 어려운 내용을 학습할 수 있다. 다단계로 깊은 수준까지 내려가 학습하기 때문에 딥러닝이라 용어가 유래하였다. 주어진 데이터에서 특징지도를 통해 패턴을 찾고 인간이 사물을 구분하듯이 데이터를 분류할 수 있게 되면 컴퓨터는 새로 입력된 사진을 보고 기준에 따라 이를 정확히 구분할 수 있게 된다. 특징 추출부터 학습까지 알고리즘에 포함된 것이 딥러닝의 특징이다.
- [0019] 이러한 딥러닝은 음성 인식 및 영상 인식 분야에서 근래에 많은 성과를 거두고 있으며, 영상 인식 분야에서 생체 신경망을 기반으로 하여 입력이 논리 함수와 가중치에 의해 출력을 산출하는 기본 모델과 컨볼루션풀링(Convolutonal Pooling) 개념을 이용한 형상 지도(Feature Map) 추출이 주요 내용을 이루고 있다.
- [0020] 그러나, 딥러닝은 엄청난 가능성에도 불구하고 최근에 와서 부각되어 아직 개념 자체가 일반화되지 않아 접근하기 어렵고, 적절한 이해와 활용을 위해서는 인지과학이나 인공지능, 통계나 빅데이터, 알고리즘을 위한 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어에 관한 지식 등 주변 지식에 대한 이해가 요청되어 충분히 다양한 분야에서 활용되지 못하는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0021] (특허문헌 0001) KR 10-1523336 B1
(특허문헌 0002) KR 10-1507950 B1

비특허문헌

- [0022] (비특허문헌 0001) "TSOM method for semiconductor metrology", Proc.SPIE 7971, Metrology, Inspection, and Process Control for Microlithography XXV, 79710T (April 20, 2011)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0023] 본 발명은 상술한 종래 TSOM 이미지를 통한 반도체 장치 검사 방법의 문제점을 극복하기 위한 것으로, 더 작은 노력과 시간을 투입하면서도 대상에 대한 정밀도가 높은 TSOM 이미지를 얻는 방법과, 이러한 TSOM 이미지를 통

해 반도체 장치를 검사하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

- [0024] 본 발명은 여러 초점 깊이를 가진 영상을 획득할 때 광학적 설정이나 대상의 초점 거리 방향의 위치를 크게 혹은 빈번히 변화시키지 않으면서도 정확한 TSOM 이미지를 얻는 데 충분한 개수의 서로 다른 초점 깊이를 가진 영상을 획득할 수 있는 방법과 이를 이용한 반도체 장치 검사 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0025] 본 발명은 자료를 통한 딥러닝을 통해 검사 틀을 구체화하여 검사 대상을 보다 정확하고 신속하게 검사할 수 있는 새로운 반도체 장치 검사 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0026] 본 발명은 반도체 장치 검사 방법의 초기 실행에 있어서 관건적인 사항이 될 수 있는 검증자료 세트 혹은 데이터 베이스를 구축하는 데 있어서 시간과 비용을 줄일 수 있도록 적합성을 가지는 TSOM 이미지 획득 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0027] 본 발명은 TSOM을 이용한 반도체 장치의 검사 방법의 한계를 극복하여 보다 현실적으로, 그리고 보다 능률적으로 반도체 장치의 검사에 사용될 수 있는 반도체 장치 검사 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0028] 보다 구체적으로 본 발명은 TSOM을 이용한 반도체 장치의 검사에 딥러닝 기술을 결합시킴으로써 TSOM의 장점을 살리면서 저렴한 비용으로 능률적으로 반도체 장치 검사를 실시할 수 있는 현실적인 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0029] 본 발명은 딥러닝 기술이 현재 가장 현실적으로 접근되고 성과를 얻고 있는 분야 가운데 하나라고 볼 수 있는 것이 영상 인식 분야라는 점과, 대상물의 실제 형태가 아닌 추상적인 패턴에 가까운 TSOM 이미지 인식과 분석에 딥러닝이 특히 적합성을 가질 수 있다는 가능성에 착안하여 반도체 장치의 현실적인 공정 검사에 적용할 수 있는 반도체 장치 검사 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0030] 또한, 본 발명은 반도체 장치의 검사 단계에서 검사 대상 이미지를 검사 대상 항목의 모든 범주에 대한 확률 분포 방식으로 표현하고, 각 범주의 대푯값과 각 범주에 포함될 확률을 곱한 것을 전부 더하는 보간 방법을 사용하여 검사 대상 이미지의 검사 대상 항목에 대한 수치 결정값을 결정함으로써 검사 오차를 최소화할 수 있는 반도체 장치 검사 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0031] 또한, 본 발명은 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상을 포함하는 멀티 채널 이미지를 직접 딥 러닝을 위한 검증자료 세트 및 검사를 위한 입력 이미지로 사용함으로써, TSOM 이미지를 형성할 필요가 없어, 정합(registration) 과정이 필요없고 이미지 획득 시간을 단축시킬 수 있는, 반도체 장치 검사 방법을 제공하는 것을 특징으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0032] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 TSOM 이미지 획득 방법은,
- [0033] 검사 대상에 대해 광학 수단을 통해 복수의 서로 다른 초점 위치의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도(거리)를 획득하는 단계;
- [0034] 상기 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계; 및
- [0035] 상기 실제 영상과 상기 가상 영상을 이용하여 상기 검사 대상에 대한 TSOM 이미지를 얻는 단계를 포함한다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 의한 TSOM 이미지 획득 방법에 있어서, 상기 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는,
- [0037] 복수의 서로 다른 초점 위치에 대한 상기 실제 영상들을 얻고, 상기 초점 위치 및 상기 실제 영상에 대한 정보(자료)를 근거로 한 보간법을 이용하여 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0038] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 TSOM 이미지 획득 방법에 있어서, 상기 보간법을 이용하여 얻는 상기 가상 영상은 초점이 맞는 거리를 중심으로 하여 초점 위치가 가우스 분포를 이룬다고 상정하고, 상기 가상 영상에 대한 초점 위치를 선택할 때에 초점이 맞는 초점 위치 근처의 초점 위치에 대해서는 조밀하게 하고, 초점에서 벗어난 초점 위치에 대해서는 적게 배치하는 가중 배치 방식을 취할 수 있다.

