



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월08일  
(11) 등록번호 10-2576880  
(24) 등록일자 2023년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/66 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 22/34 (2013.01)  
H01L 21/67242 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-7013707  
(22) 출원일자(국제) 2019년10월01일  
심사청구일자 2022년09월30일  
(85) 번역문제출일자 2021년05월06일  
(65) 공개번호 10-2021-0057203  
(43) 공개일자 2021년05월20일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2019/053922  
(87) 국제공개번호 WO 2020/076544  
국제공개일자 2020년04월16일  
(30) 우선권주장  
201841037993 2018년10월08일 인도(IN)  
(뒷면에 계속)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20170200264 A1  
US20180157933 A1  
US20180218493 A1

(73) 특허권자  
케이엘에이 코퍼레이션  
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크  
놀로지 드라이브  
(72) 발명자  
야티 아르팻  
인도 러크나우 226010 고티 나가르 바르단 칸드  
1/480  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 18 항

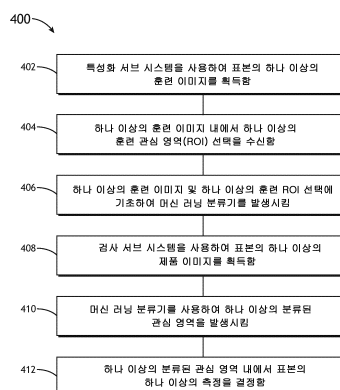
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 반도체 기판의 임계 치수 측정을 위한 딥 러닝 기반 적응적 관심 영역

(57) 요약

계측 시스템이 개시된다. 일 실시예에서, 시스템은 표본의 하나 이상의 이미지를 획득하도록 구성된 특성화 서브 시스템을 포함한다. 다른 실시예에서, 시스템은: 특성화 서브 시스템으로부터 표본의 하나 이상의 훈련 이미지를 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키고; 특성화 서브 시스템으로부터 표본의 하나 이상의 제품 이미지를 수신하고; 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키며; 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 표본의 하나 이상의 측정을 결정하도록 구성된 제어기를 포함한다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류

*H01L 22/12* (2013.01)

*H01L 22/22* (2013.01)

*H01L 22/26* (2013.01)

(30) 우선권주장

62/770,712 2018년11월21일 미국(US)

16/420,408 2019년05월23일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시스템에 있어서,

표본의 하나 이상의 이미지를 획득하도록 구성된 특성화 서버 시스템 — 상기 특성화 서버 시스템은 조명 소스 및 검출기 어셈블리를 포함함 — ; 및

메모리에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 제어기

를 포함하고, 상기 프로그램 명령어 세트는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

상기 특성화 서버 시스템으로부터 표본(specimen)의 하나 이상의 훈련 이미지를 수신하고;

상기 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(region-of-interest; ROI) 선택을 수신하고;

상기 하나 이상의 훈련 이미지 및 상기 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키고 — 상기 머신 러닝 분류기는 상기 하나 이상의 훈련 이미지 및 상기 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 표본의 하나 이상의 관심 측정을 식별하도록 구성됨 — ;

상기 특성화 서버 시스템으로부터 표본의 하나 이상의 제품 이미지를 수신하고;

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키며;

상기 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 상기 표본의 하나 이상의 측정을 결정하게 하도록 구성되는 것인, 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키는 것은:

상기 하나 이상의 제품 이미지 내에서 하나 이상의 제품 ROI 선택을 수신하는 것; 및

상기 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키기 위해 상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 하나 이상의 제품 이미지 내의 구조물에 따라 상기 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것

을 포함하는 것인, 시스템.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

적어도 하나의 제품 ROI 선택은 사용자 인터페이스를 통해 사용자로부터 수신되는 것인, 시스템.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 하나 이상의 제품 이미지 내의 구조물에 따라 상기 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것은:

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 적어도 하나의 제품 ROI 선택의 크기 또는 형상 중 적어도 하나를 적응적으로 수정하는 것

을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 하나 이상의 제품 이미지 내의 구조물에 따라 상기 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것은:

적어도 하나의 제품 ROI 선택에 대해 회전된 분류된 관심 영역을 발생시키기 위해 상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 적어도 하나의 제품 ROI 선택의 배향을 적응적으로 수정하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키는 것은:

상기 하나 이상의 제품 이미지 내에서 하나 이상의 제품 관심 패턴(pattern of interest; POI) 선택을 수신하는 것; 및

상기 하나 이상의 제품 POI 선택에 기초하여 상기 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키는 것을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 측정은 상기 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 임계 치수 측정을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 특성화 서버 시스템은 주사 전자 현미경(scanning electron microscopy; SEM) 서버 시스템 또는 광학 특성화 서버 시스템 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 9

제 1 항에 있어서,

적어도 하나의 훈련 ROI 선택은 사용자 인터페이스를 통해 사용자로부터 수신되는 것인, 시스템.

## 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기는 딥 러닝(deep learning) 분류기, 컨볼루션 신경망(convolutional neural network; CNN), 앙상블 학습(ensemble learning) 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 또는 인공 신경망 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 11

시스템에 있어서,

메모리에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성되는 하나 이상의 프로세서를 포함하는 제어기를 포함하고, 상기 프로그램 명령어 세트는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

표본의 하나 이상의 훈련 이미지를 수신하고;

상기 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하고;

상기 하나 이상의 훈련 이미지 및 상기 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발

생시키고 — 상기 머신 러닝 분류기는 상기 하나 이상의 훈련 이미지 및 상기 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 표본의 하나 이상의 관심 측정을 식별하도록 구성됨 — ;

표본의 하나 이상의 제품 이미지를 수신하고;

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키며;

상기 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 상기 표본의 하나 이상의 측정을 결정하게 하도록 구성되는 것인, 시스템.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키는 것은:

상기 하나 이상의 제품 이미지 내에서 하나 이상의 제품 ROI 선택을 수신하는 것; 및

하나 이상의 수정된 관심 영역을 발생시키기 위해 상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 하나 이상의 제품 이미지 내의 구조물에 따라 상기 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것

을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 하나 이상의 제품 이미지 내의 구조물에 따라 상기 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것은:

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 적어도 하나의 제품 ROI 선택의 크기 또는 형상 중 적어도 하나를 적응적으로 수정하는 것

을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 하나 이상의 수정된 관심 영역을 발생시키기 위해 상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 하나 이상의 제품 이미지 내의 구조물에 따라 상기 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것은:

적어도 하나의 제품 ROI 선택에 대해 회전된 분류된 관심 영역을 발생시키기 위해 상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 상기 적어도 하나의 제품 ROI 선택의 배향을 적응적으로 수정하는 것

을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 하나 이상의 측정은 상기 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 임계 치수 측정을 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 16

제 11 항에 있어서,

적어도 하나의 훈련 ROI 선택은 사용자 인터페이스의 사용자 입력 디바이스로부터 수신되는 것인, 시스템.

## 청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 머신 러닝 분류기는 딥 러닝 분류기, 컨볼루션 신경망(CNN), 앙상블 학습 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 또는 인공 신경망 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 시스템.

#### 청구항 18

방법에 있어서,

특성화 서브 시스템을 사용하여 표본의 하나 이상의 훈련 이미지를 획득하는 단계;

상기 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하는 단계;

상기 하나 이상의 훈련 이미지 및 상기 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키는 단계 — 상기 머신 러닝 분류기는 상기 하나 이상의 훈련 이미지 및 상기 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 표본의 하나 이상의 관심 측정을 식별함 — ;

상기 특성화 서브 시스템을 사용하여 표본의 하나 이상의 제품 이미지를 획득하는 단계;

상기 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키는 단계; 및

상기 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 상기 표본의 하나 이상의 측정을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 아르피트 야티(Arpit Yati)를 발명자로 명명하고 2018년 11월 21일자에 출원된 발명의 명칭이 "반도체 기관의 임계 치수 측정을 위한 딥 러닝 기반 적응적 관심 영역(DEEP LEARNING BASED ADAPTIVE REGIONS OF INTEREST FOR CRITICAL DIMENSION MEASUREMENTS OF SEMICONDUCTOR SUBSTRATES)"인 미국 가출원 제 62/770,712 호에 대한 우선권을 35 U.S.C. § 119(e) 규정하에서 주장하며, 이는 그 전체가 본 명세서에 참조로 포함된다. 본 출원은 또한 아르피트 야티(Arpit Yati)를 발명자로 명명하고 2018년 8월 10일자에 출원된 발명의 명칭이 "반도체 기관의 임계 치수 측정을 위한 딥 러닝 기반 적응적 관심 영역(DEEP LEARNING BASED ADAPTIVE REGIONS OF INTEREST FOR CRITICAL DIMENSION MEASUREMENTS OF SEMICONDUCTOR STRUCTURES)"인 인도 가출원 제 201841037993 호에 대한 우선권을 주장하며, 이는 그 전체가 본 명세서에 참조로 포함된다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 표본 특성화 및 계측 분야에 관한 것이며, 특히 머신 러닝 기술을 사용하는 적응적 관심 영역 선택을 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 점점 더 작은 폼 프린트 및 피처를 가진 전자 로직 및 메모리 디바이스에 대한 수요는 원하는 규모의 제조를 넘어 광범위한 제조 문제를 제시한다. 점점 더 복잡한 구조물로 인해 디바이스 무결성을 유지하기 위해 모니터링 및 제어되어야 하는 파라미터 수가 증가한다. 반도체 제조 분야에서 한 가지 중요한 특성은 임계 치수 균일성(critical dimension uniformity; CDU) 및 디바이스 피처의 임계 치수(critical dimension; CD)이다. CDU 모니터링은 공정 변화를 모니터링하고 수정해야 하는 공정 도구 드리프트를 식별하는 데 도움이 될 수 있다.

[0004] 통상적으로, 관심 피처(예를 들어, CDU)를 모니터링하는 것은 관심 패턴(patterns of interest; POI)을 정의하고, 측정(예를 들어, CDU 측정)이 수행될 POI와 관련된 관심 영역(region of interest; ROI)을 정의하고, ROI의 에지를 검출하며, 측정을 수행하는 것을 포함한다. 그러나, 현재 기술은 POI를 주사 전자 현미경(scanning electron microscopy; SEM) 이미지와 정렬하고 POI 위치를 기반으로 ROI를 배치하는 것이 포함되기 때문에, ROI 배치의 정확도는 SEM에 따른 정렬에 따라 달라지며, 이는 신뢰할 수 없을 수 있다. 더욱이, 각각의 이미지

내에서 정의된 POI 구조물 크기가 상당히 다를 수 있기 때문에, 정렬 정확도가 낮은 경우가 많다. 이러한 오정렬로 인해, ROI가 잘못 배치되어, 특정 관심 측정에 필요한 전체 영역을 포함하지 못할 수 있다.

[0005] 추가적으로, 현재의 기술은 정렬 정확도에 영향을 미칠 수 있는 공정 변화 및/또는 구조적 변화를 보정할 수 없다. 따라서, SEM 이미지 내의 POI 정렬 및 따라서 ROI 정렬은 표본 자체 내의 구조적 변화로 인해 실패할 수 있다. 예를 들어, 타겟 구조물 크기 변화로 인해 POI 및 ROI 정렬 실패가 발생할 수 있으므로 관심 측정의 효율적인 모니터링을 방해할 수 있다.

[0006] 따라서, 위에서 확인된 이전 접근 방식의 결점을 해결하는 시스템 및 방법을 제공하는 것이 바람직할 것이다.

### 발명의 내용

[0007] 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 시스템이 개시된다. 일 실시예에서, 시스템은 표본의 하나 이상의 이미지를 획득하도록 구성된 특성화 서버 시스템을 포함한다. 다른 실시예에서, 시스템은 메모리에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 제어기를 포함하고, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서가: 특성화 서버 시스템으로부터 표본의 하나 이상의 훈련 이미지를 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키고; 특성화 서버 시스템으로부터 표본의 하나 이상의 제품 이미지를 수신하고; 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키며; 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 표본의 하나 이상의 측정을 결정하게 하도록 구성된다.

[0008] 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 시스템이 개시된다. 일 실시예에서, 시스템은 메모리에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 제어기를 포함하고, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서가: 표본의 하나 이상의 훈련 이미지를 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키고; 표본의 하나 이상의 제품 이미지를 수신하고; 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키며; 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 표본의 하나 이상의 측정을 결정하게 하도록 구성된다.

