



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0044509
(43) 공개일자 2023년04월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) G06N 3/0464 (2023.01)
G06N 3/0475 (2023.01) G06N 3/08 (2023.01)
- (52) CPC특허분류
G06T 7/0004 (2013.01)
G06N 3/0464 (2023.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7007409
- (22) 출원일자(국제) 2021년07월29일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2023년03월02일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2021/043587
- (87) 국제공개번호 WO 2022/031498
국제공개일자 2022년02월10일
- (30) 우선권주장
63/060,131 2020년08월03일 미국(US)
17/375,951 2021년07월14일 미국(US)

- (71) 출원인
케이엘에이 코퍼레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크
놀로지 드라이브
- (72) 발명자
브라우저 비온
미국 오리건주 97006 비버튼 엔더블유 투손 스트리트 16698
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

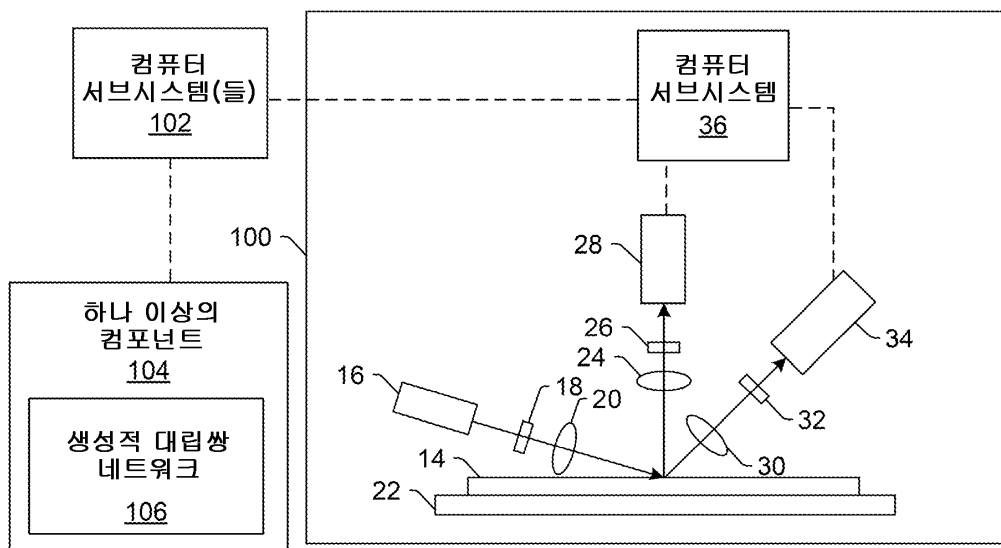
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 광학 모드 선택 또는 다른 모드 선택을 위한 심층 생성 모델

(57) 요약

표본에 대해 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 방법 및 시스템이 제공된다. 하나의 시스템은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템과 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트를 포함한다. 하나 이상의 컴포넌트는 생성적 대립쌍 네트워크(GAN: Generative Adversarial Network), 예를 들어, 조건부 GAN(cGAN: Conditional GAN)을 포함한다. 컴퓨터 서브시스템(들)은 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 표본에 대한 디자인 데이터의 일부분을 수정하고, 디자인 데이터의 일부분과 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 GAN에 입력하여 표본에 대한 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 구성된다. 컴퓨터 서브시스템(들)은 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하고, 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 표본에 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/0475 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

G06T 2207/20084 (2013.01)

G06T 2207/30148 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

표본에 대해 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성된 시스템으로서,

하나 이상의 컴퓨터 서브시스템, 및

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트 - 상기 하나 이상의 컴포넌트는, 생성적 대립쌍 네트워크(generative adversarial network)를 포함함 -

를 포함하고,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은,

디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 표본에 대한 상기 디자인 데이터의 일부분을 수정하고,

상기 생성적 대립쌍 네트워크에 상기 디자인 데이터의 일부분과 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 입력함으로써 상기 표본에 대해 시뮬레이팅된 이미지를 생성하고,

상기 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하고,

상기 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 상기 표본에 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성되는 것인, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 생성적 대립쌍 네트워크는, 조건부 생성적 대립쌍 네트워크로서 구성되는 것인, 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 생성적 대립쌍 네트워크는, 상기 표본의 이미지 또는 상기 도구에 의해 생성된 상기 표본과 동일한 유형의 다른 표본의 이미지, 및 상기 표본 또는 상기 다른 표본에 대한 상기 디자인 데이터로 트레이닝되는 것인, 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 생성적 대립쌍 네트워크는, 상기 도구의 제1 모드에 대한 상기 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝되고,

상기 표본에 대한 상기 시뮬레이팅된 이미지를 생성하는 것은, 상기 디자인 데이터의 일부분 및 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을, 상기 도구의 제2 모드에 대한 상기 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝된 추가적인 생성적 대립쌍 네트워크에 입력하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 생성적 대립쌍 네트워크는, 상기 도구의 상이한 모드에 대해 상기 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝되는 것인, 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 시뮬레이팅된 이미지는, 상기 도구의 상이한 모드에 대해 생성되고,

상기 하나 이상의 특성은, 상기 도구의 상기 상이한 모드에 대해 생성된 상기 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정되며,

상기 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여 상기 도구의 모드를 선택하는 것은, 상기 도구의 상기 상이한 모드에 대해 생성된 상기 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정된 상기 하나 이상의 특성을 비교하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 도구의 상기 모드를 선택하는 것은, 상기 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여 상기 공정을 위한 상기 도구의 둘 이상의 모드를 선택하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 특성을 결정하는 것은, 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분에 대해 생성된 상기 시뮬레이팅된 이미지들 중 하나에서 상기 디자인 데이터의 일부분에 대해 생성된 상기 시뮬레이팅된 이미지들 중 하나를 감산하여 차분 이미지를 생성하는 것, 및 상기 차분 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 차분 이미지의 상기 결정된 하나 이상의 특성은, 상기 차분 이미지의 신호 대 노이즈 값을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 표본에서 검출할 수 있는 실제 결함의 수는, 상기 공정에 대한 모드를 선택하기에 불충분한 것인, 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 표본에서 검출된 하나 이상의 실제 결함에 대한 정보 없이 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성되는 것인, 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 표본에 대한 상기 디자인 데이터의 일부분을 수정하는 것은, 상기 표본에 대한 관심 결함(defect of interest)에 대한 정보에 기초하여 수행되며,

상기 디자인 데이터의 일부분을 수정하기 전에 상기 도구에 의해 수행되는 설정 스캔에서 상기 관심 결함의 실제 인스턴스는, 상기 표본에서 검출할 수 없는 것인, 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 표본에 대한 상기 디자인 데이터의 일부분을 수정하는 것은, 상기 도구에 의한 반복적인 활상에 의해 변경된 것으로 알려진 상기 표본의 관심 결함에 대한 정보에 기초하여 수행되는 것인, 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 디자인 데이터의 추가적인 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 상기 디자인 데이터의 추가 부분을 수정하고, 상기 표본에 대한 제1 관심 결함에 대한 정보에 기초하여 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분의 하나 이상의 특성을 결정하고, 상기 표본에 대한 제2 관심 결함에 대한 정보에 기초하여 상기 디자인 데이터의 추가적인 인위적 결함 부분의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성되며,

상기 시뮬레이팅된 이미지를 생성하는 것은, 상기 디자인 데이터의 추가 부분과 상기 디자인 데이터의 추가적인 인위적 결함 부분을 상기 생성적 대립쌍 네트워크가나 추가적인 생성적 대립쌍 네트워크에 입력하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분을 생성하기 위해 상기 디자인 데이터의 추가 부분을 수정하고, 상기 표본의 뉴슨스에 대한 정보에 기초하여 상기 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성되고,

상기 시뮬레이팅된 이미지를 생성하는 것은, 상기 디자인 데이터의 추가 부분과 상기 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분을 상기 생성적 대립쌍 네트워크 또는 추가적인 생성적 대립쌍 네트워크에 입력하는 것을 포함하는 것인, 시스템.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 도구에 의해 생성된 추가 표본의 이미지로 생성적 대립쌍 네트워크를 리트레이닝하여 리트레이닝된 생성적 대립쌍 네트워크를 생성하도록 구성되고,

상기 표본 및 상기 추가 표본은, 동일한 유형이며,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 디자인 데이터의 일부분 및 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 상기 리트레이닝된 생성적 대립쌍 네트워크에 입력하고, 추가 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하며, 상기 추가 시뮬레이팅된 이미지의 상기 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여 상기 추가 표본에 수행되는 상기 공정에 사용되는 상기 도구의 모드를 선택함으로써, 상기 추가 표본에 대한 추가적인 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 구성되는 것인,

시스템.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 표본 및 상기 추가 표본에 대해 수행된 제조 공정이 의도적으로 변경된 후에 리트레이닝을 수행하도록 구성되는 것인, 시스템.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한, 상기 표본에 대해 수행된 제조 공정이 사전 결정된 수의 표본에 대해 수행된 후에 리트레이닝을 수행하도록 구성되는 것인, 시스템.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 도구는, 광 기반 검사 도구인 것인, 시스템.

청구항 20

제1항에 있어서,
상기 도구는, 전자 기반 검사 도구인 것인, 시스템.

청구항 21

제1항에 있어서,
상기 표본은, 웨이퍼인 것인, 시스템.

청구항 22

비일시적 컴퓨터 관독 가능 매체로서,
표본에서 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 컴퓨터 구현 방법을 수행하기 위해 하나 이상의 컴퓨터 시스템에서 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장하되,
상기 컴퓨터 구현 방법은,
디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 표본에 대한 상기 디자인 데이터의 일부분을 수정하는 단계와,
상기 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트에 포함된 생성적 대립쌍 네트워크에 상기 디자인 데이터의 일부분과 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 입력함으로써 상기 표본에 대해 시뮬레이션된 이미지를 생성하는 단계와,
상기 시뮬레이션된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하는 단계, 및
상기 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 상기 표본에 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하는 단계를 포함하는 것인, 비일시적 컴퓨터 관독 가능 매체.

청구항 23

표본에 대해 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 컴퓨터 구현 방법으로서,
디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 상기 표본에 대한 상기 디자인 데이터의 일부분을 수정하는 단계와,
하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트에 포함된 생성적 대립쌍 네트워크에 상기 디자인 데이터의 일부분과 상기 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 입력함으로써 상기 표본에 대해 시뮬레이션된 이미지를 생성하는 단계와,
상기 시뮬레이션된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하는 단계, 및
상기 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 상기 표본에 수행된 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하는 단계를 포함하고,
상기 수정하는 단계, 상기 생성하는 단계, 상기 결정하는 단계 및 상기 선택하는 단계는, 상기 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 것인, 컴퓨터 구현 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 일반적으로 표본(specimen)에 대해 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 다음의 설명 및 예시는 본 섹션에 포함되어 있기 때문에 선행 기술로 인정되지 않는다.
- [0003] 로직 및 메모리 장치와 같은 반도체 장치를 제조하는 것은 일반적으로 반도체 장치의 다양한 피처 및 다중 레벨을 형성하기 위해 다수의 반도체 제조 공정을 이용하여 반도체 웨이퍼와 같은 기판을 처리하는 것을 포함한다. 예를 들어, 리소그래피(lithography)는 레티클(reticle)로부터 반도체 웨이퍼 상에 배열된 레지스트로 패턴을 전사하는 것을 포함하는 반도체 제조 공정이다. 반도체 제조 공정의 추가적인 예시는 화학 기계적 연마(CMP: Chemical-Mechanical Polishing), 에칭, 증착 및 이온 주입을 포함하지만, 이들로 한정되는 것은 아니다. 다수의 반도체 장치는 단일 반도체 웨이퍼 상에서 배열체로 제조되고 나서 개별 반도체 장치로 분리될 수 있다.
- [0004] 검사 공정은, 반도체 제조 공정 동안, 다양한 단계에서 웨이퍼의 결함을 검출하여 제조 공정에서의 더 높은 수율을 유도하여 수익을 증대하는데 사용된다. 검사는 반도체 디바이스를 제조하는데 있어 항상 중요한 부분이었다. 그러나, 반도체 디바이스의 크기가 축소됨에 따라 더 작은 결함으로도 디바이스가 고장이 날 수 있기 때문에, 가용 반도체 디바이스를 성공적으로 제조하기 위해서는 검사가 더욱 중요해졌다.
- [0005] 대부분의 검사 공정을 설정하는데 있어 주요한 장애 중 하나는 검사 공정 중 다양한 파라미터를 설정하는데 사용될 수 있는 충분한 수의 관심 결함(DOI: defect of interest)을 식별하는 것이다. 예를 들어, 기존 방법들은 DOI의 가용성에 의존하지만, 많은 경우, DOI 예시의 수는 실질적으로 제한되며, 예를 들어, 인쇄 확인 기반 결함 애플리케이션(print check-based defect application)의 경우에, 데이터 수집 공정을 통해 쉽게 파괴될 수 있다. 이와 같은 DOI는 전형적으로 광학적 파라미터 또는 다른 촬상 파라미터와 같은 하드웨어 파라미터와, 결함 분류 설정, 뉴슨스 필터 파라미터(nuisance filter parameter) 등과 같은 소프트웨어 유형 파라미터 양쪽 모두를 설정하는데 필요하다. 결함 및/또는 웨이퍼가 광학적 또는 다른 검사 도구에 의해 변경되는 경우나 결함을 사용할 수 없는 경우에는, 적절한 광학 모드 선택이 불가능하다. 이러한 방식으로, 설정 표본(들)에서 충분한 DOI 예시를 찾을 수 없는 경우, 최종 검사 레시피는 다른 표본에서 해당 DOI를 검출 및 식별하기 위한 차선책일 수 있다.
- [0006] 뉴슨스 예시(nuisance example)는 이와 같은 하드웨어 및 소프트웨어 파라미터들을 설정하는데에도 유용할 수 있지만, 뉴슨스 예시는 쉽게 그리고 압도적으로 사용될 수 있는 경향이 있다. 예를 들어, 새로운 검사 공정을 설정할 때, 결함 검출을 위한 임계값이 검사 시스템 출력의 노이즈 플로어의 근처에서 또는 심지어 노이즈 플로어에서 설정된 설정 표본에 대해 핫 스캔(hot scan)이 수행될 수 있다. 따라서, 이와 같은 스캔은 필요 이상으로 많은 뉴슨스 예시를 생성할 수 있으며, 이들 뉴슨스는 DOI 예시를 식별하는 것을 특히 어렵게 만들 수 있는데 이는 DOI 예시를 대부분이 뉴슨스인 모든 검출된 이벤트와 분리해야 하기 때문이다.
- [0007] 따라서, 전술한 단점들 중 하나 이상을 갖지 않는 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 시스템 및 방법을 개발하는 것이 유리할 수 있다.

발명의 내용

- [0008] 다양한 실시예에 대한 다음의 상세한 설명은 어떤 식으로든 첨부된 청구항들의 주제를 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0009] 일 실시예는 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성된 시스템에 관한 것이다. 시스템은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템과 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트를 포함한다. 하나 이상의 컴포넌트는 생성적 대립쌍 네트워크(GAN: Generative Adversarial Network)를 포함한다. 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 표본에 대한 디자인 데이터의 일부를 수정하도록 구성된다. 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한 디자인 데이터의 일부와 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 GAN에 입력함으로써 표본에 대한 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 구성된다. 추가적으로, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하고, 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성된다. 시스템은 본 명세서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.
- [0010] 다른 실시예는 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 컴퓨터 구현 방법에 관한 것이다. 이 방법은 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행되는 전술한 수정, 생성, 결정 및 선택 단계를 포함한다. 방법의 각 단계는 본 명세서에 추가로 기술된 바와 같이 추가로 수행될 수 있다. 방법은 본 명세서에 기술된 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다. 방법은 본 명세서에 기술된 시스템들 중 임의의 것에 의해 수행될 수 있다.

[0011] 또 다른 실시예는 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 컴퓨터 구현 방법을 수행하기 위해 하나 이상의 컴퓨터 시스템에서 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 관한 것이다. 컴퓨터 구현 방법은 전술한 방법의 단계를 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 본 명세서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다. 컴퓨터 구현 방법의 단계는 본 명세서에서 추가로 기술된 바와 같이 수행될 수 있다. 추가적으로, 프로그램 명령어를 실행할 수 있는 컴퓨터 구현 방법은 본 명세서에 기술된 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명의 추가적인 장점은 바람직한 실시예에 대한 다음의 상세한 설명 및 첨부 도면을 참조하여 당업자에게 명백해질 것이다.

도 1 및 도 1a는 본 명세서에 기술된 바와 같이 구성된 시스템의 실시예의 측면도를 나타내는 개략도이다.

도 2 내지 도 4는 본 명세서에 기술된 실시예에 의해 수행될 수 있는 단계를 나타내는 흐름도이다.

도 5는 GAN(Generative Adversarial Network)의 실시예에 포함될 수 있는 생성기의 일 예를 나타내는 개략도이다.

도 6은 GAN의 실시예에 포함될 수 있는 판별기(discriminator)의 일 예를 나타내는 개략도이다.

도 7은, 컴퓨터 시스템(들)로 하여금, 본 명세서에 기술된 컴퓨터 구현 방법을 수행하게 하기 위한 프로그램 명령어를 저장하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능 매체의 일 실시예를 나타내는 블록도이다.

본 발명은 다양한 수정 및 대안적인 형태에 영향을 받기 쉽지만, 그 특정 실시예들은 도면에 예시로서 도시되어 있으며, 본 명세서에 상세하게 설명되어 있다. 도면은 축척이 맞지 않을 수 있다. 그러나, 도면 및 그에 대한 상세한 설명은 본 발명을 개시된 특정 형태로 한정하려는 것이 아니라, 그 반대로 첨부된 청구 범위에 정의된 본 발명의 사상 및 범주 내에 속하는 모든 변형, 등가물 및 대안을 포괄하려는 의도임을 이해해야 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 명세서에서 상호 교환적으로 사용되는 "디자인", "디자인 데이터" 및 "디자인 정보"라는 용어는 일반적으로 IC 또는 다른 반도체 디바이스의 물리적 디자인(레이아웃) 및 복잡한 시뮬레이션 또는 간단한 기하학적 및 부울 연산(Boolean operation)을 통해 물리적 디자인으로부터 도출된 데이터를 의미한다. 디자인은 2009년 8월 4일자로 Zafar 등에게 허여된 공동 소유의 미국 특허 제7,570,796호 및 2010년 3월 9일자로 Kulkarni 등에게 허여된 제7,676,077호에 기술된 임의의 다른 디자인 데이터 또는 디자인 데이터 프록시를 포함할 수 있고, 이들 모두는 본 명세서에 완전히 명시된 것과 같이 참조로 통합된다. 아울러, 디자인 데이터는 표준 셀 라이브러리 데이터, 통합 레이아웃 데이터, 하나 이상의 레이어에 대한 디자인 데이터, 디자인 데이터의 파생물 및 전체 또는 부분 칩 디자인 데이터일 수 있다. 또한, 본 명세서에서 설명되는 "디자인", "디자인 데이터" 및 "디자인 정보"는 디자인 공정에서 반도체 디바이스 디자이너에 의해 생성되고, 그에 따라, 레티클 및 웨이퍼와 같은 임의의 물리적 표본에 디자인을 인쇄하기에 앞서 본 명세서에 기술된 실시예에서 사용할 수 있는 정보 및 데이터를 의미한다.

[0014] 본 명세서에서 사용되는 용어인 "뉴슨스(Nuisance)"(때때로 "뉴슨스 결함" 또는 "뉴슨스 이벤트"와 상호 교환 가능하게 사용됨)는 일반적으로 사용자가 신경쓰지 않는 결함 및/또는 표본에서 검출되지만 표본의 실제 결함은 아닌 이벤트로 정의된다. 실제 결함이 아닌 뉴슨스는 표본의 비결함 노이즈원(예컨대, 표본의 금속선의 그레인(grain), 표본의 하부층(underlying layer) 또는 재료로부터의 신호, LER(Line Edge Roughness), 패터닝된 피처의 상대적으로 작은 임계 치수(CD: critical dimension) 변동, 두께 변동 등)으로 인해, 및/또는 검사 시스템 자체의 한계나 검사에 사용되는 검사 시스템의 구성의 한계로 인해 이벤트로 검출될 수 있다.

[0015] 본 명세서에서 사용되는 "관심 결함(DOI: defects of interest)"이라는 용어는 표본에서 검출되며 표본의 실제 결함인 결함으로 정의된다. 따라서, 사용자가 일반적으로 검사 중인 표본에 실제 결함이 얼마나 많고 어떤 종류의 결함인지에 대해 관심을 갖기 때문에, DOI는 사용자에게 중요하다. 일부 맥락에서, "DOI"라는 용어는 사용자가 관심을 갖는 실제 결함만을 포함하는 표본의 모든 실제 결함의 서브셋을 가리키는데 사용된다. 예를 들어, 임의의 주어진 표본에 여러 유형의 DOI가 있을 수 있으며, 그들 중 하나 이상이 하나 이상의 다른 유형보다 사용자에게 더 중요할 수 있다. 그러나, 본 명세서에 기술된 실시예의 맥락에서, "DOI들"이라는 용어는 표본 상의 임의의 및 모든 실제 결함을 지칭하기 위해 사용된다.

