



등록특허 10-2765100



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월11일  
(11) 등록번호 10-2765100  
(24) 등록일자 2025년02월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G06T 7/00* (2017.01) *G06F 18/00* (2023.01)  
*G06T 17/20* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G06T 7/97* (2017.01)  
*G06F 18/24* (2023.01)
- (21) 출원번호 10-2021-0034550  
(22) 출원일자 2021년03월17일  
심사청구일자 2024년03월15일
- (65) 공개번호 10-2021-0117195  
(43) 공개일자 2021년09월28일  
(30) 우선권주장  
16/821,831 2020년03월17일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2011027461 A  
US20190310554 A1

(73) 특허권자  
어플라이드 머티리얼즈 이스라엘 리미티드  
이스라엘 레호보트 파크 래빈 오웬하이머 스트리트 9 (우: 76705)

(72) 발명자  
레반트, 안나  
이스라엘 7621239 르호봇 하잔하님 스트리트 16/5  
비스트리쳐, 라파엘  
이스라엘 4977367 페타취 티크바 나카르 스트리트 32

(74) 대리인  
양영준, 백만기

전체 청구항 수 : 총 19 항

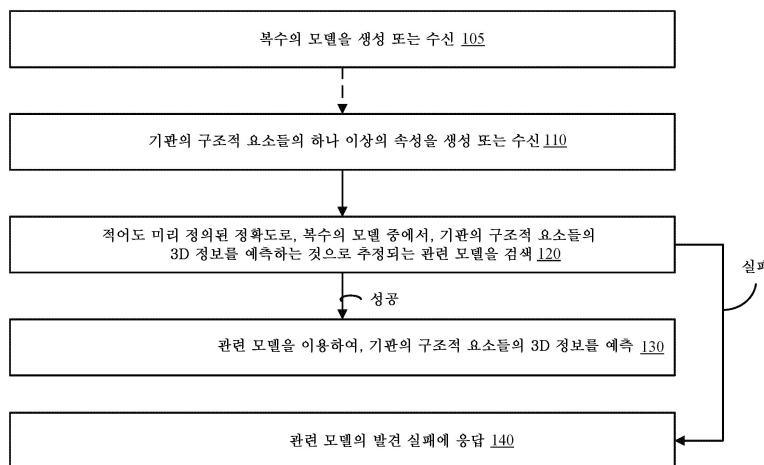
심사관 : 신재철

## (54) 발명의 명칭 3차원 정보의 결정

## (57) 요약

기판의 구조적 요소들의 3차원(3D) 정보를 결정하기 위한 방법, 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체 및 시스템이 제공된다.

## 대 표 도



(52) CPC특허분류

*G06T 17/20* (2013.01)

*G06T 2207/10061* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판의 구조적 요소들의 3차원(3D) 정보를 결정하기 위한 방법으로서,

복수의 상이한 분류의 기판들의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 데 사용될 수 있는 복수의 상이한 모델들을 저장하는 단계 - 상기 복수의 상이한 모델들 내의 각각의 모델은, 복수의 상이한 트레이닝 기판들이 상기 트레이닝 기판들의 프로세스 파라미터들에 관한 정보에 기초하여 상이한 분류의 기판들로 분류화되는 트레이닝 프로세스 동안 기계 학습에 의해 생성되고, 상기 복수의 상이한 모델들 내의 각각의 모델은, 상기 복수의 상이한 모델들 내의 다른 모델들이 예측할 수 있는 분류들과는 상이한 분류의 기판들에 속하는 기판에 관한 3D 정보를 제1의 미리 정의된 정확도로 예측할 수 있음 -;

상기 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 제1 세트를 생성 또는 수신하는 단계 - 상기 하나 이상의 속성은 상기 구조적 요소들의 주사 전자 현미경(scanning electron microscope)(SEM) 이미지들에 기초하여 결정됨 - ;

상기 하나 이상의 속성의 제1 세트와 상이한 하나 이상의 속성의 제2 세트에 기초하여, 적어도 제2의 미리 정의된 정확도로, 복수의 상이한 모델 중에서, 상기 기판의 구조적 요소들의 상기 3D 정보를 예측하는 것으로 추정되는 관련 모델을 검색하는 단계;

상기 검색하는 단계에서 관련 모델을 식별하는 경우, 상기 식별된 관련 모델 및 상기 구조적 요소들의 하나 이상의 속성의 제1 세트를 이용하여 상기 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 단계; 및

상기 검색하는 단계에서 관련 모델을 식별하지 못하면, 관련 모델의 발견의 실패에 응답하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 실패에 응답하는 단계는 상기 기판에 기초하여 새로운 모델을 계산하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상이한 모델들은 트레이닝 기판들의 상이한 분류들을 표현하는, 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 분류화 프로세스를 적용함으로써 상이한 트레이닝 기판들을 분류화하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 분류화는 상이한 트레이닝 기판들에 관련된 제조 정보에 적어도 부분적으로 기초하는, 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 복수의 상이한 모델들 중 특정 모델은 상호 예측가능한 트레이닝 기판들의 특정 분류를 표현하는, 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 트레이닝 기판들이 상기 트레이닝 기판들의 상기 특정 분류에 포함됨을 검증하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 검색하는 단계는 (a) 상기 기판의 구조적 요소들의 상기 하나 이상의 속성과, (b) 상기 복수의 모델 중 적어도 일부의 각각의 모델에 연관된 하나 이상의 속성 사이의 관계에 기초하여, 상기 복수의 모델 중 상기 적어도 일부의 예측 정확도를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 검색하는 단계는 상기 모델들 각각에 관련된 예측의 신뢰도 레벨을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 10

제1항에 있어서, 상기 기판의 구조적 요소들의 상기 하나 이상의 속성이 상기 기판의 구조적 요소들의 상이한 사이트들의 SEM 이미지들의 취득에서의 차이들을 보상함으로써 생성되는, 방법.

### 청구항 11

제1항에 있어서, 상기 기판의 구조적 요소들의 속성은 상기 기판의 구조적 요소들의 그룹에 관한 정보를 표현하는, 방법.

### 청구항 12

제11항에 있어서, 상기 기판의 구조적 요소들의 그룹은 상기 기판의 단일 다이에 속하는, 방법.

### 청구항 13

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 속성은 상기 기판의 제조 프로세스에 관한 정보에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는, 방법.

