(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월15일
(11) 등록번호 10-2718045
(24) 등록일자 2024년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06V 10/94 (2022.01) *G06F 3/0481* (2022.01)
G06N 20/00 (2019.01) *G06N 5/04* (2023.01)
G06T 11/00 (2006.01) *G06V 10/10* (2023.01)
G06V 10/14 (2022.01) *G06V 10/764* (2022.01)
G06V 20/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06V 10/945 (2023.08)
G06F 3/0481 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7010248
(22) 출원일자(국제) 2021년09월21일
심사청구일자 2024년05월13일
(85) 번역문제출일자 2023년03월24일
(65) 공개번호 10-2023-0078666
(43) 공개일자 2023년06월02일
(86) 국제출원번호 PCT/US2021/051163
(87) 국제공개번호 WO 2022/072162
국제공개일자 2022년04월07일
(30) 우선권주장
17/060,372 2020년10월01일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020200086748 A
US20180191948 A1
US20160025650 A1
KR1020190001608 A

(73) 특허권자
케이엘에이 코포레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크놀로지 드라이브
(72) 발명자
라베르트 이타이
이스라엘 365700 기바트 엘라 다프나 스트리트 1
마나쎈 암논
이스라엘 34892 하이파 골다 메이어 스트리트 10
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 42 항 심사관 : 정수진

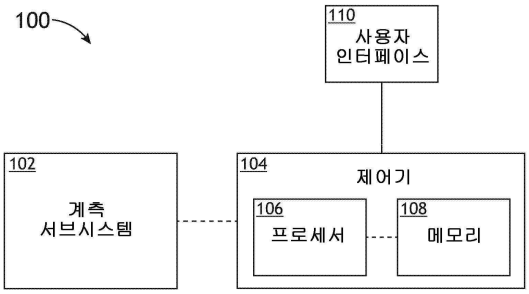
(54) 발명의 명칭 **이미지 기반 오버레이 계측에서 타겟 피처 초점을 결정하기 위한 시스템 및 방법**

(57) 요 약

계측 시스템은 하나 이상의 프로세서를 갖는 제어기에 통신 가능하게 결합된 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템을 포함하며, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지를 수신하도록 구성된다. 하나 이상의 프로세서는 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



할 수 있다. 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신할 수 있다. 하나 이상의 프로세서는 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정할 수 있다. 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신할 수 있으며, 타겟 이미지는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함하고, 이를 기반으로 오버레이를 결정할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G06N 20/00 (2021.08)
G06N 5/04 (2023.01)
G06T 11/00 (2013.01)
G06V 10/14 (2023.08)
G06V 10/16 (2023.08)
G06V 10/764 (2023.08)
G06V 20/00 (2023.08)
G06T 2200/24 (2013.01)
G06V 2201/07 (2022.01)

(72) 발명자
시몬 요씨
이스라엘 2806533 하이파 키랏 앗타 쉬프린스탁 33
산코 디미트리
미국 캘리포니아주 94590 발레이오 콜트 코트 118

사프라니 아브너
이스라엘 20187 미스가브 디.엔. 미스가브 미츠페 아비브 피오비 605

명 세 서

청구범위

청구항 1

시스템에 있어서,

하나 이상의 스루 포커스(through-focus) 이미징 계측 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기

를 포함하고, 상기 제어기는 메모리에 저장된 프로그램 명령어들의 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 상기 프로그램 명령어들의 세트는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지들을 수신하고 - 상기 복수의 트레이닝 이미지들은 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 상기 복수의 트레이닝 이미지들에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하고;

타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정치에 대한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하고;

상기 기계 학습 분류기를 사용하여, 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하고;

상기 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하고 - 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 상기 타겟 표본의 상기 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템은, 광학 기반 계측 서브시스템 및 산란계측 기반 계측 서브시스템 중, 적어도 하나를 포함하는 것인 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 초점 위치는 초점 트레이닝 범위 내의 복수의 초점 위치들을 포함하는 것인 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 이미지들은 하나 이상의 조정 축을 따라 상기 계측 서브시스템의 하나 이상의 부분을 병진이동시킴으로써 상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처되는 것인 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들의 세트는 또한 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

상기 하나 이상의 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 제공하게 하도록 구성되며, 상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 상기 하나 이상의 조정 축을 따라 병진이동되게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 센터링(centered)되게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 피처의 상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 상기 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하는 것은:

상기 타겟 표본의 제1 층 상에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제1 오버레이 측정치 및 상기 타겟 표본의 제2 층 상에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제2 오버레이 측정치에 기초하여 상기 타겟 표본의 상기 제1 층과 상기 타겟 표본의 상기 제2 층 사이의 오버레이를 결정하는 것

을 포함하는 것인 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 오버레이 측정치에 대한 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택은 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 의해 제공되는 것인 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들의 세트는 또한 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

하나 이상의 프로세스 도구에 하나 이상의 제어 신호를 제공하게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 기계 학습 분류기는 심층 학습 분류기, 컨볼루션 신경망, 앙상블(ensemble) 학습 분류기, 랜덤 포레스트(random forest) 분류기, 및 인공 신경망 중, 적어도 하나를 포함하는 것인 시스템.

청구항 11

시스템에 있어서,

하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템; 및

상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기

를 포함하고, 상기 제어기는 메모리에 저장된 프로그램 명령어들의 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 상기 프로그램 명령어들의 세트는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지들을 수신하고 - 상기 복수의 트레이닝 이미지들은 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 상기 복수의 트레이닝 이미지들에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하고;

타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정치에 대한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하고;

상기 기계 학습 분류기를 사용하여, 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하고;

상기 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하고 - 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 상기 타겟 표본의 상기 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 12

하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템을 사용하는 오버레이 측정 방법에 있어서,

하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지들을 수신하는 단계 - 상기 복수의 트레이닝 이미지들은 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 상기 복수의 트레이닝 이미지들에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하는 단계;

타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정치에 대한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하는 단계;

상기 기계 학습 분류기를 사용하여, 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하는 단계;

상기 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하는 단계 - 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 상기 타겟 표본의 상기 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ; 및

상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하는 단계

를 포함하는 오버레이 측정 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 이미지들과 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 광학 기반 계측 서브시스템 및 산란계측 기반 계측 서브시스템 중, 적어도 하나를 포함하는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템에 의해 캡처되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 초점 위치는 초점 트레이닝 범위 내의 복수의 초점 위치들을 포함하는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 이미지들은 하나 이상의 조정 축을 따라 상기 계측 서브시스템의 하나 이상의 부분을 병진이동시킴으로써 상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 제공하는 단계

를 더 포함하며, 상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 상기 하나 이상의 조정 축을 따라 병진이동되게 하도록 구성되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 센터링되게 하도록 구성되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 피처의 상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 상기 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하는 단계는:

상기 타겟 표본의 제1 층 상에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제1 오버레이 측정치 및 상기 타겟 표본의 제2 층 상에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제2 오버레이 측정치에 기초하여 상기 타겟 표본의 상기 제1 층과 상기 타겟 표본의 상기 제2 층 사이의 오버레이를 결정하는 단계

를 포함하는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 오버레이 측정치에 대한 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택은 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 의해 제공되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 20

제12항에 있어서,

하나 이상의 프로세스 도구에 하나 이상의 제어 신호를 제공하는 단계

를 더 포함하는 오버레이 측정 방법.

청구항 21

제12항에 있어서,

상기 기계 학습 분류기는 심층 학습 분류기, 컨볼루션 신경망, 앙상블 학습 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 및 인공 신경망 중, 적어도 하나를 포함하는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 22

시스템에 있어서,

하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기

를 포함하고, 상기 제어기는 메모리에 저장된 프로그램 명령어들의 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 상기 프로그램 명령어들의 세트는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지들을 수신하고 - 상기 트레이닝 이미지들 중 하나 이상은 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 상기 복수의 트레이닝 이미지들에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하고;

타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정치에 대한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하고;

상기 기계 학습 분류기를 사용하여, 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하고;

상기 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하고 - 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 상기 타겟 표본의 상기 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템은, 광학 기반 계측 서브시스템 및 산란계측 기반 계측 서브시스템 중, 적어도 하나를 포함하는 것인 시스템.