- [0016] 이제 도면으로 돌아가서, 도면들이 축척대로 도시되지 않았음에 유의한다. 특히, 도면의 일부 요소의 축척은 그 요소의 특성을 강조하기 위해 크기가 크게 과장되었다. 또한 도면이 동일한 축척으로 도시되지 않는다는 점에 유의한다. 유사하게 구성될 수 있는 둘 이상의 도면에 도시된 요소는 동일한 참조 번호를 사용하여 표시되었다. 본 명세서에서 달리 언급되지 않는 한, 기술되고 도시된 임의의 요소는 상업적으로 이용 가능한 임의의 적합한 요소를 포함할 수 있다.
- [0017] 일반적으로, 본 명세서에 기술된 실시예는 개선된 광학 선택 또는 다른 모드 선택을 위한 GAN(Generative Adversarial Network) 또는 조건부 GAN(cGAN: conditional GAN)과 같은 유형의 GAN과 같은 심층 생성 모델을 포함한다. 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이, 일부 실시예는 모드 선택 목적을 위해 GAN 또는 cGAN을 사용하여 결함 증강을 수행하는 새로운 방식을 생성한다. 본 실시예는 GAN 네트워크 구조를 사용함으로써 명시 야 검사 도구(bright field inspection tool)와 같은 도구에 대한 광학 모드 선택 및 다른 모드 선택을 수행하는 새로운 방식을 생성한다.
- [0018] 일부 실시예에서, 표본은 웨이퍼이다. 웨이퍼는 반도체 분야에 알려진 임의의 웨이퍼를 포함할 수 있다. 일부 실시예가 웨이퍼(들)에 대해 본 명세서에서 기술될 수 있지만, 실시예는 이들이 사용될 수 있는 표본들로 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 실시예는 레티클, 평면 패널, 개인용 컴퓨터(PC) 보드 및 기타 반도체 표본과 같은 표본에 사용될 수 있다.
- [0019] 일 실시예는 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성된 시스템에 관한 것이다. 이와 같은 시스템의 일 실시예가 도 1에 도시된다. 시스템은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템(102)과 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트(104)를 포함한다. 일부 실시예에서, 시스템은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 커플링된 검사 도구와 같은 도구를 포함한다. 예를 들어, 도 1에서, 시스템은 컴퓨터 서브시스템(들)(102)에 커플링된 검사 도구(100)를 포함한다. 도 1에 도시된 실시예에서, 도구는 광 기반 검사 도구로 구성된다. 그러나, 본 명세서에 기술된 다른 실시예에서, 도구는 전자 빔 또는 하전 입자 빔 검사 도구로 구성된다.
- [0020] 일반적으로, 본 명세서에 기술된 검사 도구는 적어도 에너지원, 검출기 및 스캐닝 서브시스템을 포함한다. 에너지원은 검사 도구에 의해 표본으로 지향되는 에너지를 생성하도록 구성된다. 검출기는 표본에서 에너지를 검출하고 검출된 에너지에 응답하는 출력을 생성하도록 구성된다. 스캐닝 서브시스템은 에너지가 지향되고 에너지가 검출되는 표본의 위치를 변경하도록 구성된다.
- [0021] 광 기반 검사 도구에서, 표본으로 지향되는 에너지에는 빛이 포함되고, 표본에서 검출되는 에너지에도 빛이 포함된다. 도 1에 도시된 시스템의 실시예에서, 검사 도구는 빛을 표본(14)으로 지향하도록 구성된 조명 서브시스템을 포함한다. 조명 서브시스템은 적어도 하나의 광원, 예컨대, 도 1에 도시된 바와 같은 광원(16)을 포함한다. 조명 서브시스템은 빛이 하나 이상의 경사각 및/또는 하나 이상의 수직 각도를 포함할 수 있는 하나 이상의 입사각으로 표본을 지향하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 광원(16)으로부터의 빛은 광학 요소(18)를 통과한 다음 렌즈(20)를 통해 경사 입사각으로 표본(14)을 향하도록 지향된다. 경사 입사각은, 예를 들어, 표본의 특성 및 표본에서 검출될 결함에 따라 변할 수 있는 임의의 적합한 경사 입사각을 포함할 수 있다.
- [0022] 조명 서브시스템은 상이한 시간에 상이한 입사각으로 표본을 향해 빛을 지향시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 검사 도구는 조명 서브시스템의 하나 이상의 요소의 하나 이상의 특성을 변경하여, 빛이 도 1에 도시된 것과는 다른 입사각으로 표본을 향해 지향되도록 구성될 수 있다. 이와 같은 일 예에서, 검사 도구는 광원(16), 광학 요소(18) 및 렌즈(20)를 이동시켜 빛이 다른 경사 입사각 또는 수직(또는 거의 수직) 입사각에서 표본으로 지향되도록 구성될 수 있다.
- [0023] 일부 경우에, 검사 도구는 둘 이상의 입사각으로 표본을 향해 빛을 지향시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 조명 서브시스템은 둘 이상의 조명 채널을 포함할 수 있고, 조명 채널 중 하나는, 도 1에 도시된 바와 같이, 광원(16), 광학 요소(18) 및 렌즈(20)를 포함할 수 있으며, 다른 조명 채널(도시하지 않음)은 상이하게 또는 동일하게 구성될 수 있는 유사한 요소를 포함할 수 있거나, 적어도 광원 및 가능하게는 본 명세서에서 추가로 기술되는 것과 같은 하나 이상의 다른 컴포넌트를 포함할 수 있다. 이와 같은 빛이 다른 빛과 동시에 표본을 향해 지향되는 경우, 상이한 입사각으로 표본을 향해 지향되는 빛의 하나 이상의 특성(예컨대, 파장, 편광 등)은 상이한 입사각에서 표본의 조명에 기인하는 빛이 검출기(들)에서 서로 구별될 수 있도록 상이할 수 있다.
- [0024] 또 다른 경우에, 조명 서브시스템은 단 하나의 광원(예컨대, 도 1에 도시된 광원(16))을 포함할 수 있고, 광원

으로부터의 광은 조명 서브시스템의 하나 이상의 광학 요소(도시하지 않음)에 의해 서로 다른 광학 경로(예컨대, 파장, 편광 등에 기초함)로 분리될 수 있다. 그런 다음, 상이한 광학 경로 각각의 빛은 표본으로 지향될 수 있다. 다수의 조명 채널은 동시에 또는 다른 시간(예컨대, 상이한 조명 채널이 표본을 순차적으로 조명하기 위해 사용될 때)에 빛을 표본을 향해 지향하도록 구성될 수 있다. 또 다른 경우에, 동일 조명 채널은 다른 시간에 다른 특성을 가진 표본을 향해 빛을 지향시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에, 광학 요소(18)는 스펙트럼 필터로서 구성될 수 있고, 스펙트럼 필터의 속성은 다른 파장의 빛이 다른 시간에 표본을 향해 지향될 수 있도록 (예컨대, 하나의 스펙트럼 필터를 다른 스펙트럼 필터로 교환함으로써) 다양한 서로 다른 방식으로 변경될 수 있다. 조명 서브시스템은 상이하거나 동일한 특성을 갖는 빛을 상이하거나 동일한 입사각으로, 순차적으로 또는 동시에, 표본을 향해 지향하게 하기 위해 당업계에 공지된 임의의 다른 적합한 구성을 가질 수 있다.

[0025] 광원(16)은 광대역 플라즈마(BBP: broadband plasma) 광원을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 광원에 의해 생성되고 표본을 향해 지향된 빛은 광대역 광을 포함할 수 있다. 그러나, 광원은 레이저와 같은 임의의 다른 적합한 광원을 포함할 수 있다. 레이저는 당업계에 공지된 임의의 적합한 레이저를 포함할 수 있고, 당업계에 공지된 임의의 적합한 파장(들)에서 광을 생성하도록 구성될 수 있다. 레이저는 단색 또는 거의 단색인 빛을 생성하도록 구성될 수 있다. 이러한 방식으로, 레이저는 협대역 레이저일 수 있다. 광원은 다수의 이산 파장 또는 파장 대역에서 빛을 발생시키는 다색 광원을 포함할 수도 있다.

[0026] 광학 요소(18)로부터의 광은 렌즈(20)에 의해 표본(14)에 포커싱될 수 있다. 렌즈(20)가 단일 굴절 광학 요소로서 도 1에 도시되어 있지만, 실제로 렌즈(20)는 광학 요소로부터 표본으로 빛을 조합하여 포커싱하는 다수의 굴절 및/또는 반사 광학 요소를 포함할 수 있다. 도 1에 도시되고 본 명세서에 기술된 조명 서브시스템은 임의의 다른 적합한 광학 요소(도시하지 않음)를 포함할 수 있다. 이와 같은 광학 요소의 예는 편광 컴포넌트(들), 스펙트럼 필터(들), 공간 필터(들), 반사 광학 요소(들), 아포다이저(들), 빔 스플리터(들), 개구(들) 등을 포함하지만, 이들로 한정되지 않고 당업계에 공지된 임의의 적합한 광학 요소를 포함할 수 있다. 추가적으로, 시스템은 공정을 위해 사용되는 조명의 유형에 기초하여 조명 서브시스템의 요소 중 하나 이상을 대체하도록 구성될 수 있다.

[0027] 검사 도구는 또한 빛이 지향되고 빛이 검출되는 표본의 위치를 변경하고, 가능한 경우 빛이 표본 위에서 스캐닝 되도록 구성되는 스캐닝 서브시스템을 포함한다. 예를 들어, 검사 도구는 표본(14)이 검사 동안 배치되는 스테이지(22)를 포함할 수 있다. 스캐닝 서브시스템은 빛이 표본 상의 상이한 위치를 향해 지향될 수 있고 상이한 위치에서 검출될 수 있게 표본을 이동시키도록 구성될 수 있는 임의의 적합한 기계식 및/또는 로봇식 조립체(스태이지(22)를 포함함)를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 검사 도구는 검사 도구의 하나 이상의 광학 요소가 표본에 걸쳐 빛의 스캐닝을 일부 수행하여 빛이 표본의 상이한 위치를 향해 지향될 수 있고 그 상이한 위치로부터 검출될 수 있도록 구성될 수 있다. 빛이 표본 전체에 걸쳐 스캐닝되는 경우에, 빛은 사행 유사 경로(serpentine-like path) 또는 나선형 경로(spiral path)와 같은 임의의 적합한 방식으로 표본 전체에 걸쳐 스캐닝될 수 있다.

[0028] 검사 도구는 하나 이상의 검출 채널을 더 포함한다. 검출 채널 중 적어도 하나는 해당 도구에 의한 표본의 조명으로 인해 표본으로부터의 빛을 검출하고, 검출된 빛에 응답하는 출력을 생성하도록 구성된 검출기를 포함한다. 예를 들어, 도 1에 도시된 검사 도구는 2개의 검출 채널을 포함하는데, 그 중 하나는 콜렉터(24), 요소(26), 검출기(28)로 형성되고, 다른 하나는 콜렉터(30), 요소(32) 및 검출기(34)로 형성된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 2개의 검출 채널은 상이한 수집 각도에서 빛을 수집하고 검출하도록 구성된다. 일부 경우에, 양 검출 채널은 모두 산란광을 검출하도록 구성되고, 검출 채널은 표본에서 상이한 각도로 산란되는 빛을 검출하도록 구성된다. 그러나, 하나 이상의 검출 채널은 표본으로부터 다른 유형의 빛(예컨대, 반사광)을 검출하도록 구성될 수 있다.

[0029] 도 1에 추가로 도시된 바와 같이, 양 검출 채널은 모두 지면에 위치 결정된 것으로 도시되고, 조명 서브시스템도 지면에 위치 결정된 것으로 도시된다. 그러므로, 본 실시예에서, 양 검출 채널 모두는 입사면에 위치 결정(예컨대, 센터링)된다. 그러나, 검출 채널 중 하나 이상은 입사면 밖에 위치 결정될 수 있다. 예를 들어, 콜렉터(30), 요소(32) 및 검출기(34)에 의해 형성된 검출 채널은 입사면 밖으로 산란되는 광을 수집 및 검출하도록 구성될 수 있다. 그러므로, 이와 같은 검출 채널은 일반적으로 "측면(side)" 채널로 지칭될 수 있고, 이와 같은 측면 채널은 입사면에 실질적으로 수직인 평면에 센터링될 수 있다.

[0030] 도 1은 2개의 검출 채널을 포함하는 검출 도구의 실시예를 도시하지만, 검출 도구는 상이한 수의 검출 채널(예컨대, 단 하나의 검출 채널 또는 2개 이상의 검출 채널)을 포함할 수 있다. 이와 같은 한 가지 경우에, 콜렉터

(30), 요소(32) 및 검출기(34)에 의해 형성된 검출 채널은, 전술한 바와 같이, 하나의 측면 채널을 형성할 수 있고, 검사 도구는 입사면의 반대쪽에 위치 결정되는 또 다른 측면 채널로 형성된 추가 검출 채널(도시하지 않음)을 포함할 수 있다. 그러므로, 검사 도구는 콜렉터(24), 요소(26) 및 검출기(28)를 포함하고, 입사면에서 센터링되며, 표본 표면에 수직이거나 그에 가까운 산란각(들)에서 광을 수집 및 검출하도록 구성된 검출 채널을 포함할 수 있다. 그러므로, 이 검출 채널은 일반적으로 "상부" 채널로 지칭될 수 있고, 검사 도구는 또한 전술한 바와 같이 구성된 2개 이상의 측면 채널을 포함할 수 있다. 이와 같이, 검사 도구는 적어도 3개의 채널(즉, 하나의 상부 채널 및 2개의 측면 채널)을 포함할 수 있고, 적어도 3개의 채널 각각은 자체적으로 콜렉터를 가지며, 이들의 각각은 다른 콜렉터의 각각과 상이한 산란 각도에서 빛을 수집하도록 구성된다.

[0031] 위에서 추가로 기술된 바와 같이, 검사 도구에 포함된 검출 채널 각각은 산란광을 검출하도록 구성될 수 있다. 그러므로, 도 1에 도시된 검사 도구는 표본의 암시야(DF: dark field) 검사를 위해 구성될 수 있다. 그러나, 검사 도구는 표본의 명시야(BF) 검사를 위해 구성된 검출 채널(들)을 추가로 포함하거나 대안으로 포함할 수 있다. 다시 말해, 검사 도구는 표본으로부터 정반사된 광을 검출하도록 구성되는 적어도 하나의 검출 채널을 포함할 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기술된 검사 도구는 DF 검사만, BF 검사만, 또는 DF 및 BF 검사 둘 모두에 대해 구성될 수 있다. 콜렉터 각각이 단일 굴절 광학 요소로서 도 1에 도시되어 있지만, 콜렉터 각각은 하나 이상의 굴절 광학 요소(들) 및/또는 하나 이상의 반사 광학 요소(들)를 포함할 수 있음을 이해하여야 한다.

[0032] 하나 이상의 검출 채널은 광 증배관(PMT: photo-multiplier tube), 전하 결합 소자(CCD: charge coupled device) 및 시간 지연 통합(TDI: time delay integration) 카메라와 같은 당업계에 공지된 임의의 적합한 검출기를 포함할 수 있다. 검출기는 또한 비활상 검출기 또는 활상 검출기를 포함할 수 있다. 검출기가 비활상 검출기인 경우, 각각의 검출기는 강도(intensity)와 같은 빛의 특정 특성을 검출하도록 구성될 수 있지만, 활상 평면 내의 위치 함수로서 이와 같은 특성을 검출하도록 구성되지 않을 수도 있다. 이와 같이, 검출 채널 각각에 포함된 검출기 각각에 의해 생성되는 출력은 신호나 데이터일 수 있지만, 이미지 신호나 이미지 데이터는 아니다. 이와 같은 경우, 검사 도구의 컴퓨터 서브시스템(36)과 같은 컴퓨터 서브시스템은 검출기의 비활상 출력으로부터 표본 이미지를 생성하도록 구성될 수 있다. 그러나, 다른 경우에, 검출기는 활상 신호 또는 이미지 데이터를 생성하도록 구성된 활상 검출기로 구성될 수 있다. 따라서, 검사 도구는 다양한 방식으로 이미지를 생성하도록 구성될 수 있다.

[0033] 도 1은 본 명세서에 기술된 시스템 실시예들에 포함될 수 있는 검사 도구의 구성을 일반적으로 나타내기 위해 본 명세서에 제공된다. 명백하게, 본 명세서에 기술된 검사 도구의 구성은, 상업용 검사 도구를 디자인할 때, 일반적으로 수행되는 검사 도구의 성능을 최적화하기 위해 변경될 수 있다. 추가적으로, 본 명세서에 기술된 시스템은 캘리포니아 밀피타스 소재의 KLA Corp.로부터 상업적으로 이용 가능한 29xx/39xx 시리즈 도구와 같은 기존 검사 도구(예컨대, 본 명세서에 기술된 추가 기능을 기존 검사 도구에 추가하는 것에 의한)를 사용하여 구현될 수 있다. 이와 같은 일부 시스템의 경우, 본 명세서에 기술된 방법은 (예컨대, 검사 도구의 다른 기능에 추가하여) 검사 도구의 선택적 기능으로서 제공될 수 있다. 대안적으로, 본 명세서에 기술된 검사 도구는 완전히 새로운 검사 도구를 제공하도록 "처음부터(from scratch)" 디자인될 수 있다.

[0034] 컴퓨터 서브시스템(36)은 컴퓨터 서브시스템이 검출기에 의해 생성된 출력을 수신할 수 있도록 임의의 적합한 방식(예컨대, "유선" 및/또는 "무선" 전송 매체를 포함할 수 있는 하나 이상의 전송 매체를 통한)으로 검사 도구의 검출기에 커플링될 수 있다. 컴퓨터 서브시스템(36)은 검출기의 출력을 사용하여 다수의 기능을 수행하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 서브시스템은 검출기의 출력을 사용하여 표본에서 이벤트를 검출하도록 구성될 수 있다. 표본에 대한 이벤트를 검출하는 것은 검출기에 의해 생성된 출력에 일부 결합 검출 알고리즘 및/또는 방법을 적용함으로써 수행될 수 있으며, 이는 당업계에 알려진 임의의 적절한 알고리즘 및/또는 방법을 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 서브시스템은 검출기의 출력을 임계값과 비교할 수 있다. 임계값을 초과하는 값을 갖는 임의의 출력은 이벤트(예컨대, 잠재적 결함)로 식별될 수 있는 반면, 임계값 미만의 값을 갖는 임의의 출력은 이벤트로 식별되지 않을 수 있다.

[0035] 검사 도구의 컴퓨터 서브시스템은 본 명세서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 서브시스템(36)은 본 명세서에 기술된 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템의 일부일 수 있거나, 본 명세서에 기술된 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템으로서 구성될 수 있다. 특히, 컴퓨터 서브시스템(36)은 본 명세서에 기술된 단계를 수행하도록 구성될 수 있다. 이와 같이, 본 명세서에 기술된 단계는 검사 도구의 일부인 컴퓨터 시스템 또는 서브시스템에 의해 "온-툴(on-tool)"로 수행될 수 있다.

[0036] 검사 도구의 컴퓨터 서브시스템(및 본 명세서에 기술된 다른 컴퓨터 서브시스템)은 본 명세서에서 컴퓨터 시스

템(들)이라고도 지칭될 수 있다. 본 명세서에 기술된 각각의 컴퓨터 서브시스템(들) 또는 시스템(들)은 개인용 컴퓨터 시스템, 이미지 컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 네트워크 기기, 인터넷 기기 또는 기타 디바이스를 포함하는 다양한 형태를 취할 수 있다. 일반적으로, "컴퓨터 시스템"이라는 용어는 저장 매체로부터 명령어를 실행하는 하나 이상의 프로세서를 갖는 임의의 장치를 포함하도록 광범위하게 정의될 수 있다. 또한 컴퓨터 서브시스템(들) 또는 시스템(들)은 병렬 프로세서와 같은 당업계에 공지된 임의의 적합한 프로세서를 포함할 수 있다. 추가적으로, 컴퓨터 서브시스템(들) 또는 시스템(들)은 고속 처리용 컴퓨터 플랫폼 및 소프트웨어를, 독립 실행형이거나 네트워크된 도구로서, 포함할 수 있다.

[0037] 시스템이 둘 이상의 컴퓨터 서브시스템을 포함하면, 이미지, 데이터, 정보, 명령어 등을 컴퓨터 서브시스템간에 송신할 수 있도록 상이한 컴퓨터 서브시스템이 서로 커플링될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 서브시스템(36)은, 도 1의 점선으로 도시된 바와 같이, 당업계에 공지된 임의의 적합한 유선 및/또는 무선 전송 매체를 포함할 수 있는 임의의 적합한 전송 매체에 의해 컴퓨터 서브시스템(들)(102)에 커플링될 수 있다. 이러한 컴퓨터 서브시스템 중 둘 이상은 공유 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(도시되지 않음)에 효과적으로 커플링될 수도 있다.