[0009] 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 방법이 개시된다. 일 실시예에서, 방법은: 특성화 서버 시스템을 사용하여 표본의 하나 이상의 훈련 이미지를 획득하는 단계; 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하는 단계; 하나 이상의 훈련 이미지 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키는 단계; 특성화 서버 시스템을 사용하여 표본의 하나 이상의 제품 이미지를 획득하는 단계; 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키는 단계; 및 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 표본의 하나 이상의 측정을 결정하는 단계를 포함한다.

[0010] 진술한 일반적인 설명과 다음의 상세한 설명은 모두 단지 예시적이고 설명적인 것이며, 청구된 바와 같이 본 발명을 반드시 제한하는 것은 아님을 이해해야 한다. 본 명세서에 통합되어 그 일부를 구성하는 첨부 도면들은 본 발명의 실시예들을 도시하고, 일반적인 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 본 개시의 수많은 장점들은 첨부 도면들을 참조함으로써 본 기술 분야의 당업자에 의해 보다 잘 이해될 수 있다:

도 1은 표본 상의 관심 패턴(POI) 및 관심 영역(ROI) 정렬을 도시한다.

도 2는 타겟 사이트를 포함하는 관심 패턴(POI)을 도시한다.

도 3a 및 도 3b는 제품 이미지의 관심 영역(ROI)과 제어 이미지의 관심 영역(ROI) 사이의 정렬 오류를 도시한다.

도 4a 및 도 4b는 제품 이미지의 관심 영역(ROI)과 제어 이미지의 관심 영역(ROI) 사이의 정렬 오류를 도시한다.

도 5는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 시스템을 도시한다.

도 6a는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 시스템을 도시한다.

도 6b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 시스템을 도시한다.

도 7a는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 머신 러닝 분류기를 훈련시키기 위한 훈련 이미지를 도시한다.

도 7b는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 포함하는 훈련 이미지를 도시한다.

도 8a는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 제품 이미지를 도시한다.

도 8b는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 분류된 관심 영역(ROI)을 포함하는 제품 이미지를 도시한다.

도 8c는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 제품 관심 영역(ROI) 선택 및 분류된 관심 영역을 포함하는 제품 이미지를 도시한다.

도 9a는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 제품 이미지를 도시한다.

도 9b는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 분류된 관심 영역(ROI)을 포함하는 제품 이미지를 도시한다.

도 9c는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 각도 분류된 관심 영역(ROI)을 포함하는 제품 이미지를 도시한다.

도 10은 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 방법의 흐름도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 개시는 특정 실시예들 및 이의 특정 특징과 관련하여 특별히 도시되고 설명되었다. 본 명세서에 제시된 실시예들은 제한적이기 보다는 예시적인 것으로 간주된다. 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 형태 및 세부 사항에서 다양한 변경 및 수정이 이루어질 수 있다는 것은 당업자에게 명백할 것이다.
- [0013] 이제 첨부 도면들에 도시되는 개시된 주제를 상세히 참조할 것이다.
- [0014] 본 명세서에서, 임계 치수 균일성(critical dimension uniformity; CDU)을 포함하는 관심 피처를 모니터링하는 것은 반도체 제조 동안 공정 변화를 모니터링하는 중요한 단계임을 유념한다. 통상적으로, 관심 피처(예를 들어, CDU)를 모니터링하는 것은 종래의 이미지 처리 절차를 기반으로 하며, 다음 단계를 포함한다: (1) 관심 패턴(patterns of interest; POI)을 정의하는 단계, (2) 측정(예를 들어, CDU 측정)이 수행될 POI와 관련된 관심 영역(region of interest; ROI)을 정의하는 단계, (3) 수행될 측정(예를 들어, CDU 측정, 패턴 폭, 콘택 등)을 정의하는 단계, (4) 각각의 ROI의 에지를 검출하는 단계, 및 (5) 측정을 수행하는 단계. 그러나, 현재 기술은 POI를 주사 전자 현미경(scanning electron microscopy; SEM) 이미지와 정렬하고 POI 위치를 기반으로 ROI를 배치하는 것이 포함되기 때문에, ROI 배치의 정확도는 SEM에 따른 정렬에 따라 달라지며, 이는 신뢰할 수 없을 수 있다. 더욱이, 각각의 이미지 내에서 정의된 POI 구조물 크기가 상당히 다를 수 있기 때문에, 정렬 정확도가 낮은 경우가 많다. 이러한 오정렬로 인해, ROI가 잘못 배치되어, 특정 관심 측정에 필요한 전체 영역을 포함하지 못할 수 있다.
- [0015] 추가적으로, 종래의 이미지 처리 절차에 기초한 현재 ROI 배치 기술은 정렬 정확도에 영향을 미칠 수 있는 공정 변화를 보정할 수 없다. 따라서, SEM 이미지 내의 POI 정렬 및 따라서 ROI 정렬은 표본 자체 내의 구조적 변화로 인해 실패할 수 있다. 예를 들어, 타겟 구조물 크기 변화로 인해 POI 및 ROI 정렬 실패가 발생할 수 있으므로 관심 측정의 효율적인 모니터링을 방해할 수 있다.
- [0016] 따라서, 본 개시의 실시예들은 위에서 확인된 이전 접근 방식의 하나 이상의 결점을 해결하는 것에 관한 것이다. 본 개시의 실시예들은 머신 러닝 기술을 사용하여 적응적 관심 영역(ROI)을 발생시키기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 개시의 실시예들은 관심 피처를 보다 효과적으로 모니터링하기 위해 적응적 ROI를 발생시키기 위해 머신 러닝 기술을 사용하는 것에 관한 것이다.
- [0017] 종래의 이미지 처리 절차에 기초한 이전 접근 방식의 다양한 결점 및 본 개시의 실시예들의 중요성은 도 1 내지 도 4b를 참조하여 더 이해될 수 있다. 기존의 접근 방식에 대한 간략한 논의가 본 개시의 장점이 비교될 수 있

는 벤치 마크의 역할을 할 수 있다는 것이 본 명세서에서 고려된다.

[0018] 도 1은 표본 상의 관심 패턴(POI) 및 관심 영역(ROI) 정렬을 도시한다.

[0019] 본 명세서에서 앞서 언급한 바와 같이, 종래의 이미지 처리 절차를 사용하는 기존의 관심 피처 모니터링의 제 1 단계에서, 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, POI(102)가 표본의 제어 이미지(100) 상에서 정의/선택된다. POI(102)는 표본의 설계 이미지, 광학 이미지, SEM 이미지 등을 포함하는 임의의 제어 이미지(100) 상에서 드로 우될 수 있다. POI(102)는 측정이 이루어질 표본 영역을 정의하고 ROI(104) 배치를 위한 앵커 포인트 역할을 한다. POI(102)는 고유 패턴, 반복 구조물 단위 등을 포함할 수 있다. POI(102) 선택 후, ROI(104)는 POI(102)에 의해 정의된 영역 내에서 표본의 제어 이미지(100) 상에서 선택된다. ROI(104)는 측정이 이루어질 표본 영역을 정의한다. 실제로, 도 1에 도시된 POI(102) 및 ROI(104) 선택은 표본의 설계 이미지(예를 들어, 제어 이미지(100))에 대해 수행될 수 있다.

[0020] POI(102) 및 ROI(104) 선택 후, 표본의 제품 이미지가 취해지고, 제 1 단계에서 정의된 POI(102)가 제품 이미지 에서 식별되고 정렬된다. 제 2 단계에서 취해진 제품 이미지는 POI(102) 및 ROI(104)가 정의된 제어 이미지 (100)와는 상이한 이미지이며, 제품 표본의 이미지를 포함할 수 있다. 제품 이미지는 광학 이미지, SEM 이미지 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 이미지를 포함할 수 있다. POI(102)가 제품 이 미지에 정렬된 후, ROI(104)는 POI(102)의 배치에 따라 제품 이미지 내에 배치된다. 이와 관련하여, POI(102) 의 정렬 정확도는 ROI(104)의 정렬 정확도에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서, ROI(104) 배치의 정확도 는 SEM에 따른 정렬에 의존하며, 이는 신뢰할 수 없을 수 있다. 더욱이, 각각의 이미지 내에서 정의된 POI(102) 구조물 크기가 상당히 다를 수 있기 때문에 정렬 정확도가 낮은 경우가 많고, 이에 따라 ROI(104)가 잘못 배치될 수 있다.

[0021] 제품 이미지에서 POI(102) 및 ROI(104) 정렬 후에, 측정 유형이 정의될 수 있다. 이것은 도 2를 참조하여 더 이해될 수 있다.

[0022] 도 2는 타겟 사이트를 포함하는 관심 패턴(POI 102)을 도시한다. 측정될 타겟 사이트는 D4로 정의된 관심 측정 을 포함할 수 있다. 측정(D4)은 임계 치수(CD) 측정을 포함할 수 있으며, 수학적식  $D4 = (D3 - (D1 + D2)) / 2$  으로 정 의될 수 있다.

[0023] 본 명세서에서, 종래의 이미지 처리 절차를 사용하는 기존의 ROI 배치 기술은 표본 제조 공정 동안 공정 변화로 인한 정렬 오류를 겪을 수 있음을 유념한다. 축소된 설계 규칙으로 인해 작은 공정 변화라도 표본의 큰 구조적 변화로 이어질 수 있다. 그런 다음, 이것은 정렬 부정확도 및 정렬 실패로 이어져 이미지 내에서 ROI가 부정확 하게 배치될 수 있다. 이러한 공정 변화와 그에 따른 정렬 부정확도는 반도체 제조 공정의 램프 업 기간 동안 특히 문제가 된다. 램프 업 기간 동안, 구조물은 형상, 크기, 배향 등이 상당히 다를 수 있다. 이는 결국 제 어 이미지와 제품 이미지 사이의 POI/ROI 배치에 대한 정렬 부정확도로 이어질 수 있다.

[0024] 도 3a 및 도 3b는 제품 이미지(101)의 관심 영역(ROI 104b)과 제어 이미지(100)의 관심 영역(ROI 104a) 사이의 정렬 오류를 도시한다.

[0025] 종래의 이미지 처리 절차에 기초한 기존의 POI/ROI 배치 기술을 사용하여, 사용자는 도 3a에 도시된 좌측 "로브" 내에서 제품 표본에 대해 하나 이상의 측정을 수행하기를 원할 수 있으며, 따라서 좌측 로브를 쟁점 중 인 타겟 사이트로 정의할 수 있다. 이와 관련하여, 타겟 사이트는 하나 이상의 "관심 측정"을 포함할 수 있으 며, 이는 임계 치수(CD) 측정을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 측정될 수 있는 임의의 파라미터를 포함할 수 있다. 기존의 기술을 사용하여, 사용자는 제어 이미지(100) 내에서 ROI(104a)를 정의할 수 있으며, 여기서 ROI(104a)는 POI(102a) 내에 위치하며 하나 이상의 관심 측정을 포함하는 타겟 사이트를 포함한다. 이어서, 도 3b에 도시된 바와 같이, 제품 이미지(101)가 취해질 수 있다.

[0026] 도 3b에 도시된 바와 같이, 타겟 사이트를 포함하는 층에서의 하나 이상의 공정 변화가 확대된 타겟 사이트(예 를 들어, 확대된 좌측 로브)를 초래할 수 있다. 제품 이미지(101)의 타겟 사이트와 제어 이미지(100)의 타겟 사이트 사이의 이러한 구조적 변화는 정렬 부정확도 및 부정확한 ROI(104b) 배치를 초래할 수 있다. 예를 들어, 제품 이미지(101)의 POI(102b)는 제어 이미지(100)의 POI(102a)와 정렬될 수 있고, 제품 이미지(101)의 ROI(104b)는 제품 이미지(101) 내에서 POI(102b)의 배치에 따라 배치될 수 있다. 도 3b에서 볼 수 있는 바와 같이, ROI(104b)의 배치는 타겟 사이트(예를 들어, 좌측 로브)를 포함하지 못한다는 점에서 부정확할 수 있다. ROI(104b)가 타겟 사이트 전체를 포함하지 않는다는 사실로 인해, 타겟 사이트 내에서 원하는 관심 측정을 획득 할 수 없을 수 있다. 따라서, 기존의 접근 방식에서, 종래의 이미지 처리 절차 및 정렬 기술은 구조적 변화(예

를 들어, 확대된 좌측 로브)를 초래하는 공정 변화를 설명할 수 없다.