청구항 24

제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 초점 위치는 초점 트레이닝 범위 내의 복수의 초점 위치들을 포함하는 것인 시스템.

청구항 25

제22항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 이미지들은 하나 이상의 조정 축을 따라 상기 계측 서브시스템의 하나 이상의 부분을 병진이동시킴으로써 상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처되는 것인 시스템.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들의 세트는 또한 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

상기 하나 이상의 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 제공하게 하도록 구성되며, 상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 상기 하나 이상의 조정 축을 따라 병진이동되게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 센터링되게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 28

제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 피처의 상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 상기 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하는 것은:

상기 타겟 표본의 제1 층 상에 형성된 상기 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제1 오버레이 측정치 및 상기 타겟 표본의 제2 층 상에 형성된 상기 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제2 오버레이 측정치에 기초하여 상기 타겟 표본의 상기 제1 층과 상기 타겟 표본의 상기 제2 층 사이의 오버레이를 결정하는 것

을 포함하는 것인 시스템.

청구항 29

제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 오버레이 측정치에 대한 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택은 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 의해 제공되는 것인 시스템.

청구항 30

제22항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들의 세트는 또한 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

하나 이상의 프로세스 도구에 하나 이상의 제어 신호를 제공하게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 31

제22항에 있어서,

상기 기계 학습 분류기는 심층 학습 분류기, 컨볼루션 신경망, 앙상블 학습 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 및 인공 신경망 중, 적어도 하나를 포함하는 것인 시스템.

청구항 32

시스템에 있어서,

하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템; 및

상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기

를 포함하고, 상기 제어기는 메모리에 저장된 프로그램 명령어들의 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 상기 프로그램 명령어들의 세트는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지들을 수신하고 - 상기 트레이닝 이미지들 중 하나 이상은 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 상기 복수의 트레이닝 이미지들에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하고;

타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정치에 대한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하고;

상기 기계 학습 분류기를 사용하여, 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하고;

상기 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하고 - 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 상기 타겟 표본의 상기 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하게 하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 33

하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템을 사용하는 오버레이 측정 방법에 있어서,

하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지들을 수신하는 단계 - 상기 트레이닝 이미지들 중 하나 이상은 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ;

상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 상기 복수의 트레이닝 이미지들에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하는 단계;

타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정치에 대한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하는 단계;

상기 기계 학습 분류기를 사용하여, 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하는 단계;

상기 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하는 단계 - 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 상기 타겟 표본의 상기 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ; 및

상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하는 단계

를 포함하는 오버레이 측정 방법.

청구항 34

제33항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 이미지들과 상기 하나 이상의 타겟 이미지는 광학 기반 계측 서브시스템 및 산란계측 기반 계측 서브시스템 중, 적어도 하나를 포함하는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템에 의해 캡처되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 35

제33항에 있어서,

상기 하나 이상의 초점 위치는 초점 트레이닝 범위 내의 복수의 초점 위치들을 포함하는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 36

제34항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 이미지들은 하나 이상의 조정 축을 따라 상기 계측 서브시스템의 하나 이상의 부분을 병진이동시킴으로써 상기 하나 이상의 초점 위치에서 캡처되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 37

제36항에 있어서,

상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 제공하는 단계

를 더 포함하며, 상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 상기 하나 이상의 조정 축을 따라 병진이동되게 하도록 구성되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 38

제37항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 신호는 상기 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템의 상기 하나 이상의 부분이 센터링되게 하도록 구성되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 39

제33항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 피처의 상기 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 상기 하나 이상의 오버레이 측정치를 결정하는 단계는:

상기 타겟 표본의 제1 층 상에 형성된 상기 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제1 오버레이 측정치 및 상기 타겟 표본의 제2 층 상에 형성된 상기 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제2 오버레이 측정치에 기초하여 상기 타겟 표본의 상기 제1 층과 상기 타겟 표본의 상기 제2 층 사이의 오버레이를 결정하는 단계

를 포함하는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 40

제33항에 있어서,

상기 하나 이상의 오버레이 측정치에 대한 상기 하나 이상의 타겟 피처 선택은 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 의해 제공되는 것인 오버레이 측정 방법.

청구항 41

제33항에 있어서,

하나 이상의 프로세스 도구에 하나 이상의 제어 신호를 제공하는 단계

를 더 포함하는 오버레이 측정 방법.

청구항 42

제33항에 있어서,

상기 기계 학습 분류기는 심층 학습 분류기, 컨볼루션 신경망, 앙상블 학습 분류기, 랜덤 포레스트 분류기, 및 인공 신경망 중, 적어도 하나를 포함하는 것인 오버레이 측정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 일반적으로 오버레이 계측에 관한 것으로, 보다 구체적으로 타겟 피처 초점을 위한 기계 학습에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이미지 기반 오버레이 계측은 일반적으로 상이한 관심 층에 있는 오버레이 타겟 피처의 상대적 이미징된 위치에 기초하여 샘플 상의 2개 이상의 층 사이의 상대적 오프셋을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 따라서, 오버레이 측정의 정확도는 각각의 샘플 층 상의 이미징된 피처와 연관된 이미지 품질에 민감할 수 있으며, 이는 샘플에 대한 평면의 위치(예를 들어, 초점 위치) 또는 피사계 심도와 같은 요인에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 오버레이 계측 절차는 일반적으로 특정 샘플 층의 이미지 품질과 처리량 사이의 절충안을 포함한다. 예를 들어, 각각의 샘플 층의 개별 이미지에 기초한 오버레이 측정이 오버레이 타겟 피처의 최고 품질 이미지를 제공할 수 있는 경우가 있을 수 있다. 그러나, 타겟당 다수의 이미지를 캡처하면 처리량이 감소할 수 있다. 다른 예로서, 다수 층 상의 피처를 캡처하는 단일 이미지에 기초한 오버레이 측정은 상대적으로 높은 처리량을 제공할 수 있지만, 원하는 측정 정확도를 제공하기 위해 외부 도구 또는 전체 웨이퍼 측정에 기초한 기준 측정이 필요할 수 있다. 따라서, 위에서 확인된 것과 같은 결점을 해결하기 위한 시스템 및 방법을 제공하는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0003] 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따라, 계측 시스템이 개시된다. 일 실시예에서, 계측 시스템은 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기를 포함하고, 제어기는 메모리에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서로 하여금: 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지를 수신하고 - 복수의 트레이닝 이미지는 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ; 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하고; 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하고; 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하고; 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하고 - 하나 이상의 타겟 이미지는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ; 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정을 결정하도록 구성된다.

[0004] 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따라, 계측 시스템이 개시된다. 일 실시예에서, 계측 시스템은 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템을 포함한다. 다른 실시예에서, 계측 시스템은 하나 이상의 계측 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기를 포함하고, 제어기는 메모리에 저장된 프로그램 명령어 세트를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 프로그램 명령어 세트는 하나 이상의 프로세서로 하여금: 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지를 수신하고 - 복수의 트레이닝 이미지는 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함 - ; 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하고; 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하고; 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하고; 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하고 - 하나 이상의 타겟 이미지는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함함 - ; 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정을 결정하도록 구성된다.

[0005] 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따라, 하나 이상의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템을 사용하여 오버레이를 측정하기 위한 방법이 개시된다. 일 실시예에서, 방법은 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지를 수신하는 단계를 포함하며, 복수의 트레이닝 이미지는 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함한다. 다른 실시예에서, 방법은 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 방법은 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 방법은 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 방법은 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하는 단계를 포함하며, 하나 이상의 타겟 이미지는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함한다. 다른 실시예에서, 방법은 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정을 결정하는 단계를 포함한다.