- [0039] 즉, 초점 거리 주변에 있는 초점 위치에 가중치를 두어 초점을 벗어난 영상을 얻고, 결국 가중치를 반영한 TSOM 이미지를 얻음으로써 보다 신뢰성있는 TSOM 이미지를 얻을 수 있다.
- [0040] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 TSOM 이미지 획득 방법에 있어서, 상기 실제 영상들은 상기 검사 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상을 포함하는 3개의 영상으로 이루어질 수 있다.
- [0041] 한편, 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는 주어진 광학계에 대한 해석과 이 해석을 나타내는 변환식(변환 프로그램)을 이용할 수 있다. 가령, 적은 수의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 이들과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하기 위해, FMM(Fourier Modal Method)을 이용하여 광학계를 해석하고, 상기 광학계 해석을 통해 얻은 상기 광학계의 설정(특성)을 이용하여 실제 영상들과 초점 위치가 같은 복수의 가상 영상을 획득하여 상기 실제 영상들과 비교하며, 상기 비교를 바탕으로 상기 광학계의 보다 적합한 해석과 상기 적합한 해석에 대한 변환식(변환 프로그램)을 얻고, 상기 변환식을 통해 상기 실제 영상들과 초점 위치가 다른 상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0042] 한편, 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는 보간법과 변환식을 함께 사용할 수 있다. 본 발명에서 2~3개 정도의 실제 영상들을 통해 광학계를 충분히 해석하기는 어려움이 있으므로, 일차적으로 비교적 단순한 형태의 광학계 해석과 변환식에 의해 실제 영상의 초점 위치와 다른 일부 초점 위치에 대한 가상 영상을 획득하고, 실제 영상 및 이들 가상 영상을 근거로 하여 추가적인 가상 영상을 보간법으로 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0043] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 TSOM 이미지 획득 방법에 있어서, 상기 FMM을 통한 광학계 해석을 위해, 상기 실제 영상을 얻기 위해 검사 대상에 조사하는 광원은 단일 파장을 가진 평면 광원을 사용할 수 있고, 단색광 혹은 단일 파장의 광원을 사용할 수 있다.
- [0044] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법은,
- [0045] 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 이미지를 획득하여 상기 검사 대상 항목, 상기 범주 및 상기 이미지를 연관된 상태로 딥 러닝(deep learning)을 위한 검증자료 세트로서 저장 목록(데이터 베이스)에 저장하는 단계;
- [0046] 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 결합한 형태로 검사를 위한 기본 상태의 기본 툴(TOOL)을 준비하고 상기 저장 목록의 복수의 이미지에 기반하여 상기 검사 대상 항목 가운데 적어도 하나에 대해 딥 러닝을 실시하여 각각의 이미지가 어느 범주에 드는지를 구분하되, 구분 결과가 상기 저장 목록에 의한 구분 결과와 비교할 때, 규정된 일정 기준을 만족할 때까지 딥 러닝을 실시하여, 규정에 만족된 상태로 적합화된 소프트웨어를 가지는 상태의 툴을 검사에 적합한 검사용 툴로서 결정하는 결정 단계; 및
- [0047] 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 이미지를 획득하고 딥 러닝을 통해 결정된 상기 검사용 툴을 이용하여 상기 검사 대상 이미지가 어떤 검사 대상 항목에 대해 어떤 범주에 속하는지 알아내는 검사 단계를 포함한다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 검사 단계에서는 상기 검사 대상 이미지가 검사 대상 항목의 어떤 범주에 속하는지가 단순 가부 결정방식이 아니고 검사 대상 항목의 모든 범주에 대한 확률 분포 방식으로 표현되고,
- [0049] 상기 범주는 수치의 범위로 표현되며,
- [0050] 상기 검사 대상 이미지의 상기 검사 대상 항목에 대한 수치 결정값은 각 범주의 대푯값과 각 범주에 포함될 확률을 곱한 것을 전부 더함으로써 결정될 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 어떤 검사 대상 이미지가 어떤 검사 대상 항목에 대하여 어떤 범주에 속하는지는 단순 가부 결정방식이 아니고 그 검사 대상 항목에 대한 모든 범주에 대한 확률 분포 방식으로 표현될 수 있으며, 이런 범주별 확률은 보간법 혹은 가중평균법으로 그 이미지를 가진 대상의 해당 항목의 해당 범주 가운데 구체적으로 어떤 수치를 가지는지 결정하는 데 이용될 수 있다.
- [0052] 가령, 각 범주가 수치 범위로 이루어지는 경우 검사 대상 이미지의 검사 대상 항목에 대한 수치 결정은 각 범주

의 대푯값과 그 범주에 포함될 확률을 곱한 것을 모든 범주에 대해 전부 더함으로써 이루어질 수 있으며, 이때, 대푯값은 통계에서 흔히 사용되는 중간치 혹은 최빈값 등이 될 수 있다.

- [0053] 수치 결정에는 이 외에도 각 범주(Class)들의 확률 값 중 특정 임계치 이하의 확률을 갖는 값들은 버리고 (Outlier 제거) 의미 있는 확률을 보이는 범주들만을 확보하여 각 대푯값과 확률값을 이용하여 곱한 후 더하는 방법, 대푯값들과 각 범주에 포함될 확률을 각각의 단순 곱하기 후 더하기(선형보간법 : Linear interpolation) 방식이 아닌 범주들의 확률 값을 이용하여 다차원 방정식을 유도하고, 이것을 보간법에 응용하는 방법(비선형보간법) 등으로 확장하는 것도 가능하다.
- [0054] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 이미지는 쓰루-포커스 스캔 광학현미경(TSOM) 이미지이고,
- [0055] 상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 TSOM 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 TSOM 이미지는,
- [0056] 상기 복수의 반도체 장치 부분 또는 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상에 대해 광학 수단을 통해 복수의 서로 다른 초점 위치의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도(거리)를 획득하는 단계;
- [0057] 상기 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계; 및
- [0058] 상기 실제 영상과 상기 가상 영상을 이용하여 상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 TSOM 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 TSOM 이미지를 얻는 단계를 포함하는 TSOM 이미지 획득 방법을 사용하여 획득될 수 있다.
- [0059] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는,
- [0060] 복수의 서로 다른 초점 위치에 대한 상기 실제 영상들 및 상기 실제 영상들을 얻고, 상기 초점 위치 및 상기 실제 영상에 대한 정보(자료)를 근거로 한 보간법을 이용하여 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0061] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 보간법을 이용하여 얻는 상기 가상 영상은 초점이 맞는 거리를 중심으로 하여 초점 위치가 가우스 분포를 이룬다고 상정하고,
- [0062] 상기 가상 영상에 대한 초점 위치를 선택할 때에 초점이 맞는 초점 위치 근처의 초점 위치에 대해서는 조밀하게 하고, 초점에서 벗어난 초점 위치에 대해서는 적게 배치하는 가중 배치 방식을 취할 수 있다.
- [0063] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 실제 영상들은 상기 복수의 반도체 장치 부분 또는 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상을 포함하는 3개의 영상으로 이루어질 수 있다.
- [0064] 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 형태와 크기를 아는 복수 반도체 장치 패턴의 TSOM 이미지를 획득하여 TSOM 이미지와 패턴 형태 및 크기를 연관시켜 저장하여 데이터 베이스 자료로 정리하는 단계에서 TSOM 이미지 획득의 시간 및 비용을 줄이기 위해 광학 수단을 통해 얻는 실제의 서로 다른 초점 깊이의 사진은 패턴당 3개나 그 이상으로 하고, 보간법(interpolation)을 통해 인위적으로 더 많은 개수의 서로 다른 초점 깊이의 영상을 획득하며, 이들 더 많은 사진들을 통해 TSOM 이미지를 얻을 수 있다.
- [0065] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하기 위해,
- [0066] FMM(Fourier Modal Method)을 이용하여 광학계를 해석하고,
- [0067] 상기 광학계 해석을 통해 얻은 상기 광학계의 설정(특성)을 이용하여 실제 영상들과 초점 위치가 같은 복수의 가상 영상을 획득하여 상기 실제 영상들과 비교하고,
- [0068] 상기 비교를 바탕으로 상기 광학계의 보다 적합한 해석과 상기 적합한 해석에 대한 변환식(변환 프로그램)을 얻고,

- [0069] 상기 변환식을 통해 상기 실제 영상들과 초점 위치가 다른 상기 복수의 가상 영상 및 상기 복수의 가상 영상 각각의 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0070] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 FMM을 통한 광학계 해석을 위해, 상기 실제 영상을 얻기 위해 검사 대상에 조사하는 광원은 단일 파장을 가진 평면 광원을 사용할 수 있다.
- [0071] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 이미지 및 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상 이미지는,
- [0072] 상기 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분 또는 상기 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 M개의 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 N개의 영상을 포함하는 멀티 채널 이미지일 수 있고, 상기 M과 N은 1 이상 4 이하의 임의의 정수일 수 있다.
- [0073] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 M과 N은 동일할 수 있고, 상기 M과 N은 1일 수 있다.
- [0074] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 딥러닝을 통해 툴을 검사 대상 항목에 대해 적합화하므로 딥러닝의 툴이 결정되지 않은 중간 단계에서 툴이 구분한 결과가 정확한지 확인하기 위해 저장 목록의 자료를 항목 및 범주로 먼저 구분하여 개별 이미지가 어떤 항목 및 범주에 속하는가를 확인할 수 있도록 준비한다.
- [0075] 단, 이때 모든 항목과 범주에 대해서 그리고 각 범주별로 충분한 이미지를 준비하는 것은 초기 단계에서는 매우 어렵기 때문에 준비되는 이미지는 시뮬레이션을 통한 것을 준비할 수 있다. 물론, 이때 시뮬레이션 프로그램은, 시뮬레이션으로 준비된 이미지들 가운데 적어도 일부에 대해서는 실제 계측을 통해 확인하고 큰 편차가 없도록 준비하며, 통상 보간법을 반영하여 시뮬레이션을 실시하게 한다.
- [0076] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 검사 대상 항목 가운데 적어도 하나에 대해 딥 러닝을 실시할 때에는 상기 기본 툴에 포함된 알고리즘(소프트웨어, 프로그램)을 통해 상기 검증자료 세트의 다수 이미지의 특징을 먼저 탐색하고, 상기 특징에 의해 상기 다수 이미지를 구분한 뒤 상기 저장 목록에 의한 구분 결과와 비교하고, 상기 일정 기준에 부합하면 현재 상태의 툴을 상기 검사용 툴로 결정하고, 상기 일정 기준에 부합하지 않으면 상기 알고리즘 수정을 통해 상기 기본 툴을 수정하면서 다시 새로운 특징을 탐색하는 과정을 상기 일정 기준을 만족할 때까지 반복하거나, 미리 정한 횟수를 만족할 때까지 반복하고, 반복한 현재 상태의 툴을 검사용 툴로 결정할 수 있다.
- [0077] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 툴은 하나의 파라미터에 대해 하나의 개별 툴을 만들고 이런 방식으로 검사를 위한 모든 필요한 항목(파라미터)에 대한 개별 툴의 세트를 형성하는 방식으로 만들릴 수 있다.
- [0078] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 결정 단계에서 상기 검사 대상 항목 가운데 복수 항목에 대한 검사용 툴을 결정할 때에는, 상기 기본 툴에 상기 복수 항목 가운데 하나에 대해 딥러닝을 적용하여 개별 툴을 결정되 상기 복수 항목 전체에 대한 복수의 개별 툴을 결정하고,
- [0079] 상기 검사 단계에서는 상기 검사 대상 이미지에 대해서는 상기 복수의 개별 툴을 적용하여 상기 검사 대상 이미지가 상기 복수 항목을 이루는 각 항목마다 어떤 범주에 속하는지를 알아낼 수 있다.
- [0080] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법에 있어서, 상기 검사 대상 항목 또는 파라미터는 반도체 장치의 홀(hole), 쓰루 실리콘 비아(TSV: Through Silicon Via), 그루브, 평면에서 돌출된 선형 패턴(LINE pattern) 각각의 상부 폭, 저면 폭, 깊이, 높이, 경사각 가운데 하나를 포함하며, 상기 범주는 상기 항목들이 속할 수 있는 수치 범위로 이루어질 수 있다. 홀이나 쓰루 실리콘 비아(TSV: Through Silicon Via)의 경우, 홀이나 비아의 입구 직경, 저면 직경, 깊이 등이 될 수 있다.
- [0081] 본 발명을 통해 미지 반도체 장치 부분의 형태 및 크기가 결정되면 이를 정상적인 패턴과 비교하여 패턴상의 결함을 판단하고, 검출된 결함을 가지는 웨이퍼나 다이는 재작업이나 폐기 과정을 거치게 할 수 있으며, 검사 대상 항목 자체가 이상 여부와도 범주는 이상 혹은 정상의 결정값이 될 수 있다.