### 청구항 14

기판의 구조적 요소들의 3차원(3D) 정보를 결정하기 위한 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체로서,

복수의 상이한 분류의 기판들의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 데 사용될 수 있는 복수의 상이한 모델들을 저장하는 동작 - 상기 복수의 상이한 모델들 내의 각각의 모델은, 복수의 상이한 트레이닝 기판들이 상기 트레이닝 기판들의 프로세스 파라미터들에 관한 정보에 기초하여 상이한 분류의 기판들로 분류화되는 트레이닝 프로세스 동안 기계 학습에 의해 생성되고, 상기 복수의 상이한 모델들 내의 각각의 모델은, 상기 복수의 상이한 모델들 내의 다른 모델들이 예측할 수 있는 분류들과는 상이한 분류의 기판들에 속하는 기판에 관한 3D 정보를 제1의 미리 정의된 정확도로 예측할 수 있음 -;

상기 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성의 제1 세트를 생성 또는 수신하는 동작 - 상기 하나 이상의 속성은 상기 구조적 요소들의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지들에 기초하여 결정됨 - ;

상기 하나 이상의 속성의 제1 세트와 상이한 하나 이상의 속성의 제2 세트에 기초하여, 적어도 제2의 미리 정의된 정확도로, 복수의 상이한 모델 중에서, 상기 기판의 구조적 요소들의 상기 3D 정보를 예측하는 것으로 추정되는 관련 모델을 검색하는 동작;

상기 검색하는 동작에서 관련 모델을 식별하는 경우, 상기 식별된 관련 모델 및 상기 구조적 요소들의 하나 이상의 속성의 제1 세트를 이용하여 상기 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 동작; 및

상기 검색하는 동작에서 관련 모델을 식별하지 못하면, 관련 모델의 발견의 실패에 응답하는 동작  
을 위한 명령어들을 저장한, 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체.

### 청구항 15

기판의 구조적 요소들의 3차원(3D) 정보를 결정하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는:

복수의 상이한 분류의 기판들의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 데 사용될 수 있는 복수의 상이한 모델들을 저장하고 - 상기 복수의 상이한 모델들 내의 각각의 모델은, 복수의 상이한 트레이닝 기판들이 상기 트레이닝 기판들의 프로세스 파라미터들에 관한 정보에 기초하여 상이한 분류의 기판들로 분류화되는 트레이닝 프로세

스 동안 기계 학습에 의해 생성되고, 상기 복수의 상이한 모델들 내의 각각의 모델은, 상기 복수의 상이한 모델들 내의 다른 모델들이 예측할 수 있는 분류들과는 상이한 분류의 기판들에 속하는 기판에 관한 3D 정보를 제1의 미리 정의된 정확도로 예측할 수 있음 -;

상기 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성의 제1 세트를 생성 또는 수신하고 - 상기 하나 이상의 속성은 상기 구조적 요소들의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지들에 기초하여 결정됨 - ;

상기 하나 이상의 속성의 제1 세트와 상이한 하나 이상의 속성의 제2 세트에 기초하여, 적어도 제2의 미리 정의된 정확도로, 복수의 상이한 모델 중에서, 상기 기판의 구조적 요소들의 상기 3D 정보를 예측하는 것으로 추정되는 관련 모델을 검색하고;

상기 검색이 관련 모델을 식별하는 경우, 상기 식별된 관련 모델 및 상기 구조적 요소들의 하나 이상의 속성의 제1 세트를 이용하여 상기 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하고;

상기 검색이 관련 모델을 식별하지 못하면, 관련 모델의 발견의 실패에 응답하도록  
구성되는 시스템.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 상기 시스템은 상기 SEM 이미지들을 취득하도록 구성되는 이미저를 포함하는, 시스템.

#### 청구항 17

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 속성들의 제1 세트는 상기 기판의 상기 구조적 요소들의 속성들로 제한되는 한편, 상기 하나 이상의 속성들의 제2 세트는 전체 기판에 관련된 하나 이상의 속성들을 포함할 수 있는, 방법.

#### 청구항 18

제14항에 있어서, 상기 하나 이상의 속성들의 제1 세트는 상기 기판의 상기 구조적 요소들의 속성들로 제한되는 한편, 상기 하나 이상의 속성들의 제2 세트는 전체 기판에 관련된 하나 이상의 속성들을 포함할 수 있는, 비-일시적 컴퓨터 편집 가능한 매체.

#### 청구항 19

제15항에 있어서, 상기 하나 이상의 속성들의 제1 세트는 상기 기판의 상기 구조적 요소들의 속성들로 제한되는 한편, 상기 하나 이상의 속성들의 제2 세트는 전체 기판에 관련된 하나 이상의 속성들을 포함할 수 있는, 시스템.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2020년 3월 17일자로 출원된 US 16/821,831의 우선권을 주장한다. 그 개시내용 전체가 모든 목적을 위해 참조에 의해 본 명세서에 포함된다.

#### 배경 기술

[0003] 3차원(3D) 계측은 반도체 산업의 새로운 분야이다. 평면형 디바이스들의 축소는 물리적 한계에 도달했으며, 고급 노드들은 디바이스 내의 피쳐 밀도를 증가시키기 위해 3D 설계에 의존한다. 이러한 3D 구조물들의 신뢰 가능한 측정들은 개발 프로세스에 매우 중요하다.

[0004] 현재, 광학 임계 치수(optical critical dimension)(OCD)는 3D 비파괴 측정들에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 그러나, OCD는 특별히 설계된 주변 타겟들에 대한 측정으로 제한되며, 인-다이 측정들(in-die measurements)을 수행할 수 없다. 더욱이, OCD는 낮은 공간 분해능( $50\mu\text{m}$  수준)을 갖고, 주기적 구조물들만을 측정할 수 있으며, 하부 층에 민감하고, 복잡하고 시간 소모적인 레시피 셋업을 수반한다.

[0005] 기판들의 구조적 피쳐들의 3D 정보를 결정하기 위한 정확한 방법들을 제공할 필요성이 증가하고 있다.

## 발명의 내용

[0006] 3D 정보를 결정하기 위한 방법, 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체, 및 시스템이 제공될 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0007] 본 개시내용의 실시예들로서 간주되는 발명의 주제는 본 명세서의 결론 부분에서 구체적으로 지적되고 명확하게 청구된다. 그러나, 동작의 방법 및 조작 둘 다에 관한 본 개시내용의 실시예들과 더불어 그것의 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부 도면들과 함께 읽을 때 이하의 상세한 설명을 참조하여 가장 잘 이해될 수 있다:

도 1은 방법의 예를 도시한다.

도 2는 방법의 예를 도시한다.

도 3은 방법의 예를 도시한다.

도 4는 방법 및 다양한 주사 전자 현미경(SEM) 이미지들, 및 데이터 구조들의 예를 도시한다.

도 5는 웨이퍼, 다이, 및 SEM 이미지의 예를 도시한다.

도 6은 웨이퍼 및 시스템의 예를 도시한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하의 상세한 설명에서, 본 개시내용의 실시예들의 완전한 이해를 제공하기 위해 수많은 특정 세부사항들이 제시된다.