[0006] 전술한 일반적인 설명과 다음의 상세한 설명은 모두 단지 예시적이고 설명적인 것이며, 청구된 바와 같이 본 발명을 반드시 제한하는 것은 아님을 이해해야 한다. 본 명세서에 통합되어 그 일부를 구성하는 첨부 도면들은 본 발명의 실시예들을 도시하고, 일반적인 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

[0007] 본 개시의 수많은 장점들은 첨부 도면들을 참조함으로써 본 기술 분야의 당업자에 의해 보다 잘 이해될 수 있다:

도 1은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 계측 시스템을 도시하는 개념도이다.

도 2는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 계측 시스템을 도시하는 단순화된 개략도이다.

도 3은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이를 측정하기 위한 방법에서 수행되는 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 4는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이를 측정하기 위한 방법에서 수행되는 단계를 도시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이제 첨부 도면들에 도시되는 개시된 주제를 상세히 참조할 것이다. 본 개시는 특정 실시예들 및 이의 특정 특징과 관련하여 특별히 도시되고 설명되었다. 본 명세서에 제시된 실시예들은 제한적이기보다는 예시적인 것으로 간주된다. 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 형태 및 세부 사항에서 다양한 변경 및 수정이 이루어질 수 있다는 것은 당업자에게 명백할 것이다. 이제 첨부 도면들에 도시되는 개시된 주제를 상세히 참조할 것이다.

[0009] 본 개시의 실시예는 샘플 상의 오버레이 타겟의 스루 포커스 이미징 시스템 및 방법에 관한 것으로, 웨이퍼 간의 프로세스 모니터링뿐만 아니라 샘플 상의 추가적인 오버레이 타겟에 대한 자체 참조 오버레이 측정 레시피를 제공한다.

[0010] 반도체 디바이스는 일반적으로 기판 상에 패턴화된 물질의 다수의 패턴화된 층으로 형성된다. 각각의 패턴화된 층은 하나 이상의 물질 증착 단계, 하나 이상의 리소그래피 단계, 또는 하나 이상의 에칭 단계와 같은 그러나 이에 제한되지 않는 일련의 프로세스 단계를 통해 제조될 수 있다. 또한, 각각의 패턴화된 층 내의 피처는 일반적으로 최종 디바이스를 적절하게 구성하기 위해 선택된 허용 오차 내에서 제조되어야 한다. 예를 들어, 상이한 샘플 층 상의 피처의 상대적 오정합과 관련된 오버레이 오차는 각각의 층 내에서 그리고 이전에 제조된 층에 대해 잘 특성화되고 제어되어야 한다.

[0011] 따라서, 오버레이 타겟이 하나 이상의 샘플 층 상에 제조되어 층 사이의 피처 오버레이의 효율적인 특성화를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 오버레이 타겟은 정확한 오버레이 측정을 용이하게 하도록 배열된 다수의 층 상에 제조된 피처를 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 샘플에 걸쳐 분포된 하나 이상의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 측정은 제조되는 반도체 디바이스와 관련된 대응하는 디바이스 피처의 오버레이를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0012] 이미지 기반 오버레이 계측 도구는 일반적으로 오버레이 타겟의 하나 이상의 이미지를 캡처하고 관심 층 상의 오버레이 타겟의 이미징된 피처의 상대 위치에 기초하여 샘플 층 사이의 오버레이를 결정한다. 예를 들어, 상이

한 샘플 층 상에 위치한 이미지 기반 오버레이에 적합한 오버레이 타겟(예를 들어, 박스-인-박스 타겟, 고급 이미징 계측(AIM) 타겟 등)의 피처는 모든 관심 층 상의 피처가 동시에 보이도록 배열될 수 있지만 반드시 그럴 필요는 없다. 이와 관련하여, 오버레이는 오버레이 타겟의 하나 이상의 이미지 내에서 관심 층 상의 피처의 상대 위치에 기초하여 결정될 수 있다. 또한, 오버레이 타겟은 단일 측정 단계 또는 다수의 측정 단계에서 임의의 수의 샘플 층 사이의 오버레이 측정을 용이하게 하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 모든 샘플 층 사이의 단일 측정 오버레이 결정을 위해 임의의 수의 샘플 층 내의 피처가 동시에 보일 수 있다. 다른 예에서, 오버레이 타겟은 선택된 층 사이의 오버레이 측정을 용이하게 하기 위해 상이한 섹션(예를 들어, 셀 등)을 가질 수 있다. 이와 관련하여, 모든 관심 층 사이의 오버레이는 오버레이 타겟의 여러 부분의 측정에 기초하여 결정될 수 있다.

[0013] 이미지 기반 오버레이의 정확도는 해상도나 수차와 같은 그러나 이에 제한되지 않는 이미지 품질과 관련된 여러 요인에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 시스템 해상도는 피처의 위치(예를 들어, 에지 위치, 대칭 중심 등)가 결정될 수 있는 정확도에 영향을 미칠 수 있다. 다른 예로서, 이미징 시스템의 수차는 피처의 크기, 모양 및 간격을 왜곡할 수 있어 이미지 기반 위치 측정은 실제 샘플을 정확하게 나타내지 못할 수 있다. 또한, 이미지 품질은 초점 위치에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 이미징 시스템의 초점 볼륨 외부에 있는 피처는 흐릿하게 보일 수 있고/있거나 초점 볼륨 내의 피처보다 오버레이 타겟 피처와 배경 공간 사이의 콘트라스트가 낮아 위치 측정(예를 들어, 에지 측정 등)의 정확도에 영향을 미칠 수 있다.

[0014] 따라서, 샘플의 상이한 층(예를 들어, 샘플의 상이한 깊이에 위치함) 상의 피처의 개별 이미지를 캡처하는 것이 정확한 오버레이 계측 측정을 제공할 수 있는 경우가 있을 수 있다. 예를 들어, 이미지 기반 오버레이 계측 시스템의 초점 위치(예를 들어, 물체 평면)는 각각의 관심 층 상의 이미징된 피처의 깊이에 대응하도록 조정될 수 있다. 이와 관련하여, 각각의 관심 층 상의 피처는 초점 위치 의존 효과를 완화하도록 설계된 조건 하에서 이미징될 수 있다.

[0015] 그러나, 다양한 깊이에서 오버레이 타겟의 다수의 이미지를 캡처하는 것은 시스템의 처리량에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 이는 다수의 이미지와 관련된 정확도의 이득을 상쇄할 수 있음을 인식한다. 본 개시의 실시예는 다수의 초점 위치에서의 오버레이 측정에 관한 것으로, 다수의 초점 위치는 계측 시스템에 의해 실시간으로 결정되며 하나 이상의 계측 타겟의 하나 이상의 부분이 위치하는 하나 이상의 다양한 깊이에 대응할 수 있다. 예를 들어, 다수의 초점 위치(예를 들어, 오버레이 타겟 피처의 위치에 대응하는 초점 깊이를 포함함)에서 캡처된 다수의 이미지에 기초하여 오버레이 타겟에 대한 오버레이 측정이 생성될 수 있으며, 여기서 계측 시스템은 (예를 들어, 기계 학습 분류기 사용을 통해) 다수의 초점 위치를 실시간으로 결정한다.

[0016] 본 개시의 추가 실시예는 하나 이상의 조정 축을 따라 계측 시스템의 하나 이상의 부분을 이동시키는 것에 관한 것이다. 예를 들어, 특정 오버레이 측정이 이루어지는 최적 좌표 위치가 다음 오버레이 측정의 최적 좌표 위치와 상이한 경우가 있을 수 있다.

[0017] 본 개시의 추가 실시예는 피드백 및/또는 피드포워드 데이터로서 프로세스 도구(예를 들어, 리소그래피 도구, 계측 도구 등)에 제공되는 제어 신호를 샘플에 걸친 오버레이 측정에 기초하여 생성하는 것에 관한 것이다.