[0082] 본 발명에서 반도체 장치 부분(검사 대상)에 대하여 항목, 범주, 이미지를 저장 목록(데이터 베이스)에 저장할 때에는 지속적인 보완이 가능하도록 데이터 베이스는 개방된 상태를 유지하도록 할 수 있다.

[0083] 가령, 미지의 반도체 장치 부분에 대해 본 발명 방법을 통해 불량 판정이 난 경우, 이에 대한 SEM 등 다른 검사를 적용하여 불량의 구체적인 항목 및 범주를 판단하고 그 결과를 저장 목록에 추가하고 이 저장 목록을 이용하여 딥러닝을 다시 실시하여 툴(데이터베이스 포함)을 보완하고, 이 툴을 통해 새로운 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사를 실시하여 그 검사 결과를 얻을 수 있다.

발명의 효과

[0084] 본 발명의 TSOM 이미지 획득방법에 따르면 기존에 비해 더 작은 노력과 시간을 투여하면서도 대상에 대한 정밀도가 높은 TSOM 이미지를 얻을 수 있고, 이를 통해 능률적이고 경제적으로 반도체 장치를 검사할 수 있게 된다.

[0085] 본 발명의 TSOM 이미지 획득방법에 따르면 여러 초점 깊이를 가진 영상을 획득할 때 광학적 설정이나 대상의 초점 거리 방향의 위치를 크게 혹은 빈번히 변화시키지 않으면서도 정확한 TSOM 이미지를 얻는 데 충분한 개수의 서로 다른 초점 깊이를 가진 영상을 획득할 수 있고, 이를 본 발명의 반도체 장치 검사 방법, 즉 딥 러닝과 TSOM 이미지를 활용하는 반도체 장치 검사 방법에 적용시키는 경우, 가장 문제가 될 수 있는 데이터 베이스 구축을 위해 검사 대상물의 검사 대상 항목과 각 항목별 범주를 아는 TSOM 이미지를 적은 시간과 노력 및 비용으로 다수 확보하는 것이 용이하게 되어 실제적인 검사가 이루어질 수 있도록 하는 데 기여할 수 있다.

[0086] 본 발명에 따르면 MSD를 이용하는 등의 기존의 TSOM에 의한 반도체 장치의 검사 방법의 한계를 딥러닝을 이용하여 극복하여 검사에 소요되는 시간과 정확도 등의 측면에서 보다 현실적으로, 그리고 보다 능률적으로 반도체 장치의 검사에 사용될 수 있는 반도체 장치 검사방법을 제공할 수 있다.

[0087] 본 발명에 따르면 TSOM 기술을 이용한 반도체 장치의 검사에 딥러닝 개념을 결합시킴으로써 TSOM의 장점을 살리면서 저렴한 비용으로 능률적으로 반도체 장치 검사를 실시할 수 있다.

[0088] 또한, 본 발명에 의한 반도체 장치 검사 방법에 의하면, 반도체 장치 검사 단계에서 검사 대상 이미지를 검사 대상 항목의 모든 범주에 대한 확률 분포 방식으로 표현하고, 각 범주의 대푯값과 각 범주에 포함될 확률을 곱한 것을 전부 더하는 보간 방법을 사용하여 검사 대상 이미지의 검사 대상 항목에 대한 수치 결정값을 결정함으로써 검사 오차를 최소화할 수 있다.

[0089] 또한, 본 발명에 의한 반도체 장치 검사 방법에 의하면, 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상을 포함하는 멀티 채널 이미지를 딥 러닝을 위한 검증자료 세트 및 검사를 위한 입력 이미지로 사용함으로써, TSOM 이미지를 형성할 필요가 없어, 정합(registration) 과정이 필요없고 이미지 획득 시간을 단축시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0090] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 장치 검사방법의 중요 단계를 나타내는 흐름도.

도 2는 본 발명의 TSOM 이미지 획득방법의 일 실시예를 나타내는 흐름도.

도 3은 FMM을 이용한 광학계 해석을 통해 검사 대상이나 검증자료 세트를 위한 서로 다른 여러 초점 위치의 영상자료를 산출하고 이를 통해 TSOM 이미지를 얻는 방법의 개념을 나타내는 개념 설명도.

도 4 내지 도 6은 딥러닝을 위한 자료로서 다수 라인 패턴에 대한 TSOM 이미지를 선폭, 높이, 선폭 및 높이라는 세가지 항목에 대해 범주별로 분류하는 경우의 테이블 형태를 나타낸 도표들.

도 7은 딥러닝을 통해 검사용 툴을 결정하는 모델의 일 예를 개념적으로 보여주는 개념적 구성도.