[0009] 그러나, 본 기술분야의 통상의 기술자들은 본 개시내용의 본 실시예들이 이러한 특정 세부사항들 없이 실시될 수 있음을 이해할 것이다. 다른 경우들에서, 공지된 방법들, 절차들 및 컴포넌트들은 본 개시내용의 본 실시예들을 모호하게 하지 않도록 상세하게 설명되지 않았다.

[0010] 본 개시내용의 실시예들로서 간주되는 발명의 주제는 본 명세서의 결론 부분에서 구체적으로 지적되고 명확하게 청구된다. 그러나, 동작의 방법 및 조작 둘 다에 관한 본 개시내용의 실시예들과 더불어 그것의 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부 도면들과 함께 읽을 때 이하의 상세한 설명을 참조하여 가장 잘 이해될 수 있다.

[0011] 도시의 단순성 및 명료성을 위해, 도면들에 도시된 요소들이 반드시 일정한 비율로 그려진 것은 아님을 이해할 것이다. 예를 들어, 일부 요소들의 치수는 명확성을 위해 다른 요소들에 비해 과장될 수 있다. 또한, 적절하다고 간주되는 경우, 도면들 간에 참조 번호들이 반복되어, 대응하거나 유사한 요소들을 나타낼 수 있다.

[0012] 본 개시내용의 도시된 실시예들은 대부분의 경우 본 기술분야의 통상의 기술자들에게 공지된 전자 컴포넌트들 및 회로들을 사용하여 구현될 수 있기 때문에, 본 개시내용의 본 실시예들의 기본 개념들의 이해 및 숙지를 위해, 그리고 본 개시내용의 본 실시예들의 교시로부터 혼란스러워지거나 산만해지지 않게 하기 위해, 위에서 설명된 바와 같이 필요하다고 고려되는 것보다 임의의 더 큰 범위로는 세부사항이 설명되지 않을 것이다.

[0013] 본 명세서에서의 방법에 대한 임의의 언급은 방법을 실행할 수 있는 시스템에 대해서 준용되어야 하며, 방법을 실행하기 위한 명령어들을 저장하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체에 대해서 준용되어야 한다.

[0014] 본 명세서에서의 시스템에 대한 임의의 언급은 시스템에 의해 실행될 수 있는 방법에 준용되어야 하며, 시스템에 의해 실행가능한 명령어들을 저장하는 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체에 준용되어야 한다.

[0015] 본 명세서에서의 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체에 대한 임의의 언급은 컴퓨터 판독가능한 매체에 저장된 명령어들을 실행할 때 적용될 수 있는 방법에 준용되어야 하며, 컴퓨터 판독가능한 매체에 저장된 명령어들을 실행하도록 구성된 시스템에 준용되어야 한다.

[0016] 용어 "및/또는"은 추가적으로(additionally) 또는 대안적으로(alternatively)를 의미한다.

[0017] 구조적 요소는 트랜지스터, 트랜지스터의 일부, 메모리 셀, 메모리 셀의 일부, 전도체들의 배열, 절연체들의 배열, 및 그와 유사한 것과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 나노 미터 규모의 구조적 요소를 의미한다.

[0018] 기판의 구조적 요소들의 3차원(3D) 정보를 결정하기 위한 시스템, 방법 및 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체가 제공될 수 있다.

- [0019] 시스템, 방법 및 비-일시적 컴퓨터 판독가능한 매체는 기판의 구조적 요소들에 관련된 3D 정보 이외의 정보를 결정하기 위해 준용될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 3D 정보 이외의 정보는 SEM 이미지들로부터 직접적으로 정확하게 결정될 수 없는 정보일 수 있다.
- [0020] 기판은 웨이퍼, MEMS 기판, 태양 광 패널, 및 그와 유사한 것일 수 있다.
- [0021] 다양한 예들에서, 설명의 편의를 위해, 기판이 웨이퍼인 것으로 가정될 것이다.
- [0022] 도 1은 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 결정하기 위한 방법(100)을 도시한다.
- [0023] 방법(100)은 복수의 모델을 생성 또는 수신하는 단계(105)에 의해 시작할 수 있다. 트레이닝 프로세스 동안 복수의 모델이 생성된다. 모델은 구조적 요소의 하나 이상의 SEM 이미지와 구조적 요소에 관한 3D 정보 사이의 관계를 나타낼 수 있다.
- [0024] 단계(105)는 다음 중 적어도 하나를 포함할 수 있다:
- o 분류화 프로세스를 적용함으로써 상이한 트레이닝 기판들을 분류화하고 각각의 분류에 대한 모델을 생성한다.
  - o 상이한 모델들의 추정된 예측 정확도에 기초하여 상이한 트레이닝 기판들을 분류화한다.
  - o 상이한 웨이퍼들의 프로세스 파라미터들에 관한 정보에 기초하여 상이한 트레이닝 기판들을 분류화한다.
- [0025] 단계(105)에 후속하여, 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 생성 또는 수신하는 단계(110)가 이어질 수 있다.
- [0026] 하나 이상의 속성은 구조적 요소들의 SEM 이미지들에 기초하여 결정된다.
- [0027] 따라서, 단계(110)는 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 단계(110)는 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 수신하는 것을 포함할 수 있다.
- [0028] 단계(110)는 SEM 이미지 취득 프로세스 한계들을 보상하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 단일 SEM 이미지의 비교적 낮은 신호 대 잡음비를 보상한다.
- [0029] 기판의 구조적 요소들의 속성을 기판의 구조적 요소들의 그룹에 관한 정보를 표현할 수 있다. 예를 들어, 속성은 다이별로 계산될 수 있다.
- [0030] 구조적 요소들의 그룹은 기판의 단일 다이의 구조적 요소들의 전부 또는 단지 일부를 포함할 수 있다. 하나 이상의 속성은 모델에 기초하여, 및/또는 기계 학습 기술에 기초하여 생성될 수 있다.
- [0031] 구조적 요소들의 그룹은 기판의 구조적 요소들의 전부 또는 단지 일부를 포함할 수 있다.
- [0032] 구조적 요소들의 그룹은 동일한 3D 정보 유닛에 의해 표현되는 모든 구조적 요소를 포함할 수 있다.
- [0033] 구조적 요소들의 그룹은 동일한 구조적 요소의 복수의 인스턴스일 수 있다.
- [0034] 단계(110)에 후속하여, 복수의 모델 중에서, 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 적어도 미리 정의된 정확도로 예측하는 것으로 추정되는 관련 모델을 검색하는 단계(120)가 이어질 수 있다.
- [0035] 미리 정의된 정확도는 기판의 제조업체에 의해, 계측 시스템의 운영자에 의해, 및/또는 임의의 방식으로 결정될 수 있다.
- [0036] 모델들은 기계 학습을 적용함으로써 생성될 수 있다.
- [0037] 모델들 중 적어도 일부는 트레이닝 프로세스 동안 생성될 수 있다. 트레이닝 프로세스는 트레이닝 기판들의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 수신 또는 생성하는 것, 및 또한 트레이닝 기판들의 구조적 요소들의 적어도 일부에 관한 3D 정보를 수신하거나 생성하는 것을 포함할 수 있다.
- [0038] 3D 정보는 다양한 방식으로, 예를 들어 다이를 밀링(milling)하고 밀링된 다이의 투과형 전자 현미경(TEM) 이미지를 획득하는 것에 의해 제공될 수 있다.
- [0039] 모델들은 (a) 트레이닝 기판들의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성, 및 (b) 트레이닝 기판들의 구조적 요소들 중 적어도 일부에 관한 3D 정보에 기초하여 트레이닝 프로세스 동안 생성될 수 있다.
- [0040] 상이한 모델들은 트레이닝 기판들의 상이한 분류들을 표현할 수 있다. 분류들은 상이한 모델들을 사용함으로써

획득된 예측의 정확도에 기초하여 결정될 수 있다.