[0018] 도 1은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이 계측 시스템(100)을 도시하는 개념도이다. 시스템(100)은 하나 이상의 계측 서브시스템(102)을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 시스템(100)은 추가적으로 하나 이상의 프로세서(106) 및 메모리(108)를 포함하는 제어기(104), 및 사용자 인터페이스(110)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.

[0019] 하나 이상의 계측 서브시스템(102)은 광학 계측 서브시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 계측 서브시스템을 포함할 수 있다. 예를 들어, 계측 서브시스템(102)은 광학 기반 계측 시스템, 광대역 계측 시스템(예를 들어, 광대역 플라즈마 계측 시스템) 또는 협대역 검사 시스템(예를 들어, 레이저 기반 계측 시스템)을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 예에서, 계측 서브시스템(102)은 산란계측 기반 계측 시스템을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 계측 서브시스템(102)은 임의의 스루 포커스 이미징 계측 서브시스템(예를 들어, 표본의 하나 이상의 이미지를 구성하도록 구성된 이미징 계측 서브시스템, 여기서 하나 이상의 이미지는 원하는 초점을 가지며 상이한 초점 위치에서 캡처된 샘플의 복수의 이미지를 사용하여 구성됨)을 포함할 수 있다.

[0020] 일 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)에 통신 가능하게 결합된다. 이와 관련하여, 제어기(104)의 하나 이상의 프로세서(106)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 하나 이

상의 조정을 하도록 구성된 하나 이상의 제어 신호를 생성하고 제공하도록 구성될 수 있다.

[0021] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지를 수신하도록 구성되며, 복수의 트레이닝 이미지는 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함한다. 예를 들어, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)으로부터 복수의 트레이닝 이미지를 수신하도록 구성될 수 있다.

[0022] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 기계 학습 분류기에 대한 입력으로서 복수의 트레이닝 이미지를 사용하도록 구성될 수 있다.

[0023] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하도록 구성될 수 있으며, 여기서 하나 이상의 타겟 피처 선택은 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응한다. 예를 들어, 제어기(104)는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자로부터 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하도록 구성될 수 있다.

[0024] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0025] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 하나 이상의 타겟 피처를 포함하는 하나 이상의 타겟 이미지를 수신하도록 구성될 수 있다.

[0026] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정을 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 제1 층 및 제2 층 각각에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 기초하여 타겟 표본의 제1 층과 타겟 표본의 제2 층 사이의 오버레이를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0027] 도 2는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 시스템(100)의 단순화된 개략도를 도시한다. 특히, 도 2에 도시된 바와 같이 시스템(100)은 시스템(100)이 광학 검사 시스템으로서 동작하도록 광학 계측 서브시스템(102)을 포함한다.

[0028] 광학 계측 서브시스템(102)은 당업계에 공지된 임의의 광학 기반 검사를 포함할 수 있다. 계측 서브시스템(102)은 조명 소스(112), 조명 암(111), 수집 암(113), 및 검출기 어셈블리(126)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.

[0029] 일 실시예에서, 계측 서브시스템(102)은 스테이지 어셈블리(122) 상에 배치된 표본(120)을 검사 및/또는 측정하도록 구성된다. 조명 소스(112)는 조명(101)을 생성하기 위한 당업계에 공지된 임의의 조명 소스를 포함할 수 있으며, 진공 자외선(VUV), 심자외선(DUV), 자외선(UV), 가시광선 또는 적외선(IR)을 포함하지만 이에 제한되지 않는 광 파장을 제공하도록 구성된 조명 소스를 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예에서, 계측 서브시스템(102)은 조명(101)을 표본(120)에 지향시키도록 구성된 조명 암(111)을 포함할 수 있다. 계측 서브시스템(102)의 조명 소스(112)는 암시야 배향, 명시야 배향 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 배향으로 구성될 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 암시야 배향, 명시야 배향 등으로 계측 서브시스템(102)을 구성하기 위해, 하나 이상의 광학 요소(114, 124)가 선택적으로 조정될 수 있다.

[0030] 표본(120)은 웨이퍼, 레티클, 포토마스크 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 표본을 포함할 수 있다. 표본(120)은 이미지 기반 오버레이 계측에 적합한 것으로 당업계에 공지된 하나 이상의 오버레이 계측 타겟을 갖는 임의의 표본을 포함할 수 있다. 예를 들어, 표본(120)은 하나 이상의 층에 하나 이상의 리소그래피적으로 구별되는 노광으로 인쇄되었을 수 있는 타겟 피처를 포함하는 오버레이 계측 타겟을 포함할 수 있다. 타겟 및/또는 타겟 피처는 2회 또는 4회 회전 대칭, 반사 대칭과 같은 다양한 대칭을 가질 수 있다.

[0031] 일 실시예에서, 표본(120)은 스테이지 어셈블리(122) 상에 배치되며, 스테이지 어셈블리(122)는 표본(120)의 이동(예를 들어, x-방향, y-방향 또는 z-방향 중 하나 이상을 따른 이동)을 용이하게 하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 스테이지 어셈블리(122)는 작동 가능한 스테이지이다. 예를 들어, 스테이지 어셈블리(122)는 하나 이상의 선형 방향(예를 들어, x-방향, y-방향 및/또는 z-방향)을 따라 표본(120)을 선택적으로 이동시키기에 적합한 하나 이상의 병진 스테이지를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 예로서, 스테이지 어셈블리(122)는 회전 방향을 따라 표본(120)을 선택적으로 회전시키기에 적합한 하나 이상의 회전 스테이지를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 예로서, 스테이지 어셈블리(122)는 선형 방향을 따라 표본(120)을 선택적으로 이동

및/또는 회전 방향을 따라 표본(120)을 회전시키기에 적합한 병진 스테이지 및 회전 스테이지를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에서, 시스템(100)은 당업계에 공지된 임의의 계측 모드에서 동작할 수 있음을 유념한다.

[0032] 조명 암(111)은 당업계에 공지된 임의의 수 및 유형의 광학 구성 요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 조명 암(111)은 하나 이상의 광학 요소(114), 하나 이상의 광학 요소(115)의 세트, 빔 스플리터(116), 및 대물렌즈(118)를 포함한다. 이와 관련하여, 조명 암(111)은 조명 소스(112)로부터의 조명(101)을 표본(120)의 표면에 집중시키도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 광학 요소(114)는 하나 이상의 거울, 하나 이상의 렌즈, 하나 이상의 편광기, 하나 이상의 빔 스플리터, 파장판 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 광학 요소를 포함할 수 있다.

[0033] 다른 실시예에서, 계측 서브시스템(102)은 표본(120)으로부터 반사되거나 산란된 조명을 수집하도록 구성된 수집 암(113)을 포함한다. 다른 실시예에서, 수집 암(113)은 반사 및 산란된 광을 하나 이상의 광학 요소(124)를 통해 검출기 어셈블리(126)의 하나 이상의 센서에 지향 및/또는 집중시킬 수 있다. 하나 이상의 광학 요소(124)는 하나 이상의 거울, 하나 이상의 렌즈, 하나 이상의 편광기, 하나 이상의 빔 스플리터, 파장판 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 광학 요소를 포함할 수 있다. 검출기 어셈블리(126)는 표본(120)으로부터 반사되거나 산란된 조명을 검출하기 위해 당업계에 공지된 임의의 센서 및 검출기 어셈블리를 포함할 수 있음을 유념한다.

[0034] 다른 실시예에서, 계측 서브시스템(102)의 검출기 어셈블리(126)는 표본(120)으로부터 반사되거나 산란된 조명에 기초하여 표본(120)의 계측 데이터를 수집하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 검출기 어셈블리(126)는 수집된/획득된 이미지 및/또는 계측 데이터를 제어기(104)에 전송하도록 구성된다.