- [0027] 도 4a 및 도 4b는 제품 이미지(101)의 관심 영역(ROI 104b)과 제어 이미지(100)의 관심 영역(ROI 104a) 사이의 정렬 오류의 추가 예를 도시한다.
- [0028] 이전 예와 유사하게, 사용자는 도 4a에 도시된 좌측 "로브" 내에서 제품 표본에 대해 하나 이상의 측정을 수행하기를 원할 수 있으며, 따라서 좌측 로브를 쟁점 중인 타겟 사이트로 정의할 수 있다. 기존의 기술을 사용하여, 사용자는 제어 이미지(100) 내에서 ROI(104a)를 정의할 수 있으며, 여기서 ROI(104a)는 POI(102a) 내에 위치하며 타겟 사이트를 포함한다. 이어서, 도 4b에 도시된 바와 같이, 제품 이미지(101)가 취해질 수 있다.
- [0029] 도 4b에 도시된 바와 같이, 타겟 사이트를 포함하는 층에서의 하나 이상의 공정 변화가 얇은 및/또는 이동된 타겟 사이트(예를 들어, 좌측 로브)를 초래할 수 있다. 제품 이미지(101)의 타겟 사이트와 제어 이미지(100)의 타겟 사이트 사이의 이러한 구조적 변화는 정렬 부정확도 및 부정확한 ROI(104b) 배치를 초래할 수 있다. 예를 들어, 제품 이미지(101)의 POI(102b)는 제어 이미지(100)의 POI(102a)와 정렬될 수 있고, 제품 이미지(101)의 ROI(104b)는 제품 이미지(101) 내에서 POI(102b)의 배치에 따라 배치될 수 있다. 도 4b에서 볼 수 있는 바와 같이, ROI(104b)의 배치는 관심 측정을 포함하는 타겟 사이트(예를 들어, 좌측 로브)를 포함하지 못한다는 점에서 부정확할 수 있다. 따라서, 정렬 기술에 의존하는 종래의 이미지 처리 절차는 제품 이미지(101)에서 ROI(104b)를 정확하게 배치하지 못할 수 있다. 이로 인해 타겟 사이트의 원하는 측정을 수행하지 못할 수 있다.
- [0030] 본 명세서에서 앞서 언급한 바와 같이, 본 개시의 실시예들은 머신 러닝 기술을 사용하여 적응적 관심 영역(ROI)을 발생시키기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 개시의 실시예들은 관심 피처를 보다 효과적으로 모니터링하기 위해 적응적 ROI를 발생시키기 위해 머신 러닝 기술을 사용하는 것에 관한 것이다. 본 개시의 실시예들은 공정 변화 및/또는 구조적 변화의 존재에도 불구하고 ROI의 정확한 배치를 허용할 수 있다는 것이 본 명세서에서 고려된다.
- [0031] 도 5는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 시스템(200)을 도시한다. 시스템(200)은 하나 이상의 특성화 서버 시스템(202)을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 시스템(200)은 추가적으로 하나 이상의 프로세서(206) 및 메모리(208)를 포함하는 제어기(204) 및 사용자 인터페이스(210)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.
- [0032] 특성화 서버 시스템(202)은 광학 기반 특성화 시스템, 하전 입자 기반 특성화 시스템 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 특성화 서버 시스템(202)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 특성화 서버 시스템(202)은 주사 전자 현미경(SEM) 특성화 시스템을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제어기(204)는 하나 이상의 특성화 서버 시스템(202)에 통신 가능하게 결합된다. 이와 관련하여, 제어기(204)의 하나 이상의 프로세서(206)는 특성화 서버 시스템(202)의 하나 이상의 특성을 조정하도록 구성된 하나 이상의 제어 신호를 발생시키도록 구성될 수 있다.
- [0033] 도 6a는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 시스템(200)을 도시한다. 특히, 도 6a는 광학 특성화 서버 시스템(202a)을 포함하는 시스템(200)을 도시한다.
- [0034] 광학 특성화 서버 시스템(202a)은 이미지 기반 계측 도구를 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 광학 기반 특성화 시스템을 포함할 수 있다. 예를 들어, 특성화 서버 시스템(202a)은 광학 임계 치수 계측 도구를 포함할 수 있다. 광학 특성화 서버 시스템(202a)은 조명 소스(212), 조명 암(211), 수집 암(213) 및 검출기 어셈블리(226)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.
- [0035] 일 실시예에서, 광학 특성화 서버 시스템(202a)은 스테이지 어셈블리(222) 상에 배치된 표본(220)을 검사 및/또는 측정하도록 구성된다. 조명 소스(212)는 광대역 방사선 소스를 포함하지만 이에 제한되지 않는 조명(201)을 발생시키기 위한 당 업계에 공지된 임의의 조명 소스를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 광학 특성화 서버 시스템(202a)은 조명(201)을 표본(220)에 지향시키도록 구성된 조명 암(211)을 포함할 수 있다. 광학 특성화 서버 시스템(202a)의 조명 소스(212)는 암시야 배향, 명시야 배향 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 배향으로 구성될 수 있음을 유념한다.
- [0036] 표본(220)은 웨이퍼, 레티클, 포토 마스크 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 표본을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 표본(220)은 표본(220)의 이동을 용이하게 하기 위해 스테이지 어셈블리(222) 상에 배치된다. 다른 실시예에서, 스테이지 어셈블리(222)는 작동 가능한 스테이지이다. 예를 들어, 스테이지 어셈블리(222)는 하나 이상의 선형 방향(예를 들어, x-방향, y-방향 및/또는 z-방향)을 따라 표본(220)

을 선택 가능하게 병진시키기에 적합한 하나 이상의 병진 스테이지를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 예로서, 스테이지 어셈블리(222)는 회전 방향을 따라 표본(220)을 선택적으로 회전시키기에 적합한 하나 이상의 회전 스테이지를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 예로서, 스테이지 어셈블리(222)는 선형 방향을 따라 표본(220)을 선택 가능하게 병진 및/또는 회전 방향을 따라 표본(220)을 회전시키기에 적합한 병진 스테이지 및 회전 스테이지를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에서, 시스템(200)은 당 업계에 공지된 임의의 스캐닝 모드에서 동작할 수 있음을 유념한다.

[0037] 조명 암(211)은 당 업계에 공지된 임의의 수 및 유형의 광학 구성 요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 조명 암(211)은 하나 이상의 광학 요소(214), 빔 스플리터(216) 및 대물 렌즈(218)를 포함한다. 이와 관련하여, 조명 암(211)은 조명 소스(212)로부터의 조명(201)을 표본(220)의 표면에 집중시키도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 광학 요소(214)는 하나 이상의 거울, 하나 이상의 렌즈, 하나 이상의 편광기, 하나 이상의 빔 스플리터 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 광학 요소를 포함할 수 있다.

[0038] 다른 실시예에서, 광학 특성화 서버 시스템(202a)은 표본(220)으로부터 반사되거나 산란된 조명을 수집하도록 구성된 수집 암(213)을 포함한다. 다른 실시예에서, 수집 암(213)은 반사 및 산란된 광을 하나 이상의 광학 요소(224)를 통해 검출기 어셈블리(226)의 하나 이상의 센서에 지향 및/또는 집중시킬 수 있다. 하나 이상의 광학 요소(224)는 하나 이상의 거울, 하나 이상의 렌즈, 하나 이상의 편광기, 하나 이상의 빔 스플리터 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 광학 요소를 포함할 수 있다. 검출기 어셈블리(226)는 표본(220)으로부터 반사되거나 산란된 조명을 검출하기 위해 당 업계에 공지된 임의의 센서 및 검출기 어셈블리를 포함할 수 있음을 유념한다.

[0039] 다른 실시예에서, 광학 특성화 서버 시스템(202a)의 검출기 어셈블리(226)는 표본(220)으로부터 반사되거나 산란된 조명에 기초하여 표본(220)의 계측 데이터를 수집하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 검출기 어셈블리(226)는 수집된/획득된 이미지 및/또는 계측 데이터를 제어기(204)에 전송하도록 구성된다.

[0040] 본 명세서에서 앞서 언급한 바와 같이, 시스템(200)의 제어기(204)는 하나 이상의 프로세서(206) 및 메모리(208)를 포함할 수 있다. 메모리(208)는 하나 이상의 프로세서(206)가 본 개시의 다양한 단계를 수행하게 하도록 구성된 프로그램 명령어를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 프로그램 명령어는 하나 이상의 프로세서(206)가 표본(220)의 하나 이상의 측정을 수행하기 위해 광학 특성화 서버 시스템(202a)의 하나 이상의 특성을 조정하게 하도록 구성된다.

[0041] 추가 및/또는 대안적인 실시예들에서, 특성화 서버 시스템(202)은 하전 입자 기반 특성화 서버 시스템(202)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 특성화 서버 시스템(202)은 도 6b에 도시된 바와 같이 SEM 특성화 서버 시스템을 포함할 수 있다.

[0042] 도 6b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 시스템(200)을 도시한다. 특히, 도 6b는 SEM 특성화 서버 시스템(202b)을 포함하는 시스템(200)을 도시한다.

[0043] 일 실시예에서, SEM 특성화 서버 시스템(202b)은 표본(220)에 대해 하나 이상의 측정을 수행하도록 구성된다. 이와 관련하여, SEM 특성화 서버 시스템(202b)은 표본(220)의 하나 이상의 이미지를 획득하도록 구성될 수 있다. SEM 특성화 서버 시스템(202b)은 전자 빔 소스(228), 하나 이상의 전자 광학 요소(230), 하나 이상의 전자 광학 요소(232) 및 하나 이상의 전자 센서(236)를 포함하는 전자 검출기 어셈블리(234)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.

[0044] 일 실시예에서, 전자 빔 소스(228)는 하나 이상의 전자 빔(229)을 표본(220)에 지향시키도록 구성된다. 전자 빔 소스(228)는 전자-광학 컬럼을 형성할 수 있다. 다른 실시예에서, 전자 빔 소스(228)는 하나 이상의 전자 빔(229)을 표본(220)의 표면에 집중 및/또는 지향시키도록 구성된 하나 이상의 추가 및/또는 대안적인 전자 광학 요소(230)를 포함한다. 다른 실시예에서, SEM 특성화 서버 시스템(202b)은 하나 이상의 전자 빔(229)에 응답하여 표본(220)의 표면으로부터 발산된 2 차 및/또는 후방 산란 전자(231)를 수집하도록 구성된 하나 이상의 전자 광학 요소(232)를 포함한다. 본 명세서에서, 하나 이상의 전자 광학 요소(230) 및 하나 이상의 전자 광학 요소(232)는 하나 이상의 편향기, 하나 이상의 전자 광학 렌즈, 하나 이상의 집광 렌즈(예를 들어, 자기 집광 렌즈), 하나 이상의 대물 렌즈(예를 들어, 자기 집광 렌즈) 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 전자를 지향, 집중 및/또는 수집하도록 구성된 임의의 전자 광학 요소를 포함할 수 있음을 유념한다.

[0045] SEM 특성화 서버 시스템(202b)의 전자 광학 요소는 단지 예시적인 목적으로 제공된 도 6b에 도시된 전자 광학 요소로 제한되지 않음을 유념한다. 시스템(200)은 하나 이상의 전자 빔(229)을 표본(220)에 지향/집중시키고,

이에 응답하여 발산된 2 차 및/또는 후방 산란 전자(231)를 전자 검출기 어셈블리(234)에서 수집 및 이미지화하는 데 필요한 임의의 수 및 유형의 전자 광학 요소를 포함할 수 있음을 또한 유념한다.

[0046] 예를 들어, 시스템(200)은 하나 이상의 전자 빔 스캐닝 요소(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 전자 빔 스캐닝 요소는 표본(220)의 표면에 대하여 하나 이상의 전자 빔(229)의 위치를 제어하기에 적합한 하나 이상의 전자기 주사 코일 또는 정전기 편향기를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 하나 이상의 스캐닝 요소는 선택된 패턴으로 표본(220)에 걸쳐 하나 이상의 전자 빔(229)을 스캔하는 데 사용될 수 있다.