[0044] 모델은 하나 이상의 트레이닝 기판의 분류에 연관될 수 있다.

[0045] 모델은 적어도 미리 정의된 정확도로, 모델에 연관된 트레이닝 기판들의 분류에 속하는 기판에 관한 3D 정보를 예측해야 한다.

[0046] 따라서, 특정 분류에 연관된 모델은 적어도 미리 정의된 정확도로, 특정 분류에 연관되지 않은 기판에 관한 3D 정보를 예측하지 못할 수 있다.

[0047] 특정 기판에 관련된 모델의 예측 정확도는 (a) 특정 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성과 (b) 모델에 연관된 트레이닝 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성 사이의 관계에 기초하여 결정될 수 있다.

[0048] 관련 모델의 검색은 (a) 특정 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성과 (b) 모델에 연관된 트레이닝 기판의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성 사이의 관계를 조사하는 매칭 프로세스일 수 있다.

[0049] 관계들은 예를 들어 하나 이상의 속성 사이의 유사성, 및 그와 유사한 것일 수 있다.

[0050] 유사성이 미리 정의된 임계 값보다 낮은 경우, 모델의 예측 정확도가 부적절한 것으로 간주될 수 있다.

[0051] 합계 제곱 차이 검색(sums-squared difference search)(SD), 마할라노비스 거리(Mahalanobis distance)의 계산, KL-발산(divergence), 또는 임의의 다른 회귀 프로세스들과 같은 다양한 매칭 프로세스들이 적용될 수 있다.

[0052] 상이한 분류들에 대해 상이한 모델들을 사용하는 것은 방법의 정확도를 증가시키고, 모델 중첩 및 다중 모달리티와 같은 문제를 극복하는 것으로 밝혀졌다. 모델 중첩은 유사한 하나 이상의 속성의 상이한 기판들이 상이한 3D 정보 값들에 매핑될 때 발생한다. 다중 모달리티는 상이한 하나 이상의 속성의 상이한 기판들이 동일한 3D 정보 값들에 매핑될 때 발생한다.

[0053] 검색(단계(120))은 복수의 결과를 가질 수 있다.

[0054] 제1 결과는 관련 모델을 발견하는 것이다. 복수의 관련 모델이 발견되면, 발견된 관련 모델들 중 하나가 선택될 수 있다.

[0055] 제1 결과는 관련 모델을 사용하여, 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 단계(130)로 이어진다.

[0056] 제2 결과는 관련 모델을 발견하지 못하는 것이다. 이 경우, 복수의 관련 모델 중 어느 것도 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 정확하게 예측(적어도 미리 정의된 정확도로 예측)할 수 없다고 가정된다.

[0057] 제2 결과는 관련 모델을 발견하지 못한 것에 응답하는 단계(140)로 이어진다.

[0058] 단계(140)는 다음 중 적어도 하나를 포함할 수 있다:

[0059] o 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 것을 방지한다.

[0060] o 기판의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하지만, 예측에 낮은 확실성 레벨을 할당한다.

[0061] o 기판에 기초하여 새로운 모델을 계산한다. 이는 기판의 3D 정보의 획득을 요구할 것이다.

[0062] o 기판에 기초하여 새로운 모델을 계산할 것을 요청한다.

[0063] o 실패 표시를 생성한다.

[0064] 도 2는 방법(200)의 예를 도시한다.

[0065] 이하를 가정한다:

[0066] o 트레이닝 기판들은 트레이닝 웨이퍼들이다.

[0067] o 각각의 트레이닝 웨이퍼는 다이들의 세트를 포함한다.

[0068] o 웨이퍼별로, 제1 다이 세트는 3D 정보를 제공받고 제2 다이 세트는 3D 정보를 제공받지 않는다.

[0069] o 제1 다이 세트의 각각의 다이는 3D 정보 유닛에 의해 표현된다.

[0070] o 기판의 구조적 요소들의 속성은 전체 다이의 구조적 요소들을 표현한다.