[0035] 계측 시스템(100)은 임의의 선택된 측정 평면에서(예를 들어, z-방향을 따른 임의의 위치에서) 표본(120)을 이미징하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 표본(120)에 대해 검출기 어셈블리(126)에서 생성된 이미지와 연관된 물체 평면의 위치는 계측 시스템(100)의 구성 요소의 임의의 조합을 사용하여 조정될 수 있다. 예를 들어, 표본(120)에 대해 검출기 어셈블리(126)에서 생성된 이미지와 연관된 물체 평면의 위치는 대물렌즈(118)에 대해 스테이지 어셈블리(122)의 위치를 제어함으로써 조정될 수 있다. 다른 예로서, 표본(120)에 대해 검출기 어셈블리(126)에서 생성된 이미지와 연관된 물체 평면의 위치는 표본(120)에 대해 대물렌즈(118)의 위치를 제어함으로써 조정될 수 있다. 예를 들어, 대물렌즈(118)는 하나 이상의 조정 축(예를 들어, x-방향, y-방향 또는 z-방향)을 따라 대물렌즈(118)의 위치를 조정하도록 구성된 병진 스테이지 상에 장착될 수 있다. 다른 예로서, 표본(120)에 대해 검출기 어셈블리(126)에서 생성된 이미지와 연관된 물체 평면의 위치는 검출기 어셈블리(126)의 위치를 제어함으로써 조정될 수 있다. 예를 들어, 검출기 어셈블리(126)는 하나 이상의 조정 축을 따라 검출기 어셈블리(126)의 위치를 조정하도록 구성된 병진 스테이지 상에 장착될 수 있다. 다른 예로서, 표본(120)에 대해 검출기 어셈블리(126)에서 생성된 이미지와 연관된 물체 평면의 위치는 하나 이상의 광학 요소(124)의 위치를 제어함으로써 조정될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 광학 요소(124)는 하나 이상의 조정 축을 따라 하나 이상의 광학 요소(124)의 위치를 조정하도록 구성된 병진 스테이지 상에 장착될 수 있다. 본 명세서에서, 제어기(104)는 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 제공함으로써 전술한 조정 중 임의의 것을 수행하도록 구성될 수 있음을 특히 유념한다.

[0036] 본 명세서에서 앞서 언급한 바와 같이, 시스템(100)의 제어기(104)는 하나 이상의 프로세서(106) 및 메모리(108)를 포함할 수 있다. 메모리(108)는 하나 이상의 프로세서(106)가 본 개시 전체 걸쳐 설명된 다양한 프로세스 단계를 수행하게 하도록 구성된 프로그램 명령어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 프로그램 명령어는 하나 이상의 프로세서(106)가 본 개시의 하나 이상의 프로세스 단계를 수행하기 위해 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 특성을 조정하게 하도록 구성된다. 또한, 제어기(104)는 검출기 어셈블리(126)로부터 표본(120)과 연관된 이미지 데이터를 포함하지만 이에 제한되지 않는 데이터를 수신하도록 구성될 수 있다.

[0037] 제어기(104)의 하나 이상의 프로세서(106)는 당업계에 공지된 임의의 프로세서 또는 처리 요소를 포함할 수 있다. 본 개시의 목적을 위해, "프로세서" 또는 "처리 요소"라는 용어는 하나 이상의 처리 또는 로직 요소(예를 들어, 하나 이상의 마이크로프로세서 디바이스, 하나 이상의 주문형 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit; ASIC) 디바이스, 하나 이상의 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array; FPGA) 또는 하나 이상의 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor; DSP))를 갖는 임의의 디바이스를 포함하도록 광범위하게 정의될 수 있다. 이러한 의미에서, 하나 이상의 프로세서(106)는 알고리즘 및/또는 명령어(예를 들어, 메모리에 저장된 프로그램 명령어)를 실행하도록 구성된 임의의 디바이스를 포함할

수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 프로세서(106)는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이, 데스크톱 컴퓨터, 메인 프레임 컴퓨터 시스템, 워크 스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 프로세서, 네트워크 컴퓨터, 또는 계측 시스템(100)과 함께 동작하거나 이를 동작시키도록 구성된 프로그램을 실행하도록 구성된 임의의 다른 컴퓨터 시스템으로 구현될 수 있다.

[0038] 더욱이, 시스템(100)의 상이한 구성 요소는 본 개시에서 설명된 단계의 적어도 일부를 수행하기에 적합한 프로세서 또는 로직 요소를 포함할 수 있다. 그러므로, 상기 설명은 본 개시의 실시예에 대한 제한으로 해석되어서는 안 되고, 단지 예시로서 해석되어야 한다. 또한, 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 단계는 단일 제어기(104) 또는 대안적으로 다수의 제어기에 의해 수행될 수 있다. 추가적으로, 제어기(104)는 공통 하우징 또는 다수의 하우징 내에 수용된 하나 이상의 제어기를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 임의의 제어기 또는 제어기의 조합은 계측 시스템(100)으로의 통합에 적합한 모듈로서 개별적으로 패키징될 수 있다. 또한, 제어기(104)는 검출기 어셈블리(126)로부터 수신된 데이터를 분석하고 해당 데이터를 계측 시스템(100) 내부 또는 계측 시스템(100) 외부의 추가 구성 요소에 공급할 수 있다.

[0039] 메모리(108)는 연관된 하나 이상의 프로세서(106)에 의해 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장하기에 적합한 당업계에 공지된 임의의 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(108)는 비일시적 메모리 매체를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 메모리(108)는 읽기 전용 메모리(read-only memory; ROM), 랜덤 액세스 메모리(random-access memory; RAM), 자기 또는 광학 메모리 디바이스(예를 들어, 디스크), 자기 테이프, 솔리드 스테이트 드라이브 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 메모리(108)는 하나 이상의 프로세서(106)와 함께 공통 제어기 하우징에 수용될 수 있음을 유념한다. 일 실시예에서, 메모리(108)는 하나 이상의 프로세서(106) 및 제어기(104)의 물리적 위치에 대해 원격으로 위치될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)의 하나 이상의 프로세서(106)는 네트워크(예를 들어, 인터넷, 인트라넷 등)를 통해 액세스 가능한 원격 메모리(예를 들어, 서버)에 액세스할 수 있다.

[0040] 일 실시예에서, 사용자 인터페이스(110)는 제어기(104)에 통신 가능하게 결합된다. 사용자 인터페이스(110)는 하나 이상의 데스크톱, 랩톱, 태블릿 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예에서, 사용자 인터페이스(110)는 시스템(100)의 데이터를 사용자에게 디스플레이하는데 사용되는 디스플레이를 포함한다. 사용자 인터페이스(110)의 디스플레이는 당업계에 공지된 임의의 디스플레이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이는 액정 디스플레이(liquid crystal display; LCD), 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode; OLED) 기반 디스플레이, 또는 CRT 디스플레이를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 당업자는 사용자 인터페이스(110)와 통합 가능한 임의의 디스플레이 디바이스가 본 개시의 구현에 적합함을 인식해야 한다. 다른 실시예에서, 사용자는 사용자에게 디스플레이된 데이터에 응답하는 선택 및/또는 명령어를 사용자 인터페이스(110)의 사용자 입력 디바이스를 통해 입력할 수 있다.

[0041] 다른 실시예에서, 제어기(104)는 계측 시스템(100)의 하나 이상의 요소에 통신 가능하게 결합된다. 이와 관련하여, 제어기(104)는 계측 시스템(100)의 임의의 구성 요소로부터 데이터를 송신 및/또는 수신할 수 있다. 또한, 제어기(104)는 연관된 구성 요소에 대한 하나 이상의 제어 신호를 생성함으로써 계측 시스템(100)의 임의의 구성 요소를 지시하거나 다른 식으로 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 검출기 어셈블리(126)로부터 하나 이상의 이미지를 수신하기 위해 검출기 어셈블리(126)에 통신 가능하게 결합될 수 있다.

[0042] 도 3은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이를 측정하기 위한 방법(300)을 도시한다.