[0038] 검사 도구가 광학 또는 광 기반 검사 도구인 것으로 상기에 기술되었지만, 일부 실시예에서, 도구는 전자 빔 검사 도구로 구성된다. 전자 빔 검사 도구에서, 표본을 향해 지향되는 에너지에는 전자가 포함되고, 표본에서 검출되는 에너지에도 전자가 포함된다. 도 1a에 도시된 이와 같은 일 실시예에서, 검사 도구는 전자 컬럼(122)을 포함하고, 시스템은 검사 도구에 커플링된 컴퓨터 서브시스템(124)을 포함한다. 컴퓨터 서브시스템(124)은 전술한 바와 같이 구성될 수 있다. 추가적으로, 이와 같은 검사 도구는 위에서 기술되고 도 1에 도시된 것과 동일한 방식으로 하나 이상의 다른 컴퓨터 서브시스템에 커플링될 수 있다.

[0039] 또한, 도 1a에 도시된 바와 같이, 전자 컬럼은 하나 이상의 요소(130)에 의해 표본(128)에 포커싱되는 전자를 생성하도록 구성된 전자 빔 소스(126)를 포함한다. 전자 빔 소스는, 예를 들어, 캐소드 소스(cathod source) 또는 에미터 팁(emitter tip)을 포함할 수 있고, 하나 이상의 요소(130)는, 예를 들어, 건 렌즈(gun lens), 애노드, 빔 제한 개구, 게이트 밸브, 빔 전류 선택 개구, 대물 렌즈 및 스캐닝 서브시스템을 포함할 수 있으며, 이들 모두는 당업계에 공지된 임의의 적합한 요소를 포함할 수 있다.

[0040] 표본으로부터 복귀된 전자(예컨대, 2차 전자)는 하나 이상의 요소(132)에 의해 검출기(134)에 포커싱될 수 있다. 하나 이상의 요소(132)는, 예를 들어, 스캐닝 서브시스템일 수 있고, 이는 요소(들)(130)에 포함된 스캐닝 서브시스템과 동일할 수 있다.

[0041] 전자 컬럼은 당업계에 공지된 임의의 다른 적합한 요소를 포함할 수 있다. 또한, 2014년 4월 4일자로 Jiang 등에게 허여된 미국 특허 제8,664,594호, 2014년 4월 8일자로 Kojima 등에게 허여된 제8,692,204호, 2014년 4월 15일자로 Gubbens 등에게 허여된 미국특허 제8,698,093호 및 2014년 5월 6일자로 MacDonald 등에게 허여된 제8,716,662호에 기술된 바와 같이, 전자 컬럼이 추가로 구성될 수 있고, 이는 본 명세서에 완전히 명시된 것과 같이 참조로 통합된다.

[0042] 전자 컬럼은 전자가 비스듬한 입사각으로 표본을 향해 지향되고 또 다른 비스듬한 각도로 표본으로부터 산란되도록 구성되는 것으로 도 1a에 도시되어 있지만, 전자 빔은 임의의 적합한 각도로 표본을 향해 지향되고 표본으로부터 산란될 수 있다. 추가적으로, 전자 빔 검사 도구는, 본 명세서에서 추가로 설명되는 바와 같이, 표본에 대한 출력(예컨대, 상이한 조명 각도, 콜렉션 각도(collection angle) 등을 가짐)을 생성하기 위해 다수의 모드를 사용하도록 구성될 수 있다. 전자 빔 검사 도구의 다수의 모드는 검사 도구의 임의의 출력 생성 파라미터에 따라 상이할 수 있다.

[0043] 컴퓨터 서브시스템(124)은, 전술한 바와 같이, 검출기(134)에 커플링될 수 있다. 검출기는 표본의 표면으로부터 복귀된 전자를 검출하여 표본(용의 다른 출력)의 전자 빔 이미지를 형성할 수 있다. 전자 빔 이미지는 임의의 적합한 전자 빔 이미지를 포함할 수 있다. 컴퓨터 서브시스템(124)은 검출기(134)에 의해 생성된 출력을 사용하여 표본에서 이벤트를 검출하도록 구성될 수 있으며, 이는 전술한 바와 같거나 또는 임의의 다른 적절한 방식으로 수행될 수 있다. 컴퓨터 서브시스템(124)은 본 명세서에 기술된 임의의 추가 단계(들)를 수행하도록 구성될 수 있다. 도 1a에 도시된 검사 도구를 포함하는 시스템은 본 명세서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.

[0044] 도 1a는 본 명세서에 기술된 실시예들에 포함될 수 있는 전자 빔 검사 도구의 구성을 일반적으로 나타내기 위해 본 명세서에 제공된다. 전술한 광학 검사 도구와 같이, 본 명세서에 기술된 전자 빔 검사 도구 구성은, 상업용 검사 도구를 디자인할 때, 일반적으로 수행되는 검사 도구의 성능을 최적화하기 위해 변경될 수 있다. 또한, 본 명세서에 기술된 시스템은 KLA에서 상업적으로 이용 가능한 도구와 같은 기존의 검사 도구(예컨대, 본 명세서에

기술된 기능을 기존의 검사 도구에 추가하는 것에 의함)를 사용하여 구현될 수 있다. 이와 같은 일부 시스템의 경우, 본 명세서에 기술된 방법(예컨대, 시스템의 다른 기능에 추가하여) 시스템의 선택적 기능으로도 제공될 수 있다. 대안적으로, 본 명세서에 기술된 시스템은 완전히 새로운 시스템을 제공하도록 "처음부터(from scratch)" 디자인될 수 있다.

[0045] 검사 도구가 광 또는 전자 빔 검사 도구인 것으로 위에 기술되었지만, 도구는 이온빔 검사 도구일 수 있다. 이와 같은 검사 도구는 전자 빔 소스가 당업계에 공지된 임의의 적합한 이온 빔 소스로 대체될 수 있다는 것을 제외하고는 도 1a에 도시된 바와 같이 구성될 수 있다. 추가적으로, 검사 도구는 상업적으로 이용 가능한 포커싱된 이온 빔(FIB: Focused Ion Beam) 시스템, 헬륨 이온 현미경(HIM: Helium Ion Microscopy) 시스템 및 2차 이온 질량 분석(SIMS: Secondary Ion Mass Spectroscopy) 시스템에 포함된 것과 같은 임의의 다른 적합한 이온 빔 촬상 도구를 포함할 수 있다.

[0046] 위에서 추가로 언급된 바와 같이, 도구는 다수의 모드를 갖도록 구성될 수 있다. 일반적으로, "모드"는 도구에 대한 출력을 생성하기 위해 사용된 도구의 파라미터 값으로 정의된다. 그러므로, 상이한 모드는 도구의 광학 또는 전자 빔 파라미터 중 적어도 하나에 대한 값에서 상이할 수 있다(출력이 생성되는 표본 상의 위치는 제외함). 예를 들어, 광 기반 검사 도구의 경우, 다른 모드는 상이한 파장의 빛을 사용할 수 있다. 모드는, 상이한 모드에 대해, 본 명세서에 추가로 기술되는 바와 같이, 표본을 향해 지향되는 빛의 파장에서 상이할 수 있다(예컨대, 상이한 광원, 상이한 스펙트럼 필터 등을 사용하는 것에 의함). 다른 실시예에서, 상이한 모드는 상이한 조명 채널을 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기에 언급된 바와 같이, 검사 도구는 둘 이상의 조명 채널을 포함할 수 있다. 이와 같이, 상이한 조명 채널이 상이한 모드에 대해 사용될 수 있다.

[0047] 다수의 모드는 조명 및/또는 수집/검출에서 상이할 수도 있다. 예를 들어, 위에서 추가로 기술된 바와 같이, 도구는 다수의 검출기를 포함할 수 있다. 검출기 중 하나는 하나의 모드에 사용될 수 있고, 검출기 중 다른 하나는 또 다른 모드에 사용될 수 있다. 더욱이, 모드는 본 명세서에 기술된 두 가지 이상의 방식으로 서로 상이할 수 있다(예컨대, 상이한 모드는 하나 이상의 상이한 조명 파라미터 및 하나 이상의 상이한 검출 파라미터를 가질 수 있음). 예컨대, 표본을 동시에 스캐닝하기 위해 다중 모드를 사용하는 능력에 따라, 도구는 동일한 스캔 또는 상이한 스캔에서 상이한 모드로 표본을 스캐닝하도록 구성될 수 있다.

[0048] 본 명세서에 기술된 도구는 결합 검토 도구 및 계측 도구와 같은 다른 유형의 반도체 관련 공정/품질 관리 유형 도구로 구성될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기술되고 도 1 및 도 1a에 도시된 도구의 실시예는 이들이 사용될 애플리케이션에 따라 상이한 촬상 능력을 제공하기 위해 하나 이상의 파라미터에서 수정될 수 있다. 일 실시예에서, 본 명세서에 기술된 전자빔 검사 도구 구성은 전자빔 결합 검토 도구로 구성되도록 수정될 수 있다. 예를 들어, 도 1a에 도시된 도구는 검사가 아닌 결합 검토 또는 계측에 사용되는 경우 더 높은 해상도를 갖도록 구성될 수 있다. 다시 말해, 도 1 및 도 1a에 도시된 도구의 실시예는 상이한 애플리케이션에 대해 적합한 상이한 촬상 능력을 갖는 도구를 생성하기 위해 당업자에게 명백할 다수의 방식으로 조정될 수 있는 도구에 대한 일부 일반적이고 다양한 구성을 설명한다.

[0049] 상기에 언급한 바와 같이, 도구는 물리적 버전의 표본을 향해 에너지(예컨대, 빛, 전자)를 지향하게 하고/하거나 물리적 버전의 표본 전체에 걸쳐 에너지를 스캐닝하게 하여 물리적 버전의 표본에 대한 실제 이미지를 생성하도록 구성될 수 있다. 이러한 방식으로, 도구는 "가상" 도구가 아닌 "실제" 촬상 도구로 구성될 수 있다. 저장 매체(도시하지 않음) 및 도 1에 도시된 컴퓨터 서브시스템(들)(102)은 "가상" 도구로 구성될 수 있다. "가상" 검사 도구로 구성된 시스템 및 방법은 2012년 2월 28일자로 Bhaskar 등에게 허여된 미국 특허 제 8,126,255호 및 2015년 12월 29일자로 Duffy 등에게 허여된 미국 특허 제9,222,895호에 기술된 것과 같이 구성될 수 있고, 이들 모두는 본 명세서에 완전히 명시된 것과 같이 참조에 의해 통합된다. 본 명세서에 기술된 실시예는 이들 특허에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.

[0050] 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트는 도 1에 도시된 생성적 대립쌍 네트워크(GAN: Generative Adversarial Network)(106)를 포함한다. 일 실시예에서, GAN은 도구에 의해 생성된 표본과 동일한 유형의 표본 또는 다른 표본의 이미지와, 표본 또는 다른 표본에 대한 디자인 데이터로 트레이닝된다. GAN은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템 및/또는 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 실행되는 컴포넌트(들) 중 하나에 의해 트레이닝되거나 트레이닝되지 않을 수 있다. 예를 들어, 또 다른 방법 또는 시스템은 GAN을 트레이닝시킬 수 있으며, 그런 다음 GAN은 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 실행되는 컴포넌트(들)로 사용하기 위해 저장될 수 있다.

[0051] 도 2는 다양한 서로 다른 광학 또는 다른 모드를 사용하여 광학 또는 다른 이미지를 생성하기 위해 GAN 또는

cGAN을 사용하는 광학 또는 다른 모드 선택의 한 가지 잠재적 흐름을 도시한다. GAN을 트레이닝시키기 위해 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 수행될 수 있는 몇몇 단계가 도 2에 도시된다. 도 2는 데이터 증가를 위해 GAN을 사용하는 방법에서 수행될 수 있는 단계를 도시하지만, 도 2에 도시된 단계 중 일부는 다른 애플리케이션에서도 수행될 수 있다. 예를 들어, 단계 200, 202 및 204는 본 명세서에 기술된 애플리케이션 중 어느 하나에 대해 GAN이 사용될 것인지 여부에 상관없이 GAN을 트레이닝하도록 수행될 수 있다.

[0052] 단계 200에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 서브시스템(들)은 광학 이미지를 정렬하여 도구의 다양한 모드에 대해 디자인할 수 있다. 이와 같은 정렬은 PDA(pixel-to-design alignment) 또는 다른 적절한 정렬 방법을 사용하여 수행될 수 있다. GAN이 다른 종류의 이미지에 대해 트레이닝되고 있는 경우, 광학 이미지(들)는 도 2에 도시된 단계에서 다른 유형(예컨대, 전자 빔)의 이미지로 대체될 수 있다. PDA는 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 수행될 수 있으며, 그 중 일부 예는 Kulkarni 등에 의한 위에 참조된 특허에 기술되어 있다. PDA는 표본 상의 임의의 하나 이상의 정렬 타겟(들)에 대해 수행되어 이미지 대 디자인 오프셋(image-to-design offset)을 결정할 수 있고, 이는 표본에 대한 디자인의 어느 부분이 표본에 대해 생성된 이미지에 대응하는지를 식별하기 위해 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 사용될 수 있다.

[0053] 단계 202에 도시된 바와 같이, 컴퓨터 서브시스템(들)은 도구의 상이한 광학 모드에 대한 이미지 데이터 수집을 수행할 수 있다. 일부 단계가 "광학 모드"와 관련하여 도 2에 기술되어 있지만, 이 도면에 도시된 단계는 추가적으로 또는 대안적으로 본 명세서에 기술된 임의의 다른 모드 선택(예컨대, 전자 또는 이온 빔 모드 선택)에 대해 수행될 수 있다. 이미지 데이터 수집에는 광학 이미지와 디자인 클립의 쌍을 얻기 위해 모든(또는 적어도 일부의) 상이한 모드에 대해 핫 스캔(hot scan) 또는 타겟팅된 위치 스캔을 실행하는 것이 포함될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 "디자인 클립"이라는 용어는 일반적으로 표본에 대한 전체 디자인의 상대적으로 작은 부분으로 정의된다. "디자인 클립"이라는 용어는 본 명세서에서 "디자인 데이터의 일부"라는 문구와 상호 교환적으로 사용된다.

[0054] 핫 스캔은 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 수행될 수 있다. 일반적으로, "핫" 스캔은 표본을 스캐닝하는 것과 "핫" 임계값, 예컨대, 스캐닝에 의해 생성된 출력의 노이즈 플로어(noise floor)에 있거나, 그 근처에 있거나, 심지어 그 안에 있는 임계값을 사용하여 표본에서 이벤트를 검출하는 것을 포함한다. 데이터 수집이 핫 스캔을 사용하여 수행될 때, 도구는 표본 전체에서 표본의 사전 선택된 (상대적으로 큰) 영역을 스캔할 수 있다. 대조적으로, 타겟팅된 위치 스캐닝의 경우, 표본에서 사전 선택된 수의 개별 영역만이 스캐닝될 수 있다. 사전 선택된 개별 영역은 표본에 대한 관심 영역, DOI가 위치될 가능성이 있는 영역, DOI가 예상되지 않는 영역 등에 기초하는 것과 같은 임의의 방식으로 선택될 수 있다.

[0055] 데이터 수집이 타겟팅된 위치 스캔을 포함할 때, 타겟팅된 위치는 이미지에 임계값이나 결함 검출 방법 또는 알고리즘을 적용하거나 적용하지 않고 이미지화될 수 있다. 임계값이나 결함 검출 방법 또는 알고리즘은 핫 스캔에서 사용되는 것과 동일할 수 있거나, 상이한 임계값이나 결함 검출 방법 또는 알고리즘일 수 있다. 데이터 수집을 위해 수행된 임의의 핫 스캔은 본 명세서에 기술된 목적을 위해 스캐닝에 의해 생성된 이미지에 임계값을 적용하는 것을 반드시 포함하지 않을 수도 있다. 추가적으로, 단계 202에서 수행되는 데이터 수집은 핫 스캔 및 타겟팅된 위치 스캔의 일부 조합을 포함할 수 있다.

[0056] 데이터 수집에서 검출된 임의의 이벤트에 대해, 컴퓨터 서브시스템(들)은 광학 이미지와 그들의 대응하는 디자인 클립의 쌍을 생성할 수 있다. 이 쌍은 데이터 수집에서 검출된 이벤트의 일부 또는 전체에 대해서만 생성될 수 있다. 일반적으로, 이 쌍은 모든 이벤트보다 적게 생성될 수 있는데, 이는 핫 스캔이 일반적으로 하나의 애플리케이션에 필요한 것보다 더 많은 이벤트를 검출하기 때문이다. 컴퓨터 서브시스템(들)은 임의의 적합한 방식으로 이미지 및 디자인 클립 쌍을 생성하기 위해 사용되는 이벤트를 샘플링하거나 선택할 수 있다. 이미지 및 디자인 클립 쌍은 이벤트가 검출되지 않은 위치에 대해서도 생성될 수 있다. 이러한 방식으로, 이미지 및 디자인 클립 쌍은 표본(들) 상의 "양호한" 위치에 대한 것일 수 있다. 이와 같은 일부 실시예에서, 데이터 수집은 표본(들)에서 이벤트를 전혀 검출하지 못할 수도 있지만, 단순히 대응하는 디자인 클립과 쌍을 이룰 수 있는 이미지를 수집할 수 있다. 이벤트 여부에 관계없이, 대응하는 이미지 및 디자인 클립은 식별될 수 있고, 전술한 이미지 대 디자인 오프셋을 사용하여 쌍을 이룰 수 있다.

[0057] 단계 202에 의해 생성된 이미지 및 디자인 클립 쌍은, GAN(즉, 생성기-판별기 네트워크(NW))이 디자인 및 광학 이미지를 사용하여 트레이닝되는 단계 204에서, 트레이닝 입력으로서 지정된 디자인 클립 및 트레이닝 출력으로서 디자인된 대응하는 이미지와 함께, 트레이닝 세트에 사용될 수 있다. GAN의 트레이닝은 본 명세서에 추가로 기술되는 바와 같이 수행될 수 있다. 일부 실시예에서, 컴퓨터 서브시스템(들)은 단계 200, 202 및 204를 수행

하도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 상이한 컴퓨터 서브시스템(들) 또는 시스템(들)은 단계 200, 202 및 204를 수행하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 컴퓨터 서브시스템은 단계 200 및 202를 수행함으로써 트레이닝 세트를 생성하도록 구성될 수 있고, 제2 컴퓨터 서브시스템은 단계 204에서 GAN을 트레이닝하도록 구성될 수 있으며, 제1 및 제2 컴퓨터 서브시스템은 본 명세서에 기술된 실시예의 컴퓨터 서브시스템(들)에 포함되거나 포함되지 않을 수 있다.

[0058] 트레이닝은 GAN에 트레이닝 입력을 입력하는 것 및 GAN에 의해 생성된 출력이 트레이닝 출력과 일치(또는 실질적으로 일치)할 때까지 GAN의 하나 이상의 파라미터를 변경하는 것을 포함할 수 있다. 트레이닝은 GAN의 임의의 하나 이상의 트레이닝 가능한 파라미터를 변경하는 것을 포함할 수 있다. 트레이닝되는 GAN의 하나 이상의 파라미터는 트레이닝 가능한 가중치를 갖는 GAN의 임의의 레이어에 대한 하나 이상의 가중치를 포함할 수 있다. 이와 같은 일 예에서, 가중치는 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 대한 가중치를 포함할 수 있지만, 풀링 레이어(pooling layer)에 대한 가중치는 포함하지 않을 수 있다.

[0059] 전술한 바와 같이, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트는 심층 생성 모델, 예컨대, 도 1에 도시된 GAN(106)을 포함한다. 일반적으로 말하면, "딥 러닝"(DL)(심층 구조 학습(deep structured learning), 계층적 학습(hierarchical learning) 또는 심층 기계 학습(deep machine learning)이라고도 함)은 데이터에서 높은 수준의 추상화를 모델링하려는 일련의 알고리즘에 기초하는 머신 러닝(ML)의 한 분야이다. 간단한 경우에는, 입력 신호를 수신하는 뉴런과 출력 신호를 전송하는 뉴런의 두 세트가 있을 수 있다. 입력 레이어가 입력을 수신하면, 수정된 버전의 입력을 다음 레이어로 전달한다. DL 기반 모델에서는, 일반적으로 입력과 출력 사이에 많은 레이어가 존재하므로(그리고 그 레이어들은 뉴런으로 이루어지지 않는 않지만, 그런 식으로 생각하는데 도움이 될 수 있음), 알고리즘이 다중 선형 및 비선형 변환으로 구성된, 다중 처리 레이어를 사용할 수 있다.

[0060] DL은 데이터의 학습 표현을 기반으로 하는 광범위한 ML 방법 계열의 일부이다. 관찰(예컨대, 이미지)은 픽셀당 강도 값의 벡터와 같은 다양한 방식으로 표현되거나, 가장자리 집합(set of edge), 특정 형상의 영역 등과 같은 보다 추상적인 방식으로 표현될 수 있다. 일부 표현은 학습 작업(예컨대, 안면 인식 또는 안면 표정 인식)을 단순화하는데 있어서 다른 표현보다 더 좋다. DL의 약속 중 하나는 수동 피처를 비감독 또는 반감독 피처 학습(unsupervised or semi-supervised feature learning) 및 계층적 피처 추출(hierarchical feature extraction)을 위한 효율적인 알고리즘으로 대체하는 것이다.