- [0071] 이러한 가정들 하에서, 트레이닝 웨이퍼에 연관된 모델은 제1 다이 세트에 관한 3D 정보 및 하나 이상의 속성에 기초하여 생성된다. 트레이닝 단계 동안, 속성들이 결정될 수 있다. 속성들(적어도 일부) 및 알려진 3D 정보(그라운드 상태) 값들, 및 선택적으로(optionaly) 임의의 프로세스 정보는 복수의 모델을 생성하기 위해 사용된다. 트레이닝 단계는 모든 트레이닝 기판들(웨이퍼들)로부터, 속성들 자체를 결정하고 그것들 전부를 사용하는 것을 수반한다.
- [0072] 테스트 또는 추론 단계 동안, 테스트된 웨이퍼의 속성들은 관련 모델을 찾기 위해 사용된다. 그러한 관련 모델이 발견되는 경우, 관련 모델에 대하여 특정 구조의 속성들(전부 또는 부분집합)이 공급될 수 있다.
- [0073] 관련 모델의 검색은 전체 웨이퍼에 관련된 하나 이상의 속성에 기초할 수 있다.
- [0074] 방법(200)은 복수의 모델을 생성 또는 수신하는 단계(205)에 의해 시작할 수 있다. 트레이닝 프로세스 동안 복수의 모델이 생성된다.
- [0075] 단계(205)에 후속하여, 특정 웨이퍼의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 생성 또는 수신하는 단계(210)가 이어질 수 있다.
- [0076] 단계(210)에 후속하여, 복수의 모델 중에서, 특정 웨이퍼의 구조적 요소들의 3D 정보를 적어도 미리 정의된 정확도로 예측하는 것으로 추정되는 관련 모델을 검색하는 단계(220)가 이어질 수 있다.
- [0077] 단계(220)는 (a) 특정 웨이퍼의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성과 (b) 트레이닝 웨이퍼들의 상이한 분류들에 연관된 테스트 웨이퍼들의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성 사이의 관계를 결정하는 것을 포함할 수 있다.
- [0078] 관계는 (a) 특정 웨이퍼의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성과 (b) 트레이닝 웨이퍼들의 상이한 분류들에 연관된 테스트 웨이퍼들의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성 사이의 유사성을 표현할 수 있다.
- [0079] 특정 분류에 대해, 유사성이 미리 정의된 유사성 임계 값보다 높은 경우, 특정 분류에 연관된 모델은 관련 모델로 간주될 수 있다.
- [0080] 관련 모델을 발견할 때, 단계(220)에 후속하여, 관련 모델을 사용하여 특정 웨이퍼의 구조적 요소들의 3D 정보를 예측하는 단계(230)가 이어진다.
- [0081] 그렇지 않으면, 단계(220)에 후속하여, 실패에 응답하는 단계(240)가 이어진다.
- [0082] 도 3은 다이의 구조적 요소들의 하나 이상의 속성을 생성하기 위한 방법(300)을 도시한다.
- [0083] 방법(300)은 SEM 이미지들의 신호 대 잡음을 증가시키고, 상이한 사이트들의 SEM 이미지를 사이의 가능한 SEM 이미징 유도 변화들(예컨대, 사이트를 조명하는 전자 빔의 강도, 또는 조명 및/또는 전자 수집 동안의 다른 변화들)을 보상하는 다양한 단계들을 설명한다. 다른 단계들이 제공될 수 있다.
- [0084] 방법(300)은 웨이퍼의 복수의 사이트의 SEM 이미지들을 수신하거나 생성하는 단계(310)에 의해 시작할 수 있다. 복수의 사이트는 전체 웨이퍼를 커버할 수 있거나 웨이퍼의 하나 이상의 부분만을 커버할 수 있다.
- [0085] 단계(310)에 이어, 관심 구조적 요소들을 포함하는 패치들의 위치를 파악하는 단계(320), 특히 특정 구조적 요소들의 복수의 인스턴스를 포함하는 SEM 이미지를 내의 패치들의 위치를 찾는 단계가 이어질 수 있다. 패치는 2차원 패치일 수 있다.
- [0086] 단계(320)에 후속하여, 사이트별로 사이트-평균 패치를 제공하기 위해 각각의 사이트의 패치를 평균화하는 단계(330)가 이어질 수 있다.
- [0087] 단계(330)에 후속하여, 각각의 사이트-평균 패치를 사이트-벡터로 변환하는 단계(340)가 이어질 수 있다. 이것은 예를 들어 칼럼별 사이트-벡터 요소를 제공하기 위해 사이트-평균 패치의 각각의 픽셀 칼럼을 평균화함으로써 수행될 수 있다.
- [0088] 단계(340)에 이어, 각각의 사이트-벡터를 정규화하는 단계(350)가 이어질 수 있다.
- [0089] 단계(350)에 이어, 다이별로 다이-벡터를 제공하기 위해, 각각의 다이의 사이트-벡터들을 평균화하는 단계(360)가 이어질 수 있다.
- [0090] 단계(360)에 후속하여, 다이별로 다이-벡터들을 표현하는 웨이퍼 속성을 생성하는 단계(370)가 이어질 수 있다. 웨이퍼 속성은 매트릭스일 수 있다.

- [0091] 도 4는 방법(400)의 예, 및 다양한 SEM 이미지들 및 데이터 구조들을 도시한다.
- [0092] (설명의 편의를 위해서만) 트레이닝 웨이퍼들의 2개의 분류와 2개의 트레이닝 모듈, 즉 제1 모델(405) 및 제2 모델(406)이 존재한다고 가정된다. 트레이닝 웨이퍼들의 제1 분류는 제1 3D 정보(401) 및 제1 속성들(403)에 의해 표현된다. 트레이닝 웨이퍼들의 제2 분류는 제2 3D 정보(402) 및 제2 속성들(404)에 의해 표현된다. 2개 보다 많은 분류가 존재할 수 있다.
- [0093] 새로운 웨이퍼의 하나 이상의 새로운 SEM 이미지(410)가 수신된다.
- [0094] 하나 이상의 SEM 이미지는 하나 이상의 속성(412)을 생성함으로써 처리된다. 생성된 하나 이상의 속성은 관련 모델을 검색하는 단계(414)에 전송된다. 성공하는 경우, 단계(414)에 이어, 새로운 웨이퍼의 3D 정보를 생성하기 위해 관련 모델(제1 모델 또는 제2 모델일 수 있음)을 적용하는 단계(416)가 이어진다. 그렇지 않으면, 단계(414)에 후속하여, 하나 이상의 SEM 이미지 및 3D 정보에 기초하여 새로운 모델을 생성하도록 요청하는 단계(418)가 이어진다.
- [0095] 도 5는 웨이퍼(514), 다이(512), 및 다이의 사이트 중 하나의 SEM 이미지(510)의 예를 도시한다.
- [0096] 도 6은 웨이퍼(514), 및 이미저(710) 및 프로세서(720)를 포함하는 시스템(500)을 도시한다.
- [0097] 프로세서는 마이크로프로세서, 그래픽 처리 유닛, 하드웨어 가속기, 중앙 처리 유닛, 신경망 프로세서, 이미지 프로세서, 및 그와 유사한 것과 같은 하나 이상의 처리 회로를 포함할 수 있다. 프로세서는 명세서에 예시된 임의의 방법의 임의의 단계를 실행하도록 프로그래밍될 수 있다(또는 달리 구조화 및 배열되거나 구성될 수 있음).
- [0098] 시스템은 또한 정보 및/또는 명령어 및/또는 모델 및/또는 하나 이상의 속성을 저장하기 위한 휘발성 또는 비-휘발성 메모리 유닛과 같은 메모리 유닛을 포함할 수 있다. 메모리 유닛은 비-일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체의 예이다.
- [0099] 이미저(710)는 전자빔 이미저, 전자빔 현미경, 이온 현미경, 이온 이미저 및 그와 유사한 것일 수 있다. 전자빔 현미경은 주사 전자 현미경, 투과 전자 현미경 및 그와 유사한 것일 수 있다.
- [0100] 시스템(700)은 방법(100, 200, 400 및 400) 중 적어도 하나를 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0101] 이미저는 SEM 이미지들을 생성하도록 구성되는 반면, 프로세서(200)는 방법(100, 200, 400 및 400) 중 적어도 하나의 다른 단계들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0102] 전술한 명세서에서, 본 개시내용의 실시예들은 본 개시내용의 실시예들의 구체적인 예들을 참조하여 설명되었다. 그러나, 첨부된 청구항들에 제시된 본 개시내용의 실시예들의 더 넓은 사상 및 범위를 벗어나지 않고서, 다양한 수정 및 변경이 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다.
- [0103] 동일한 기능을 달성하기 위한 컴포넌트들의 임의의 배열은 원하는 기능이 달성되도록 효과적으로 "연관"된다. 따라서, 특정 기능을 달성하기 위해 여기에서 결합된 임의의 2개의 컴포넌트는 아키텍처들 또는 중간 컴포넌트들에 관계없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관된" 것으로 볼 수 있다. 마찬가지로, 이와 같이 연관된 임의의 2개의 컴포넌트는 또한 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "동작가능하게 연결" 또는 "동작가능하게 결합"된 것으로 볼 수 있다.
- [0104] 또한, 본 기술분야의 통상의 기술자는 위에서 설명된 동작들 사이의 경계들이 단지 예시적인 것임을 인식할 것이다. 복수의 동작이 단일 동작으로 결합될 수 있고, 단일 동작이 추가 동작들에 분산될 수 있으며, 동작들은 시간상 적어도 부분적으로 중첩하여 실행될 수 있다. 더욱이, 대안적인 실시예들은 특정 동작의 복수의 인스턴스를 포함할 수 있고, 동작들의 순서는 다양한 다른 실시예들에서 변경될 수 있다.
- [0105] 또한, 예를 들어, 일 실시예에서, 설명된 예들은 단일 집적 회로 상에 또는 동일한 디바이스 내에 위치된 회로로서 구현될 수 있다. 대안적으로, 예들은 적절한 방식으로 서로 상호연결된 임의의 수의 개별 집적 회로 또는 개별 디바이스로서 구현될 수 있다.
- [0106] 그러나, 다른 수정들, 변경들 및 대안들이 또한 가능하다. 따라서, 명세서들 및 도면들은 제한적인 의미가 아니라 예시적인 것으로 간주되어야 한다.
- [0107] 청구항들에서, 팔호 사이에 있는 임의의 참조 부호들은 청구항을 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. '포함하는'이라는 단어는 청구항에 나열된 것들 외의 다른 요소들 또는 단계들의 존재를 배제하지 않는다. 또한, 본