[0043] 단계(302)에서, 하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지가 수신된다. 예를 들어, 복수의 트레이닝 이미지(125)는 계측 서브시스템(102)으로부터 제어기(104)에 의해 수신될 수 있다. 이와 관련하여, 복수의 트레이닝 이미지(125)는 광학적 트레이닝 이미지를 포함할 수 있다. 추가적인 및/또는 대안적인 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102) 이외의 소스로부터 하나 이상의 트레이닝 이미지(125)를 수신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 외부 저장 디바이스 및/또는 메모리(108)로부터 표본(120)의 피처에 대한 하나 이상의 트레이닝 이미지(125)를 수신하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(104)는 또한, 수신된 트레이닝 이미지(125)를 메모리(108)에 저장하도록 구성될 수 있다.

[0044] 복수의 트레이닝 이미지(125)는 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복수의 트레이닝 이미지(125)는 트레이닝 표본의 여러 깊이에서 캡처된 이미지를 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처는 트레이닝 표본의 상이한 층에 형성된 하나 이상의 트레이닝 타겟 피처를 포함할 수 있다. 계측 서브시스템(102)은 특정 트레이닝 피처의 깊이(예를 들어, z-방향을 따른 위치)에 대응하는 하나 이상의 초점 위치에서 복수의 트레이닝 이미지(125)를 캡처하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에

서, 계측 서브시스템(102)은 초점 트레이닝 범위 내에서 복수의 트레이닝 이미지(125)를 캡처하도록 구성될 수 있으며, 여기서 초점 트레이닝 범위는 하나 이상의 트레이닝 피처의 복수의 깊이에 대응하는 복수의 초점 위치를 포함한다. 초점 트레이닝 범위는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자에 의해 제공될 수 있다.

[0045] 단계(304)에서, 기계 학습 분류기가 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 생성된다. 예를 들어, 제어기(104)는 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성하도록 구성될 수 있다. 제어기(104)는 지도 학습, 비지도 학습 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 하나 이상의 기술을 통해 기계 학습 분류기를 생성하도록 구성될 수 있다.

[0046] 예를 들어, 지도 학습의 맥락에서, 복수의 트레이닝 이미지(125)는 복수의 트레이닝 이미지 각각이 캡처된 초점 위치에 기초하여 다양한 초점 정도를 포함할 수 있다(예를 들어, 복수의 트레이닝 이미지는 샘플의 하나 이상의 피처의 복수의 스루 포커스 이미지를 포함할 수 있다). 이와 관련하여, 제어기(104)는 제어기(104)가 복수의 트레이닝 이미지 중 하나 이상의 최적 초점 허용 오차 내에 속하는 하나 이상의 트레이닝 이미지를 결정할 수 있도록 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 수신할 수 있다. 따라서, 복수의 트레이닝 이미지(125) 및 하나 이상의 최적 초점 허용 오차는 기계 학습 분류기를 트레이닝시키기 위한 입력으로 사용될 수 있다. 제어기(104)는 또한, 메모리(108)에 복수의 트레이닝 이미지(125), 최적 초점 허용 오차, 및 생성된 기계 학습 분류기를 저장하도록 구성될 수 있다.

[0047] 하나 이상의 최적 초점 허용 오차는 기계 학습 분류기가 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성될 수 있도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 하나 이상의 최적 초점 허용 오차는 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 후속적으로 캡처될 수 있는 하나 이상의 타겟 이미지가 제어기(104)에 의한 오버레이 측정을 위해 충분한 품질을 갖도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 최적 초점 허용 오차는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자에 의해 제공될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(104)는 당업계에 공지된 임의의 기술을 사용하여 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 콘트라스트 정밀도 함수(예를 들어, 다수의 초점 위치에서 캡처된 복수의 이미지에 기초하여 노이즈가 최소인 초점을 결정하도록 구성된 함수)에 기초하여 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 제어기(104)는 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 통합되거나 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 의해 생성된 Linnik 간섭계를 사용하여 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분(예를 들어, 조명 소스(112) 및/또는 조명 암(111)의 하나 이상의 부분)은 샘플을 조명하도록 구성될 수 있으며, 여기서 제어기(104)는 검출기 어셈블리(126)에 의해 수집된 조명에 기초하여 Linnik 간섭도(예를 들어, 저간섭성 간섭도)를 생성하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 제어기(104)는 간섭도의 피크(예를 들어, 모든 수집된 이미지의 가장 큰 콘트라스트를 갖는 지점)를 결정하도록 구성될 수 있고 피크를 샘플의 z-축을 따른 스루 포커스 위치와 연관시킬 수 있다.

[0048] 특히, 본 개시의 실시예는 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하기 위해 Linnik 간섭도를 생성하거나 참조하는 제어기(104)로 제한되지 않음을 유념해야 한다. 예를 들어, 제어기(104)는 다양한 초점 위치 및/또는 위치(예를 들어, x-축 및/또는 y-축 상의 좌표 위치, 여기서 복수의 트레이닝 이미지는 예컨대 병진 스테이지를 통해 이러한 축 중 하나 또는 둘 모두를 따라 다양한 좌표 위치에서 캡처될 수 있음)로부터 방출되는 조명(예를 들어, 명시야 및/또는 암시야 현미경 장치에 의해 생성된 조명)을 나타내는 하나 이상의 신호를 사용하여 생성된 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 최상의 초점 및/또는 최상의 위치를 결정하도록 구성된 기계 학습 분류기를 생성하도록 구성될 수 있다. 적어도 전술한 실시예에서, 제어기(104)는 복수의 트레이닝 이미지의 이미지 콘트라스트 및/또는 콘트라스트 정밀도에 기초하여 최상의 초점 및/또는 최상의 위치를 결정하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 기계 학습 분류기는 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있으며, 여기서 복수의 트레이닝 이미지는 샘플의 z-축을 따라 다양한 초점 위치에서 생성된 초점 슬라이스 이미지를 구성하고, 제어기(104)는 초점 슬라이스 이미지의 이미지 콘트라스트 및/또는 콘트라스트 정밀도에 기초하여 각각의 초점 슬라이스 이미지를 대응하는 최상의 초점으로 분류 및/또는 라벨링하도록 구성될 수 있다. 이러한 방식으로, 제어기(104)는 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 보간에 의해 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0049] 다른 실시예에서, 기계 학습 분류기는 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있으며, 여기서 복수의 트레이닝 이미지는 샘플의 z-축을 따라 다양한 초점 위치에서 캡처된 이미지를 포함하고, 복수의 트레이닝 이미지의 초점은 조동 초점 메커니즘을 사용하여 변경된다. 특히, 조동 초점 메커니즘(또는 본 개시에 의해 고려되는 목적에 적합한 것으로 당업계에 공지된 임의의 다른 일반적인

초점 메커니즘)은 기계 학습 분류기가 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 더 정확한 방식으로(예를 들어, 본 명세서에 기술되거나 당업계에 공지된 다른 초점 조정 방법에 비해 더 정확함) 결정하도록 허용할 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 단계(308)(이하에서 설명됨)에서와 같이, 조동 초점 메커니즘은 제어기(104)가 조동 초점(예를 들어, 나중에 미세하게 조정될 수 있는 일반 초점 위치(아래 단계(308) 참조))을 결정 및/또는 설정하도록 구성될 수 있다. 조동 초점 시스템은 렌즈 삼각 측량 메커니즘, 바이셀 검출기 장치 및/또는 임의의 범위 찾기 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는 본 개시에 의해 고려되는 목적에 적합한 것으로 당업계에 공지된 임의의 조동 초점 메커니즘을 포함할 수 있음을 유념한다.

[0050] 단계(304)에서 생성된 기계 학습 분류기는 랜덤 포레스트 분류기, 서포트 벡터 머신(support vector machine; SVM) 분류기, 앙상블 학습 분류기, 인공 신경망(artificial neural network; ANN) 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 유형의 기계 학습 알고리즘/분류기 및/또는 심층 학습 기술 또는 분류기를 포함할 수 있음을 유념한다. 다른 예로서, 기계 학습 분류기는 심층 컨볼루션 신경망(convolutional neural network; CNN)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 기계 학습 분류기는 ALEXNET 및/또는 GOOGLENET을 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 기계 학습 분류기는 Linnik 간섭도를 생성하고 Linnik 간섭도를 사용하여 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성된 임의의 알고리즘, 분류기, 또는 예측 모델을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 알고리즘, 분류기, 또는 예측 모델을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 기계 학습 분류기는 다수의 층 및 수용기를 갖는 신경망을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기계 학습 분류기는 대략 5개의 층과 대략 50개의 수용기를 갖는 신경망을 포함할 수 있다.