도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 검증자료 세트를 이용한 딥러닝을 통해 결정된 검사용 툴에 새로운 테스트 세트의 자료를 입력하여 선폭 및 높이 항목의 각 수치 범주에 속할 확률 분포 형태로 도출한 결과의 한 예를 나타내는 도표들.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반도체 장치 검사 방법의 흐름도.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법의 개념도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0091] 이하 도면을 참조하면서 본 발명 검사 방법의 실시예를 통해 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [0092] 이하 도면을 참조하면서 실시예를 통해 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0093] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 장치 검사 방법의 중요 단계를 나타내는 흐름도이다.
- [0094] 이 실시예에 따르면 먼저 복수 반도체 장치 부분, 가령, 다양한 상부폭과 높이 및 경사각을 가지는 라인에 대한 TSOM 이미지를 획득한다(S10).
- [0095] 이때 많은 대상물에 대한 TSOM 이미지가 필요하므로 여기서의 TSOM 이미지 획득 방법은 도2와 같은 흐름도로 나타나는 본 발명의 특징적 TSOM 이미지 획득 방법을 사용한다.
- [0096] 즉, 먼저, 실제로 검사 대상마다 TSOM을 위한 광학적 시스템에서 다수의 서로 다른 초점 위치에서의 영상을 얻고, 다음으로 이를 광세기나 색수치 관점에서 결합, 처리하는 종래의 TSOM 이미지 획득 방법과 달리, 일부 초점 위치에서 작은 수자의 가령, 3개나 5개의 초점 위치에서의 대상물 실제 영상을 얻고, 이들 영상과 각 영상이 획득되는 초점 위치 정보를 얻는다.(S110)
- [0097] 이어서, 이들 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점에서 벗어난 정도를 근거로 하여 이 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하고(S120), 마지막으로, 이들 실제 영상들과 가상 영상들을 이용하여 종래와 마찬가지로 광세기나 색수치 관점에서 결합, 처리하는 등의 과정을 거쳐 대상에 대한 TSOM 이미지를 얻게 된다(S130).
- [0098] 이때, 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계(S120)에서는 복수의 서로 다른 초점 위치의 실제 영상들 및 각 실제 영상의 초점 위치를 얻으면 이들 자료를 근거로 한 보간법(interpolation)을 이용하여 상기 실제 영상과 초점 위치를 달리하는 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0099] 보간법은 복수의 알려진 좌표상의 계의 크기 혹은 경계조건을 바탕으로 이들 사이 좌표의 계의 크기를 합리적으로 추론하는 방법으로 수학과 과학, 공학 분야에서 잘 알려진 방법이므로 구체적 설명은 생략하되 상황에 맞게 단순 평균이나 가중 평균의 방법을 사용할 수 있다.
- [0100] 한편, 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는 주어진 광학계에 대한 해석과 이 해석을 잘 나타내는 변환식(변환 프로그램)을 이용할 수 있다.
- [0101] 가령, 도3에 나타나는 바와 같이, 제1 단계에서 FMM(Fourier Modal Method)을 이용하여 조명과 검사 대상과 촬상 평면을 포함하는 광학계를 해석하는 방법이 사용될 수 있다. 이 경우, 일정한 파장을 가진 평면광원의 빛이 입력으로, 대상물 표면에 비추어지고 반사되는 작용을 거친 촬상 평면에서 검출되는 FMM 이미지(영상)가 출력으로 생각될 수 있다.
- [0102] 일단 FMM 이미지를 얻으면 다시 이를 입력으로 삼아 그 이미지 평면에서 d1 거리에 있는 렌즈라는 광학요소의 작용을 거쳐 다시 렌즈에서 d2 거리에 있는 촬상면에서 출력 영상을 얻을 수 있다. 이때 d2를 변화시키면서 렌즈의 초점 거리에 맞거나, 거리가 모자라거나 거리를 지난 위치에서의 출력 영상을 얻을 수 있다.
- [0103] FMM 이미지의 얻게 되는 광학계와 렌즈라는 광학요소의 정확한 광학적 해석과 그에 해당하는 변환식을 얻으면, 어떤 형태의 검사 대상에 대해 렌즈와 어떤 거리의 촬상면에서 어떤 영상이 얻어질 것인가를 계산할 수 있고, 실제 영상을 촬영하여 계산된 영상과 비교하면 광학적 해석이나 변환식이 타당한지 여부를 알 수 있다.
- [0104] 가령, 먼저 FMM(Fourier Modal Method)을 이용하여 광학계를 해석하고, 광학계 해석을 통해 얻은 상기 광학계의 설정(특성)을 이용하여 실제 영상들과 초점 위치가같은 복수의 가상 영상을 획득하고, 이를 바탕으로 광학계의 해석을 수정하여 적합한 해석과 그에 대한 수용가능한 변환식을 얻고, 수용가능한 변환식을 통해 실제 영상들과 초점 위치가 다른 복수의 가상 영상을 획득하는 과정이 이루어질 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 FMM을 이용하여 광학계를 해석하였지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 유형의 시뮬레이터를 이용하여 광학계를 해석할 수도 있다.
- [0105] 복수의 가상 영상 및 그 초점 위치를 획득하는 단계에서는 보간법과 변환식을 함께 사용할 수 있다. 현실적으로 복수의 광학요소들을 가지는 실제 광학 시스템을 2~3개 정도의 실제 영상들을 통해 그 특성을 명확히 나타낼 수 있도록 충분히 해석하기는 어려움이 있으므로, 일차적으로 비교적 단순한 형태의 광학계 해석과 변환식에 의해 실제 영상의 초점 위치와 다른 일부 초점 위치에 대한 가상 영상을 획득하고, 실제 영상 및 이들 가상 영상

근거로 하여 추가적인 가상 영상을 보간법으로 획득하는 과정이 이루어질 수 있다.

- [0106] 한편, 보간법의 구체적인 적용에 있어서 가상 영상은 초점이 맞는 거리를 중심으로 하여 초점 위치가 가우스 분포를 이룬다고 상정하고, 가상 영상에 대한 초점 위치를 선택할 때에 초점이 맞는 초점 위치 근처의 초점 위치에 대해서는 조밀하게 하고, 초점에서 많이 벗어난 초점 위치에 대해서는 적게 배치하는 가중 배치 방식을 취할 수 있다. 즉, 초점 거리 주변에 있는 초점 위치에 가중치를 두어 초점을 벗어난 영상을 얻고, 결국 가중치를 반영한 TSOM 이미지를 얻음으로써 보다 신뢰성있는 TSOM 이미지를 얻을 수 있다.
- [0107] 보간법을 이용하는 경우, 이를 통하여 얻는 가상 영상들은 초점이 맞는 거리를 중심으로 하여 초점 위치가 가우스 분포를 이룬다고 상정하고, 가상 영상에 대한 초점 위치를 선택할 때에 초점이 맞는 초점 위치 근처의 초점 위치에 대해서는 조밀하게 하고, 초점에서 많이 벗어난 초점 위치에 대해서는 적게 배치하는 가중 배치 방식을 취할 수 있다. 즉, 초점 거리 주변에 있는 초점 위치에 가중치를 두어 초점을 벗어난 영상을 얻고, 결국 가중치를 반영한 TSOM 이미지를 얻음으로써 보다 신뢰성있는 TSOM 이미지를 얻게 한다는 것이다.
- [0108] 그리고, 이들을 딥러닝을 위한 검증자료 세트로 준비한다(S10). 준비의 하나로서, 각 TSOM 이미지와 그 검사 대상 항목, 그 항목들의 크기 범주 가운데 어느 범주에 속하는가에 대해 데이터 베이스 형태로 저장한다.
- [0109] 검증자료 세트를 형성할 때에는 비교적 적은 숫자를 가지고도 딥러닝을 통해 틀을 형성하기 유리하도록 하기 위해, TSOM 이미지와 그에 대한 대상 라인들의 높이, 상부폭, 경사각 등 각 검사 대상(파라미터) 및 그 크기를 아는 상태에서 TSOM 이미지들이 각 검사 대상과 그것이 위치하는 수치범위(범주)에 대해 고르게 분포하도록 할 수 있다.
- [0110] 가령, 반도체 장치 검사용 틀에서 딥러닝을 통해 검사에 적합한 알고리즘 혹은 구체적인 형태로 프로그램을 형성하기 위해 먼저 검증자료 세트가 준비되며, 이 검증자료 세트는 라인 패턴의 선평의 관점에서 도4, 라인 패턴의 높이의 관점에서 도5와 같은 분포를 이루도록 한다. 여기서 검증자료 세트를 이루는 TSOM 이미지들은 도4와 같이 상부폭의 수치범위에 따라 1~5의 클래스로 나누어질 수 있고, 한편으로 도5와 같이 높이의 수치범위에 따라 A-E의 클래스로 나누어질 수 있으며, 또한, 전체 TSOM 이미지는 도6와 같이 상부폭과 높이의 관점에서 수치범위에 따른 25개이 세부 클래스로 나누어질 수 있다. 각 세부 클래스는 가령 100개씩의 TSOM 이미지를 가지도록 하면, 전체는 2500개의 TSOM 이미지를 가지게 된다. 물론, 각 TSOM 이미지는 고유 번호를 가지고 구분된다.
- [0111] 실제로 다양한 선평, 높이, 경사각과 같은 대상과 그 대상별 수치 범주를 가지도록 라인 패턴을 제작하고 그에 대한 실제 검사를 통해 대상과 범주를 확인하고, 이들에 대한 TSOM 이미지를 확보하여 검증자료 세트를 준비하는 것이 바람직하지만, 실제로 다양한 레티클을 제작하고 고가의 반도체 장비를 가지고 다양한 항목 및 범주를 가진 반도체 장치 패턴을 형성하는 것은 어렵기 때문에 기존에 사용하는, 항목과 범주가 이미 알려져 있는 반도체 장치 패턴 몇 개를 사용하여 그에 대한 TSOM 이미지를 확보하고, 시뮬레이션을 이용하여 이들 사이의 수치 범주를 가진 TSOM 이미지를 합성하여 검증자료 세트를 준비하는 것이 현실적인 방법이 될 수 있다.
- [0112] 또한 검사의 적합도를 높이기 위해 딥 러닝을 위한 자료로써의 저장 목록(데이터 베이스)은 개방형으로 관리하여 검사 대상 항목 및 범주를 하는 TSOM 이미지가 지속적으로 추가 보완될 수 있도록 하고, 딥 러닝을 통해 검사용 틀을 결정 단계는 저장 목록의 자료 갯수 증가가 일정 수치 이상 되면 새롭게 실시하여 새로운 검사용 틀을 결정하도록 운용될 수 있다.
- [0113] 시뮬레이션을 통해 서로 다른 수치 범주의 다수 TSOM 이미지를 합성하는 것은 현재 TSOM 기술을 통해 어느 정도 가능한 것이 알려져 있고, 역으로 합성된 TSOM 이미지의 항목과 범주에 해당하는 대상을 실제로 제작하거나 기존 반도체 장치 패턴 가운데 그에 해당하는 것을 찾아 실제 TSOM 이미지를 찾으면 합성된 이미지와 큰 차이가 없도록 TSOM 이미지를 합성하는 것은 비록 제한된 범주이기는 하지만 가능한 것으로 확인된다.
- [0114] 다음으로, 기본 틀을 준비하고(S20), 1차적인 데이터 베이스 자료의 TSOM 이미지를 검사하기 위한 기본 틀에 딥러닝 자료로 혹은 입력으로 투입한다. 틀은 컴퓨터와 이 컴퓨터 내에서 수행되는 프로그램의 결합으로 이루어지며, 프로그램은 기존에 개발되어 있는 형태 인식 프로그램과 기본적으로 같은 프로그램을 세부적인 설정을 변경해 나가면서 사용하는 것이 가능하다. 프로그램은 TSOM 이미지를 통해 일정 대상 항목에 대한 특징 인식을 할 수 있는 신경망 구조 설계와 신경망 학습이 가능하도록 하는 알고리즘을 가지며, 학습이 진행됨에 따라 기본적인 알고리즘 설정이 변화하여 구체적으로 적합한 알고리즘을 만들어가도록 이루어진다. 가령, 학습이 이루어짐에 따라 학습된 노드들에 대한 가중치와 함수 활성화가 이루어질 수 있다. 이러한 딥러닝과 관련된 개념들은 이미 알려진 것이므로 이에 대한 세부적인 내용 설명은 생략하기로 한다.