명세서에서 사용될 때, 단수 표현(용어 "a" 또는 "an")은 하나 또는 하나 초과로 정의된다. 또한, 청구항들에서 "적어도 하나" 및 "하나 이상"과 같은 도입 문구들의 사용은, 단수 표현("a" 또는 "an"과 같은 부정 관사들)에 의한 다른 청구 요소의 도입이 그러한 도입된 청구 요소를 포함하는 임의의 특정 청구항을, 해당 청구항이 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"라는 도입 문구 및 단수 표현("a" 또는 "an"과 같은 부정 관사들)을 포함하는 경우에도, 단 하나의 그러한 요소를 포함하는 본 개시내용의 실시예들로 제한함을 암시하는 것으로 해석되어서는 안된다. 정관사의 사용에 대해서도 마찬가지이다. 달리 언급되지 않는 한, "제1" 및 "제2"와 같은 용어들은 그러한 용어들이 설명하는 요소들을 임의로 구별하기 위해 사용된다. 따라서, 이러한 용어들이 그러한 요소들의 시간적 또는 기타 우선순위를 나타내도록 반드시 의도되는 것은 아니다. 특정 수단들이 상호 다른 청구 항들에 기재되어 있다는 사실만으로 그러한 수단들의 조합이 유리하게 사용될 수 없음을 나타내는 것은 아니다.

[0108] 본 개시내용의 실시예들이 특정 특징들이 여기에 도시되고 설명되었지만, 이제 본 기술분야의 통상의 기술자들에게는 많은 수정들, 대체들, 변경들 및 등가물들이 떠오를 것이다. 따라서, 첨부된 청구항들은 본 개시내용의 실시예들의 진정한 사상 내에 있는 이러한 모든 수정 및 변경을 커버하도록 의도된 것임을 이해해야 한다.

[0109] 도면들 중 임의의 것, 명세서의 임의의 부분, 및/또는 임의의 청구항들에 나열된 임의의 모듈 또는 유닛의 임의의 조합이 제공될 수 있다. 특히, 임의의 청구된 특징들의 임의의 조합이 제공될 수 있다.

[0110] 용어 "포함하는" 또는 "갖는"에 대한 임의의 언급은 "구성되는" 또는 "본질적으로 구성되는"을 지칭하는 것으로 또한 해석되어야 한다. 예를 들어, 특정 단계들을 포함하는 방법은 각각 추가 단계들을 포함할 수 있거나, 특정 단계들로 제한될 수 있거나, 방법의 기본적인 신규한 특성들에 실질적으로 영향을 미치지 않는 추가 단계들을 포함할 수 있다.

[0111] 실시예는 또한 컴퓨터 시스템에서 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있으며, 컴퓨터 시스템과 같은 프로그래밍 가능한 장치에서 실행될 때 실시예에 따른 방법의 단계들을 수행하거나 프로그래밍 가능한 장치가 실시예에 따른 디바이스 또는 시스템의 기능들을 수행할 수 있게 하기 위한 코드 부분들을 적어도 포함한다. 컴퓨터 프로그램은 저장 시스템이 디스크 드라이브 그룹들에 디스크 드라이브들을 할당하게 할 수 있다.