[0061] "생성(generative)" 모델은 본질적으로 확률적인 모델로 통상 정의될 수 있다. 즉, "생성" 모델은 순방향 시뮬레이션 또는 규칙 기반 접근법을 수행하는 모델이 아니므로, 실제 이미지를 생성하는 것에 관련된 공정의 물리적 모델은 필요하지 않다. 대신, 본 명세서에서 추가로 설명되는 바와 같이, DL 모델은, 적합한 훈련 데이터 세트에 기초하여, (그 파라미터가 학습될 수 있는 경우에) 학습될 수 있다. 생성 모델은 많은 알고리즘이나 변환을 수행하는 다수의 레이어를 포함할 수 있는 DL 아키텍처를 갖도록 구성될 수 있다. 생성 모델에 포함된 레이어의 수는 사용 사례에 따라 다를 수 있다. 실용적인 목적을 위해, 적절한 레이어 범위는 2 레이어 내지 수십 레이어이다. 표본 이미지(예컨대, 실제 웨이퍼의 이미지)와 디자인(예컨대, CAD 또는 의도된 레이아웃의 벡터 표현) 사이의 결합 확률 분포(평균 및 분산)를 학습하는 심층 생성 모델은 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이 구성될 수 있다.

[0062] 일 실시예에서, 심층 생성 모델은 GAN이다. 다른 실시예에서, 심층 생성 모델은 cGAN이다. 또한, 심층 생성 모델은 당업계에 공지된 임의의 다른 적합한 유형의 GAN을 포함할 수 있다.

[0063] 일반적으로, GAN은 데이터 분포를 캡처링하는 생성 모델(generative model) G 와 주어진 샘플이 G 가 아닌 트레이닝 데이터에서 나올 확률을 추정하는 차별적 모델(discriminative model) D 의 두 가지 대립적 모델(adversarial model)로 구성된다. 생성기는 데이터 x 에 대한 생성기 분포 p_g 를 학습하기 위해 이전 노이즈 분포 $p_z(z)$ 로부터 데이터 공간 $G(z; \theta_g)$ 로의 매핑 함수를 구축하고, 여기서, G 는 파라미터 θ_g 를 갖는 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron)으로 표현되는 미분 가능 함수이다. 생성기는 실제 데이터 분포 또는 실측 데이터 분포와 구별할 수 없는 시뮬레이션된 출력을 생성하도록 트레이닝된다. 대립적으로 트레이닝된 판별기(discriminator)는 생성기에 의해 생성된 거짓을 검출하도록 트레이닝된다. 생성기와 판별기 모두 가능한 한 잘 트레이닝되어 생성기가 매우 양호한 "거짓(faked)" 출력을 생성한다.

[0064] GAN을 조건부 모델(cGAN)로 확장할 때, 판별기와 생성기는 모두 추가 입력 레이어로서 판별기와 생성기에 y 를 공급함으로써, 일부 추가 정보 y 에 대해 조건이 지정된다.

[0065] GAN은 생성기 G 및 비평기(critic), 즉, 판별기 D 가 서로 경쟁하여 서로를 더 강하게 만드는 게임 이론에서 영감을 받았다. 목표는 생성된 데이터 분포 p_g 를 Jensen-Shannon 발산에 의해 평가된 실제 샘플 분포 p_r 과 최대한 유사하게 만드는 것이다.

$$D_{JS}(p_g||p_r) = \frac{1}{2}D_{KL}\left(p_g||\frac{p_g+p_r}{2}\right) + \frac{1}{2}D_{KL}\left(p_r||\frac{p_g+p_r}{2}\right)$$

[0067] 여기서, D_{KL} 다음과 같이 정의된 Kullback-Leibler 발산이다.

$$D_{KL}(p_g||\frac{p_g+p_r}{2}) = \int_{x_1}^{x_2} p_g(x) \log \frac{2p_g(x)}{p_g(x)+p_r(x)} dx \quad \text{및}$$

$$D_{KL}(p_r||\frac{p_g+p_r}{2}) = \int_{x_1}^{x_2} p_r(x) \log \frac{2p_r(x)}{p_g(x)+p_r(x)} dx$$

[0070] 생성기는 무작위 노이즈 변수 입력 z 가 주어진 합성 샘플을 출력한다. 시간이 경과에 따라, 생성기는, 판별기가 잘못된 거짓으로 간주되는 이미지를 거절하는 판별기를 가짐으로써, 실제 데이터 분포를 캡처하도록 트레이닝된다.

[0071] 조건부 GAN의 경우, 생성기 및 판별기는 본 명세서에 기술된 실시예에서 디자인 클립이 될 일부 추가 정보 y 에 대해 조건이 지정된다. 목표 $L(D,G)$ 를 가진 다음의 미니맥스 게임은 설정을 다음과 같이 기술한다.

$$\min_G \max_D L(D, G)$$

$$= \mathbb{E}_{x \sim p_r(x)} (\log D(x|y)) + \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} (\log (1 - D(G(z|y))))$$

$$= \mathbb{E}_{x \sim p_r(x)} (\log D(x|y)) + \mathbb{E}_{x \sim p_g(x)} (\log (1 - D(x|y)))$$

[0075] 이것은 G 가 거짓 예에 대해 높은 확률을 생성하는 D 의 기회를 증가시켜, $\mathbb{E}_{x \sim p_g(x)} (\log (1 - D(x|y)))$ 를 최소화하도록 트레이닝되는 것을 의미한다. 또한 인코딩 $\mathbb{E}_{x \sim p_r(x)} (\log D(x|y))$ 을 최대화하여 실제 데이터에 대한 판별기 결정이 정확한지 확인해야 하며, 거짓 샘플 $G(z)$ 이 주어지면, 판별기는 $\mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} (\log (1 - D(G(z|y))))$ 를 최대화하여 0에 가까운 확률 $D(G(z))$ 를 출력할 것으로 예상된다.

[0076] 도 3은 생성기 네트워크에 디자인 이미지를 제공하여 수행되는 cGAN 트레이닝을 도시한다. 특히, 도 3에 도시된 바와 같이, 조건부 정보 $Y(300)$ (디자인 이미지(302) 또는 조건 이미지와 같은 추가 데이터)는 잠재 공간 벡터 $z(304)$ 와 함께 생성기 네트워크(306)에 입력된다. 그 결과, 생성기 네트워크(306)는 생성된 이미지 $x_{fake}(308)$ 를 출력하는데, 이는 시뮬레이션된 표본 이미지, 예컨대, 시뮬레이션된 표본 이미지(310)이다. 이 경우에, 실제 이미지 $x_{real}(312)$ 은 디자인 이미지(302)에 도시된 디자인의 일부가 형성된 표본 상의 위치에서의 표본의 실제 광학 이미지(314)이다. 이러한 방식으로, 디자인 이미지와 같은 조건부 정보 $Y(300)$ 는 트레이닝 세트 내의 트레이닝 입력일 수 있고, 실제 이미지 $x_{real}(312)$ 은 트레이닝 세트에서 트레이닝 출력으로 지정된 표본의 대응하는 이미지일 수 있다.

[0077] 잠재 공간 벡터는 당업계에 공지된 임의의 적합한 구성을 가질 수 있다. 일반적으로, 잠재 공간 벡터는 노이즈, 즉, 무작위로 할당된 그레이 레벨 값을 가진 픽셀로 간단하게 구성되는 초기 이미지를 나타낸다. 계산상의 이유로, 이 이미지는 2D 이미지(예컨대, 32픽셀 x 32픽셀)가 해당 크기의 벡터(예컨대, 1 x 1024 크기의 벡터)가 되도록 서로 옆에 있는 이미지의 각 행을 스티칭(stitching)하여 벡터로 저장된다. 심층 생성 모델을 특정 방향으로 안내하기 위해, 일부 정보(예컨대, 색상)는 이러한 무작위성(randomness)에 추가될 수 있다.

[0078] 생성된 이미지 $x_{fake}(308)$ 및 조건부 정보 $Y(300)$ 는 판별기 네트워크(320)에 대한 제1 입력으로서 조합된다. 실제 이미지 $x_{real}(312)$ 및 조건부 정보 $Y(316)$ (예컨대, 디자인 이미지(318))는 판별기 네트워크(320)에 대한 제2 입력으로서 조합된다. 조건부 정보 $Y(300, 316)$ 는, 이 경우, 동일한 디자인의 동일한 부분의 상이한 인스턴스이다. 판별기 네트워크는 손실 함수(도시하지 않음)에 입력되는 출력을 생성할 수 있으며, 이는 생성된 패치 이미지가 진실(true) 또는 양호한 "거짓(faked)" 이미지일 확률인 출력 $P(\text{진실})(322)$ 를 생성할 수 있다.

- [0079] 도면에 도시된 디자인, 실제 및 생성된 이미지 각각은 본 명세서에 기술된 실시예가 사용될 수 있는 임의의 특정 표본(들) 또는 그 특성들을 예시하는 것은 아니다. 유사한 방식으로, 도면에 도시된 실제 이미지와 생성된 이미지 각각은 표본(들)에 대해 생성될 수 있는 임의의 특정 실제 이미지 또는 시뮬레이션된 이미지를 예시하는 것은 아니다. 대신에, 도면에 도시된 디자인, 실제 및 생성된 이미지는 단지 본 명세서에 기술된 실시예에 대한 이해를 증진시키기 위한 것이다. 생성기에서 실제로 입력 및 출력되는 이미지는 그의 디자인과 관련된 표본과 그 특성, 및 GAN을 트레이닝하는데 사용되는 표본(들)에 대한 실제 이미지를 생성하는 도구의 구성에 따라 달라지므로, GAN에 의해 생성된 시뮬레이션된 이미지에 영향을 미친다.
- [0080] 손실 함수는 Isola 등에 의해 "Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks", The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), 2017, pp.1125-1134에서 공개된 바와 같이 당업계에 공지된 임의의 적절한 손실 함수일 수 있고, 이는 본 명세서에 완전히 명시된 것처럼 참조로 통합된다. 본 명세서에 기술된 실시예는 이 참조 문서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다. 도 3에 도시된 생성기 및 판별기 네트워크는, 본 명세서에 기술된 바와 같이, 추가로 구성될 수 있다.
- [0081] 본 명세서에 기술된 바와 같이 구성된 GAN의 실시예에 포함될 수 있는 생성기의 예가 도 5에 도시된다. 일반적으로, GAN은 병목 레이어(bottle neck layer)까지 점진적으로 다운 샘플링된 다음 공정이 역전되는 인코더-디코더 네트워크를 포함할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 생성기는 인코더(500) 및 디코더(502)를 포함할 수 있다. 인코더(500)에 도시된 블록(506, 508, 510) 각각은 반복된 컨볼루션, 배치 정규화 및 ReLU(rectified linear unit) 활성화 후의 최종 출력 레이어 크기의 예를 나타내고, 각 섹션의 끝에서 최대 풀링(max pooling)을 적용한다. 인코더(500)가 3개의 블록을 포함하는 것으로 도 5에 도시되어 있지만, 인코더는 임의의 적절한 수의 블록을 포함할 수 있으며, 이는 당업계에 공지된 임의의 적절한 방식으로 결정될 수 있다. 추가적으로, 각각의 블록, 컨볼루션 레이어(들), 배치 정규화 레이어(들), ReLU 레이어(들) 및 풀링 레이어(들)은 당업계에 공지된 임의의 적합한 구성을 가질 수 있다. 본 명세서에 기술된 실시예에서 디자인 데이터의 일부인 입력(504)은, 예를 들어, 블록(506)에 입력될 수 있고, 그 출력은 블록(508)에 입력될 수 있다. 인코더는 피쳐 레이어(512)를 생성할 수 있다.
- [0082] 디코더는 또한 디코더에 입력되는 피쳐 레이어(512)에 대해 상이한 기능을 수행하는 다수의 블록을 포함할 수 있다. 디코더의 각 블록(514, 516, 518)은 업샘플링(전치 컨볼루션) 및 ReLU 활성화를 반복한 후의 최종 출력 레이어 크기의 예를 나타낸다. 디코더(502)가 3개의 블록을 포함하는 것으로 도 5에 도시되어 있지만, 디코더는 임의의 적절한 수의 블록을 포함할 수 있으며, 이는 당업계에 공지된 임의의 적절한 방식으로 결정될 수 있다. 디코더에 포함된 각각의 블록과 업샘플링 및 ReLU 레이어(들)은 당업계에 공지된 임의의 적절한 구성을 가질 수 있다. 인코더에 의해 생성된 피쳐 레이어(512)는, 예를 들어, 블록(514)에 입력될 수 있고, 그 출력은 블록(516)에 입력될 수 있다. 디코더의 출력(520)은 본 명세서에 기술된 임의의 시뮬레이션된 이미지일 수 있다.
- [0083] 일부 경우에, GAN은 인코더와 디코더의 대응하는 블록 사이, 예컨대, 블록(506, 518) 사이, 블록(508, 516) 사이 및 블록(510, 514) 사이에 스킵 커넥션(522)을 포함할 수 있다. 블록 간에 학습된 낮은 수준의 정보를 전송하기 위해 연결은 스킵될 수 있다. 스킵 커넥션은 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 결정된 임의의 적합한 구성을 가질 수 있다. 도 5의 입력과 출력 아래의 숫자는 각각 입력과 출력의 크기를 나타낸다. 인코더에서 블록 아래의 숫자는 블록의 출력의 크기를 나타내고, 디코더에서 블록 아래의 숫자는 각 블록에 대한 입력의 크기를 나타낸다.
- [0084] 본 명세서에 기술된 바와 같이 구성된 GAN의 실시예에 포함될 수 있는 판별기의 예가 도 6에 도시된다. 판별기에 대한 입력(600)은 2개의 이미지(도 6에 도시되지 않음)를 포함할 수 있는데, 하나는 GAN의 생성기 및 원본 이미지에 의해 생성된다. 판별기는 레이어(602, 604, 606, 608, 610)를 포함하는 다수의 레이어를 포함할 수 있으며, 각 레이어는 컨볼루션, ReLU 및 최대 풀링 레이어의 일부 조합을 포함할 수 있다. 컨볼루션, ReLU 및 최대 풀링 레이어는 당업계에 공지된 임의의 적절한 구성을 가질 수 있다. 판별기의 출력(612)은 $P(x)$, 시뮬레이션된 이미지가 원본 이미지와 얼마나 잘 일치하는지에 대한 확률 또는 시뮬레이션된 이미지가 양호한 "거짓" 이미지 또는 잘못된 "거짓" 이미지일 확률이다. 도 6에서 입력 아래의 숫자는 입력의 크기를 나타낸다. 판별기의 레이어 아래의 숫자는 레이어의 출력의 크기를 나타낸다. 판별기가 특정 수의 레이어로 도 6에 도시되어 있지만, 본 명세서에 기술된 실시예의 GAN에 포함된 판별기는 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 결정된 임의의 적합한 수의 레이어를 가질 수 있다.
- [0085] 침침 생성 모델은 GAN, cGAN, 또는 당업계에 공지된 임의의 다른 적합한 유형의 GAN일 수 있다. GAN 및 cGAN의 일반적인 아키텍처 및 구성에 대한 추가적인 설명은 2021년 1월 8일에 출원된 Brauer에 의한 미국 특허 출원 일

련 번호 제17/170,688호 및 2021년 5월 5일에 출원된 Brauer 등에 의한 미국 특허 출원 일련 번호 제 17/308,878호, 및 Goodfellow 등의 "Generative Adversarial Nets", arXiv:1406.2661, 2014년 6월 10일, 9페이지, Kingma 등의 "Semi-supervised Learning with Deep Generative Models" NIPS 2014, 2014년 10월 31일, pp. 1-9, Mirza 등의 "Conditional Generative Adversarial Nets", arXiv:1411.1784, 2014년 11월 6일, 7페이지, Makhzani 등의 "Adversarial Autoencoders", arXiv:1511.05644v2, 2016년 5월 25일, 16페이지 및 Isola 등의 "Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks", arXiv:1611.07004v2, 2017년 11월 22일, 17페이지에서 찾을 수 있고, 이는 본 명세서에 완전히 명시된 것과 같이 참조로 통합된다. 본 명세서에 기술된 실시예는 이들 참조 문서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.

[0086] 일부 실시예가 표본에 대한 "시물레이팅된 이미지"를 생성하는 것으로 본 명세서에서 (단지 명료함과 단순함을 위해) 설명되지만, 본 명세서에 기술된 GAN은 GAN에 입력되는 디자인 데이터의 부분에 의해서만 제한되는 임의의 수의 시물레이팅된 이미지를 생성하는데 사용될 수 있다. 추가적으로, 일부 실시예가 "표본"에 대한 시물레이팅된 이미지를 생성하는 것으로 본 명세서에 (다시 명확성과 단순성만을 위해) 설명되지만, 본 명세서에 기술된 실시예는 단지 하나의 표본에 대한 시물레이팅된 이미지를 생성하는 것으로 제한되는 것은 아니다. 일부 실시예에서, 단지 하나의 표본에 대한 시물레이팅된 이미지를 생성하는 것은 시물레이팅된 이미지(들)를 선택하는데 사용되는 결합 이미지가 증가된 경우에 요구되는 모든 것일 수 있다.

[0087] 일 실시예에서, 시물레이팅된 이미지는 시물레이팅된 광학 이미지이다. 이러한 방식으로, 시물레이팅된 이미지는 광학 검사 도구와 같은 광학 촬상 도구에 의해 생성된 실제 이미지에서 표본이 어떻게 나타나는지 예시한다. 이와 같이, 시물레이팅된 이미지는 광학 촬상 도구에 의해 표본에 대한 생성될 수 있는 (예컨대, 대응, 시물레이션 또는 근사) 이미지를 나타낼 수 있다. 이와 같은 시물레이팅된 광학 이미지는 본 명세서에 추가로 기술되는 다양한 방식으로 사용될 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예의 하나의 새로운 피쳐는 광학 패치 이미지의 인위적 생성을 위해 GAN 또는 cGAN을 사용하여 개선된 광학 모드를 선택하는 방법을 제공한다는 것이다.

[0088] 다른 실시예에서, 시물레이팅된 이미지가 생성되는 표본은 GAN을 트레이닝하는데 사용되는 하나 이상의 표본에 포함되지 않는다. 예를 들어, GAN을 트레이닝하는데 사용되는 트레이닝 데이터를 생성하는데 사용되는 하나 이상의 표본은 GAN이 시물레이팅된 이미지를 생성하는데 사용되는 표본과 다를 수 있다. 이러한 방식으로, 트레이닝 데이터는 하나 이상의 트레이닝 표본을 사용하여 생성될 수 있고, 시물레이팅된 이미지는 "모드 설정" 표본에 대해 생성될 수 있다. 트레이닝 표본(들) 및 모드 설정 표본은 동일한 유형의 표본일 수 있으며, 예컨대, 이들은 동일한 설계를 가질 수 있고, 동일한 제조 공정 단계(들)를 사용하여 처리되었을 수 있지만, 본 명세서에서 추가로 기술된 바와 같이 반드시 그런 것은 아니다. 추가적으로, 트레이닝된 GAN은 둘 이상의 모드 설정 표본에 대한 시물레이팅된 이미지를 생성하는데 사용될 수 있다.

[0089] 추가 실시예에서, 시물레이팅된 이미지가 생성되는 표본에 대한 디자인은 GAN을 트레이닝하는데 사용되는 하나 이상의 표본에 대한 하나 이상의 디자인과는 상이하다. 예를 들어, 전술한 바와 같이, 시물레이팅된 이미지가 생성되는 표본은 GAN을 트레이닝하는데 사용되는 하나 이상의 표본과 동일하지 않을(또는 하나 이상의 표본에 포함되지 않을) 수 있다. 일반적으로, GAN을 트레이닝하는데 사용되는 하나 이상의 표본과 이미지가 시물레이팅되는 표본은 동일한 디자인을 가질 수 있으며 동일한 공정에서 처리되었을 수 있다(따라서, 동일한 "레이어"일 수 있음). 이와 같은 방식으로 GAN을 트레이닝하면, 시물레이팅된 이미지(들)가 실제 이미지와 가장 유사하게 유지될 것이다.

[0090] 그러나, 몇몇 경우에는, 제1 표본이 제2 표본과 충분히 유사한 특성(예컨대, 패터닝된 피쳐, 재료 등)을 가질 수 있으므로, 제1 표본에서 트레이닝된 GAN을 사용하여 제1 표본과 제2 표본이 동일한 디자인을 가지고 있지 않더라도 제2 표본에 대한 시물레이팅된 이미지를 생성할 수 있다. 이와 같은 경우, 트레이닝된 GAN에 의해 생성되는 시물레이팅된 이미지는 트레이닝된 것과 동일한 광학 모드용일 수 있다. 즉, 본 명세서에 추가로 기술되는 바와 같이, 하나의 촬상 모드에 의해 생성된 시물레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝된 GAN은 다른 촬상 모드에 의해 생성된 시물레이팅된 이미지를 생성하는데 반드시 적합한 것은 아닐 수 있다. 따라서, 그들의 디자인의 적어도 일부에서 적어도 약간의 유사성을 갖는 두 표본이 동일한 방식으로 이미지화되거나 이미지화될 경우, 표본 중 하나는 GAN을 트레이닝하는데 사용될 수 있고 트레이닝된 GAN은 또 다른 표본에 대해 시물레이팅된 이미지를 생성하기 위해 사용될 수 있다.