- [0115] 본 발명에서 검사 툴은 입력된 자료에 대해 검사 대상 항목의 관점에서 특징을 비교하여 구분하게 된다. 딥러닝 과정에서, 먼저 기본 툴에 포함된 알고리즘(소프트웨어, 프로그램)을 통해 다수 TSOM 이미지의 특징 혹은 특정 패턴을 먼저 찾아보고, 그 특징에 의해 TSOM 이미지를 구분한 뒤 그 결과가 알고 있는 항목 및 범주에 의한 구분(앞선 단계에서 작성한 데이터 베이스 자료)과 부합하는 지 확인하고, 그렇지 않을 경우, 자체 알고리즘을 통해 툴을 수정하면서 다시 특징 혹은 특정 패턴을 통해 TSOM 이미지를 구분하는 활동을 계속하여 일정 확률 이상으로 일치하는 등 미리 정한 기준을 만족할 때 딥러닝에 의한 검사용 툴이 결정된 것으로 할 수 있다.(S30)
- [0116] 검사를 위한 툴의 프로그램을 딥러닝을 통해 적합화, 구체화시킬 때 딥러닝을 용이하고 짧은 시간 내에 효율적으로 할 수 있기 위해 검사 대상 항목을 단순하게 하고, 범주의 수를 줄이는 것이 바람직하다. 가령, 툴을 먼저 도4의 표와 같이 라인의 선포에 대해서만 5가지의 범주로 구분하도록 하여 선포 검사용 툴을 결정하고, 이어서 도5의 표와 같이 라인의 높이에 대해서만 5가지 범주로 구분하도록 하여 높이 검사용 툴을 결정한다. 각 항목에 대한 검사용 툴의 결합을 통해 전체적인 검사용 툴이 얻어지는 것으로 생각할 수 있다.
- [0117] 검사용 툴을 검사 대상 항목마다 결정하고 선택할 경우, 가령, 라인에 대한 TSOM 이미지 가운데 특정 선포 범주 이면서 특정 높이 범주에 드는 TSOM 이미지들을 찾으려면, 특정 선포 범주에 드는 TSOM 이미지들을 찾고, 특정 선 높이 범주에 드는 TSOM 이미지들을 찾은 뒤, 이들의 교집합을 이루는 TSOM 이미지들을 찾으면 된다.
- [0118] 이런 경우, 딥러닝에 소요되는 시간을 줄이고, 적합도를 높일 수 있다. 그리고, 검사 대상 항목을 임의로 확장하는 데에도 추가되는 대상 항목에 대한 딥러닝을 통해 쉽게 검사 툴을 보완할 수 있게 된다. 반대로 두 가지 이상의 검사 항목에 대해 한꺼번에 딥러닝을 통해 구분을 하도록 하면, 대상 범주는 모두 25가지가 되어 딥러닝에 소요되는 시간이 급격히 증가하고, 시간이 한정된 경우, 검사 툴의 정확성이 낮은 상태로 결정되는 것을 볼 수 있다.
- [0119] 이런 과정을 통해 검사용 툴이 결정되면, 추가의 검증자료 세트 혹은 테스트 세트를 통해 검사용 툴의 정확성, 신뢰성을 확인하는 것도 가능하다.
- [0120] 도7은 이러한 딥러닝을 통해 검사용 툴을 결정하는 모델을 개념적으로 보여주는 개념적 구성도이다. 이 모델에서 보면, 입력 데이터 세트는 검사용 툴에 해당하는 히든 레이어를 통해 출력 데이터로 나타난다(feedforward 방향). 여기서 입력 데이터 세트가 검증자료 세트를 이루는 모든 TSOM 이미지라면 이들 TSOM 이미지 집합을 이루는 각각의 TSOM 이미지가 어떤 범주에 드는지가 출력 데이터로 나타난다. 이 출력 데이터가 이미 앞서 확보한 데이터 베이스에 따른 해당 TSOM 이미지와 연관된 검사 항목 및 범주와 모두 일치하면 검사용 툴은 결정된다. 일치하지 않는다면, 현재의 검사용 툴은 다시 자체 알고리즘 혹은 프로그램 수정을 실시한다(backpropagation). 그리고, 수정된 알고리즘을 통해 앞서와 같은 분류를 실시하며, 이런 과정은 반복될 수 있다.
- [0121] 이런 수정 실시가 1회 이루어질 때마다 딥러닝에서 1회의 세대(epoch)가 경과한 것으로 보며, 반복 과정에서 기준 에러율(error rate: 오분류된 데이터 개수를 전체 데이터 개수로 나눈 비율) 이하의 에러율을 가지게 되거나, 설계자가 임의로 지정한 세대수에 도달하면 역시 검사용 툴은 결정된 것으로 할 수 있다.
- [0122] 이상 과정을 통해 라인 폭에 대한 검사용 툴과 라인 높이에 대한 검사용 툴이 결정되면, 이를 바탕으로 수치 범주를 알지 못하는 검사 대상 라인에 대한 선포 및 높이를 검사하게 된다. 검사 툴에 대한 입력 자료로서, 먼저 미지의 라인에 대한 TSOM 이미지가 준비되며, 준비된 TSOM 이미지를 검사용 툴에 입력하여 검사 결과를 얻는다(S40). 상기 미지의 라인에 대한 TSOM 이미지도, 도 2에 도시된 TSOM 이미지 획득 방법에 기반하여 획득된다.
- [0123] 대상에 대한 검사의 결과(output)는 대상 라인이 선포이라는 항목에서 어떤 수치 범위(범주)에 포함되고, 높이라는 항목에서 어떤 수치 범위에 포함되는지로 나타난다. 이런 수치 범위가 대상의 불량률 결정하는 기준이라면, 이후 단계에서는 그 기준에 따라 대상 라인을 가지는 공정 단계의 반도체 장치에 대한 폐기나 재작업을 실시하는 단계가 뒤따를 수 있다.
- [0124] 한편, 검사의 결과는 대상 항목의 특정 범주에 단순히 들어가는지 혹은 들어가지 않는지를 가부판단하는 형식이 아니고, 어떤 범주에 들어갈 확률이 몇 %라는 형태로 여러 범주에 들어갈 확률의 분포 형식으로 나올 수 있다.
- [0125] 이렇게 확률 분포의 형식을 가지는 것은 대상 항목이 TSOM 이미지에서는 명확한 실제 형상 및 크기를 보이는 것이 아니고 다소 추상화된 패턴으로 나타내기 때문이라고 할 수 있다.
- [0126] 통상은 이런 확률의 분포에 대해 가장 높은 분포확률을 가지는 범주의 대푯값을 검사 대상의 검사 항목에 대한 결과 수치라고 정할 수 있지만, 대푯값은 통상 해당 범주의 중간값이고, 수치의 범위가 커지면 검사 결과의 정

확도는 떨어지게 되는 단점이 있다.