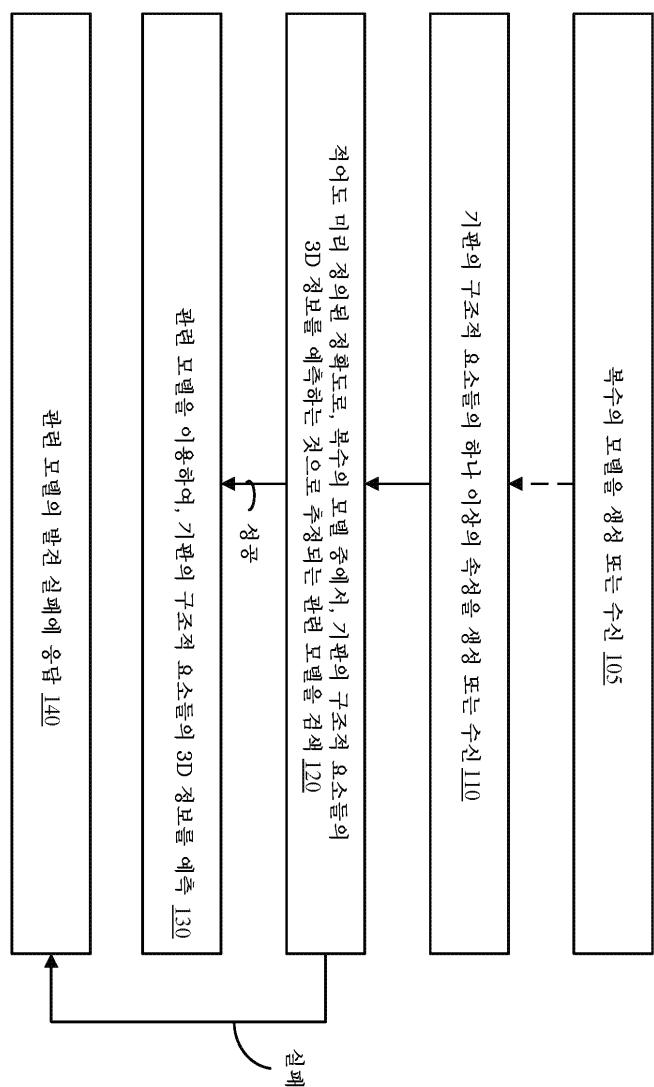
[0112] 컴퓨터 프로그램은 특정 애플리케이션 프로그램 및/또는 운영 체제와 같은 명령어들의 목록이다. 컴퓨터 프로그램은 예를 들어 서브루틴, 함수, 프로시저, 객체 메소드, 객체 구현, 실행 가능한 애플리케이션, 애플릿, 서블릿, 소스 코드, 객체 코드, 공유 라이브러리/동적 로드 라이브러리, 및/또는 컴퓨터 시스템에서 실행하도록 설계된 다른 명령어 시퀀스 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0113] 컴퓨터 프로그램은 비-일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체와 같은 컴퓨터 프로그램 제품에 내부적으로 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 전부 또는 일부는 정보 처리 시스템에 영구적으로, 제거 가능하게, 또는 원격으로 연결된 비-일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체 상에 제공될 수 있다. 비-일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체는 예를 들어, 제한 없이, 임의의 개수의 다음과 같은 것을 포함할 수 있다: 디스크 및 테이프 저장 매체를 포함하는 자기 저장 매체; 컴팩트 디스크 매체(예를 들어, CDROM, CDR 등) 및 디지털 비디오 디스크 저장 매체와 같은 광학 저장 매체; FLASH 메모리, EEPROM, EPROM, ROM과 같은 반도체 기반 메모리 유닛을 포함하는 비-휘발성 메모리 저장 매체; 강자성 디지털 메모리; MRAM; 레지스터, 버퍼 또는 캐시, 주 메모리, RAM 등을 포함하는 휘발성 저장 매체. 컴퓨터 프로세스는 프로세스의 실행을 관리하기 위해, 전형적으로 실행 중인(운영 중인) 프로그램 또는 프로그램의 일부, 현재 프로그램 값들 및 상태 정보, 및 운영 체제에서 사용되는 자원들을 포함할 수 있다. 운영 체제(OS)는 컴퓨터의 자원들의 공유를 관리하고 프로그래머들에게 이러한 자원들에 액세스하는 데 사용되는 인터페이스를 제공하는 소프트웨어이다. 운영 체제는 시스템 데이터 및 사용자 입력을 처리하고, 시스템의 사용자들 및 프로그램들에 작업들 및 내부 시스템 자원들을 서비스로서 할당하고 관리함으로써 응답한다. 컴퓨터 시스템은 예를 들어 적어도 하나의 처리 유닛, 연관된 메모리, 및 다수의 입/출력(I/O) 디바이스를 포함할 수 있다. 컴퓨터 프로그램을 실행할 때, 컴퓨터 시스템은 컴퓨터 프로그램에 따라 정보를 처리하고 I/O 디바이스들을 통해 결과적인 출력 정보를 생성한다.

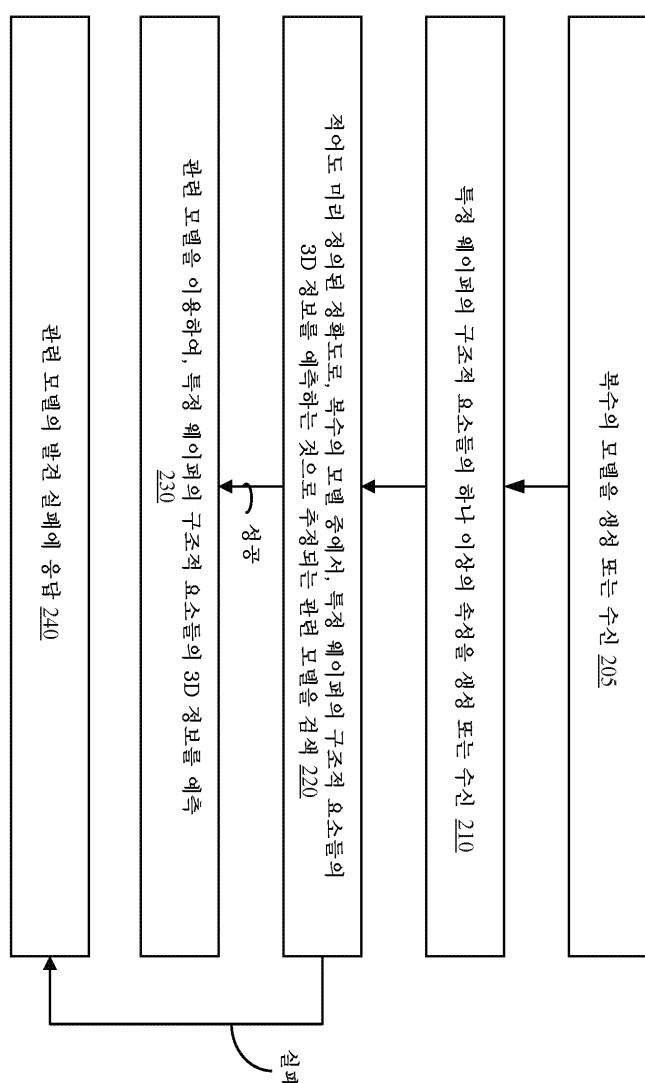
[0114] 전술한 명세서는 하나 이상의 실시예의 구체적인 예를 포함한다. 그러나, 첨부된 청구항들에 제시된 하나 이상의 실시예의 더 넓은 사상 및 범위를 벗어나지 않고서 다양한 수정 및 변경이 이루어질 수 있음이 명백할 것이다.