[0091] 이러한 방식으로, 트레이닝된 GAN은 반드시 트레이닝된 것은 아닌 표본에 대한 시물레이팅된 이미지를 생성하기 위해 용도가 변경될 수 있다. 이와 같은 일 예에서, 2개의 상이한 디자인을 갖는 2개의 상이한 표본이 유사한 재료로 형성되고 동일하거나 유사한 치수를 갖는 디자인의 일부(예컨대, 유사한 메모리 어레이 영역)에서 공통

으로 적어도 일부 패터닝된 피처를 갖는 경우, 하나의 표본에 대해 트레이닝된 GAN은 다른 표본에 대한 디자인의 해당 부분에서 시뮬레이팅된 이미지를 생성할 수 있다. 한 표본에 대해 트레이닝된 GAN이 다른 디자인을 가진 다른 표본에 대해 시뮬레이팅된 이미지를 생성할 수 없더라도, 표본 간에 유사성이 있는 경우, 트레이닝된 GAN은 다른 표본이 다른 GAN을 생성하도록 리트레이닝되는 시작 구성으로 사용될 수 있다. 이와 같은 리트레이닝은 본 명세서에 기술되는 바와 같이 수행될 수 있다.

[0092] 컴퓨터 서브시스템(들)이 디자인의 인위적 결함 부분을 GAN에 입력하기 때문에, 일 실시예에서, 시뮬레이팅된 이미지는 합성 결함(synthetic defect)의 증강된 결함 이미지를 포함한다. 이러한 방식으로, 시뮬레이팅된 이미지는 검사 도구와 같은 도구에 의해 생성된 하나 이상의 실제 이미지에서 합성 결함이 어떻게 나타나는지를 예시한다. 이와 같이, 시뮬레이팅된 이미지(들)는 검사 또는 다른 도구에 의해 합성 결함(들)이 생성될 수 있는 (예컨대, 대응, 시뮬레이팅 또는 근사) 이미지(들)를 나타낼 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "합성" 결함이라는 용어는 일반적으로 본 명세서에 기술된 여러 방식 중 하나로 표본에 대한 디자인에서 인위적으로 생성된 결함으로 정의된다. 따라서, "합성" 결함은 검출된 결함에 기초하여 그 특성이 결정될 수 있지만, 표본에서 검출된 결함은 아니다. 대신에, 이와 같은 "합성" 결함은 디자인의 달리 결함이 없는 부분의 의도적인 조작을 통해 표본에 대한 디자인에서 생성된다. 디자인의 이와 같은 조작된 부분이 본 명세서에 기술된 트레이닝된 GAN에 입력될 때, 시뮬레이팅된 표본 이미지가 실제로 표본에 존재하지 않는 결함으로 증강되었기 때문에, 최종의 시뮬레이팅된 이미지는 "증강된(augmented)" 결함 이미지라고 지칭된다.

[0093] 도 4는 GAN을 사용하여 인위적 이미지 생성을 위해 수행될 수 있는 단계의 일 실시예를 예시한다. 특히, 도 4에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 결함(402)이 추가된 디자인 이미지(400)(조건부 이미지)를 트레이닝된 생성기 네트워크(404)에 입력할 수 있다. 추가되거나 합성된 결함은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 본 명세서에서 추가로 설명되는 바와 같이 디자인 이미지(400)에 도시된 디자인 데이터 부분에서 생성될 수 있다. 트레이닝된 생성기 네트워크는 결함(408)을 도시하는 생성된 패치 이미지(406)를 출력할 수 있다. 이러한 방식으로, 합성 결함은 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 GAN에 입력되어 시뮬레이팅된 이미지(406)를 생성하는 디자인 이미지(400)에 도시된 디자인 데이터의 부분에 결함(402)을 추가한다.

[0094] 따라서, 도 4에 도시된 바와 같이, 일단 GAN이 트레이닝되면, GAN은 시뮬레이팅된 광학 이미지 또는 다른 이미지를 생성하기 위해 사용될 수 있다. 본 실시예에서, 트레이닝된 생성기 네트워크는 디자인 클립에 인위적으로 도입된 결함의 패치, 실제처럼 보이는 이미지를 생성하는데 사용된다. 그런 다음 생성된 패치 이미지는 본 명세서에서 추가로 설명되는 바와 같이 사용될 수 있다.

[0095] 이와 같은 일 실시예에서, 표본에서 검출 가능한 다수의 실제 결함은 공정을 위한 모드를 선택하기에 불충분하다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 실시예는 모드 선택에 사용될 수 있는 합성 결함(들)의 증강된 결함 이미지인 시뮬레이팅된 이미지를 생성하는데 사용될 수 있으며, 이는 매우 자주 발생하는 DOI 이벤트의 수가 제한될 때 특히 유리하다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예의 또 다른 장점은 DOI 예시의 원래 수가 실질적으로 적은 경우에도 모드 선택을 가능하게 한다는 것이다. 또한, 본 명세서에 기술된 실시예는, 이용 가능한 DOI 예시가 없을 때, 유리하게 모드 선택을 가능하게 한다. 예를 들어, 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이, DOI의 광학 이미지가 전혀 없을 경우, 시뮬레이팅된 이미지는 디자인 클립(들) 내의 디자인 공간에서 DOI가 어떻게 보이는지에 대한 지식에 기초하여, 본 명세서에 기술된 실시예에 의해 생성될 수 있고, 그런 다음 이들 시뮬레이팅된 이미지는 모드 선택을 위해 사용될 수 있다.

[0096] 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 표본에 대한 디자인 데이터의 일부를 수정하도록 구성된다. 일부 실시예가 표본에 대한 디자인 데이터의 "일부"를 수정하는 것으로 본 명세서에 기술되지만(단지 명확성 및 단순성을 위함), 본 명세서에 기술된 컴퓨터 서브시스템(들)은 임의의 수의 DOI에 대한 임의의 수의 디자인 데이터 부분을 수정할 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 합성 결함이 있는 표본에 대한 원본 디자인 데이터를 수정하여 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하도록 구성될 수 있다. 일부 경우에, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 핫 스캔이 검토된 주사 전자 현미경(SEM)으로부터 DOI 후보를 선택하고 디자인에 이들을 위치시킬 수 있다. 이와 같은 일 예에서, GAN 트레이닝을 위해 핫 스캔이 수행되는 경우, 핫 스캔에 의해 검출된 이벤트는 샘플링되고, 그런 다음, 예컨대, SEM 또는 다른 적절한 결함 검토 도구에 의해 결함을 검토하기 위해 전송될 수 있다. 결함 검토는 샘플링된 이벤트 중 어느 것이 실제 결함이고 어느 것이 뉴스스인지를 결정하고 결함 유형 또는 실제 결함의 분류를 결정하기 위해 수행된다. 이러한 방식으로, 결함 검토는 검출된 이벤트 중 어느 것이 DOI인지를 결정하고, (상이한 유형의 DOI가 표본에 존재할 수 있는 경우에) DOI의 유형이나 분류를 식별할 수 있다. 이와 같은 DOI 발견 및 식별은, 일부 경우에, 사용자가 어떤 유형의 DOI에 관심이 있는지 알 수 있기 때문에, 선택적인 단계이다. 예를 들어, 칩 제조

자는 일반적으로 어떤 결함을 찾고 있는지 알 것이다.

[0097] 도 2의 단계 206에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 결함이 있거나 없는 디자인 쌍(디자인 부분 또는 디자인 이미지)을 생성하기 위해 디자인 공간에 패턴 결함을 도입할 수 있다. 증강된 결함 이미지가 생성되고 있는 표본이 GAN을 트레이닝하는데 사용된 하나 이상의 표본과 동일한 디자인을 갖는 경우, 단계 200, 202 및 204에서 사용된 디자인 클립은 단계 206에도 사용될 수 있다. 증강된 결함 이미지가 생성되어 있는 표본이 GAN을 트레이닝하는데 사용되는 하나 이상의 표본과는 상이한 디자인을 갖는 경우, 단계 200, 202 및 204에서 사용되는 디자인 클립은 단계 206에서 사용되는 것과 상이할 수 있다.

[0098] 그러나, 어느 경우든, 표본에서 검출되는 DOI(들)에 대한 임의의 정보는 DOI(들)을 포함하도록 수정되는 디자인 클립(들)을 생성하기 위해 단계 206에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 브릿지형 DOI가 표본에서 검출되면, 브릿지형 DOI가 검출된 위치뿐만 아니라 브릿지형 DOI가 검출된 위치와는 상이한 디자인 내의 위치(들)에 브릿지형 구조체(들)를 포함하도록 표본에 대한 원본 디자인 데이터가 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 수정될 수 있다. 디자인에서 DOI가 생성되는 위치(들)는, 예컨대, 검출된 DOI의 위치에서 수정된 디자인 클립 및 원본 디자인 클립이 동일하거나 적어도 유사한 패턴 구조체(형상, 치수, 서로에 대한 간격, 방향 등에서 유사함)를 포함하도록, 검출된 DOI나 그 근처에 위치된 패턴링된 피처의 유형에 기초하여, 선택될 수 있다. 일 예에서, 브릿지형 DOI가 서로에 대해 특정 배향 및 간격을 갖는 2개의 패턴링된 피처 사이에서 검출되는 경우, 브릿지형의 패턴링된 피처는 동일한 상대 배향과 간격을 갖는 동일한 2개의 패턴링된 피처를 포함하는 디자인 내의 임의의 하나 이상의 다른 위치에 생성될 수 있다. 이와 같은 위치는 임의의 적절한 방식으로, 예컨대, 검출된 DOI의 이미지 또는 검출된 DOI의 위치에서 원래의 무결함 디자인 클립에 기초하여, 원본 디자인을 패턴 검색함으로써 식별될 수 있다.

[0099] 전자 디자인 자동화(EDA) 도구를 사용하여 본 명세서에 기술된 바와 같이, 표본에 대한 원본 디자인 데이터를 수정하는 것이 수행될 수 있다. EDA 도구는 상업적으로 이용 가능한 임의의 적절한 EDA 도구를 포함할 수 있다. 추가적으로, 본 명세서에 기술된 바와 같이, 원본 디자인 데이터를 수정하는 것은 임의의 적합한 EDA 소프트웨어, 하드웨어, 시스템 또는 방법을 포함할 수 있는 프로그래밍 가능/그래픽 EDA 편집기로 자동화될 수 있다. 그와 같은 일부 실시예에서, 본 명세서에 기술된 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템(예컨대, 컴퓨터 서브시스템(들)(102))은 EDA 도구로 구성될 수 있거나 EDA 도구에 포함된 컴퓨터 서브시스템일 수 있다.

[0100] 표본에 대한 원본 디자인 데이터(예컨대, CAD(Computer-Aided Design))를 사용할 수 있는 경우, "합법적인" 합성 결함 예시를 삽입하는 것은 간단하다. 예를 들어, 오픈(open), 쇼트(short), "마우스 바이트(mouse bite)", 돌출부(protrusion) 등과 같은 DOI는 다양한 크기로 렌더링될(그려질) 수 있으며, 이는 DOI에 대한 설명에 기초하여 자동화될 수 있다. EDA 도구를 사용하면, 이들 렌더링된 DOI는 임의의 위치가 아닌 지오메트리의 "합법적인" 장소에 위치될 수 있다. 일 예에서, 쇼트는 두 구리선 사이의 금속 연결이다. 이와 같은 DOI의 경우, 디자인의 전략적 핀치 지점에 작은 쇼트 선을 추가하기만 하면 된다. 칩 제조자와 같은 사용자는, 그들이 어떤 결함을 찾고 있는지 알고 있는 경우, 디자인 파일에 수동으로 그릴 수도 있다.

[0101] 본 명세서에 기술된 바와 같이, 합성 결함이 있는 표본에 대한 원본 디자인 데이터를 수정하는 것은 디자인에서 합성 결함을 생성하기 위해 디자인을 변경하도록 구성된 인셉션 모듈을 사용하여 수행될 수도 있다. 예를 들어, 신경망은 자연스러운 장면 이미지에 대한 GoogLeNet 인셉션에 의해 제안된 것과 같은 결함 환각 시스템(defect hallucination system)에 의해 트레이닝될 수 있다. 결함에 대해 사전 트레이닝되는 전통적인 신경망은 이들을 역으로 재생하여 다른 지오메트리 구조에 새로운 결함 유형을 생성할 수 있다. GoogLeNet 인셉션을 수행하기 위한 시스템 및 방법의 예는 Szegedy 등에 의한 "Going Deeper with Convolutions", 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2015년 6월, 9페이지에서 찾을 수 있고, 이는 본 명세서에 완전히 명시된 것처럼 참조로 통합된다. 본 명세서에 기술된 실시예는 이 참조 문서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.

[0102] 이와 같은 일부 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 하나 이상의 표본에서 검출된 하나 이상의 결함에 기초하여 합성 결함의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성된다. 예를 들어, 전술한 바와 같이, 일부 경우에, 이벤트는 GAN을 트레이닝시키기 위해 사용되는 트레이닝 세트를 생성하기 위해 사용되는 하나 이상의 표본에서 검출될 수 있고, DOI(들)는 이들 이벤트 중에서 식별되고 선택될 수 있다. 그런 다음, DOI(들)에 대한 정보는 합성 결함의 하나 이상의 특성을 결정하는데 사용될 수 있다. 이와 같은 정보는 위치, 크기, 형상, 방향, 질감(texture) 또는 거칠기, DOI(들)이 위치하는 곳 상의 패턴링된 피처(들), DOI(들)이 위치하는 곳 내의 패턴링된 피처(들), DOI(들) 근처에 위치한 패턴링된 피처(들) 등과 같은 DOI(들)에 대해 결정되거나 결정될

수 있는 임의의 정보를 포함할 수 있다. 이와 같은 정보는 이벤트를 검출하는 검사 도구, 이벤트를 재검출하고 그 중 하나 이상을 DOI(들)로 식별하는 검토 도구, 식별된 DOI(들)의 하나 이상의 특성을 측정하는 측정 도구, 또는 이들의 일부 조합에 의해 결정되거나 생성될 수 있다. 예를 들어, 전술한 바와 같이, 디자인에서 패턴의 다른 유사한 경우를 찾기 위해 결합 이미지 또는 그것의 대응하는 디자인 클립에 기초하여 패턴 검색이 수행될 수 있고, 그런 다음, 그러한 다른 경우에 대한 디자인은 그러한 다른 경우의 DOI(들)를 생성하기 위해 본 명세서에 기술된 바와 같이 수정될 수 있다. 전술한 것과 같은 다른 DOI 특성(들)은 수정된 디자인을 생성하는데 사용될 수도 있다(예컨대, 브릿지형 DOI의 경우, 브릿지형 구조의 치수, 방향, 거칠기 등). 따라서, 트레이닝 세트를 생성하는데 사용되는 표본에서 검출된 하나 이상의 DOI(들)의 하나 이상의 특성에 기초하여 표본에 대한 원본 디자인이 수정될 수 있다.

[0103] 다른 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 표본에서 검출된 하나 이상의 실제 결합에 대한 정보 없이 디자인 데이터의 인위적 결합 부분의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성된다. 추가 실시예에서, 표본에 대한 디자인 데이터의 일부를 수정하는 것은 표본 상의 DOI에 대한 정보에 기초하여 수행되며, 디자인 데이터의 부분을 수정하기 전에 도구에 의해 수행된 설정 스캔에서 DOI의 실제 인스턴스는 표본 상에서 검출될 수 없다. 예를 들어, DOI 예시가 전혀 없더라도, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 표본에 결합을 도입하여 디자인 클립을 수정하고, 수정된 디자인 클립을 GAN에 입력하여 모드 선택에 사용될 수 있는 대응하는 패치 이미지를 생성할 수 있다. 표본에 거의 또는 전혀 존재하지 않을 때, DOI 예시를 찾으려고 하면, DOI 예시에 의존하는 많은 방법에서 심각한 병목 현상이 발생할 수 있다. 모드 선택을 위한 DOI 예시를 찾는 것의 어려움은, 모드 선택이 수행될 때까지 "양호" 모드가 반드시 알려지는 것은 아니기 때문에 DOI 예시를 찾는 것을 시도하는데 사용되는 모드가 결합 검출에 완전히 부적합할 수 있으므로 특히 어려울 수 있다. 이 상황은 모드 선택에 대한 일종의 닭과 달걀 문제, 즉, 어떤 모드가 결합 검출에 좋은지 모른 채로 어떻게 DOI 예시를 찾을 수 있으며, 그것을 파악하기 위한 DOI 예시 없이 어떤 모드가 좋은지를 어떻게 알 수 있는가? 라는 문제를 제시한다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예와 모드 선택을 위해 이전에 사용된 방법 및 시스템 사이의 근본적인 차이점은 본 명세서에 기술된 실시예가 어떤 DOI 예시도 없이 모드 선택에 사용될 수 있다는 점이다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예의 한 가지 새로운 피쳐는, 결합 예시가 전혀 없는 경우에도, 디자인 파일에 결합을 도입하고 대응하는 광학 패치 이미지를 생성하기 위해 GAN 또는 cGAN을 사용하는 것에 의해 디자인 파일을 수정함으로써 개선된 모드 선택을 제공한다는 점이다.

[0104] 결합 예시가 전혀 없는 경우, 합성 결합의 하나 이상의 특성은 다양한 가능한 방법으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 전술한 바와 같이, 본 명세서에 기술된 실시예가 사용될 수 있는 많은 경우에, 사용자는 그것에 관심 있는 DOI(들)의 유형에 대한 지식을 가질 수 있다. 이와 같은 지식은 시뮬레이션된 이미지가 생성된 표본과 동일하거나 유사한 공정(들)에서 생성된 표본에서 일반적으로 보이는 DOI(들)의 유형에 기초할 수 있다. 이와 같은 사전 지식은 실험적, 경험적, 이론적 등으로 획득할 수 있다. 예를 들어, 표본의 디자인이 실질적으로 상이한 경우에도, 각각의 디자인에 있을 수 있는 특성의 패턴링된 구조는 DOI(들)의 특정 유형(들)에 취약할 수 있다. 하나의 특정 예에서, 선과 공간의 폭이 상대적으로 작은 교번하는 선/공간 패턴은 선 사이에 형성되는 브리징 유형 결합에 취약할 수 있다. 따라서, 사용자가 새로운 디자인에서 이와 같은 패턴 그룹을 볼 때, 그들은 이와 같은 패턴에 브릿지형 결합이 존재할 수 있으므로 표본에 대한 디자인에서 이와 같은 결합을 생성할 수 있다고 추측할 수 있다. 이와 같은 결합에 대해 인위적으로 생성된 디자인 클립은 본 명세서에 기술된 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 GAN에 입력되어 결합에 대한 시뮬레이션된 이미지를 생성할 수 있다.

[0105] 일부 실시예에서, 표본에 대한 디자인 데이터의 일부를 수정하는 것은 도구에 의한 반복된 활상에 의해 변경된 것으로 알려진 표본 상의 DOI에 대한 정보에 기초하여 수행된다. 예를 들어, 웨이퍼를 패턴으로 인쇄한 후 검사하여 웨이퍼에 패턴을 인쇄하는데 사용되는 레티클 또는 마스크의 결합을 식별하는데 사용되는 결합을 찾는 일부 인쇄 확인 애플리케이션에서, 웨이퍼의 결합 예시는 도구의 한 가지 모드만 사용하여 데이터를 수집한 후에 구울 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예는 인쇄 확인 애플리케이션 검사를 위한 모드를 선택하는데 특히 유용할 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예의 한 가지 장점은 DOI 예시가 전혀 없거나 도구에 의해 변경되더라도 본 명세서에 기술된 대로 생성된 시뮬레이션된 이미지를 사용하여 모드 선택이 여전히 수행될 수 있다는 점이다.

[0106] 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 디자인 데이터의 일부와 디자인 데이터의 인위적 결합 부분을 GAN에 입력함으로써, 표본에 대한 시뮬레이션된 이미지를 생성하도록 구성된다. 컴퓨터 서브시스템(들)은 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 표본에 대한 디자인 데이터의 원본 및 인위적 결합 부분을 GAN에 입력하도록 구성될 수 있다. 이와 같은 일 예에서, 단계 208에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 이전에 트레이닝

된 GAN을 통해 단계 206에 의해 생성된 디자인 클립을 처리할 수 있다. 그런 다음, 트레이닝된 GAN은, 단계 210에 도시된 바와 같이, 인위적으로 생성된 이미지를 출력할 수 있다. 단계 210에서 GAN에 의해 출력된 이미지는, 단계 212에 도시된 바와 같이, 시뮬레이션된 이미지를 사용하여 최상의 광학 모드(들)를 선택하기 위한 입력 데이터로서 사용될 수 있으며, 이는 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이 수행될 수 있다.