[0051] 단계(306)에서, 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택이 수신된다. 예를 들어, 제어기(104)는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자로부터 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 타겟 피처 선택은 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함하는 하나 이상의 타겟 이미지를 캡처하도록 시스템(100)에 지시하도록 구성된 하나 이상의 신호를 포함할 수 있다. 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하면, 제어기(104)는 타겟 표본 내의 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자에 의해 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 제공받을 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(104)는 메모리(108)에 저장된 타겟 표본에 대응하는 하나 이상의 설계 파일 또는 다른 데이터를 참조하여 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 결정할 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(104)는 Linnik 간섭도에 기초하여 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 결정할 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 샘플의 z-축을 따른 스루 포커스 위치와 연관된 Linnik 간섭도의 피크를 참조하여 하나 이상의 예상 깊이를 결정할 수 있다.

[0052] 단계(308)에서, 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치가 결정된다. 예를 들어, 제어기(104)는 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 제어기(104)는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 기계 학습 분류기에 대한 입력으로서 제공할 수 있다. 이와 관련하여, 기계 학습 분류기는 복수의 트레이닝 이미지(125) 및 최적 초점 허용 오차에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 제공하도록 구성될 수 있다. 기계 학습 분류기는 콘트라스트 정밀 함수, Linnink 간섭도 함수, 또는 본 명세서에 설명된 임의의 다른 방법에 의해 제공되는 초점 위치의 1 미크론 내에서 하나 이상의 초점 위치를 결정함으로써 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성될 수 있음을 유념한다.

[0053] 일부 실시예에서, 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정할 때, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 대한 하나 이상의 제어 신호를 결정 및/또는 제공하도록 구성될 수 있으며, 여기서 하나 이상의 제어 신호는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분이 하나 이상의 조정 축(예를 들어, x-방향, y-방향 및/또는 z-방향)을 따라 이동되도록 구성된다. 예를 들어, 제어기(104)는 타겟 표본이 하나 이상의 결정된 타겟 초점 위치 중 하나에 위치하도록 스테이지 어셈블리(122) 및/또는 검출기 어셈블리(126)에 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 계측 서브시스템(102)이 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 하나 이상의 타겟 이미지를 캡처할 수 있도록, 제어기(104)는 광학 요소(114, 115), 빔 스플리터(116), 대물렌즈(118), 또는 광학 요소(124) 중 적어도 하나에 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0054] 조동 초점 메커니즘을 사용하여 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하

도록 구성된 기계 학습 분류기의 경우, 기계 학습 분류기는 조동 초점 시스템에 대한 하나 이상의 제어 신호를 결정하도록 구성될 수 있으며(그리고 제어기(104)는 이를 제공하도록 구성될 수 있음), 여기서 하나 이상의 제어 신호는 조동 초점 시스템이 타겟 초점 위치의 ±2 마이크로미터 이내의 초점 위치로 초점을 조정하게 하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 기계 학습 분류기는 조동 초점 시스템에 의해 결정된 초점 위치를 수정하기 위해 하나 이상의 미세 초점 조정을 결정함으로써 하나 이상의 최적 초점 허용 오차를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0055] 단계(310)에서, 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 타겟 이미지가 수신된다. 예를 들어, 제어기(104)는 계측 서브시스템(102)으로부터 하나 이상의 타겟 이미지(135)를 수신하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "타겟 이미지"라는 용어는 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처되고 하나 이상의 오버레이 측정이 결정될 하나 이상의 타겟 피처의 이미지를 지칭할 수 있다. 따라서, "타겟 이미지"라는 용어는 기계 학습 분류기를 트레이닝시키기 위한 입력으로 사용될 수 있는 트레이닝 피처의 이미지로 간주될 수 있는 "트레이닝 이미지"와 구별될 수 있다.

[0056] 트레이닝 이미지(125)의 획득에 관한 임의의 논의는 본 명세서에서 달리 언급되지 않는 한 타겟 이미지(135)의 획득에 적용되는 것으로 간주될 수 있음을 유념한다. 추가적인 및/또는 대안적인 실시예에서, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102) 이외의 소스로부터 하나 이상의 타겟 이미지(135)를 수신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 외부 저장 디바이스 및/또는 메모리(108)로부터 표본(120)의 하나 이상의 타겟 이미지(135)를 수신하도록 구성될 수 있다.

[0057] 단계(312)에서, 하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정이 결정된다. 예를 들어, 제어기(104)는 타겟 표본의 제1 층 상에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제1 오버레이 측정 및 타겟 표본의 제2 층 상에 형성된 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 제2 오버레이 측정에 기초하여 타겟 표본의 제1 층과 타겟 표본의 제2 층 사이의 오버레이를 결정하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 제어기(104)는 제1 층과 제2 층 사이의 오프셋(예를 들어, PPE)을 결정하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 오버레이 측정은 표본의 특정 타겟 피처와 함께 사용하도록 구성된 오버레이 측정을 포함하여, 본 개시에 의해 고려된 목적에 적합한 것으로 당업계에 공지된 임의의 오버레이 측정을 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 제어기(104)는 하나 이상의 오버레이 측정을 결정하기 위해 메모리(108)에 저장되거나 다른 식으로 제어기(104)에 제공되는 하나 이상의 오버레이 알고리즘을 이용하도록 구성될 수 있다.

[0058] 일부 실시예에서, 방법(300)은 단계(314)를 포함할 수 있다. 단계(314)에서, 하나 이상의 제어 신호가 제공된다. 예를 들어, 하나 이상의 프로세스 도구(예를 들어, 리소그래피 도구)를 조정하기 위한 하나 이상의 제어 신호가 제공된다. 추가적인 예로서, 제어기(104)는 하나 이상의 프로세스 도구의 하나 이상의 파라미터가 조정되도록 하나 이상의 프로세스 도구의 하나 이상의 부분에 하나 이상의 프로세스 도구의 하나 이상의 파라미터(예를 들어, 제조 설정, 구성 및 등)를 조정하기 위한 하나 이상의 제어 신호(또는 제어 신호에 대한 보정)를 제공할 수 있다. 제어기(104)는 표본의 하나 이상의 오버레이 측정에 기초하여 하나 이상의 제어 신호를 결정할 수 있다. 제어 신호(또는 제어 신호에 대한 보정)는 피드백 및/또는 피드포워드 제어 루프의 일부로서 제어기(104)에 의해 제공될 수 있다. 제어기(104)는 하나 이상의 프로세스 도구로 하여금 제어 신호에 기초하여 프로세스 도구의 하나 이상의 파라미터에 대한 하나 이상의 조정을 실행하게 할 수 있거나, 제어기(104)는 하나 이상의 파라미터에 대한 하나 이상의 조정을 하도록 사용자에게 경고할 수 있다. 이러한 의미에서, 하나 이상의 제어 신호는 하나 이상의 프로세스 도구의 하나 이상의 제조 프로세스의 오류를 보상할 수 있으며, 따라서 하나 이상의 프로세스 도구가 동일하거나 상이한 로트의 후속 샘플에 대한 다중 노출에 걸쳐 선택된 허용 오차 내에서 오버레이를 유지하도록 할 수 있다.

[0059] 도 4는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이를 측정하기 위한 방법(400)을 도시한다.