도면

도면1



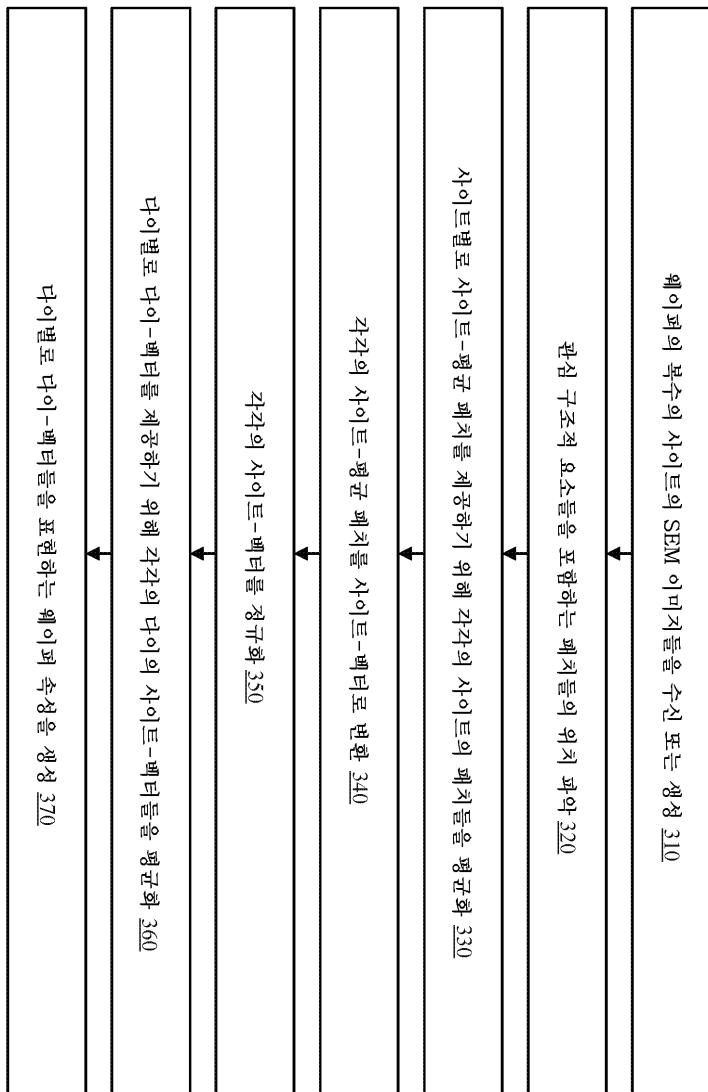
도면2



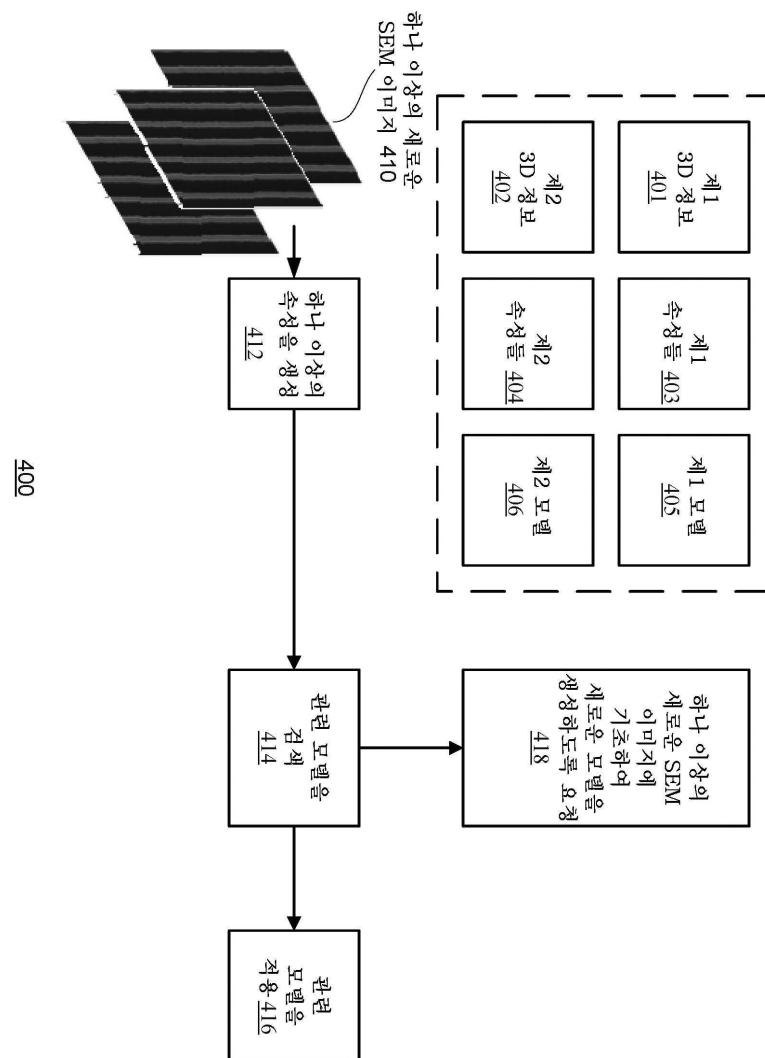
200

도면3

300

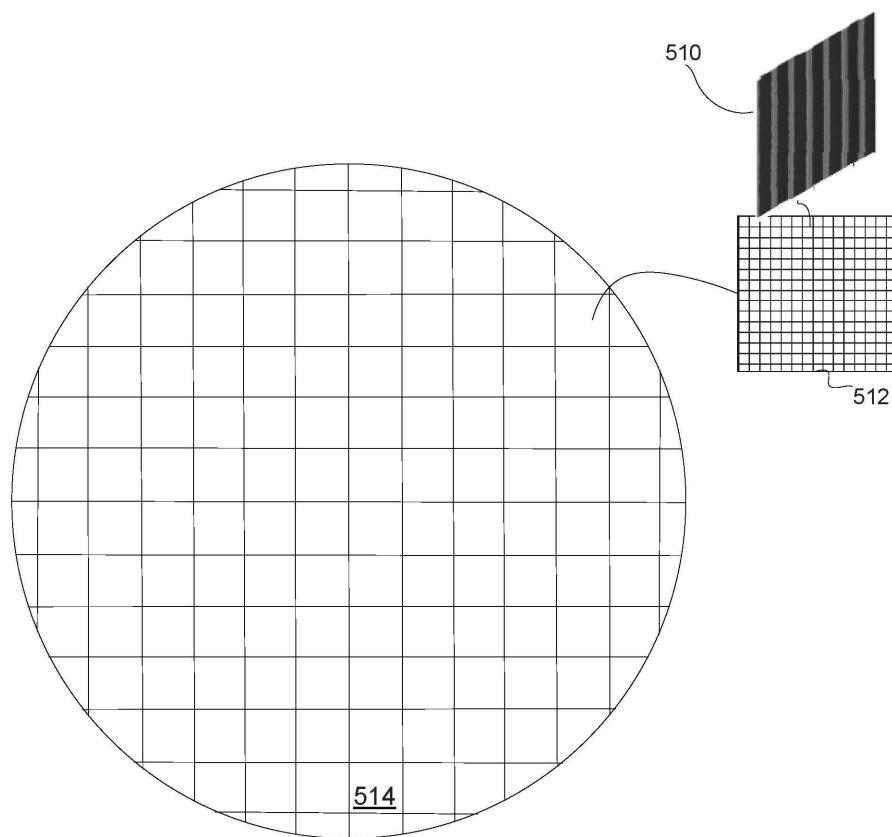


도면4



400

도면5



도면6

Z00