[0107] 추가 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 디자인 데이터의 추가 부분을 수정하여 디자인 데이터의 추가적인 인위적 결함 부분을 생성하고, 표본의 제1 DOI에 대한 정보에 기초하여 디자인 데이터의 인위적 결함 부분의 하나 이상의 특성을 결정하며, 표본의 제2 DOI에 대한 정보에 기초하여 디자인 데이터의 추가적인 인위적 결함 부분의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성된다. 이와 같은 일 실시예에서, 시뮬레이션된 이미지를 생성하는 것은 디자인 데이터의 추가 부분 및 디자인 데이터의 추가적인 인위적 결함 부분을 GAN 또는 추가적인 GAN에 입력하는 것을 포함한다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 실시예는 상이한 DOI 유형 예시에 대한 시뮬레이션된 이미지를 쉽게 생성하는데 유리하게 사용될 수 있다. 다시 말해, 본 명세서에 기술된 GAN은 동일한 표본에 대해 동일한 디자인에서 상이한 유형의 DOI에 대한 시뮬레이션된 이미지를 생성할 수 있다.

[0108] 본 명세서에 기술된 많은 표본은 그 위에 존재하는 다수 유형의 DOI를 가질 수 있으며, 사용자는 이들 다수 유형의 DOI 중 둘 이상(또는 심지어 모두)에 관심이 있을 수 있다. 상이한 DOI는 실질적으로 상이한 특성을 가질 수 있다. 예를 들어, 브릿지형 결함(bridge type defect)은 핀홀 유형 결함(pinhole type defect)과는 실질적으로 다른 특성을 가질 수 있지만, 두 유형의 결함은 모두 표본에 존재할 수 있으며 사용자가 관심을 가질 수 있다. 상이한 유형의 DOI는 디자인의 상이한 부분 또는 디자인의 동일한 부분에 위치될 수 있다. 따라서, 합성 결함을 포함하도록 본 명세서에 기술된 바와 같이 수정된 디자인 클립은 단일 합성 결함 또는 다중 합성 결함을 포함할 수 있다. 동일한 DOI 유형 및/또는 상이한 DOI 유형의 다수의 경우에 대한 것일 수 있는 수정된 디자인 클립의 합성 결함의 수 및/또는 수정된 디자인 클립의 수에 관계없이, 본 명세서에 기술된 바와 같이 트레이닝된 GAN은 각 DOI 유형 및 각 DOI 인스턴스에 대해 실질적으로 고품질인 시뮬레이션된 이미지를 생성 가능할 것이다.

[0109] 다른 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분을 생성하기 위해 디자인 데이터의 추가 부분을 수정하고, 표본의 뉴슨스에 대한 정보에 기초하여 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성되며, 시뮬레이션된 이미지를 생성하는 것은 디자인 데이터의 추가 부분과 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분을 GAN 또는 추가적인 GAN에 입력하는 것을 포함한다. 예를 들어, 디자인 데이터의 인위적 결함 부분에 대한 시뮬레이션된 이미지를 생성하는데 사용되는 동일한 GAN은 단순히 신호가 가장 강한 모드뿐만 아니라 최상의 DOI 뉴슨스 분리 모드를 찾기 위해 상이한 모드에서 알려진 뉴슨스 예시의 신호를 예측하는데 사용될 수 있다.

[0110] 뉴슨스에 대한 디자인 데이터의 추가 부분의 수정은 다양한 방식으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 주어진 공정 또는 도구에 대해, 사용자는 표본의 어떤 특성이 뉴슨스 검출을 유발하는 경향이 있는지 알 수 있다. 검사 공정에서 뉴슨스를 일으키는 것으로 알려진 표본 특성의 몇 가지 일반적인 예에는 LER(Line Edge Roughness), LES(Line End Shorting), CD의 상대적으로 작은 변형, 필름 두께 변형 등이 포함된다. 따라서, 이와 같은 지식에 기초하여, 사용자 또는 컴퓨터 서브시스템은 표본에서 이와 같은 변형을 유발하여 표본에서 검출되는 뉴슨스를 유발하는 디자인의 하나 이상의 부분에 대한 수정을 결정할 수 있다. 이러한 방식으로, 공정에서 표본으로부터 뉴슨스를 검출할 수 있거나 이를 유발하는 경향이 있는 디자인 부분은 디자인 패턴에 대한 이와 같은 변형을 포함하도록 수정될 수 있으며, 디자인의 수정된 부분은 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 본 명세서에 기술된 바와 같은 GAN에 입력될 수 있으며, 또한 디자인의 이들 수정된 부분에 대해 생성된 시뮬레이션된 이미지의 특성(들)은, 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이, 모드 선택을 위해 결정되고 사용될 수 있다.

[0111] 일부 경우에, 디자인의 인위적 뉴슨스 부분은 뉴슨스 검출을 유발하는 경향이 있는 것으로 알려진 디자인의 원래 부분(수정되지 않음)을 단순히 포함할 수 있다. 예를 들어, 표본에 대한 디자인의 일부 패턴은 (패턴, 표본 또는 공정에 대한 사전 지식이나, 모델링 등을 통해) 다른 것보다 높은 뉴슨스 검출과 연관될 수 있다. 따라서, 디자인의 이들 패턴은 뉴슨스 검출을 유발하는 실제 이미지를 나타내는 이미지를 시뮬레이션하는데 (수정 없이) 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 이들 시뮬레이션된 이미지의 특성은 본 명세서에 기술된 바와 같이 결정될 수 있고, 공정 동안 검출될 수 있는 뉴슨스 특성의 예시로서 사용될 수 있다. 이들 특성은 모드 선택을 위해 본 명세서에서 추가로 설명되는 바와 같이 사용될 수도 있다.

[0112] 디자인 데이터의 인위적 뉴슨스 부분 및/또는 뉴슨스 검출을 유발하는 경향이 있는 디자인 데이터의 부분에 대한 시뮬레이션된 이미지를 생성하는 것에 더하여, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 또한 알려진 양호한 디자인

부분에 대한 시플레이팅된 이미지를 생성할 수 있고, 이는 수정 전 디자인 데이터의 부분이거나 어떤 식으로든 수정되지 않은 디자인 데이터의 다른 부분일 수도 있고 아닐 수도 있다. 예를 들어, 양 이미지의 특성(들)이 DOI가 있는 이미지와 없는 이미지를 서로 구별할 수 있는지 확인하기 위해 DOI를 포함하거나 포함하지 않는 시플레이팅된 이미지를 갖는 것이 모드 선택에 유용할 수 있다. 이러한 방식으로, 이미지의 특성(들)은, 표본에 존재할 때, DOI를 검출하는 것, 및 존재하지 않을 때, DOI를 검출하지 않는 것 모두에 사용될 수 있다. 이와 같이, 시플레이팅된 이미지는 공정이 표본에 DOI의 존재와 부재를 구별할 수 있는지 여부를 결정하는데 사용될 수 있다. 검사 공정에서, 단순히 모든 DOI가 검출되는 것만으로는 충분하지 않지만, DOI가 없을 때 오검출하지 않는 것도 중요하다. 이러한 방식으로, 디자인의 일부를 포함하는 DOI 및 비DOI의 양쪽 모두에 대해 시플레이팅된 이미지를 생성하는 것은 본 명세서에 기술된 일부 애플리케이션에 유리할 수 있다.

[0113] 일 실시예에서, GAN은 도구의 제1 모드에 대한 시플레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝되고, 표본에 대한 시플레이팅된 이미지를 생성하는 것은 디자인 데이터의 부분 및 디자인 데이터의 인위적 결합 부분을, 도구의 제2 모드에 대한 시플레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝된 추가적인 GAN에 입력하는 것을 포함한다. 따라서, 이와 같은 실시예에서, 상이한 GAN은 상이한 모드에 대한 이미지 또는 다른 출력을 생성하도록 트레이닝될 수 있다. 특히, 대부분의 경우, 검사 또는 다른 촬상 도구의 상이한 모드는 몇몇 가능한 방법, 예컨대, 노이즈 수준, 콘트라스트, 해상도, 이미지 유형(예컨대, DF 대 BF, 광학 대 전자빔 등) 등 중 하나로 서로 다른 이미지 및/또는 출력을 생성할 것이다. 따라서, GAN이 도구의 한 모드에 대한 출력 또는 이미지를 생성하도록 트레이닝된 경우, 도구의 다른 모드에 대한 출력 또는 시플레이팅된 이미지를 생성하도록 부적절하게 트레이닝될 가능성이 있다. 이와 같이, 다수의 GAN은 각각의 관심 모드에 대해 하나씩 개별적으로 그리고 독립적으로 트레이닝될 수 있다. 그러나, 동일한 사전 트레이닝된 GAN 네트워크가 필요하지는 않지만 각 모드에 사용될 수 있다. 다수의 GAN 각각은 본 명세서에 기술된 바와 같이 트레이닝될 수 있다. 예를 들어, 인쇄 확인 웨이퍼 상의 트레이닝을 위해 이미지를 수집하기 위해, 본 명세서에 기술된 실시예는 상이한 레티클에 걸쳐 상이한 광학 모드에 대해 동일한 이미지를 수집할 수 있다. 각 모드에 대해, 독립적인 신경망은 그 모드로 수집된 이미지를 사용하여 트레이닝될 수 있다. 그런 다음, 각각의 트레이닝된 GAN은 모드별 데이터 세트를 생성하기 위해 사용될 수 있다. 그런 다음, 이러한 방식으로, 각각의 모델은 광학 모드 각각에 대한 결합의 이미지를 생성하는데 사용될 수 있다. 그러나, 상이하게 트레이닝된 각각의 GAN에 대한 입력은, 표본 및 DOI의 디자인이 모드에서 모드로 변경되지 않을 것이기 때문에, 동일한 디자인 클립 또는 동일한 디자인의 다른 부분과 디자인의 동일한 수정된 부분일 수 있다.

[0114] 또 다른 실시예에서, GAN은 도구의 상이한 모드에 대한 시플레이팅된 이미지를 생성하도록 트레이닝된다. 지금 당장은 디자인인 GAN에 대한 하나의 조건부 입력(Y1이라 칭함)이 있을 수 있다. 그러나, 이것은 우리가 관심 있는 광학 모드를 GAN에 알리기 위해 제2 조건부 입력(Y2라고 칭함)이 있도록 수정될 수 있다. 물론, 이 추가적인 조건부 입력은 트레이닝 및 추론 시간 동안 모두 GAN에 입력될 수 있다. 다수의 모드에 대한 이미지를 생성하기 위해 단일 GAN이 구성될 수 있는 또 다른 방법은 고차원 입력에서 관독할 수 있는 네트워크를 디자인하는 것일 수 있다. 현재, GAN에 대한 입력은 다각형이 없는 픽셀에 대해서는 0만 갖고, 픽셀이 다각형을 갖는 경우에는 1만 갖는 디자인일 수 있다. 그 대신, 모드 정보는 다각형에 대한 값을 모드 1의 경우 (1, 1)로, 모드 2의 경우 (1, 2)로, 모드 3의 경우 (1, 3) 등으로 표시함으로써 입력을 위해 인코딩될 수 있다. 이러한 방식으로 하나의 조건부 입력 Y를 갖지만, 그것은 모드인 하나의 추가 차원을 갖는다. 이제 주어진 이미지의 여러 모드를 하나의 매트릭스에 저장할 수 있도록 이미지 매트릭스에 또 다른 차원을 또한 추가할 것이다. 이와 같은 GAN 구성예/구현예는 다수의 모드에 대해 다수의 GAN을 사용하는 것보다 계산적으로 더 고가일 수 있다. 이러한 GAN 구현예는 또한 모든 광학 이미지가 서로 정렬된다고 가정한다. 이와 같은 다중 모드 이미지 정렬은 상당한 양의 작업일 수도 있지만, 예를 들어, 2021년 4월 1일자로 Brauer 등에 의해 공개된 미국 특허 출원 공개 제2021/0097704호에 기술되었으며, 이는 본 명세서에 완전히 명시된 것처럼 참조로 통합된다. 본 명세서에 기술된 실시예는 이 공개 문서에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.

[0115] 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 시플레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하도록 구성된다. 시플레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성은 시플레이팅된 이미지가 생성된 모드 중 일부 또는 전부에 대해 결정될 수 있다. 하나 이상의 특성은 모드가 선택되는 공정에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 검사 공정을 위해 모드가 선택되어 있는 경우, 시플레이팅된 이미지에 대해 결정된 하나 이상의 특성은 DOI를 얼마나 잘 검출할 수 있는지 및/또는 뉴스스가 얼마나 잘 억제될 수 있는지에 영향을 미칠 이미지의 하나 이상의 특성일 수 있다(즉, 전혀 검출되지 않거나 필터링 단계, 분류 단계 또는 다른 공정 단계에 의해 DOI로부터 분리될 수 있음). 이와 같은 일부 특성은 본 명세서에서 추가로 기술된다. 계측 공정을 위해 모드가 선택되어 있는 경우, 시플레이팅된 이미지에 대해 결정된 하나 이상의 특성은 계측 공정이 특성(들)으로부터 이미지의 패터닝된 특징에 대한 정보

를 얼마나 잘 결정할 수 있는지에 영향을 미칠 이미지의 하나 이상의 특성일 수 있다. 이와 같은 특성은 해상도, 콘트라스트, 밝기 등과 같은 이미지 특성을 포함할 수 있다. 결합 검토 공정을 위해 모드가 선택되어 있는 경우, 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정된 하나 이상의 특성은 검사 공정에 대한 특성과 유사할 수 있지만, 계측 공정에 대한 특성과 유사할 수도 있다(예컨대, 결합 검토는 결합을 재검출할 뿐만 아니라 전형적으로 검사에 의해 결정될 수 없는 결합에 대한 정보를 결정하기 위해 수행되기 때문이다).

[0116] 따라서, 하나 이상의 특성은 결합 검토 알고리즘 또는 방법, 계측 알고리즘 또는 방법, 또는 결합 검토 알고리즘 또는 방법과 같은 공정에서 사용될 방법 또는 알고리즘을 사용하여 결정될 수 있다. 하나 이상의 특성은, 추가적으로 또는 대안적으로, 해상도, 콘트라스트, 밝기 등과 같은 이미지의 특성(들)을 정량화하거나 한정하는 임의의 다른 적절한 이미지 특성화 알고리즘 또는 방법을 사용하여 결정될 수 있다. 따라서, 일반적으로, 본 명세서에 기술된 실시예에 의해 결정되는 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성은 모드가 표본을 얼마나 잘 이미지화하는지 및/또는 모드에 의해 생성된 이미지가 공정에 얼마나 유용한지에 대한 정보를 제공하는 임의의 특성일 수 있으며, 당업계에 공지된 임의의 적합한 방법 또는 알고리즘을 사용하여 결정될 수 있다.

[0117] 일 실시예에서, 하나 이상의 특성을 결정하는 것은 디자인 데이터의 인위적 결합 부분에 대해 생성된 시뮬레이팅된 이미지 중 하나에서 디자인 데이터의 부분에 대해 생성된 시뮬레이팅된 이미지 중 하나를 감산하여 차분 이미지를 생성하는 것 및 차분 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하는 것을 포함한다. 예를 들어, 도 2의 단계 210에서 GAN에 의해 출력되는 이미지는 인위적으로 생성된 테스트 및 참조 이미지를 포함한다. 테스트 이미지는 인위적으로 결합이 있는 디자인 부분으로부터 생성된 이미지이고, 기준 이미지는 원래 디자인 부분에서 생성된 이미지이다. 이러한 방식으로, 인위적으로 생성된 이미지는 결합을 포함하는 이미지와 그렇지 않은 이미지가 모두 포함된다. 그런 다음, 이러한 이미지는 일반적으로 결합 검출에 있을 수 있으므로 감산될 수 있으며, 최종 차분 이미지의 하나 이상의 특성이 결정될 수 있다. 이들 최종 차분 이미지는 모드 선택을 위해 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이 사용되는 하나 이상의 특성을 결정하는데 특히 적합할 수 있는데, 도구에 의해 생성된 경우, 이와 같은 이미지로부터 인위적으로 도입된 결합이 얼마나 잘 또는 얼마나 잘못 검출될 수 있는지를 나타낼 수 있기 때문이다.

[0118] 이와 같은 일 실시예에서, 차분 이미지의 결정된 하나 이상의 특성은 차분 이미지의 신호 대 노이즈 값을 포함한다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예의 한 가지 장점은 결합 신호 대 노이즈 계산이 GAN 생성 이미지에 기초하여 수행될 수 있다는 점이다. 시뮬레이팅된 이미지가 디자인 데이터의 인위적 결합 부분에 대해 생성되기 때문에, 합성 결합이 위치된 차분 이미지의 부분은 선형적으로 알려질 것이다. 따라서, 차분 이미지의 해당 부분의 신호는 신호 대 노이즈 값의 신호 부분을 결정하는데 사용될 수 있고, 차분 이미지의 합성 결합 부분을 둘러싸는(부분적으로 또는 완전히 둘러싸는) 차분 이미지의 부분은 신호 대 노이즈 값의 노이즈 부분을 결정하는데 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 차분 이미지의 하나 이상의 결정된 특성이 신호 대 노이즈 값일 때, 그들은 합성 결합에 대응하는 차분 이미지의 부분과 합성 결합에 대응하지 않는 차분 이미지의 부분 사이의 차이에 반응하며, 그에 따라 차분 이미지가 실제 표본의 결합을 검출하는데 얼마나 잘 사용될 수 있는지에 반응한다.

[0119] 추가적으로, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은, 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하도록 구성된다. 예를 들어, 하나 이상의 결정된 특성이 신호 대 노이즈 값을 포함할 때, 선택 단계는 이미지에 대해 가장 높은 신호 대 노이즈 값을 갖는 모드를 찾고 공정을 위해 해당 모드를 선택하는 것을 포함할 수 있다. 이와 같은 일 예에서, GAN 생성 차분 이미지의 신호 대 노이즈 값은 본 명세서에 기술된 바와 같이 계산될 수 있고, 최상 모드는 신호 대 노이즈 값에 기초하여 순위가 매겨질 수 있고, 이에 따라 공정에서 사용하기 위한 최상의 모드(들)를 용이하게 식별할 수 있다. 신호 대 노이즈 값에 기초하여, 모드의 순위를 매기는 것은 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 시뮬레이팅된 이미지는 도구의 상이한 모드에 대해 생성되고, 하나 이상의 특성은 도구의 상이한 모드에 대해 생성된 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정되며, 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여 도구의 모드를 선택하는 것은 도구의 상이한 모드에 대해 생성된 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정된 하나 이상의 특성을 비교하는 것을 포함한다. 이러한 방식으로, 도구의 상이한 모드에 대한 하나 이상의 결정된 특성을 비교함으로써, 모드는 최상의 모드(예컨대, 최상의 신호 대 노이즈 값을 갖는 모드)에서 최악의 모드(예컨대, 최악의 신호 대 노이즈 값을 갖는 모드)로 순위가 매겨질 수 있다. 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정된 다른 특성(들)은 유사한 방식으로 모드의 순위(특성(들)에 대한 최상의 값에서 특성(들)의 최악의 값까지)를 매기는 데 사용될 수 있다.

[0120] 각각의 모드에 대해 둘 이상의 특성이 결정되면, 다수의 특성에 기초하여 모드의 순위를 매기는 것은 단일 특성을 사용하는 것보다 더 복잡해질 수 있다. 그러나, 일부 경우에, 모드 선택을 위한 다수의 특성을 고려하는 것이 중요할 수 있다(예컨대, 신호 대 노이즈 값 및 콘트라스트와 같은 다수의 특성이 공정의 성공에 기여하는 경

우). 이와 같은 경우에, 개별 특성에 기초하여 모드의 순위를 매기는 것(및 각 모드에 대해 다수의 순위를 생성하는 것)보다는, 다수의 특성을 사용하여 점수가 생성되고, 그에 따라 최상에서 최악으로 모드의 순위를 매기는데 사용되는 단일 값을 생성할 수 있다. 이와 같은 점수를 생성하는 것은, 예를 들어, 점수가 상이한 특성의 상대적 중요성을 고려하는 특성에 기초하는 관계를 사용하여 생성될 수 있고, 하나의 특성을 또 하나 또는 다른 특성으로 정규화할 수 있으며, 특성의 일부 값을 변환하여 다른 특성(예컨대, 더 높을 때 더 나은 성능을 나타내는 일부 특성과 더 낮을 때 더 나은 성능을 나타내는 다른 특성보다 다수의 특성에 대한 더 높은 값이 모드별로 더 나은 성능을 나타내며, 그 반대의 경우에도 마찬가지로 되도록 함)과 동일한 방향으로 추세를 나타낼 수 있기 때문에 유리할 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에는, 해상도와 신호 대 노이즈 값이 모두 검사에 영향을 미치는 경우에도, 신호 대 노이즈 값이 해상도보다 더 중요할 수 있다. 이 경우, 점수는 신호 대 노이즈 값과 해상도에 기초하여 모드 각각에 대해 결정될 수 있지만, 신호 대 노이즈 값은 해상도 값보다 더 많이 가중된다. 다른 경우에, 해상도는 신호 대 노이즈 값보다 더 중요할 수 있으며, 둘 다 공정에 영향을 미치므로 전술한 가중치가 역전될 수 있다.