[0047] 다른 실시예에서, 2 차 및/또는 후방 산란 전자(231)는 전자 검출기 어셈블리(234)의 하나 이상의 센서(236)에 지향된다. SEM 특성화 서브 시스템(202b)의 전자 검출기 어셈블리(234)는 표본(220)의 표면으로부터 발산되는 2 차 및/또는 후방 산란 전자(231)를 검출하기에 적합한 당 업계에 공지된 임의의 전자 검출기 어셈블리를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 전자 검출기 어셈블리(234)는 전자 검출기 어레이를 포함한다. 이와 관련하여, 전자 검출기 어셈블리(234)는 전자 검출 부분의 어레이를 포함할 수 있다. 또한, 전자 검출기 어셈블리(234)의 검출기 어레이의 각각의 전자 검출 부분은 입사하는 하나 이상의 전자 빔(229) 중 하나와 관련된 표본(220)로부터의 전자 신호를 검출하도록 배치될 수 있다. 이와 관련하여, 전자 검출기 어셈블리(234)의 각각의 채널은 하나 이상의 전자 빔(229)의 하나의 전자 빔(229)에 대응할 수 있다. 전자 검출기 어셈블리(234)는 당 업계에 공지된 임의의 유형의 전자 검출기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 전자 검출기 어셈블리(234)는 다이오드 어레이 또는 애플랜치 포토 다이오드(avalanche photo diode; APD)와 같은 그러나 이에 제한되지 않는 마이크로 채널 플레이트(micro-channel plate; MCP), PIN 또는 p-n 접합 검출기 어레이를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 전자 검출기 어셈블리(234)는 고속 신틸레이터/PMT 검출기를 포함할 수 있다.

[0048] 도 6b는 2 차 전자 검출기 어셈블리만을 포함하는 전자 검출기 어셈블리(234)를 포함하는 SEM 특성화 서브 시스템(202b)을 도시하지만, 이것은 본 개시의 제한으로 간주되지 않는다. 이와 관련하여, 전자 검출기 어셈블리(234)는 2 차 전자 검출기, 후방 산란 전자 검출기 및/또는 1 차 전자 검출기(예를 들어, 인-컬럼 전자 검출기)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않음을 유념한다. 다른 실시예에서, SEM 특성화 서브 시스템(202b)은 복수의 전자 검출기 어셈블리(234)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시스템(200)은 2 차 전자 검출기 어셈블리(234a), 후방 산란 전자 검출기 어셈블리(234b), 및 인-컬럼 전자 검출기 어셈블리(234c)를 포함할 수 있다.

[0049] 일 실시예에서, 하나 이상의 프로세서(206)는 검출기 어셈블리(226)/전자 검출기 어셈블리(234)의 출력을 분석하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서(206)가 검출기 어셈블리(226)/전자 검출기 어셈블리(234)로부터 수신된 이미지에 기초하여 표본(220)의 하나 이상의 특성을 분석하게 하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서(206)가 표본(220) 및/또는 검출기 어셈블리(226)/전자 검출기 어셈블리(234)에 대한 초점을 유지하기 위해 시스템(200)의 하나 이상의 특성을 수정하게 하도록 구성된다. 예를 들어, 하나 이상의 프로세서(206)는 조명(201) 및/또는 하나 이상의 전자 빔(229)을 표본(220)의 표면에 집중시키기 위해 조명 소스(212)/전자 빔 소스(228) 및/또는 시스템(200)의 다른 요소의 하나 이상의 특성을 조정하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 프로세서(206)는 표본(220)의 표면으로부터 조명 및/또는 2 차 전자(231)를 수집하고 수집된 조명을 검출기 어셈블리(226)/전자 검출기 어셈블리(234)에 집중시키기 위해 시스템(200)의 하나 이상의 요소를 조정하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 프로세서(206)는 하나 이상의 전자 빔의 위치 또는 정렬을 독립적으로 조정하고 표본(220)에 걸쳐 전자 빔(229)을 스캔하기 위해 전자 빔 소스(228)의 하나 이상의 정전기 편향기에 인가되는 하나 이상의 포커싱 전압을 조정하도록 구성될 수 있다.

[0050] 일 실시예에서, 하나 이상의 프로세서(206)는 메모리(208)에 통신 가능하게 결합될 수 있으며, 여기서 하나 이상의 프로세서(206)는 메모리(208)에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성되고, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서(206)가 본 개시의 다양한 기능 및 단계를 수행하게 하도록 구성된다.

[0051] 다른 실시예에서, 도 5에 그리고 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이, 시스템(200)은 제어기(204)에 통신 가능하게 결합된 사용자 인터페이스(210)를 포함한다. 다른 실시예에서, 사용자 인터페이스(210)는 사용자 입력 디바이스 및 디스플레이를 포함한다. 사용자 인터페이스(210)의 사용자 입력 디바이스는 사용자로부터 하나 이상의 입력 명령을 수신하도록 구성될 수 있고, 하나 이상의 입력 명령은 시스템(200)에 데이터를 입력하고/하거나 시스템(200)의 하나 이상의 특성을 조정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 사용자 인터페이스(210)의 사용자 입력 디바이스는 사용자로부터 하나 이상의 POI 및/또는 ROI 선택을 수신하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 사용자 인터페이스(210)의 디스플레이는 시스템(200)의 데이

터를 사용자에게 디스플레이하도록 구성될 수 있다.

[0052] 본 명세서에서 앞서 언급한 바와 같이, 하나 이상의 프로세서(206)는 메모리(208)에 통신 가능하게 결합될 수 있으며, 여기서 하나 이상의 프로세서(206)는 메모리(208)에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성되고, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서(206)가 본 개시의 다양한 기능 및 단계를 수행하게 하도록 구성된다. 이와 관련하여, 제어기(204)는 특성화 서버 시스템(202)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 훈련 이미지를 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하고; 하나 이상의 훈련 이미지 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키고; 특성화 서버 시스템(202)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 제품 이미지를 수신하고; 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키며; 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 표본(220)의 하나 이상의 측정을 결정하도록 구성될 수 있다. 이러한 각 단계는 차례로 처리될 것이다.

[0053] 일 실시예에서, 시스템(200)의 제어기(204)는 특성화 서버 시스템(202)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 수신하도록 구성된다. 본 개시의 목적을 위해, "훈련 이미지"라는 용어는 머신 러닝 분류기를 훈련시키기 위한 입력으로 사용될 이미지로 간주될 수 있다. 도 7a는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 머신 러닝 분류기를 훈련시키기 위한 훈련 이미지(225)를 도시한다. 예를 들어, 도 6a에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 광학 특성화 서버 시스템(202a)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 광학 훈련 이미지(225)를 수신하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 도 6b에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 SEM 특성화 서버 시스템(202b)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 SEM 훈련 이미지(225)를 수신하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 도 7a에 도시된 훈련 이미지(225)는 광학 훈련 이미지(225), SEM 훈련 이미지(225) 등을 포함할 수 있다. 추가 및/또는 대안적인 실시예들에서, 제어기(204)는 하나 이상의 특성화 서버 시스템(202)이 아닌 소스로부터 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 수신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(204)는 외부 저장 디바이스로부터 표본(220)의 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 수신하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(204)는 또한, 수신된 훈련 이미지(225)를 메모리(208)에 저장하도록 구성될 수 있다.

[0054] 다른 실시예에서, 제어기(204)는 하나 이상의 훈련 이미지(225) 내에서 하나 이상의 훈련 관심 영역(ROI) 선택을 수신하도록 구성된다. 도 7b는 훈련 ROI 선택(302)을 포함하는 훈련 이미지(225)를 도시한다. 일 실시예에서, 하나 이상의 수신된 훈련 ROI 선택(302)은 하나 이상의 관심 측정을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 7b에 도시된 바와 같이, 훈련 ROI 선택(302)은 좌측 로브의 길이를 나타내는 제 1 관심 측정(MOI 304a) 및 좌측 로브의 높이를 나타내는 제 2 관심 측정(MOI 304b)을 포함할 수 있다. 이러한 관심 측정(MOI 304a, MOI 304b)은 임계 치수 균일성(CDU)을 보장하기 위해 제조 공정 전반에 걸쳐 모니터링하는 것이 바람직할 수 있는 임계 치수를 포함할 수 있다. 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302) 내의 관심 측정(MOI 304)은 패턴, 구조물 등에 대해 측정될 수 있는 임의의 피처를 포함할 수 있다.

[0055] 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)은 당 업계에 공지된 임의의 기술을 사용하여 수신될 수 있다. 예를 들어, 메모리(208)에 저장된 프로그램 명령어는 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 자동으로 선택하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)은 사용자 인터페이스(210)를 통해 수신될 수 있다. 예를 들어, 사용자 인터페이스(210)의 디스플레이 디바이스는 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 사용자에게 디스플레이할 수 있다. 그런 다음, 사용자는 사용자 인터페이스(210)의 사용자 입력 디바이스를 통해, 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 나타내는 하나 이상의 입력 명령을 입력할 수 있다. 이와 관련하여, 일부 실시예들에서, 사용자는 사용자 인터페이스(210)를 통해 훈련 이미지(225) 내에서 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 수동으로 드로우/선택할 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(204)는 메모리(208)에 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 저장하도록 구성된다.

[0056] 다른 실시예에서, 제어기(204)는 하나 이상의 훈련 이미지(225) 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)에 기초하여 머신 러닝 분류기를 발생시키도록 구성된다. 머신 러닝 분류기는 컨볼루션 신경망(convolutional neural network; CNN)(예를 들어, GoogleNet, AlexNet 등), 앙상블 학습 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 인공 신경망(artificial neural network; ANN) 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 유형의 머신 러닝 알고리즘/분류기 및/또는 딥 러닝 기술 또는 분류기를 포함할 수 있다.

[0057] 머신 러닝 분류기를 훈련시키는 것은 수신된 훈련 이미지(225) 및 훈련 ROI 선택(302)에 기초하여 하나 이상의 관심 측정(MOI 304a, 304b) 및/또는 측정된 관심 피처를 식별하도록 머신 러닝 분류기를 가르치는 것을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "관심 측정"(MOI 304a, 304b)이라는 용어는 표본(220)에 대해 수행되기를 원할 수 있는 임의의 측정을 지칭하는 것으로 간주될 수 있다. 이와 관련하여, 머신 러닝 분류기는

수신된 훈련 이미지(225) 및 수신된 훈련 ROI 선택(302)에 기초하여 제 1 관심 측정(MOI 304a) 및/또는 제 2 관심 측정(MOI 304b)을 식별하도록 구성되도록 훈련/발생될 수 있다.

[0058] 제어기(204)는 지도 학습 및/또는 비지도 학습을 통해 머신 러닝 분류기를 발생시키도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서, 머신 러닝 분류기는 하나 이상의 관심 측정을 예측 및/또는 식별하도록 구성된 임의의 알고리즘 또는 예측 모델을 포함할 수 있음을 유념한다.

[0059] 다른 실시예에서, 제어기(204)는 특성화 서버 시스템(202)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 제품 이미지(235)를 수신하도록 구성될 수 있다. 도 8a는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 제품 이미지(235)를 도시한다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 광학 특성화 서버 시스템(202a)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 광학 제품 이미지(235)를 수신하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 도 6b에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 SEM 특성화 서버 시스템(202b)으로부터 표본(220)의 하나 이상의 SEM 제품 이미지(235)를 수신하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 도 8a에 도시된 제품 이미지(235)는 광학 제품 이미지(235), SEM 제품 이미지(235) 등을 포함할 수 있다. 추가 및/또는 대안적인 실시예들에서, 제어기(204)는 하나 이상의 특성화 서버 시스템(202)이 아닌 소스로부터 하나 이상의 제품 이미지(235)를 수신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(204)는 외부 저장 디바이스로부터 표본(220)의 하나 이상의 제품 이미지(235)를 수신하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(204)는 또한, 수신된 제품 이미지(235)를 메모리(208)에 저장하도록 구성될 수 있다.