- [0127] 이를 보완하여 검사 결과가 더 정확한 수치값을 가지도록 하기 위해 검사 결과가 각 수치 범주에 대해 분포 확률을 가지는 것을 이용할 수 있다. 즉, 앞서 언급한 것과 같이, 대상 항목이 TSOM 이미지에서는 명확한 실제 형상 및 크기를 보이는 것이 아니고 다소 추상화된 패턴으로 나타내기 때문이지만, 이런 불명확성을 내포하는 이런 확률 분포의 형태가 역설적으로 검사 대상 항목의 보다 정확한 수치를 결정하는 데 이용될 수 있다는 것이다. 즉, 검사 대상이 대상 항목의 수치 범주에 들어감과 동시에 그 수치 범주 가운데 어떤 특정 수치를 가지는 것으로 추정하는 것이 가능하다.
- [0128] 이를 위해서는 각 범주의 대푯값과 그 범주에 속할 확률을 근거로 하여 대상에 대한 검사 대상 항목의 결정값을 도출할 수 있으며(S45) 이 도출과정에서 보간법 혹은 가중평균의 적용이 이루어질 수 있다.
- [0129] 도8 및 도9는 검증자료 세트를 이용한 딥러닝을 통해 결정된 툴에 테스트 세트의 자료를 입력하여 그 선폭 및 높이에 대한 결과를 각각 항목의 각 수치 범주에 속할 확률 분포의 형태로 도출한 결과를 나타낸다. 여기서는 테스트 자료로 선폭 51nm, 높이 50nm, 하부 경사각 89인 라인에 대해 TSOM 이미지를 얻고, 선폭과 관련하여 결정된 툴에 입력하여 45~50nm 범위에 대푯값 47.5에 해당하는 클래스 1에 해당할 확률이 24.05%, 51~56nm 범위에 대푯값 53.5에 해당하는 클래스 2에 해당할 확률이 75.37%, 57~63nm 범위에 대푯값 60에 해당하는 클래스 3에 해당할 확률이 0.58%, 64~69nm 범위에 대푯값 66.5에 해당하는 클래스 4 및 70~75nm 범위에 대푯값 72.5에 해당하는 클래스 5에 해당할 확률이 0%라는 결과를 얻었다.
- [0130] 또한, 높이 항목과 관련하여 결정된 툴에 입력하여 48nm 대푯값에 해당하는 클래스 A에 해당할 확률이 0.03%, 49nm 대푯값에 해당하는 클래스 B에 해당할 확률이 54.657%, 50nm 대푯값에 해당하는 클래스 C에 해당할 확률이 35.31%, 51nm 대푯값에 해당하는 클래스 D에 해당할 확률이 9.99%, 52nm 대푯값에 해당하는 클래스 E에 해당할 확률이 0%라는 결과를 얻었다.
- [0131] 이런 결과에 대해 통상은 선폭은 클래스 2의 대푯값 53.5, 높이는 클래스 B의 대푯값 49nm가 되지만 본 발명에서는 각 범주의 대푯값과 그에 속할 확률을 곱한 것을 전부 더하여 얻은 가중평균값 혹은 보간법에 의한 계산값으로 선폭 52.095nm, 높이 49.5525nm를 얻었다. 이는 앞서 알고 있는 라인 패턴의 실측값 선폭 51nm 및 높이 50nm에 훨씬 가까운 값이 된다. 즉, 보간법을 통해 실측치에 훨씬 가까운 값을 얻을 수 있다.
- [0132] 이러한 보간법에 의해 얻은 검사 결과는 nm 단위로 측정할 때, 종래의 MSD 방법에 따른 경우의 계측오차 3.1197, 표준편차 2.3937에 비해서 본 발명에서는 계측오차 3.093, 표준편차 2.0552로 오차가 줄어드는 결과값을 얻을 수 있었고, 계측에 소요되는 시간을 비교하면 데이터 베이스를 이루는 TSOM 이미지의 개수가 많아질수록 종래의 MSD 방법에서는 당연히 계산에 소요되는 시간이 비례적으로 증가하여 데이터 베이스 자료 숫자 155개에 대해 783.2밀리초(ms), 1000개에 대해 5032.2ms, 2000개에 대해 10065.7ms, 5000개에 대해 25161.3ms로 측정되었으나, 본 발명에 따르면 자료 숫자 155개에 대해 21.1ms이고 자료 숫자가 증가하여도 절대치는 증가하지만 비례해서 증가하지는 않아 자료 숫자가 많을 때에도 측정 대상에 대한 검사 결과값을 얻는 데에는 매우 적은 시간이 소요됨을 알 수 있었다.
- [0133] 한편, 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반도체 장치 검사 방법의 중요 단계를 나타내는 흐름도이고, 도 11은 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법의 개념도를 도시한 도면이다.
- [0134] 도 10을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 반도체 장치 검사 방법은, 적어도 하나의 검사 대상 항목(파라미터)과 상기 항목 내의 범주(클래스)를 알고 있는 복수의 반도체 장치 부분에 대한 멀티 채널 이미지를 획득하여 상기 검사 대상 항목, 상기 범주 및 상기 이미지를 연관된 상태로 딥 러닝(deep learning)을 위한 검증자료 세트로서 저장 목록(데이터 베이스)에 저장하는 단계(단계 S200), 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 결합한 형태로 검사를 위한 기본 상태의 기본 툴(TOOL)을 준비하고(단계 S202), 상기 저장 목록의 복수의 이미지에 기반하여 상기 검사 대상 항목 가운데 적어도 하나에 대해 딥 러닝을 실시하여 각각의 이미지가 어느 범주에 드는지를 구분하되, 구분 결과가 상기 저장 목록에 의한 구분 결과와 비교할 때, 규정된 일정 기준을 만족할 때까지 딥 러닝을 실시하여, 규정에 만족된 상태로 적합화된 소프트웨어를 가지는 상태의 툴을 검사에 적합한 검사용 툴로서 결정하는 결정 단계(단계 S204), 및 미지의 반도체 장치 부분에 대한 검사 대상의 멀티 채널 이미지를 획득하고 딥 러닝을 통해 결정된 상기 검사용 툴을 이용하여 상기 검사 대상 이미지가 어떤 검사 대상 항목에 대해 어떤 범주에 속하는지 알아내는 검사 단계(단계 S206, S208)를 포함한다.
- [0135] 상기 검사 단계에서는 상기 검사 대상 이미지가 검사 대상 항목의 어떤 범주에 속하는지가 단순 가부 결정방식이 아니고 검사 대상 항목의 모든 범주에 대한 확률 분포 방식으로 표현되고, 상기 범주는 수치의 범위로 표현

되며(단계 S206), 상기 검사 대상 이미지의 상기 검사 대상 항목에 대한 수치 결정값은 각 범주의 대푯값과 각 범주에 포함될 확률을 곱한 것을 전부 더함으로써 결정된다(단계 S208).