[0121] 모드 선택 단계에 대한 신호 대 노이즈 값을 사용하는 것은 검사 공정일 때 유리할 수 있다. 예를 들어, 디자인 데이터의 인위적 결함 부분에 대응하는 시뮬레이팅된 이미지 부분의 신호 대 노이즈 값은 고려 중인 모드 각각이 표본의 결함을 얼마나 잘 검출할 수 있는지와 잘 상관될 수 있다. 따라서, 시뮬레이팅된 이미지의 해당 부분에 대해 최고이거나 상당히 높은 신호 대 노이즈 값을 갖는 모드를 식별하고 선택함으로써, 표본에서 DOI를 검출할 수 있는 모드를 식별하고 선택할 수 있다. 추가적으로, 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이, 시뮬레이팅된 이미지는 디자인 데이터의 인위적 누슨스 부분 또는 누슨스 검출을 야기하는 것으로 알려진 디자인 데이터의 부분에 대해 생성될 수도 있다. 이러한 방식으로, 시뮬레이팅된 이미지는 DOI에 대한 특성과 누슨스 사이에 가장 큰 분리를 제공하는 모드(들)를 결정하는데 사용될 수 있다. 다시 말해, 디자인 또는 표본의 누슨스 또는 비결점 부분에 대해 생성된 이미지에 대해 결정된 하나 이상의 특성과 가장 상이한 하나 이상의 결정된 특성을 가진 DOI에 대한 이미지를 생성하는 모드는 DOI와 누슨스 사이에 최상의 분리를 제공할 것이다. 따라서, 이와 같은 모드는 최상의 누슨스 억제와 함께 최상의 DOI 캡처 속도를 가질 것이다. 검사 결과에 기초하여 이루어지는 임의의 공정 결정이 DOI에 기초하여 이루어지며 결함으로 잘못 검출된 임의의 누슨스가 없도록, DOI를 성공적으로 캡처하는 동안 누슨스 검출을 억제하는 것이 중요하다. 이러한 방식으로, 본 명세서에 기술된 실시예의 한 가지 장점은 제시된 접근법 또는 그 유도물이 표본에서 수행된 공정에서 검출된 누슨스의 감소를 허용하고, 이는 차례로 반도체 제조자가 보다 신뢰할 수 있는 공정 결정을 내릴 수 있게 한다는 점이다.

[0122] 본 명세서에 기술된 실시예의 또 다른 장점은 본 명세서에 기술된 GAN이 도구의 상이한 모드에서 생성된 실제 표본 이미지를 사용하여 트레이닝될 수 있다는 사실로부터 도출된다. 특히, 본 명세서에 추가로 기술되는 바와 같이, 실시예는 이미지를 수집하고 다양한 모드에 대한 클립을 디자인할 수 있다. 표본 또는 동일한 유형의 또 다른 표본에서 직접 데이터를 수집하고 GAN 트레이닝을 위해 해당 데이터를 사용함으로써, 이와 같은 데이터에서 트레이닝된 GAN은 이상적이지 않은 표본 조건(예컨대, 두께 변동, 라인 에지 거칠기 등과 같은 표본 변동으로 인한 표본에 걸친 광학 반응의 변동)에 반응하는 시뮬레이팅된 이미지를 생성할 것이다. 따라서, 시뮬레이팅된 이미지에 기초하는 표본에서 수행되는 공정에 대해 선택된 모드(들)는 아마도 이상적이지 않은 실제 표본 조건에도 반응할 것이다. 실제 표본 조건을 고려하는 이러한 능력은 본 명세서에 기술된 심층 생성 모델에 한정되며, 도구 하드웨어의 전자기 모델링과 같은 시뮬레이팅된 표본 이미지를 생성하는 다른 방식과 본 명세서에 기술된 실시예를 구별한다. 예를 들어, 전자기 모델은 임의의 실제 표본 조건과 임의의 실제 공정 가변성을 고려하지 않고 이론적 모델만 사용할 수 있다.

[0123] 본 명세서에 기술된 실시예는 임의의 실제 표본 조건 및 임의의 실제 공정 가변성을 유리하게 고려할 수 있기 때문에, 본 명세서에 기술된 실시예는 일종의 인라인 광학 선택기로도 사용될 수 있는데, 이는 완전히 새로운 것이고, 본 명세서에 기술된 도구에 의해 수행되는 공정이 사용자가 알지 못하는 사이에 공정/표본 가변성(예컨대, DOI에 대한 결함 검출 감도 손실)에 의해 부정적인 영향을 받을 수 있기 때문에 특히 유용할 수 있다. 이와 같은 일 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 도구에 의해 생성된 추가 표본의 이미지로 GAN을 리트레이닝하도록 구성되어 리트레이닝된 GAN을 생성하고, 표본 및 추가 표본은 동일한 유형이며, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 디자인 데이터의 일부 및 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 리트레이닝된 GAN에 입력하고, 추가 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하며, 추가 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 결정된 특성에 기초하여 추가 표본에 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택함으로써, 추가 표본에 대한 추가 시뮬레이팅된 이미지를 생성하도록 추가로 구성된다. 표본과 추가 표본은 그들이 동일한 디자인을 갖는다는 점에서 동일한 유형일 수 있다. GAN을 리트레이닝하는 것은 시작점이 이미 트레이닝된 GAN이고 리트레이닝에 사용되는 이미지가 트레이닝에 사용되는 이미지와 상이하다는 점을 제외하고는 트레이닝과 관련하여 본 명세서에 기술된

것과 동일한 방식으로 수행될 수 있다. 본 실시예에서 수행되는 추가 시뮬레이팅된 이미지를 생성하는 것, 추가 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하는 것, 및 도구의 모드를 선택하는 것은 본 명세서에서 추가로 기술되는 바와 같이 수행될 수 있다.

[0124] 이러한 방식으로, 추가 표본에 대해 생성된 추가 이미지는 상대적으로 한정된 스캔(예컨대, 한 쌍의 스와스 (swath)) 및 한정되거나 사전 결정된 수의 도구의 광학 모드(예컨대, 5)로 생성될 수 있다. 이들 이미지는 GAN(들)이 추가 표본상의 실제 결함 이미지가 상이한 모드에서 어떻게 보일지에 대한 양호한 근사값인 인위적 결함 이미지를 생성(또는 생성)할 수 있도록 GAN(또는 각기 상이한 모드에 대한 상이한 GAN)을 리트레이닝하는데 사용될 수 있다. 그런 다음, 컴퓨터 서브시스템(들)은 각각의 개별 모드에 대한 GAN 생성 이미지에 기초하여 신호 대 노이즈 분석(또는 본 명세서에 기술된 다른 이미지 분석)을 수행하여 추가 표본(및 임의의 다른 추가 표본)을 검사(또는 달리 처리)하기 위한 최상의 광학 모드가 처리 조건을 변경하는 것(후술하는 바와 같이, 의도적으로 변경되거나 우발적으로 변경될 수 있음)으로 인해 변경되었는지 여부를 결정할 수 있다. 따라서, 이와 같은 인라인 광학 선택기(또는 사용을 위해 공정이 해제된 후에 수행되는 광학 선택)는 본 명세서에 기술된 실시예가, 임의의 결함 예시가 없는 경우에도, 표본상의 영역을 스캐닝하고 해당 표본에 대한 인위적 결함 이미지를 생성하도록 GAN을 트레이닝하거나 리트레이닝하는 것만으로 최상의 광학 모드를 결정하는 것을 실질적으로 용이하게 한다는 사실에 의해 가능해진다.

[0125] 이와 같은 일 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 표본 및 추가 표본에 대해 수행된 제조 공정이 의도적으로 변경된 후에 리트레이닝을 수행하도록 구성된다. 이와 같은 다른 실시예에서, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 표본에 대해 수행된 제조 공정이 사전 결정된 수의 표본에 대해 수행된 후에 리트레이닝을 수행하도록 추가로 구성된다. 예를 들어, GAN 리트레이닝(및 전술한 다른 단계)은 사용자가 처음으로 모드(들)가 선택된 표본과 동일한 유형의 표본에 대해 수행된 제조 공정을 고의로 변경할 때, 및/또는 사전 결정된 수의 표본이 제조 공정에서 처리된 후(예컨대, 일반적으로 하나의 로트 또는 하나의 전면 개방 통합 포트(FOUP: front opening unified port)에 있는 웨이퍼의 수인 때 25개의 웨이퍼 이후)에 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0126] 또 다른 실시예에서, 도구의 모드를 선택하는 것은, 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 공정을 위한 도구의 둘 이상의 모드를 선택하는 것을 포함한다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 도구를 사용하여 본 명세서에 기술된 표본에 대해 수행되는 일부 공정은 어떤 방식으로든 상호 보완적이기 때문에 선택될 수 있는 모드의 조합을 사용하여 수행될 수 있다. 이러한 방식으로, 본 명세서에 기술된 실시예는 최상의 1차 모드에 더하여 다중 모드 검사 및 다른 다중 모드 공정을 위한 최상의 2차, 3차 등의 모드를 찾는 데 사용될 수 있다.

[0127] 다중 모드 검사 공정의 경우, 다수의 모드는 몇 가지 다른 방식으로 상호 보완적일 수 있다. 이와 같은 방식 중 하나는 각각의 선택된 모드를 사용하여 수행된 결함 검출의 결과가 부가적일 수 있다는 것이다. 이와 같은 일 예에서, 하나의 모드는 한 유형의 DOI에 특히 민감할 수 있고 다른 모드는 다른 유형의 DOI에 특히 민감할 수 있으며, 각 모드에 의해 검출된 DOI는 표본에 대한 검사 결과를 제공하기 위해 조합될 수 있다. 이와 같은 다른 예에서, 하나의 모드는 디자인에서 하나의 패턴에 위치된 DOI에 특히 민감할 수 있고, 다른 모드는 디자인에서 상이한 패턴에 위치된 DOI에 특히 민감할 수 있다. 양 모드에서 검출된 DOI는 하나의 검사 결과로 조합될 수도 있다. 이와 같은 또 다른 방식은 각각의 선택된 모드를 사용하여 수행된 결함 검출의 결과가 반드시 부가적인 것은 아니고 상호 보완적일 수 있다는 것이다. 예를 들어, 하나의 모드는 DOI를 검출하는데 특히 좋을 수 있지만, 뉴스스 억제에는 그다지 좋지 않을 수도 있다. 그러나, 다른 모드가 뉴스스 검출에 좋지만, DOI 검출에는 정말 좋지 않은 경우, 해당 모드는 통상적으로 검사에 좋지 않을 수 있지만, DOI 검출에서 더 좋은 또 다른 모드에 의해 검출된 뉴스스를 식별하는데 특히 유용할 수 있다. 이러한 방식으로, 하나의 모드에 의해 검출된 뉴스스는 다른 모드에서 검출된 뉴스스를 억제하는데 사용될 수 있다. 다수의 모드를 사용하여 결함 검출 결과가 수행될 수 있는 추가적인 방법은 결함 검출 알고리즘 또는 방법이 결함의 존재 여부에 대한 결정을 내리기 위해 다수의 모드를 통해 생성된 이미지의 특성(들)을 사용하는 것이다. 따라서, 사실상, 결함 검출을 위해 별도로 사용되는 도구의 단일 모드가 없을 수도 있는 도구의 여러 모드에 의해 생성된 출력에 일종의 다차원 임계값이 적용될 수 있다.

[0128] 전술한 바와 같이, 검사를 위해 둘 이상의 모드를 사용하는 이유는 일반적으로 검사를 시작하기가 상대적으로 어렵다는 점, 예컨대, DOI를 노이즈로부터 분리하기가 상대적으로 어렵다는 점 및/또는 뉴스스를 억제하기가 상대적으로 어렵다는 점 때문이다. 이와 같은 검사의 경우, 이상적으로는 둘 이상의 모드가 어떤 방식으로든 상호 보완적일 수 있다. 예컨대, 한 모드에서 생성된 결과가 다른 모드에서 생성된 결과를 향상시킬 수 있다. 이와 같은 일 예에서, 한 모드에서 생성된 결과가 적절한 상황에서 그 자체로 특별히 "양호"하지 않은 경우에도, 해

당 결과는 다른 모드에서 생성된 다른 결과에서 DOI와 뉴스스를 분리하여 다른 모드에서 생성된 결과를 향상시키는데 사용될 수 있다.

[0129] 이러한 방식으로, 모드는 2개의 모드 검출과는 다른 방식으로 사용될 수 있다. 다시 말해, 1차 모드는 검출에 사용될 수 있고, 2차 모드는 1차 모드에 의해 검출된 이벤트를 결합(또는 DOI) 및 뉴스스로 분리하기 위해 사용될 수 있다. 이와 같은 일부 경우에서, 2차 모드가 분리 목적으로만 사용될 때, 검사 도구는 1차 모드에서 검출된 결합 후보의 보고된 위치에 위치별로 시야를 단순히 배치하여 2차 모드에서 해당 후보에 대한 새로운 출력(예컨대, 이미지 정보 등)을 수집할 수 있다. 이러한 방식으로, 검사 도구는 1차 모드로 스캐닝된 표본의 전체 영역에 대한 재스캔을 수행하는 대신 이벤트가 1차 모드로 표본에서 검출된 표본상의 개별 위치에서만 출력 생성을 수행하도록 구성될 수 있다. 이와 같이, 검사 도구는 2차 모드를 통해 이동-획득-측정 방식으로 출력 생성을 수행할 수 있다. 그런 다음, 이와 같은 검사 공정에서, 1차 및 2차 모드를 순차적으로 사용하여, 먼저 표본의 전체 검사 영역을 스캐닝한 다음 검출된 이벤트의 위치에서 타겟팅된 출력을 생성할 수 있다. 추가적으로, 검사 공정은 1차 모드로 검출된 모든 이벤트의 위치에서 2차 모드로 출력을 생성하는 것을 반드시 포함하는 것은 아닐 수 있다. 예를 들어, 1차 모드로 검출된 일부 이벤트의 위치에서 2차 모드로 생성된 결과는 1차 모드로 검출된 다른 이벤트를 필터링하는데 사용될 수 있다. 또 다른 예에서, 1차 모드로 검출된 이벤트의 예비 필터링은 명백하게 결합되거나 명백하게 뉴스스인 임의의 이벤트를 분리하도록 수행될 수 있고, 그런 다음, 2차 모드는 명백하게 분리될 수 없는 나머지 이벤트에서 출력을 생성하기 위해 사용될 수 있다.

[0130] 그러나, 본 명세서에 기술된 실시예는 모드 선택이 수행될 수 있는 검사 공정에서 명백하게 한정되지 않는다. 다시 말해, 본 명세서에 기술된 실시예는 단일 모드 검사 공정을 포함하는 임의의 검사 공정의 모드 선택을 위해 사용될 수 있다. 추가적으로, 본 명세서에 기술된 실시예를 사용하여 모드를 선택하는 검사 공정에는, 다중 모드가 검출을 수행하고 수집된 결과가 분리("다중 모드 검출")를 수행하는 검사 공정, 다중 모드가 동시에 또는 개별적으로 표본의 전체 영역을 스캐닝하는데 사용되는 검사 공정, 세 가지 이상의 모드를 사용하는 검사 공정 등이 포함될 수 있다.

[0131] 다중 모드 계측 공정의 경우, 다중 모드는 또한 하나의 모드가 표본의 한 특성을 결정하는데 특히 유용할 수 있는 반면, 다른 모드는 해당 모드로 생성된 이미지와 다른 모드를 사용하여 결정된 특성 모두를 사용하여 표본의 또 다른 특성을 결정하는데 특히 유용할 수 있다는 점에서 상호 보완적일 수 있다. 예를 들어, 하나의 모드는 필름 두께에 특히 민감할 수 있다. 다른 모드를 사용하여 생성된 필름 두께 및 이미지는 CD와 같은 표본의 다른 특성을 결정하는데 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 본 명세서에 기술된 바와 같이 결정된 시뮬레이팅된 이미지의 특성은 어떤 모드(들)가 계측에 가장 적합한지 결정하는데 사용될 수 있다.

[0132] 다중 모드 결합 검토 공정의 경우, 다중 모드는 검사에 대해 전술한 것과 동일한 방식으로 상호 보완적일 수 있다. 이러한 방식으로, 본 명세서에 기술된 시뮬레이팅된 이미지를 사용하여 상이한 모드가 평가될 수 있고, 다중 모드 시뮬레이팅된 이미지에 대해 결정된 하나 이상의 특성은 결합 검토를 위한 하나 또는 다수의 모드를 선택하는데 사용될 수 있다.

[0133] 본 명세서에 기재된 모드 선택 단계에서 하나의 모드가 선택되었는지 다중 모드가 선택되었는지는 본 명세서에 기재된 바와 같이 생성된 시뮬레이팅된 이미지에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 검사 도구의 단일 모드가 실질적으로 높은 캡처 속도로 DOI를 검출하고 실질적으로 높은 속도로 뉴스스를 억제할 수 있는 이미지를 생성하는 것으로 밝혀지면, 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템은 단일 모드가 공정을 위해 충분하다고 결정할 수 있다. 대조적으로, 이와 같은 단일 모드가 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템에 의해 발견될 수 없을 때, 컴퓨터 서브시스템(들)은 단일 모드 옵션을 제거하고 본 명세서에서 추가로 설명되는 바와 같이 수행될 수 있는 모드의 상이한 조합의 평가를 시작할 수 있다. 이러한 방식으로, 사용자가 설정한 성능 목표(예컨대, 특정된 DOI 캡처 속도 및/또는 특정된 뉴스스 억제 속도)를 충족할 수 있는 단일 모드를 찾을 수 있는지 여부에 기초하여, 컴퓨터 서브시스템(들)은 이러한 성능 목표를 충족할 수 있는 단일 모드를 선택하거나 다중 모드를 찾기 위해 시도할 수 있다. 이러한 방식으로, 컴퓨터 서브시스템(들)은 모드 선택 단계에서 유연성을 제공하는 동시에, 공정에 대해 가능한 가장 간단한 모드 선택을 찾으려 시도할 수 있다.

[0134] 본 명세서에 기술된 바와 같이 생성된 시뮬레이팅된 이미지는 또한 본 명세서나 다른 곳에서 기술된 임의의 특정 모드 선택으로 특정되지 않는다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 실시예의 또 다른 장점은 시뮬레이팅된 이미지가 임의의 모드 선택 공정에서 사용될 수 있고 임의의 다른 실제 이미지 또는 모드 선택 공정에 도움이 될 수 있는 다른 정보와 조합될 수 있다는 점이다. 본 명세서에 기술된 시뮬레이팅된 이미지를 사용하여 수행될 수 있는 모드 선택의 일부 예는 2017년 7월 11일자로 Brauer 등에게 허여된 미국 특허 제9,702,827호, 2018년 10월

30일자로 Brauer에게 허여된 미국 특허 제10,115,040호, 2021년 3월 30일자로 Brauer에게 허여된 미국 특허 제 10,964,016호, 2021년 5월 18일자로 Brauer 등에게 허여된 미국 특허 제11,010,885호에서 찾을 수 있고, 이들 모두는 본 명세서에 완전히 명시된 것과 같이 참조에 의해 통합된다. 본 명세서에 기술된 실시예는 이들 특허에 기술된 바와 같이 추가 구성될 수 있다.

[0135] 일부 실시예에서, 컴퓨터 서브시스템(들)은 도구에 의해 표본에 대해 수행되는 검사 공정과 같은 공정에서 사용하기 위해 선택된 하나 이상의 모드에 대한 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 서브시스템(들)은 레시피에 정보를 저장하거나 선택된 모드(들)가 사용될 공정에 대한 레시피를 생성하여 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 "레시피"라는 용어는 일반적으로 표본에 대한 공정을 수행하기 위해 도구에 의해 사용될 수 있는 일련의 지침으로 정의될 수 있다. 이러한 방식으로, 레시피를 생성하는 것은 공정이 수행되는 방법에 대한 생성 정보를 생성하는 것을 포함할 수 있으며, 이 정보는 이후 해당 공정을 수행하기 위한 명령을 생성하는데 사용될 수 있다. 컴퓨터 서브시스템(들)에 의해 저장되는 선택된 하나 이상의 모드에 대한 정보는 선택된 모드(들)를 식별 및/또는 사용하는데 사용될 수 있는 임의의 정보(예컨대, 파일명 및 그것이 저장되는 곳과 같으며, 파일은 모드명, 모드 파라미터 값 등과 같은 모드에 대한 정보가 포함될 수 있음)를 포함할 수 있다.

[0136] 컴퓨터 서브시스템(들)은 임의의 적합한 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 선택된 모드(들)에 대한 정보를 저장하도록 구성될 수 있다. 정보는 본 명세서에 기술된 임의의 결과가 저장될 수 있고, 당업계에 공지된 임의의 방식으로 저장될 수 있다. 저장 매체는 본 명세서에 기술된 임의의 저장 매체 또는 당업계에 공지된 임의의 다른 적합한 저장 매체를 포함할 수 있다. 정보가 저장된 후에, 그 정보는 저장 매체에서 액세스될 수 있고, 본 명세서에 기술된 방법이나 시스템 실시예 중 임의의 것에 의해 사용될 수 있고, 사용자에게 표시하기 위해 포맷팅되고, 다른 소프트웨어 모듈, 방법 또는 시스템 등에 의해 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 실시예는 전술한 바와 같이 검사 레시피를 생성할 수 있다. 그런 다음, 그 검사 레시피는 시스템 또는 방법(또는 다른 시스템 또는 방법)에 의해 저장 및 사용되어, 표본 또는 다른 표본을 검사함으로써 표본 또는 다른 표본에 대한 정보(예컨대, 결함 정보)를 생성할 수 있다.