[0060] "제품 이미지"라는 용어는 하나 이상의 관심 측정(MOI 304)을 포함하는 표본(220)의 이미지를 설명하기 위해 본 명세서에서 사용된다. 이와 관련하여, 하나 이상의 제품 이미지(235)는 하나 이상의 관심 측정(MOI 304)을 측정함으로써 모니터링될 제품 웨이퍼(예를 들어, 제품 표본(220))의 하나 이상의 이미지를 포함할 수 있다. 이는 본 명세서에서 앞서 설명된 바와 같이 임계 치수 균일성(CDU)을 보장하기 위해 수행될 수 있다.

[0061] 다른 실시예에서, 제어기(204)는 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 관심 영역을 발생시키도록 구성된다. 예를 들어, 도 8b는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 분류된 ROI(306)를 포함하는 제품 이미지(235)를 도시한다.

[0062] 일 실시예에서, 제어기(204)는 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 제품 이미지(235) 내에 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시키도록 구성된다. 다른 실시예에서, 머신 러닝 분류기는 분류된 ROI(306)가 하나 이상의 식별된 관심 측정(MOI 304a, 304b)을 포함하도록 제품 이미지(235) 내에 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 8b에 도시된 바와 같이, 머신 러닝 분류기는 분류된 ROI(306)가 제 1 식별된 관심 측정(MOI 304a) 및/또는 제 2 식별된 관심 측정(MOI 304b)을 포함하도록 분류된 ROI(306)를 발생시키도록 구성될 수 있다.

[0063] 머신 러닝 알고리즘에 기초하여 ROI(예를 들어, 분류된 ROI(306))를 발생시키는 것은 ROI가 의도된 관심 측정을 포함하도록 올바르게 배치될 확률을 증가시킬 수 있다는 것이 본 명세서에서 고려된다. 머신 러닝 알고리즘을 통해 분류된 ROI(306)를 발생시키는 것은 종래의 이미지 처리 정렬 절차에 기초하여 ROI(예를 들어, 도 3b 및 도 4b의 ROI(104b))를 배치하는 이전 접근 방식에 비해 많은 이점을 제공할 수 있다는 것이 또한 본 명세서에서 고려된다. 이것은 종래의 이미지 처리 정렬 절차를 통한 도 3b의 ROI(104b)의 배치와 머신 러닝 분류기를 통한 도 8b의 분류된 ROI(306)의 배치를 비교함으로써 설명될 수 있다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 종래의 이미지 처리 기술은 공정 변화 및 구조적 변화를 설명할 수 없을 수 있으며, 이는 ROI(104b)의 잘못된 배치로 이어지고 원하는 측정을 수행할 수 없게 할 수 있다. 비교상, 도 8b에 도시된 바와 같이, 머신 러닝 분류기가 관심 측정(MOI 304a, 304b)을 식별하도록 구성될 수 있어, 머신 러닝 분류기는 식별된 관심 측정(MOI 304a, 304b)을 포함하도록 보다 정확하게 배치될 수 있는 적응적 분류된 ROI(306)를 발생시킬 수 있다는 것이 본 명세서에서 고려된다. 특히, 머신 러닝 분류기에 의해 발생된 분류된 ROI(306)의 특성(예를 들어, 형상, 크기, 배향)은 표본(220)의 관련 구조물(예를 들어, 좌측 로브)의 특성(예를 들어, 형상, 크기, 배향)에 따라 수정될 수 있다. 이와 관련하여, 크기, 형상, 배향 등이 변할 수 있는 적응적 분류된 ROI(306)를 발생시킴으로써, 본 개시의 실시예들은 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 ROI 배치를 제공할 수 있다.

[0064] 다른 실시예에서, 제어기는 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 제품 ROI 선택의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정함으로써 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시키도록 구성된다. 이와 관련하여, 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시키는 것은 하나 이상의 제품 이미지(235) 내에서 하나 이상의 제품 ROI 선택(305)을 수신하는 것, 및 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시키기 위해 머신 러닝 분류기를 사용하여 하나 이상의 제품 ROI 선택(305)의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하는 것을 포함할 수 있

다. 이것은 도 8c를 참조하여 더 이해될 수 있다.

- [0065] 도 8c는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 제품 ROI 선택(305) 및 분류된 ROI(306)를 포함하는 제품 이미지(235)를 도시한다. 이 예에서, 제어기(204)는 제품 이미지(235)의 한 영역을 나타내는 제품 ROI 선택(305)을 수신할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 사용자 인터페이스(210)를 통해 제품 ROI 선택(305)을 입력할 수 있다. 동일한 예를 계속하면, 제어기(204)는 분류된 ROI(306)를 발생시키기 위해 머신 러닝 분류기를 사용하여 제품 ROI 선택(305)의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정하도록 구성될 수 있다. 분류된 ROI(306)를 발생시키기 위해 머신 러닝 분류기에 의해 적응적으로 수정될 수 있는 제품 ROI 선택(305)의 특성은 크기, 형상, 배향 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.
- [0066] 수신된 제품 ROI 선택(305)을 수정함으로써 분류된 ROI(306)를 발생시키는 것은 머신 러닝 분류기가 필요에 따라 활성화되는 교정 도구의 역할을 할 수 있는 것으로 본 명세서에서 고려된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 머신 러닝 분류기는 도 8c에 도시된 바와 같이 수신된 제품 ROI 선택(305)이 잘못 배치될 때(예를 들어, 하나 이상의 MOI(304a, 304b)를 포함하지 못하도록 배치됨), 제품 ROI 선택(305)을 적응적으로 수정함으로써 분류된 ROI(306)만 발생시킬 수 있다.
- [0067] 일 실시예에서, 머신 러닝 분류기는 하나 이상의 제품 이미지(235) 내에서 구조물의 하나 이상의 특성에 기초하여 하나 이상의 제품 ROI 선택(305)의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정할 수 있다. 예를 들어, 도 8c에 도시된 바와 같이, 머신 러닝 분류기는 좌측 로브의 구조적 변화에 기초하여 제품 ROI 선택(305)을 적응적으로 수정할 수 있다. 다른 실시예에서, 머신 러닝 분류기는 하나 이상의 공정 변화에 응답하여 하나 이상의 제품 ROI 선택(305)의 하나 이상의 특성을 적응적으로 수정할 수 있다. 이와 관련하여, 머신 러닝 분류기는 하나 이상의 공정 변화를 보정하기 위해 제품 ROI 선택(305)을 적응적으로 수정할 수 있다.
- [0068] 유사하게, 다른 실시예에서, 분류된 ROI(306)의 발생은 하나 이상의 제품 POI 선택(도시되지 않음)을 수신함으로써 지원될 수 있다. 예를 들어, 이전의 접근 방식과 유사하게, 제어기(204)는 제품 이미지(235) 내에서 제품 POI 선택을 수신할 수 있고, 그런 다음 하나 이상의 수신된 POI 선택에 적어도 부분적으로 기초하여 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시킬 수 있다.
- [0069] 도 9a는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 제품 이미지(235)를 도시한다. 도 9b는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 분류된 관심 영역(ROI)(306)을 포함하는 제품 이미지(235)를 도시한다. 일 실시예에서, 머신 러닝 분류기는 하나 이상의 분류된 ROI(306)가 하나 이상의 식별된 MOI(304a, 304b)를 포함하도록 하나 이상의 분류된 ROI(306)를 발생시킬 수 있다. 도 9b의 분류된 ROI(306)에 대한 도 4b의 ROI(104b)의 배치를 비교하면, 머신 러닝 분류기를 통한 ROI 배치가 종래의 이미지 처리 정렬 절차에 비해 개선된 ROI 배치를 제공할 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 본 개시의 실시예들이 구조적 변화/공정 변화에 덜 민감하고/하거나 덜 영향을 받는 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 ROI 배치를 제공할 수 있음이 본 명세서에서 고려된다. 특히, 분류된 ROI(306)의 증가된 적응성은 반도체 제조 램프-업의 맥락에서 특히 유익할 수 있다는 것이 본 명세서에서 고려된다.
- [0070] 도 9c는 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 각도 분류된 관심 영역(ROI)(306)을 포함하는 제품 이미지(235)를 도시한다.
- [0071] 일 실시예에서, 도 9c에 도시된 바와 같이, 머신 러닝 분류기는 하나 이상의 각도 분류된 ROI(306)를 발생시키도록 구성될 수 있다. "각도"라는 용어는 특정 프레임 또는 기준 객체에 대해 오프셋 각도(307)( $\theta$ 로 정의됨)에 배향되는 분류된 ROI(306)를 설명하기 위해 본 명세서에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 각도 분류된 ROI(306)가 제품 ROI 선택(305)에 대해 오프셋 각도(307)에 배치되도록 각도 분류된 ROI(306)는 제품 ROI 선택(305)에 대해 회전될 수 있다. 다른 예로서, 도 9c에 도시된 바와 같이, 각도 분류된 ROI(306)는 도 9c에 도시된 바와 같이 제품 이미지(235)의 에지 또는 경계에 대해 오프셋 각도(307)에 배치되도록 각도 분류된 ROI(306)는 회전될 수 있다.
- [0072] 본 명세서에서, 종래의 이미지 처리 절차로 각도 ROI(104)를 발생시키는 것이 극히 어렵거나 심지어 불가능할 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 도 9c에서와 같이 구조물의 일부만이 회전된 경우, 종래의 이미지 처리 절차는 각도 ROI(104)를 발생시키고 정확하게 정렬할 수 없다. 추가적으로, 각도 ROI(104)가 잠재적으로 종래의 이미지 처리 절차에 의해 발생될 수 있는 경우에도, 공정은 실행 불가능하고 비효율적으로 만들 정도로 계산 비용이 많이 들 수 있다. 따라서, 머신 러닝 분류기를 사용하여 각도 분류된 ROI(306)를 발생시키는 능력은 다양한 구조물에 대해 더 정확한 ROI 배치를 제공할 수 있고 더 복잡적이고 복잡한 임계 치수 측정을 가능하게 할 수

있다는 것이 본 명세서에서 고려된다.