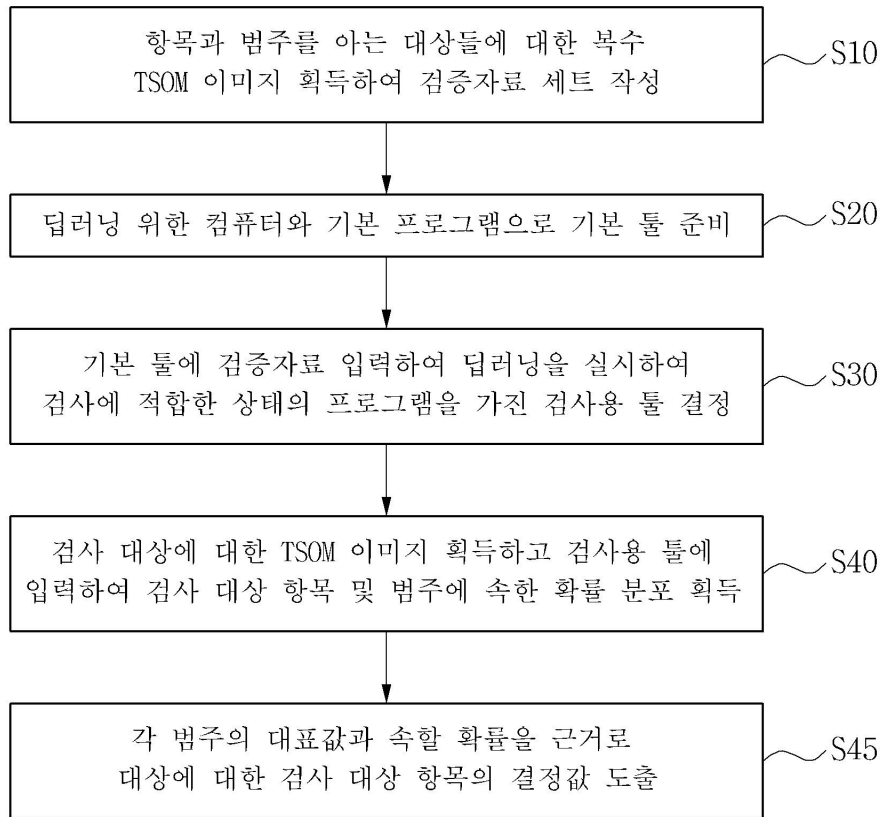
- [0136] 도 10에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 따른 반도체 장치 검사 방법은, 도 1에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 장치 검사 방법과 유사하다.
- [0137] 도 1에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법(도 11의 300)에서는 대상에 대해 3장의 실제 영상을 획득하고 이에 기반하여 가상 영상들을 형성하며 실제 영상과 가상 영상들에 기반하여 TSOM 이미지(304)를 형성한 후 TSOM 이미지를 딥 러닝을 위한 검증자료 세트 및 검사를 위한 입력 이미지로 사용하여 반도체 장치를 검사한다.
- [0138] 하지만, 도 10에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법(도 11의 302)에서는 TSOM 이미지를 형성하지 않고, 대상에 대한 초점이 맞는 영상(308)과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상(310), 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상(312)을 포함하는 멀티 채널 이미지(306)를 직접 딥 러닝을 위한 검증자료 세트 및 검사를 위한 입력 이미지로 사용하여 반도체 장치를 검사한다.
- [0139] 반도체 장치에 형성되어 있는 쓰루 실리콘 비아(TSV: Through Silicon Via)의 경우, 구조적인 특성상 깊이에 따라 홀의 크기가 달라지며, 조명의 영향으로 FinFET 구조보다 노이즈 성분이 많다. 따라서, 홀 이미지의 각각 다른 크기와 노이즈의 영향으로 TSOM 이미지를 형성하기 위하여 초점이 맞는 이미지와 초점이 맞지 않는 다수의 이미지를 정확하게 정합(registration)하는 것은 용이하지 않다. 따라서 이미지 정합에 따른 검사 정확도에 문제가 발생할 수 있다.
- [0140] 이를 개선하기 위하여 도 10에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법(도 11의 302)에서는 TSOM 이미지를 형성하지 않고, 멀티 채널 이미지(306)를 직접 딥 러닝을 위한 검증자료 세트 및 검사를 위한 입력 이미지로 사용하여 반도체 장치를 검사한다. 따라서, TSOM 이미지를 형성하기 위한 이미지 정합(registration) 과정이 필요 없어 검사 정확도를 향상시킬 수 있으며 이미지 획득 시간을 단축시킬 수 있다.
- [0141] 도 10에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 반도체 장치 검사 방법(도 11의 302)에서는 대상에 대한 초점이 맞는 영상(308)과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 영상(310), 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 영상(312)을 포함하는 총 3개의 멀티 채널 이미지(306)를 사용하였지만, 본 발명의 일 실시예는 이에 한정되지 않고, 대상에 대한 초점이 맞는 영상과, 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 짧은 초점이 맞지 않는 M개의 영상, 및 실제 초점 거리에 비해 렌즈로부터 촬상면까지의 거리가 더 긴 초점이 맞지 않는 N개의 영상을 포함하는 총 (M+N+1)개의 멀티 채널 이미지를 사용할 수도 있다.
- [0142] 상기에서, M과 N은 1 이상 4 이하의 임의의 정수일 수 있고, 상기 M과 N은 동일할 수도 있고, 동일하지 않을 수도 있다.
- [0143] 이상에서는 한정된 실시예를 통해 본 발명을 설명하고 있으나, 이는 본 발명의 이해를 돕기 위해 예시적으로 설명된 것일 뿐 본원 발명은 이들 특성의 실시예에 한정되지 아니한다. 따라서, 당해 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명을 토대로 다양한 변형이나 응용예를 실시할 수 있을 것이며 이러한 변형예나 응용예는 첨부된 특허청구범위에 속함은 당연한 것이다.

부호의 설명

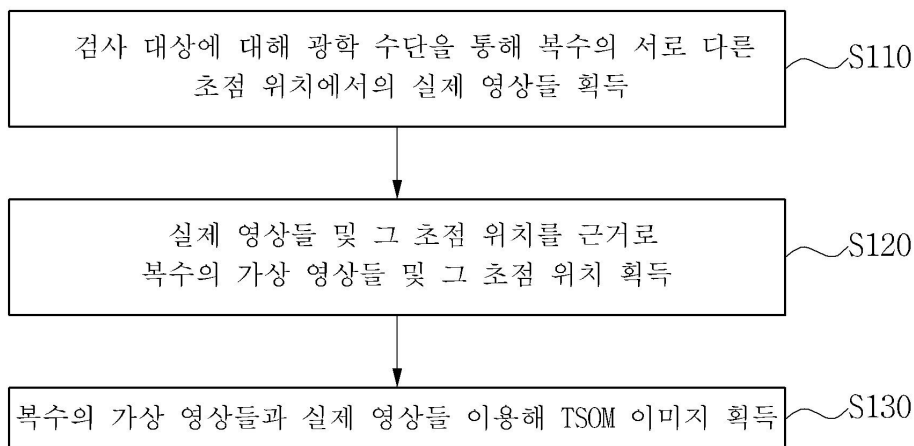
- [0144] 304 : TSOM 이미지
- 306 : 멀티 채널 이미지
- 308 : 초점이 맞는 영상
- 310, 312 : 초점이 맞지 않는 영상

도면

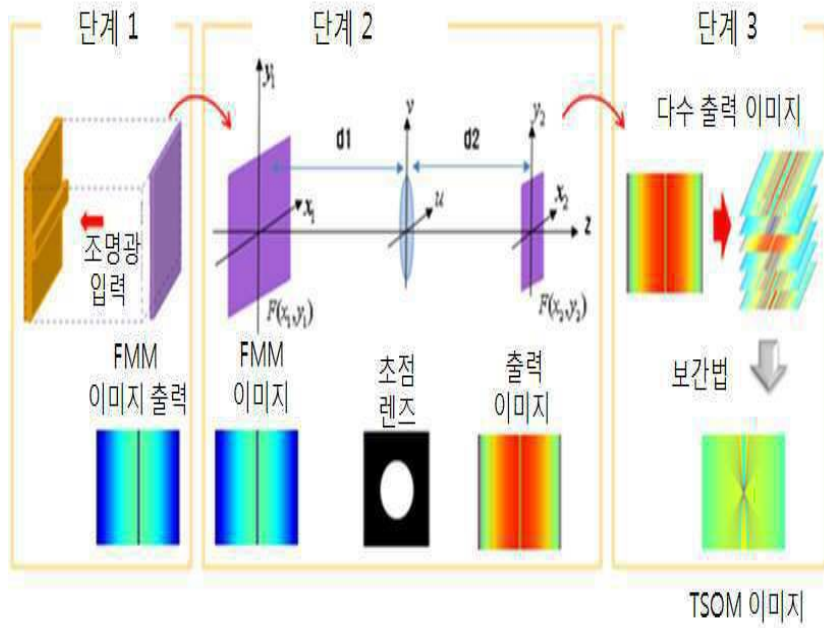
도면1



도면2



도면3



도면4

파장 532nm		신폭				
		45 ~ 50	51 ~ 56	57 ~ 63	64 ~ 69	70 ~ 75
높이	47.5 ~ 48.4	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
	48.5 ~ 49.4					
	49.5 ~ 50.4					
	50.5 ~ 51.4					
	51.5 ~ 52.4					