[0137] 하나 이상의 컴퓨터 서브시스템 및/또는 검사 도구는 표본 및/또는 동일한 유형의 다른 표본에 대한 검사 공정을 수행하기 위해 선택 단계의 결과를 사용하도록 구성될 수 있다. 이와 같은 검사 공정은 검출된 결함의 경계 박스의 위치 등과 같은 정보, 검출 점수, 등급 라벨 또는 ID 등과 같은 결함 분류에 대한 정보, 또는 당업계에 공지된 이와 같은 임의의 적절한 정보와 같은 표본(들)에서 검출된 임의의 결함에 대한 결과를 생성할 수 있다. 결함에 대한 결과는 임의의 적합한 방식으로 컴퓨터 서브시스템(들) 및/또는 검사 도구에 의해 생성될 수 있다. 결함에 대한 결과는 표준 파일 유형과 같은 임의의 적합한 형태나 포맷을 가질 수 있다. 컴퓨터 서브시스템(들) 및/또는 검사 도구는 결과를 생성하고, 그 결과가 컴퓨터 서브시스템(들) 및/또는 다른 시스템 또는 방법에 의해 사용되어 표본(들) 또는 동일한 유형의 다른 표본에 대해 하나 이상의 기능을 수행할 수 있도록 그 결과를 저장할 수 있다.

[0138] 표본 및/또는 동일한 유형의 다른 표본에 대한 공정을 수행하여 생성된 결과 및 정보는 본 명세서에 기술된 실시예 및/또는 다른 시스템 및 방법에 의해 다양한 방식으로 사용될 수 있다. 이와 같은 기능에는 피드백 또는 피드포워드 방식으로 검사된 표본 또는 다른 표본에서 수행되었거나 수행될 제조 공정 또는 단계와 같은 공정을 변경하는 것이 포함되지만, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 컴퓨터 서브시스템은 본 명세서에 기술된 바와 같이 검사된 표본에 대해 수행된 공정 및/또는 검출된 결함(들)에 기초하여 표본에 대해 수행될 공정에 대한 하나 이상의 변경을 결정하도록 구성될 수 있다. 공정에 대한 변경은 공정의 하나 이상의 파라미터에 대한 임의의 적합한 변경을 포함할 수 있다. 본 명세서에 기술된 컴퓨터 서브시스템(들)은 바람직하게는 수정된 공정이 수행되는 다른 표본 상에서 결함이 감소되거나 방지될 수 있고, 표본 상에서 수행되는 다른 공정에서 결함이 그 표본 상에서 수정되거나 제거될 수 있으며, 표본 상에서 수행되는 다른 공정에서 결함이 보완될 수 있는 등과 같은 그러한 변경을 결정한다. 본 명세서에 기술된 컴퓨터 서브시스템(들)은 당업계에 공지된 임의의 적합한 방식으로 이와 같은 변경을 결정할 수 있다. 이와 같은 변경은 또한 본 명세서에 기술된 다른 공정의 결과를 사용하여 결정될 수 있다.

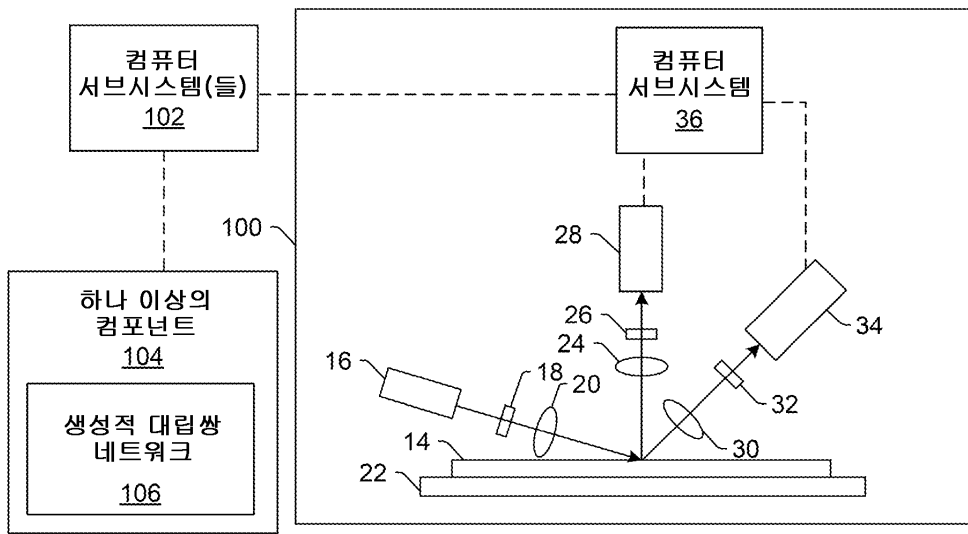
[0139] 그런 다음, 이들 변경은 컴퓨터 서브시스템(들)과 반도체 제조 시스템에 액세스할 수 있는 반도체 제조 시스템(도시하지 않음) 또는 저장 매체(도시하지 않음)로 전송될 수 있다. 반도체 제조 시스템은 본 명세서에 기술된 시스템 실시예의 일부일 수도 있고 아닐 수도 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 컴퓨터 서브시스템(들) 및/또는 도구는, 예컨대, 하우징, 전원 공급 장치, 표본 공정 장치 또는 메커니즘 등과 같은 하나 이상의 일반 요소를 통해 반도체 제조 시스템에 커플링될 수 있다. 반도체 제조 시스템은 리소그래피 장비, 식각 장비, CMP(chemical-mechanical polishing) 장비, 적층 장비 등과 같이 당업계에 공지된 임의의 반도체 장비를 포함

할 수 있다.

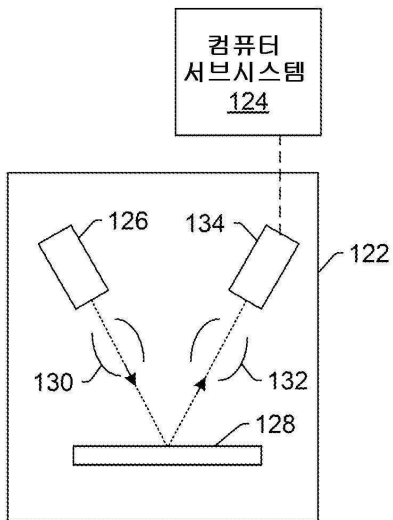
- [0140] 따라서, 본 명세서에 기술된 바와 같이, 실시예는 새로운 공정 또는 레시피를 설정하는데 사용될 수 있다. 실시예는 또한 그것이 표본에 대해 사용되었거나 하나의 표본에 대해 생성되었고, 다른 표본에 대해 적용되고 있는 공정 또는 레시피인지 여부에 관계없이, 기존의 공정 또는 레시피를 수정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0141] 진술한 각 시스템에 대한 각각의 실시예는 하나의 단일 실시예로 함께 조합될 수 있다.
- [0142] 다른 실시예는 표본에 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 컴퓨터 구현 방법에 관한 것이다. 방법에는 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 생성하기 위해 표본에 대한 디자인 데이터의 일부를 수정하는 것이 포함된다. 방법에는 또한 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 실행되는 하나 이상의 컴포넌트에 포함된 GAN에 디자인 데이터의 일부 및 디자인 데이터의 인위적 결함 부분을 입력함으로써 표본에 대한 시뮬레이팅된 이미지를 생성하는 것이 포함된다. 추가적으로, 방법에는 시뮬레이팅된 이미지의 하나 이상의 특성을 결정하고, 결정된 하나 이상의 특성에 기초하여, 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하는 것이 포함된다. 단계를 수정하는 것, 생성하는 것, 결정하는 것 및 선택하는 것은 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 의해 수행된다.
- [0143] 방법의 각 단계는 본 명세서에 추가로 설명된 바와 같이 수행될 수 있다. 방법은 본 명세서에 기술된 시스템, 컴퓨터 시스템(들), 컴포넌트(들) 및/또는 GAN에 의해 수행될 수 있는 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수도 있다. 컴퓨터 시스템(들)은 본 명세서에 기술된 실시예들 중 임의의 것, 예컨대, 컴퓨터 시스템(들)(102)에 따라 구성될 수 있다. 하나 이상의 컴포넌트 및 GAN은 또한 본 명세서에 기술된 실시예들 중 임의의 것에 따라 구성될 수 있다. 방법은 본 명세서에 기술된 시스템 실시예들 중 임의의 것에 의해 수행될 수 있다.
- [0144] 추가의 실시예는 표본에 수행되는 공정을 위해 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 컴퓨터 구현 방법을 수행하기 위해 하나 이상의 컴퓨터 시스템에서 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장하는 비밀시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 관한 것이다. 이와 같은 하나의 실시예가 도 7에 도시된다. 특히, 도 7에 도시된 바와 같이, 비밀시적 컴퓨터 판독 가능 매체(700)는 컴퓨터 시스템(들)(704)에서 실행 가능한 프로그램 명령어(702)를 포함한다. 컴퓨터 구현 방법은 본 명세서에 기술된 임의의 방법(들)의 임의의 단계(들)를 포함할 수 있다.
- [0145] 본 명세서에 기술된 것과 같은 방법을 구현하는 프로그램 명령어(702)는 컴퓨터 판독 가능 매체(700)에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 자기 디스크나 광 디스크, 자기 테이프 또는 당업계에 공지된 임의의 다른 적합한 비밀시적 컴퓨터 판독 가능 매체와 같은 저장 매체일 수 있다.
- [0146] 프로그램 명령어는, 특히, 절차 기반 기술(procedure-based technique), 컴포넌트 기반 기술(component-based technique) 및/또는 객체 지향 기술(object-oriented technique)을 포함하는 임의의 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 프로그램 명령어는, 원하는 대로, ActiveX 컨트롤, C++ 객체, JavaBeans, Microsoft Foundation Classes ("MFC"), SSE(Streaming SIMD Extension) 또는 기타 기술이나 방법론을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0147] 컴퓨터 시스템(들)(704)은 본 명세서에서 설명된 실시예들 중 임의의 것에 따라 구성될 수 있다.
- [0148] 또한, 본 발명의 다양한 양태의 수정 및 대체 실시예는 이러한 상세한 설명을 고려하여 당업자에게 명백할 것이다. 예를 들어, 표본에 대해 수행되는 공정에 사용되는 도구의 모드를 선택하기 위한 방법 및 시스템이 제공된다. 따라서, 이러한 상세한 설명은 단지 예시적인 것으로 해석되어야 하며, 본 발명을 수행하는 일반적인 방식을 당업자에게 가르치는 것을 목적으로 한다. 본 명세서에 도시되고 기술된 본 발명의 형태는 현재 바람직한 실시예로서 취해지는 것으로 이해되어야 한다. 요소 및 재료는 본 명세서에 예시 및 기술된 것으로 대체될 수 있고, 부품들 및 공정들이 역전될 수 있으며, 본 발명의 특정 피쳐는, 본 발명의 이러한 상세한 설명의 장점을 얻은 후, 당업자에게 명백한 바와 같이, 독립적으로 사용될 수 있다. 이하의 청구항에 기재된 바와 같이, 본 명세서에 기술된 요소는 본 발명의 사상 및 범주를 벗어나지 않고 변경될 수 있다.

도면

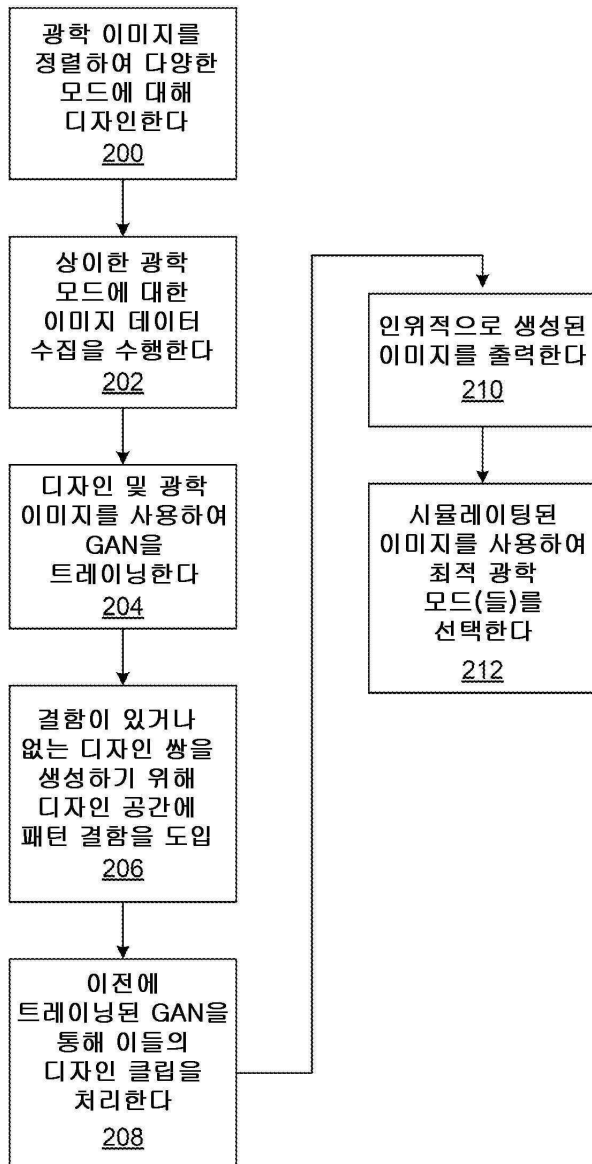
도면1



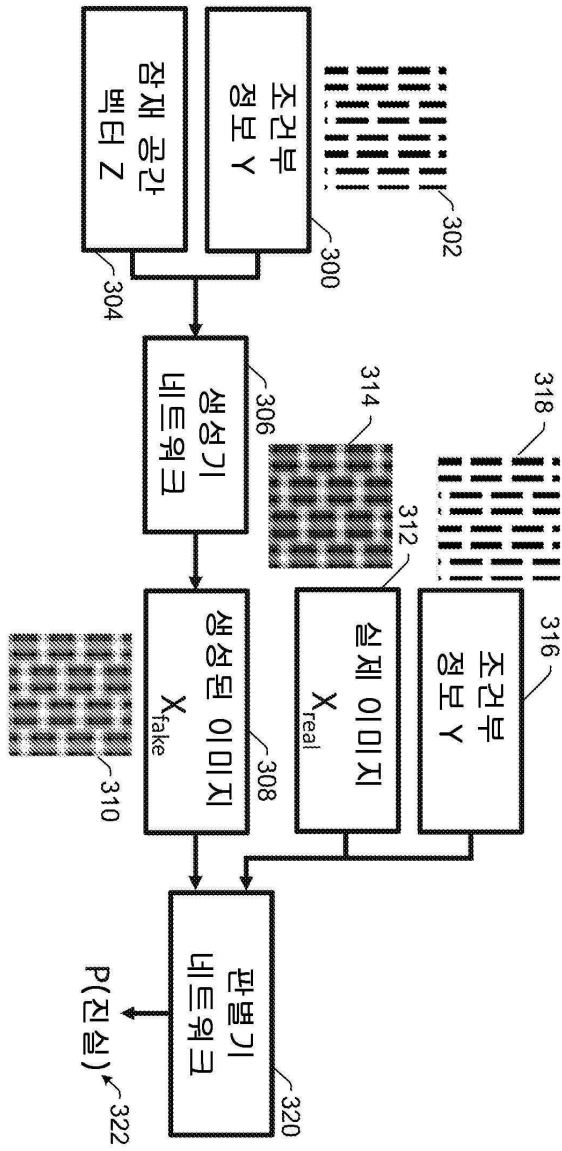
도면1a



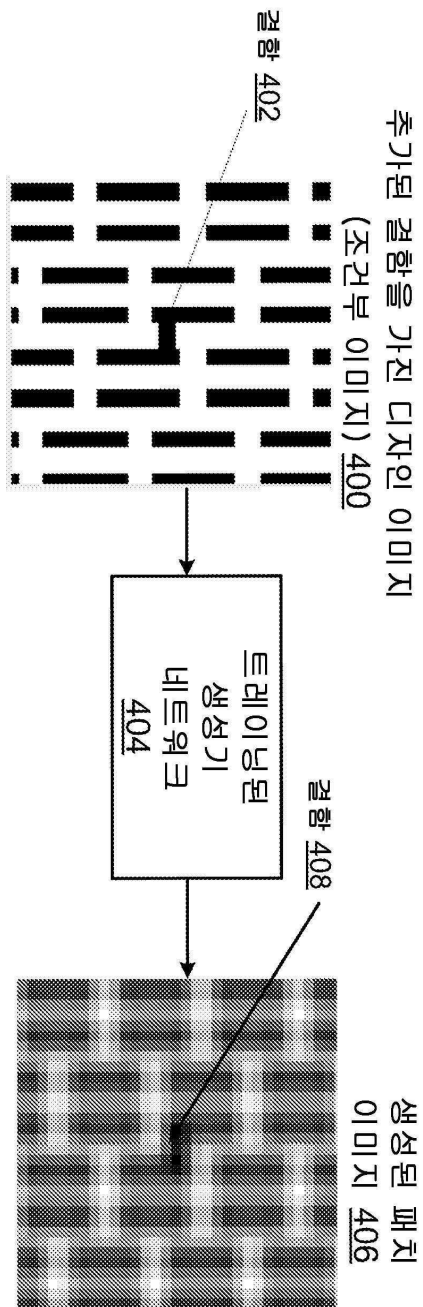
도면2



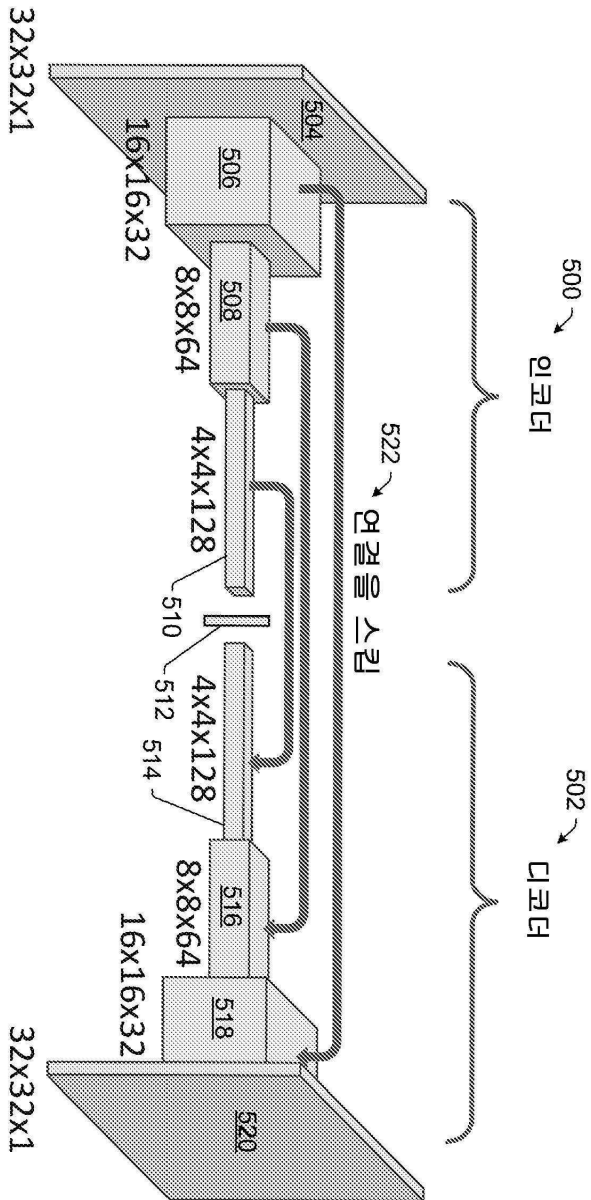
도면3



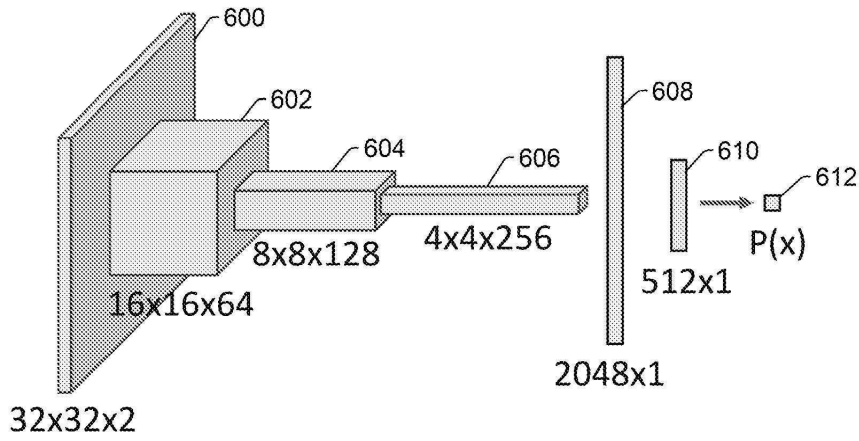
도면4



도면5



도면6



도면7