- [0073] 다른 실시예에서, 제어기(204)는 하나 이상의 분류된 ROI(306) 내에서 표본(220)의 하나 이상의 측정을 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 8b에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 제 1 관심 측정(MOI 304a)에 의해 표시된 제 1 임계 치수 및 제 2 관심 측정(MOI 304b)에 의해 표시된 제 2 임계 치수를 측정하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 분류된 ROI(306) 내에서 이루어진 하나 이상의 측정은 임계 치수(CD) 측정을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 측정을 포함할 수 있다.
- [0074] 본 명세서에서, 시스템(200)의 하나 이상의 구성 요소는 당 업계에 공지된 임의의 방식으로 시스템(200)의 다양한 다른 구성 요소에 통신 가능하게 결합될 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 하나 이상의 프로세서(206)는 유선 연결(예를 들어, 구리선, 광섬유 케이블 등) 또는 무선 연결(예를 들어, RF 결합, IR 결합, WiMax, 블루투스, 3G, 4G, 4G LTE, 5G 등)을 통해 서로 및 다른 구성 요소에 통신 가능하게 결합될 수 있다. 다른 예로서, 제어기(204)는 당 업계에 공지된 임의의 유선 연결 또는 무선 연결을 통해 특성화 서버 시스템(202)의 하나 이상의 구성 요소에 통신 가능하게 결합될 수 있다.
- [0075] 일 실시예에서, 하나 이상의 프로세서(206)는 당 업계에 공지된 임의의 하나 이상의 처리 요소를 포함할 수 있다. 이러한 의미에서, 하나 이상의 프로세서(206)는 소프트웨어 알고리즘 및/또는 명령어를 실행하도록 구성된 임의의 마이크로 프로세서 유형 디바이스를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 프로세서(206)는 데스크톱 컴퓨터, 메인 프레임 컴퓨터 시스템, 워크 스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 프로세서, 또는 본 개시 내용 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이 시스템(200)을 동작시키도록 구성된 프로그램을 실행하도록 구성된 다른 컴퓨터 시스템(예를 들어, 네트워크 컴퓨터)으로 구성될 수 있다. 본 개시 내용 전체에 걸쳐 설명된 단계는 단일 컴퓨터 시스템 또는 대안적으로 다수의 컴퓨터 시스템에 의해 수행될 수 있음을 인식해야 한다. 또한, 본 개시 내용 전체에 걸쳐 설명된 단계는 하나 이상의 프로세서(206) 중 임의의 하나 이상에서 수행될 수 있음을 인식해야 한다. 일반적으로, "프로세서"라는 용어는 메모리(208)로부터의 프로그램 명령어를 실행하는 하나 이상의 처리 요소를 갖는 임의의 디바이스를 포함하도록 광범위하게 정의될 수 있다. 더욱이, 시스템(200)의 상이한 서버 시스템(예를 들어, 조명 소스(212), 전자 빔 소스(228), 검출기 어셈블리(226), 전자 검출기 어셈블리(234), 제어기(204), 사용자 인터페이스(210) 등)은 본 개시 내용 전체에 걸쳐 설명된 단계의 적어도 일부를 수행하기에 적합한 프로세서 또는 로직 요소를 포함할 수 있다. 그러므로, 상기 설명은 본 개시에 대한 제한으로 해석되어서는 안 되고, 단지 예시로서 해석되어야 한다.
- [0076] 메모리(208)는 연관된 하나 이상의 프로세서(206)에 의해 실행 가능한 프로그램 명령어 및 특성화 서버 시스템(202)으로부터 수신된 데이터를 저장하기에 적합한 당 업계에 공지된 임의의 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(208)는 비일시적 메모리 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(208)는 읽기 전용 메모리(read-only memory; ROM), 랜덤 액세스 메모리(random-access memory; RAM), 자기 또는 광학 메모리 디바이스(예를 들어, 디스크), 자기 테이프, 솔리드 스테이트 드라이브 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 메모리(208)는 하나 이상의 프로세서(206)를 수용하는 공통 제어기에 수용될 수 있음을 유념한다. 대안적인 실시예에서, 메모리(208)는 프로세서(206), 제어기(204) 등의 물리적 위치에 대해 원격으로 위치될 수 있다. 다른 실시예에서, 메모리(208)는 하나 이상의 프로세서(206)가 본 개시를 통해 설명된 다양한 단계를 수행하게 하기 위한 프로그램 명령어를 유지한다.
- [0077] 일 실시예에서, 사용자 인터페이스(210)는 제어기(204)에 통신 가능하게 결합된다. 일 실시예에서, 사용자 인터페이스(210)는 하나 이상의 데스크톱, 태블릿, 스마트 폰, 스마트 시계 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예에서, 사용자 인터페이스(210)는 시스템(200)의 데이터를 사용자에게 디스플레이하는 데 사용되는 디스플레이를 포함한다. 사용자 인터페이스(210)의 디스플레이는 당 업계에 공지된 임의의 디스플레이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이는 액정 디스플레이(LCD), 유기 발광 다이오드(OLED) 기반 디스플레이 또는 CRT 디스플레이를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 당업자는 사용자 인터페이스(210)와 통합 가능한 임의의 디스플레이 디바이스가 본 개시의 구현에 적합함을 인식해야 한다. 다른 실시예에서, 사용자는 사용자 인터페이스(210)의 사용자 입력 디바이스를 통해 사용자에게 디스플레이된 데이터에 응답하는 선택 및/또는 명령어를 입력할 수 있다.
- [0078] 도 10은 본 개시의 하나 이상의 실시예들에 따른 적응적 관심 영역(ROI) 선택을 위한 방법(400)의 흐름도를 도시한다. 본 명세서에서, 방법(400)의 단계는 시스템(200)에 의해 전부 또는 부분적으로 구현될 수 있음을 유념한다. 그러나, 방법(400)은 추가적인 또는 대안적인 시스템 레벨 실시예들이 방법(400)의 단계의 전부 또는 일부를 수행할 수 있다는 점에서 시스템(200)으로 제한되지 않음을 또한 인식한다.

- [0079] 단계(402)에서, 표본의 하나 이상의 훈련 이미지가 특성화 서버 시스템을 사용하여 획득된다. 예를 들어, 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이, 광학 특성화 서버 시스템(202a) 및/또는 SEM 특성화 서버 시스템(202b)은 표본(220)의 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 획득하고 획득된 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 제어기(204)에 전송하도록 구성될 수 있다.
- [0080] 단계(404)에서, 하나 이상의 훈련 ROI 선택이 수신된다. 예를 들어, 도 7a 및 도 7b에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 하나 이상의 훈련 이미지(225) 내에서 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 수신할 수 있다. 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)은 하나 이상의 관심 측정(MOI 304a, 304b)을 포함할 수 있다. 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)은 당 업계에 공지된 임의의 기술을 사용하여 수신될 수 있다. 예를 들어, 메모리(208)에 저장된 프로그램 명령어는 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 자동으로 선택하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)은 사용자 인터페이스(210)를 통해 수신될 수 있다. 예를 들어, 사용자 인터페이스(210)의 디스플레이 디바이스는 하나 이상의 훈련 이미지(225)를 사용자에게 디스플레이할 수 있다. 그런 다음, 사용자는 사용자 인터페이스(210)의 사용자 입력 디바이스를 통해, 하나 이상의 훈련 ROI 선택(302)을 나타내는 하나 이상의 입력 명령을 입력할 수 있다.
- [0081] 단계(406)에서, 머신 러닝 분류기가 하나 이상의 훈련 이미지 및 하나 이상의 훈련 ROI 선택에 기초하여 발생된다. 머신 러닝 분류기를 훈련시키는 것은 수신된 훈련 이미지(225) 및 훈련 ROI 선택(302)에 기초하여 하나 이상의 관심 측정(MOI 304a, 304b) 및/또는 측정될 관심 피처를 식별하도록 머신 러닝 분류기를 가르치는 것을 포함할 수 있다. 머신 러닝 분류기는 딥 러닝 분류기, 컨볼루션 신경망(CNN)(예를 들어, GoogleNet, AlexNet 등), 앙상블 학습 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 인공 신경망(ANN) 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 유형의 머신 러닝 알고리즘/분류기 및/또는 딥 러닝 기술 또는 분류기를 포함할 수 있다.
- [0082] 단계(408)에서, 표본의 하나 이상의 제품 이미지가 특성화 서버 시스템을 사용하여 획득된다. 예를 들어, 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이, 광학 특성화 서버 시스템(202a) 및/또는 SEM 특성화 서버 시스템(202b)은 표본(220)의 하나 이상의 제품 이미지(235)를 획득하고 획득된 하나 이상의 제품 이미지(235)를 제어기(204)에 전송하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 제품 이미지(235)는 하나 이상의 관심 측정(MOI 304)을 측정함으로써 모니터링될 제품 웨이퍼(예를 들어, 제품 표본(220))의 하나 이상의 이미지를 포함할 수 있다. 이는 본 명세서에서 앞서 설명된 바와 같이 임계 치수 균일성(CDU)을 보장하기 위해 수행될 수 있다.
- [0083] 단계(410)에서, 하나 이상의 분류된 ROI가 머신 러닝 분류기를 사용하여 발생된다. 예를 들어, 도 8b 및 도 9b에 도시된 바와 같이, 머신 러닝 분류기는 분류된 ROI(306)가 제 1 식별된 관심 측정(MOI 304a) 및/또는 제 2 식별된 관심 측정(MOI 304b)을 포함하도록 분류된 ROI(306)를 발생시키도록 구성될 수 있다.
- [0084] 단계(412)에서, 하나 이상의 분류된 관심 영역 내에서 표본의 하나 이상의 측정이 결정된다. 예를 들어, 도 8b에 도시된 바와 같이, 제어기(204)는 제 1 관심 측정(MOI 304a)에 의해 표시된 제 1 임계 치수 및 제 2 관심 측정(MOI 304b)에 의해 표시된 제 2 임계 치수를 측정하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 분류된 ROI(306) 내에서 이루어진 하나 이상의 측정은 임계 치수(CD) 측정을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당 업계에 공지된 임의의 측정을 포함할 수 있다.
- [0085] 당업자는 본 명세서에 설명된 구성 요소(예를 들어, 동작), 디바이스, 개체 및 이들에 수반되는 논의가 개념적 명료성을 위해 예로서 사용되고 다양한 구성 수정이 고려된다는 것을 인식할 것이다. 결과적으로, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 제시된 특정 예시 및 수반되는 논의는 보다 일반적인 클래스를 대표하도록 의도된다. 일반적으로, 특정 예시의 사용은 해당 클래스를 대표하는 것으로 의도되며, 특정 구성 요소(예를 들어, 동작), 디바이스 및 개체를 포함하지 않는 것은 제한으로 간주되어서는 안 된다.
- [0086] 당업자는 본 명세서에 설명된 프로세스 및/또는 시스템 및/또는 다른 기술이 영향을 받을 수 있는 다양한 수단(예를 들어, 하드웨어, 소프트웨어 및/또는 펌웨어)이 있으며, 바람직한 수단은 프로세스 및/또는 시스템 및/또는 다른 기술이 배치되는 상황에 따라 달라질 것임을 이해할 것이다. 예를 들어, 구현자가 속도와 정확성이 가장 중요하다고 결정하면, 구현자는 주로 하드웨어 및/또는 펌웨어 수단을 선택할 수 있으며; 대안적으로, 유연성이 가장 중요하다면, 구현자는 주로 소프트웨어 구현을 선택할 수 있으며; 또는, 다시 또 대안적으로, 구현자는 하드웨어, 소프트웨어 및/또는 펌웨어의 일부 조합을 선택할 수 있다. 따라서, 본 명세서에 설명된 프로세스 및/또는 디바이스 및/또는 다른 기술이 영향을 받을 수 있는 몇 가지 가능한 수단이 있으며, 사용될 임의의 수단은 수단이 배치될 상황 및 구현자의 특정 관심사(예를 들어, 속도, 유연성 또는 예측 가능성)에 따른 선택

이고, 그 중 어느 것이든 달라질 수 있다는 점에서, 그 어느 것도 본질적으로 다른 것보다 우월하지 않다.

[0087] 전술한 설명은 당업자가 특정 애플리케이션 및 그 요구 사항의 맥락에서 제공되는 바와 같이 본 발명을 만들고 사용할 수 있도록 제시된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "상부", "하부", "위", "아래", "상위", "위쪽", "하위", "하단" 및 "아래쪽"과 같은 방향성 용어는 설명을 목적으로 상대적인 위치를 제공하기 위한 것으로, 절대적인 참조 틀을 지정하기 위한 것이 아니다. 설명된 실시예들에 대한 다양한 수정이 당업자에게 명백할 것이며, 본 명세서에서 정의된 일반적인 원리는 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그러므로, 본 발명은 도시되고 설명된 특정 실시예들로 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 본 명세서에 개시된 원리 및 새로운 특징과 일치하는 가장 넓은 범위에 부합될 것이다.

[0088] 본 명세서에서 실질적으로 임의의 복수 및/또는 단수 용어의 사용과 관련하여, 당업자는 상황 및/또는 적용에 적절하게 복수에서 단수로 및/또는 단수에서 복수로 번역할 수 있다. 다양한 단수/복수 순열은 명확성을 위해 본 명세서에서 명시적으로 설명하지 않는다.

[0089] 본 명세서에 설명된 모든 방법들은 방법 실시예들의 하나 이상의 단계들의 결과를 메모리에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 결과는 본 명세서에 설명된 결과 중 임의의 것을 포함할 수 있으며, 당 업계에 공지된 임의의 방식으로 저장될 수 있다. 메모리는 본 명세서에 설명된 임의의 메모리 또는 당 업계에 공지된 임의의 다른 적절한 저장 매체를 포함할 수 있다. 결과가 저장된 후, 메모리의 결과는 액세스될 수 있고, 본 명세서에 설명된 방법 또는 시스템 실시예들 중 임의의 것에 의해 사용될 수 있고, 사용자에게 디스플레이하기 위해 서식이 만들어질 수 있으며, 다른 소프트웨어 모듈, 방법, 또는 시스템 등에 의해 사용될 수 있다. 더욱이, 결과는 "영구적으로", "반영구적으로", "일시적으로" 또는 일정 기간 동안 저장될 수 있다. 예를 들어, 메모리는 랜덤 액세스 메모리(RAM)일 수 있으며, 결과는 반드시 메모리에 무기한으로 지속되는 것은 아니다.