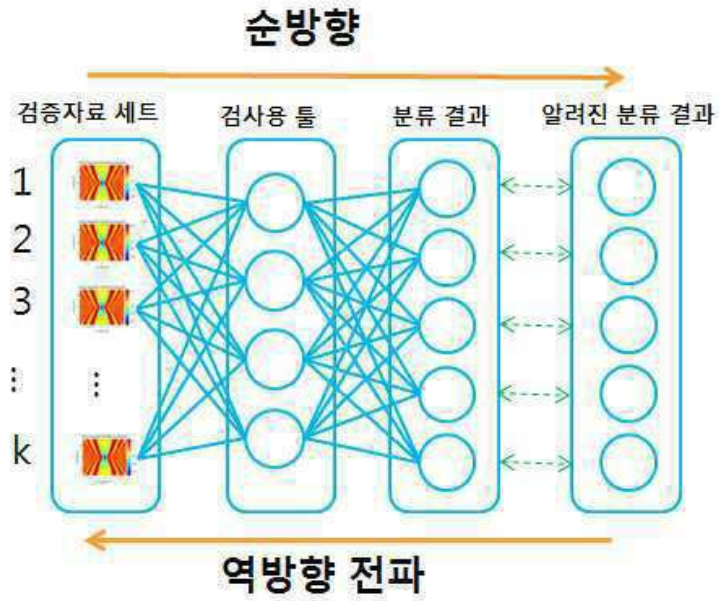
도면5

파장 532nm		선폭				
		45 ~ 50	51 ~ 56	57 ~ 63	64 ~ 69	70 ~ 75
높이	47.5 ~ 48.4	Class A				
	48.5 ~ 49.4	Class B				
	49.5 ~ 50.4	Class C				
	50.5 ~ 51.4	Class D				
	51.5 ~ 52.4	Class E				

도면6

파장 532nm		선폭				
		45 ~ 50	51 ~ 56	57 ~ 63	64 ~ 69	70 ~ 75
높이	47.5 ~ 48.4	Class A1	Class A2	Class A3	Class A4	Class A5
	48.5 ~ 49.4	Class B1	Class B2	Class B3	Class B4	Class B5
	49.5 ~ 50.4	Class C1	Class C2	Class C3	Class C4	Class C5
	50.5 ~ 51.4	Class D1	Class D2	Class D3	Class D4	Class D5
	51.5 ~ 52.4	Class E1	Class E2	Class E3	Class E4	Class E5

도면7



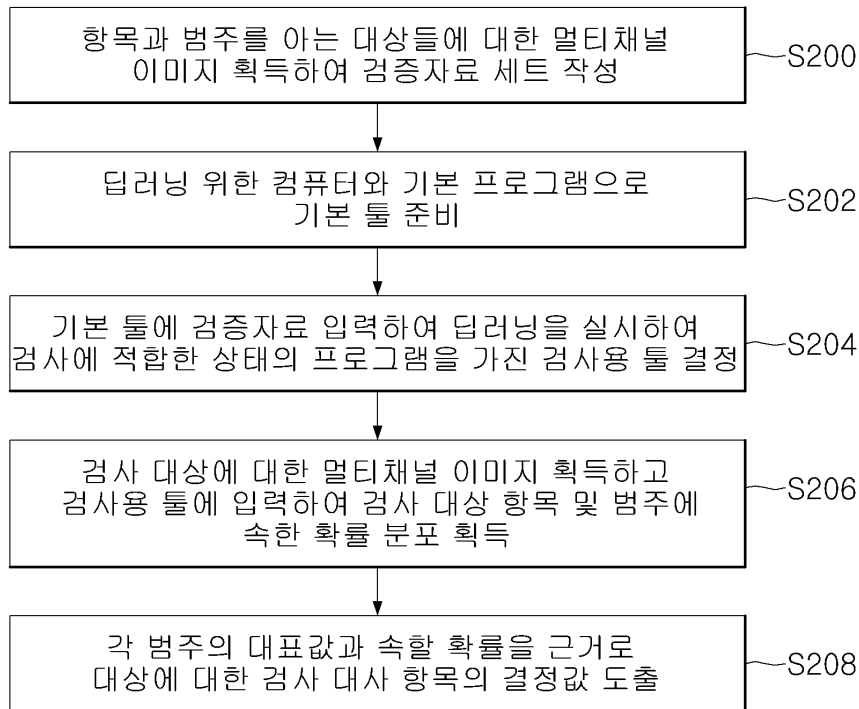
도면8

확률	24.05%	75.37%	0.58%	0.00%	0.00%
범주	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
수치 범위	45~50	51~56	57~63	64~69	70~75
대표값	47.5	53.5	60	66.5	72.5

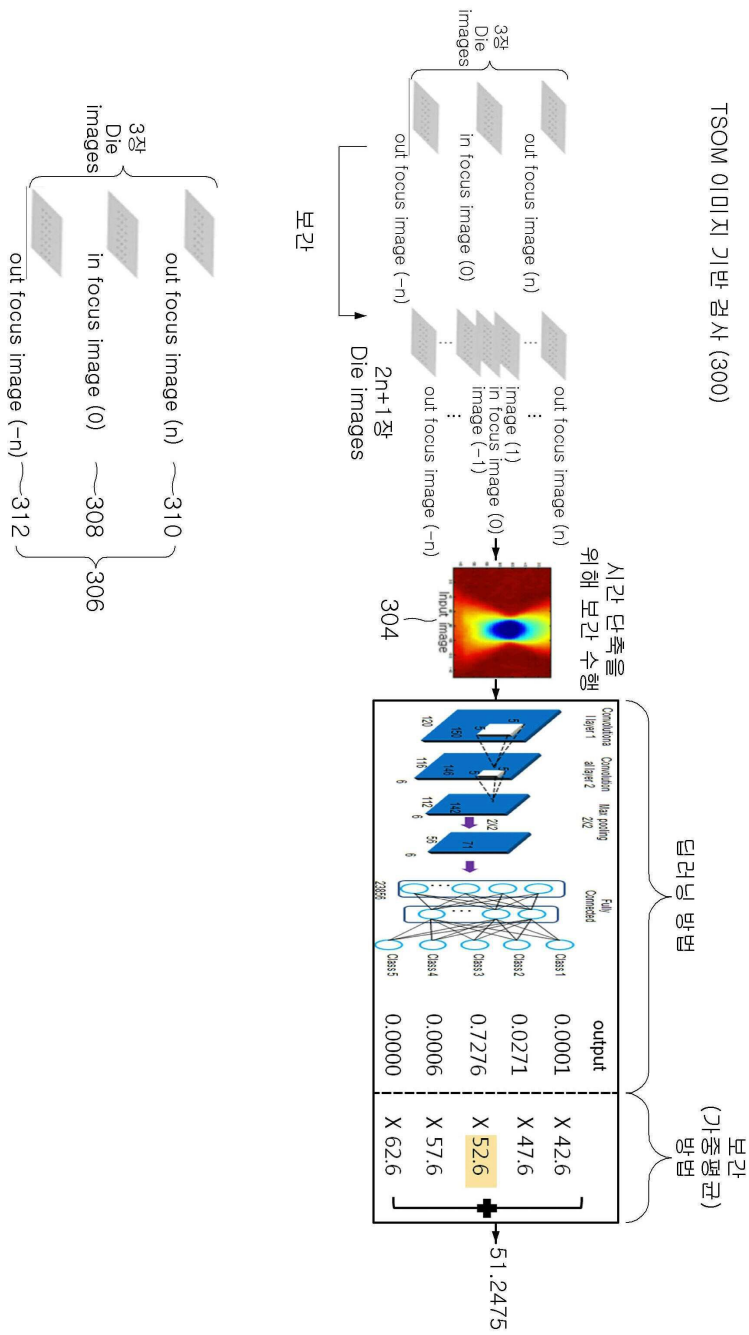
도면9

확률	0.03%	54.65%	35.31%	9.99%	0.00%
범주	Class A	Class B	Class C	Class D	Class E
대표값	48	49	50	51	52

도면10



TSOM 이미지 기반 검사 (300)



도면11

멀티 채널 이미지 기반 검사 (302)