[0090] 상기 설명된 방법의 실시예들 각각은 본 명세서에 설명된 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있음이 또한 고려된다. 또한, 상기 설명된 방법의 실시예들 각각은 본 명세서에서 설명된 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0091] 본 명세서에 설명된 주제는 때때로 다른 구성 요소 내에 포함되거나 다른 구성 요소와 연결된 상이한 구성 요소를 나타낸다. 이와 같이 도시된 아키텍처는 단지 예시일 뿐이며 실제로 동일한 기능을 달성하는 많은 다른 아키텍처가 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 개념적 의미에서, 동일한 기능을 달성하기 위한 구성 요소의 임의의 배열은 원하는 기능이 달성되도록 효과적으로 "연관"된다. 따라서, 특정 기능을 달성하기 위해 본 명세서에서 결합된 임의의 2 개의 구성 요소는 아키텍처 또는 중간 구성 요소에 관계없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관"된 것으로 볼 수 있다. 마찬가지로, 이와 같이 연관된 임의의 2 개의 구성 요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "연결" 또는 "결합"된 것으로 볼 수 있으며, 이와 같이 연관될 수 있는 임의의 2 개의 구성 요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "결합 가능"한 것으로 볼 수도 있다. 결합 가능한 구체적인 예는 물리적으로 짝을 이룰 수 있는 및/또는 물리적으로 상호 작용하는 구성 요소 및/또는 무선으로 상호 작용할 수 있는 및/또는 무선으로 상호 작용하는 구성 요소 및/또는 논리적으로 상호 작용하는 및/또는 논리적으로 상호 작용할 수 있는 구성 요소를 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0092] 또한, 본 발명은 첨부된 청구 범위에 의해 정의된다는 것을 이해해야 한다. 일반적으로, 본 명세서에서 사용된 용어, 특히 첨부된 청구 범위(예를 들어, 첨부된 청구 범위의 본문)에서 사용된 용어는 일반적으로 "개방형" 용어(예를 들어, "포함하는"이라는 용어는 "포함하지만 이에 제한되지 않는"으로 해석되어야 하고, "갖는"이라는 용어는 "적어도 갖는"으로 해석되어야 하며, "포함한다"라는 용어는 "포함하지만 이에 제한되지 않는다" 등으로 해석되어야 함)로 의도된다는 것을 당업자는 이해할 것이다. 특정 수의 도입 청구항 기재가 의도된 경우, 이러한 의도는 청구항에서 명시적으로 기재될 것이며, 이러한 기재가 없는 경우, 이러한 의도가 존재하지 않는다는 것이 당업자에 의해 또한 이해될 것이다. 예를 들어, 이해를 돕기 위해, 다음의 첨부된 청구 범위는 청구항 기재를 도입하기 위해 "적어도 하나" 및 "하나 이상"이라는 도입 문구의 사용을 포함할 수 있다. 그러나, 이러한 문구의 사용은 부정 관사("a" 또는 "an")에 의한 청구항 기재의 도입이 이러한 도입 청구항 기재를 포함하는 특정 청구항을 이러한 기재를 하나만 포함하는 발명으로 제한한다고 의미하는 것으로 해석되어서는 안 되며, 동일한 청구항이 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"라는 도입 문구와 "a" 또는 "an"과 같은 부정 관사를 포함하는 경우에도 마찬가지이며(예를 들어, "a" 및/또는 "an"은 일반적으로 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 함); 청구항 기재를 도입하는 데 정관사를 사용하는 경우에도 마찬가지이다. 또한, 특정 수의 도입 청구항 기재가 명시적으로 기재되더라도, 당업자는 이러한 기재가 일반적으로 적어도 기재된 수를 의미하는 것으로 해석되어야 한다는 것을 인식할 것이다(예를 들어, 다른 수식어가 없는 "두 개"의 기본적 기재는

일반적으로 적어도 두 개의 기재 또는 두 개 이상의 기재를 의미한다). 또한, "A, B 및 C 등 중 적어도 하나"와 유사한 관례가 사용되는 경우, 일반적으로 이러한 구조는 당업자가 관례를 이해할 것이라는 의미에서 의도된다(예를 들어, "A, B 및 C 중 적어도 하나를 갖는 시스템"은 A 단독, B 단독, C 단독, A와 B를 함께, A와 C를 함께, B와 C를 함께 및/또는 A와 B와 C를 함께 등을 갖는 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는다). "A, B 또는 C 등 중 적어도 하나"와 유사한 관례가 사용되는 경우, 일반적으로 이러한 구조는 당업자가 관례를 이해할 것이라는 의미에서 의도된다(예를 들어, "A, B 또는 C 중 적어도 하나를 갖는 시스템"은 A 단독, B 단독, C 단독, A와 B를 함께, A와 C를 함께, B와 C를 함께 및/또는 A와 B와 C를 함께 등을 갖는 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는다). 상세한 설명, 청구 범위 또는 도면에 있어서, 두 개 이상의 대체 용어를 제시하는 사실상 임의의 분리 단어 및/또는 문구는 용어 중 하나, 용어 중 어느 하나, 또는 용어 모두를 포함할 수 있는 가능성을 고려하도록 이해되어야 한다는 것을 당업자는 또한 이해할 것이다. 예를 들어, "A 또는 B"라는 문구는 "A" 또는 "B" 또는 "A 및 B"의 가능성을 포함하는 것으로 이해될 것이다.

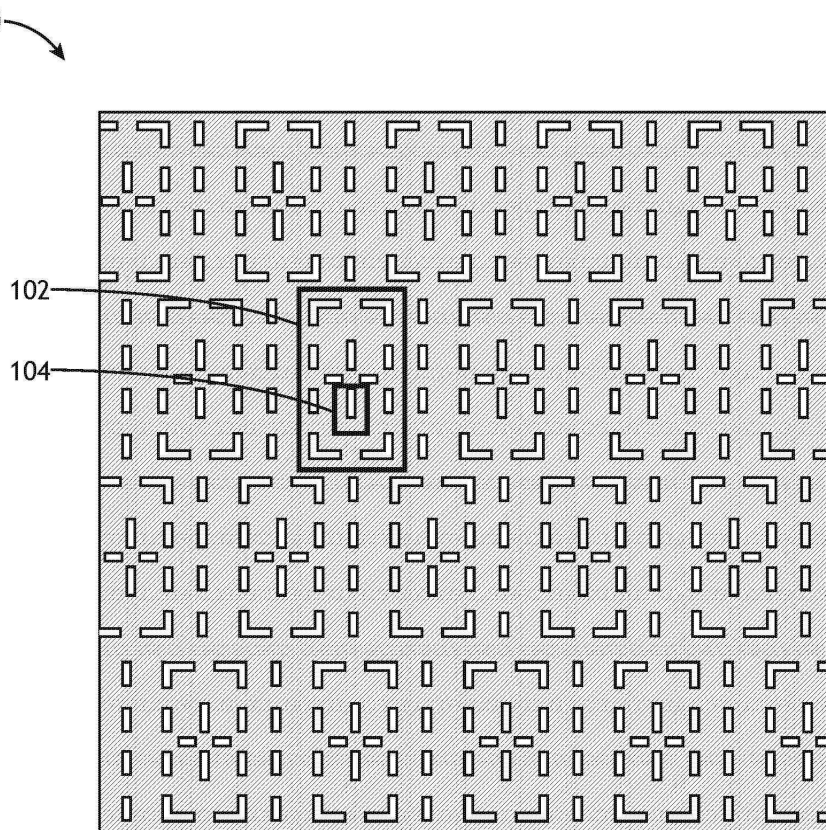
[0093]

본 개시 및 본 개시의 많은 부수적인 장점들이 전술한 설명에 의해 이해될 것으로 믿어지며, 개시된 주제를 벗어나지 않거나 본 개시의 모든 물질적 장점들을 희생시키지 않는 다양한 변경들이 구성 요소의 형태, 구성, 및 배열에 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 설명된 형태는 단지 설명적인 것이며, 이러한 변경을 아우르고 포함하는 것은 다음의 청구 범위의 의도이다. 또한, 본 발명은 첨부된 청구 범위에 의해 정의되는 것으로 이해되어야 한다.

## 도면

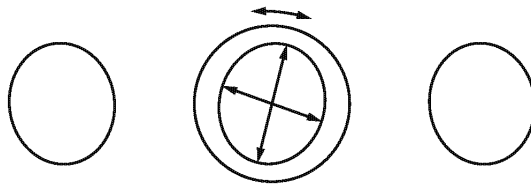
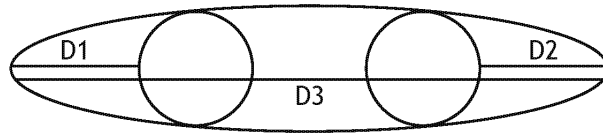
### 도면1

100



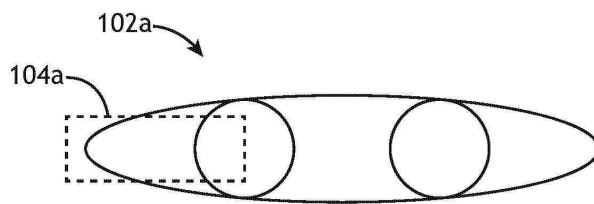
도면2

102



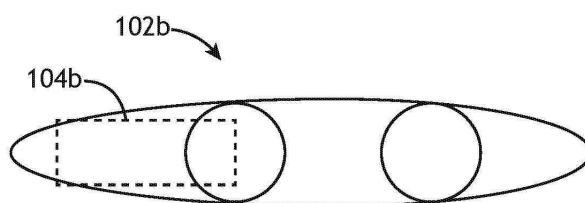
도면3a

100

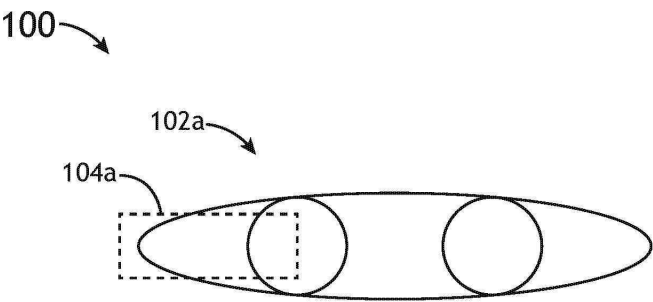


도면3b

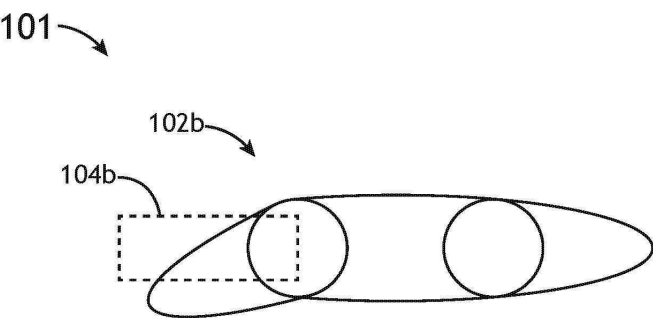
101



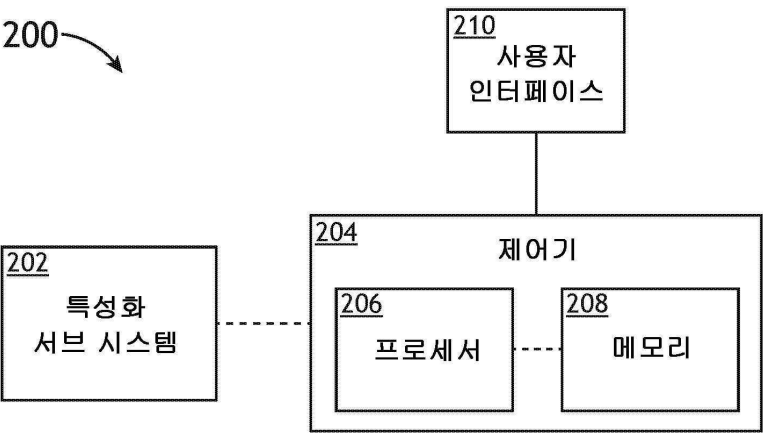
도면4a



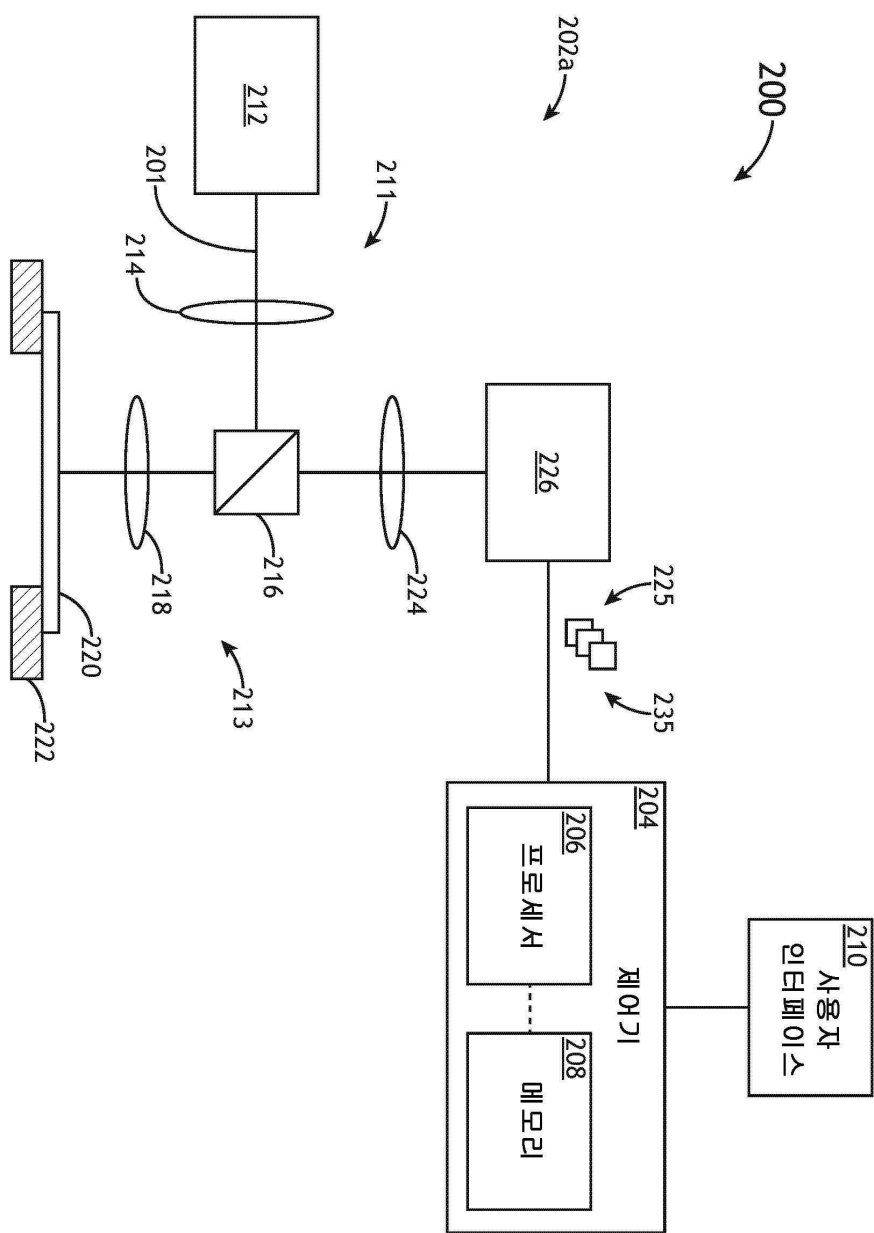
도면4b



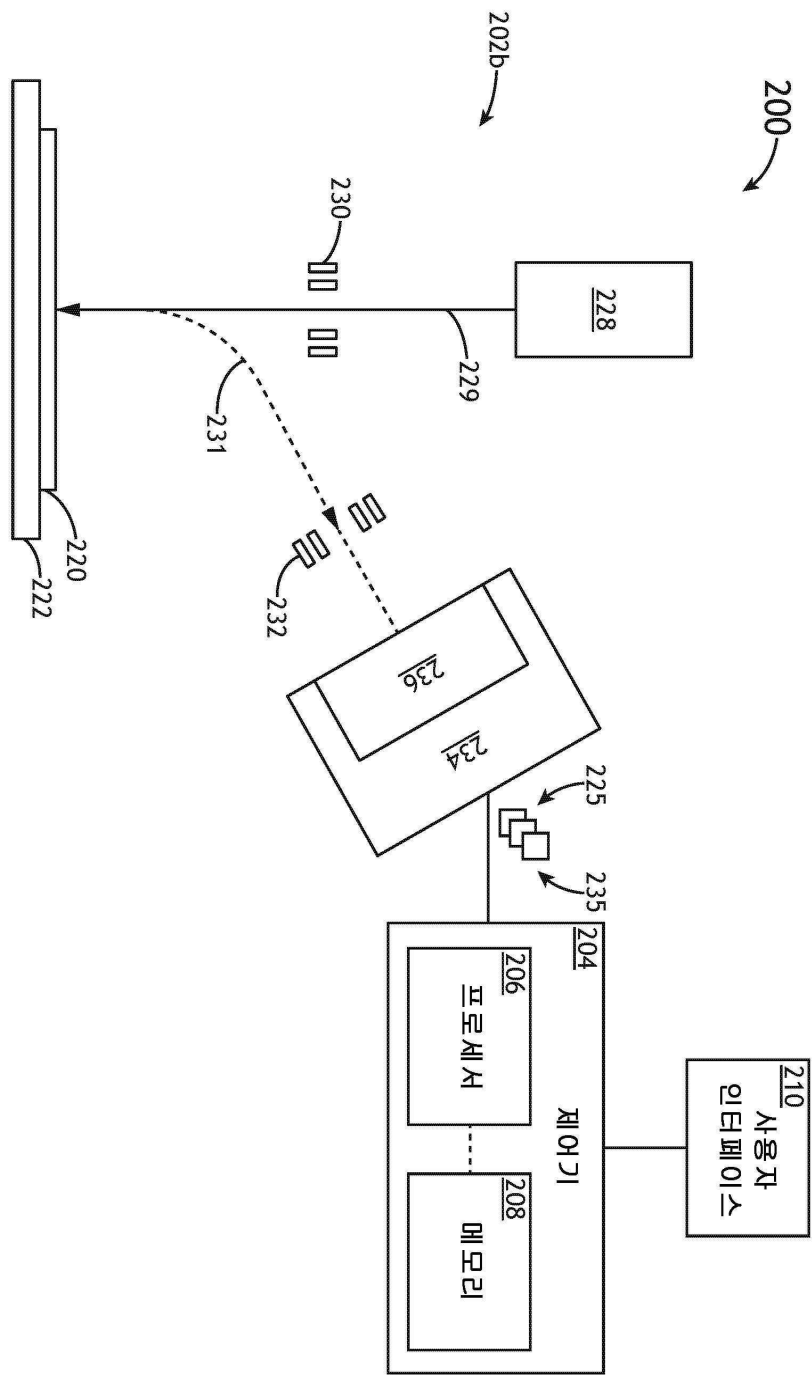
도면5



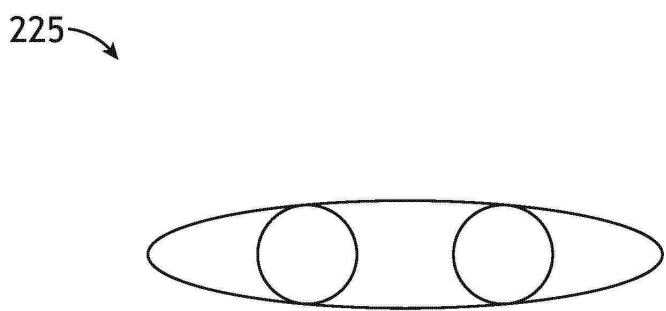
도면6a



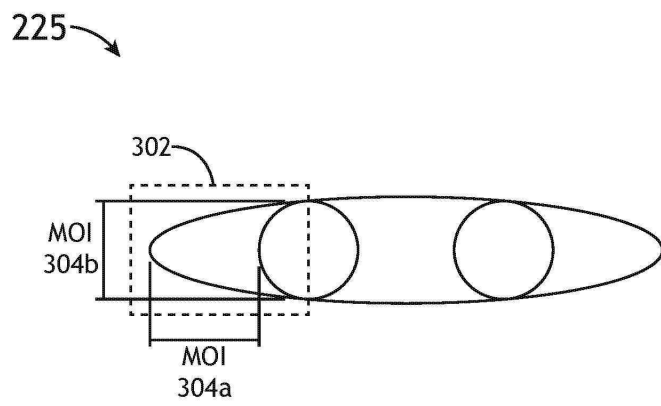
도면6b



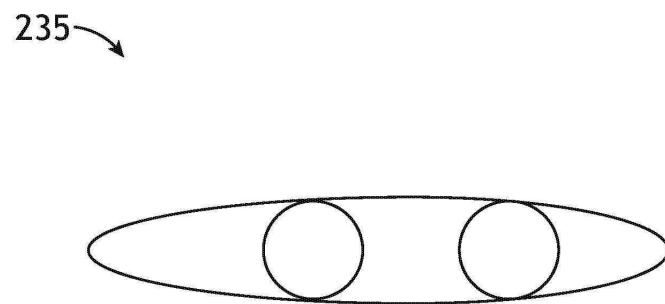
도면7a



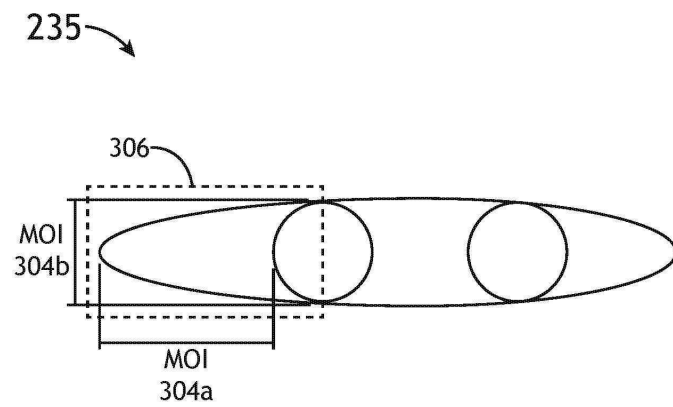
도면7b



도면8a

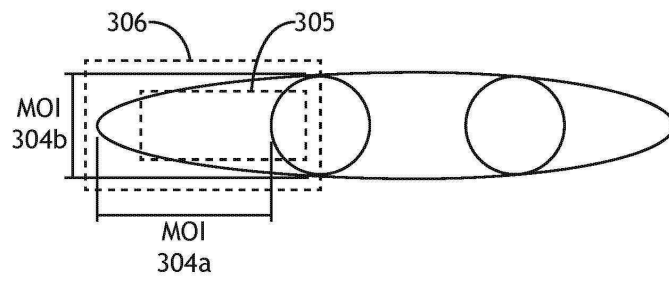


도면8b



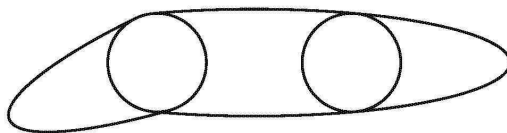
도면8c

235



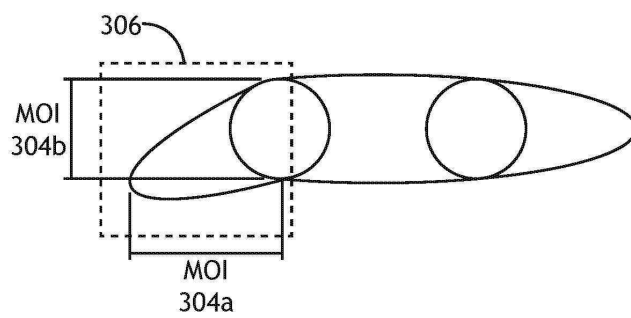
도면9a

235



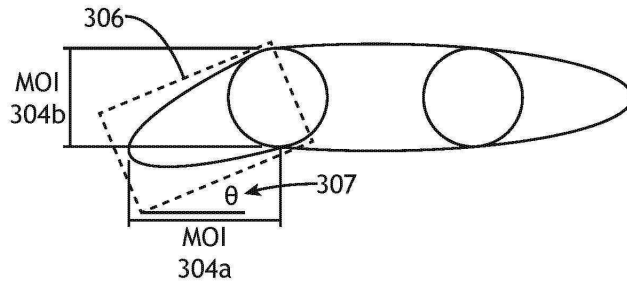
도면9b

235



도면9c

235



도면10

400