[0060] 단계(402)에서, 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택이 수신된다. 예를 들어, 제어기(104)는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자로부터 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 타겟 피처 선택은 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함하는 하나 이상의 타겟 이미지를 캡처하도록 시스템(100)에 지시하도록 구성된 하나 이상의 신호를 포함할 수 있다. 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신하면, 제어기(104)는 타겟 표본 내의 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 위치(예를 들어, x-방향, y-방향 및/또는 z-방향을 따른 위치)를 결정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 사용자 인터페이스(110)를 통해 사용자에 의해 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 위치를 제공받을 수 있다.

다른 실시예에서, 제어기(104)는 메모리(108)에 저장된 타겟 표본에 대응하는 하나 이상의 설계 파일 또는 다른 데이터를 참조하여 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 결정할 수 있다.

[0061] 단계(404)에서, 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치가 결정된다. 예를 들어, 제어기(104)는 기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정하도록 구성될 수 있으며, 여기서 하나 이상의 타겟 피처 선택은 하나 이상의 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처에 대응한다. 다른 예로서, 제어기(104)는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 예상 깊이를 기계 학습 분류기에 대한 입력으로서 제공할 수 있다. 이와 관련하여, 기계 학습 분류기는 복수의 트레이닝 이미지(125) 및 최적 초점 허용 오차에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0062] 일부 실시예에서, 단계(406)에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정할 때, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 대한 하나 이상의 제어 신호를 결정 및/또는 제공하도록 구성될 수 있으며, 여기서 하나 이상의 제어 신호는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분이 하나 이상의 조정 축(예를 들어, x-방향, y-방향 및/또는 z-방향)을 따라 이동되도록 구성된다. 예를 들어, 일 실시예에서, 제어기(104)는 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처가 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 구성 요소의 시야 내에서 중심에 위치하도록 스테이지 어셈블리(122) 및/또는 검출기 어셈블리에 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 제어기(104)는 타겟 이미지(135)가 타겟 이미지(135)의 하나 이상의 중심에 하나 이상의 타겟 피처를 포함하도록 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어기(104)는 타겟 표본이 하나 이상의 결정된 타겟 초점 위치 중 하나에 위치하도록 스테이지 어셈블리(122)에 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 계측 서브시스템(102)이 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 하나 이상의 타겟 이미지를 캡처할 수 있도록, 제어기(104)는 광학 요소(114, 115), 빔 스플리터(116), 대물렌즈(118), 또는 광학 요소(124) 중 적어도 하나에 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0063] 특히, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분에 하나 이상의 제어 신호를 동시에 제공하도록 구성될 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 제어기(104)는 x-방향 및/또는 y-방향을 따라 스테이지 어셈블리(122)에 그리고 z-방향을 따라 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 다른 부분(예를 들어, 검출기 어셈블리(126) 및/또는 대물렌즈(118))에 동시 조정을 유발하도록 구성된 하나 이상의 제어 신호를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0064] 추가적으로 특히, 제어기(104)는 하나 이상의 계측 서브시스템(102)의 하나 이상의 부분의 이동을 유발하도록 구성된 하나 이상의 제어 신호를 결정하기 위해 기계 학습 분류기를 사용하도록 구성될 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 기계 학습 분류기는 하나 이상의 위치(예를 들어, x-축 및/또는 y-축을 따른 위치)를 원하는 하나 이상의 타겟 피처와 연관시키도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 기계 학습 분류기는 시야 내에서 하나 이상의 타겟 피처를 자동으로 중심에 두는 위치(예를 들어, x-축 및/또는 y-축 상의 좌표 위치)를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0065] 단계(408)에서, 하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 피처의 하나 이상의 타겟 이미지가 수신된다. 예를 들어, 제어기(104)는 계측 서브시스템(102)으로부터 하나 이상의 타겟 이미지(135)를 수신하도록 구성될 수 있다.

[0066] 본 명세서에 설명된 모든 방법은 방법 실시예들의 하나 이상의 단계들의 결과를 메모리에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 결과는 본 명세서에 설명된 결과 중 임의의 것을 포함할 수 있으며, 당업계에 공지된 임의의 방식으로 저장될 수 있다. 메모리는 본 명세서에 설명된 임의의 메모리 또는 당업계에 공지된 임의의 다른 적절한 저장 매체를 포함할 수 있다. 결과가 저장된 후, 메모리의 결과는 액세스될 수 있고, 본 명세서에 설명된 방법 또는 시스템 실시예들 중 임의의 것에 의해 사용될 수 있고, 사용자에게 디스플레이하기 위해 서식이 만들어질 수 있으며, 다른 소프트웨어 모듈, 방법, 또는 시스템 등에 의해 사용될 수 있다. 더욱이, 결과는 "영구적으로", "반영구적으로", "일시적으로" 또는 일정 기간 동안 저장될 수 있다. 예를 들어, 메모리는 랜덤 액세스 메모리(RAM)일 수 있으며, 결과는 반드시 메모리에 무기한으로 지속되는 것은 아니다.

[0067] 상기 설명된 방법 실시예들 각각은 본 명세서에 설명된 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있음이 또한 고려된다. 또한, 상기 설명된 방법 실시예들 각각은 본 명세서에서 설명된 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0068] 당업자는 본 명세서에 설명된 구성 요소, 동작, 디바이스, 객체 및 이들에 수반되는 논의가 개념적 명확성을 위해 예로서 사용되고 다양한 구성 수정이 고려된다는 것을 인식할 것이다. 결과적으로, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 제시된 특정 예시 및 수반되는 논의는 보다 일반적인 클래스를 대표하도록 의도된다. 일반적으로, 특정 예시의 사용은 해당 클래스를 대표하는 것으로 의도되며, 특정 구성 요소, 동작, 디바이스 및 객체를 포함하지 않는 것은 제한으로 간주되어서는 안 된다.

[0069] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "상부", "하부", "위", "아래", "상위", "위쪽", "하위", "하단" 및 "아래쪽"과 같은 방향성 용어는 설명을 목적으로 상대적인 위치를 제공하기 위한 것으로, 절대적인 참조 틀을 지정하기 위한 것이 아니다. 설명된 실시예들에 대한 다양한 수정이 당업자에게 명백할 것이며, 본 명세서에서 정의된 일반적인 원리는 다른 실시예들에 적용될 수 있다.

[0070] 본 명세서에서 실질적으로 임의의 복수 및/또는 단수 용어의 사용과 관련하여, 당업자는 상황 및/또는 적용에 적절하게 복수에서 단수로 및/또는 단수에서 복수로 번역할 수 있다. 다양한 단수/복수 순열은 명확성을 위해 본 명세서에서 명시적으로 설명하지 않는다.

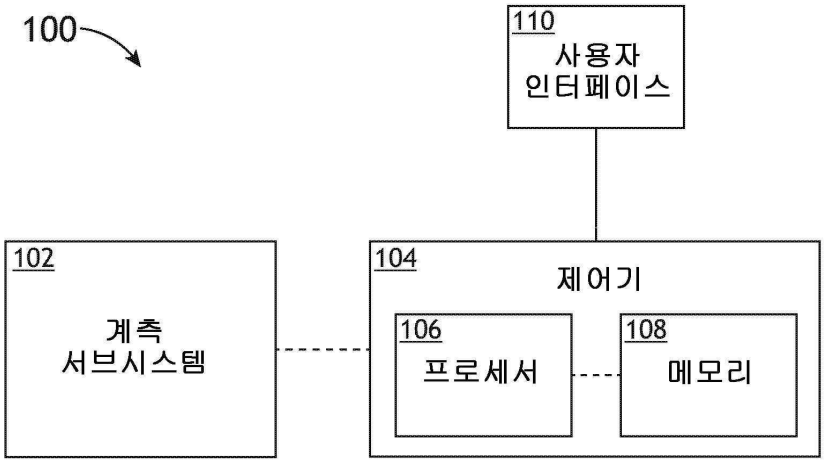
[0071] 본 명세서에 설명된 주제는 때때로 다른 구성 요소 내에 포함되거나 다른 구성 요소와 연결된 상이한 구성 요소를 나타낸다. 이와 같이 도시된 아키텍처는 단지 예시일 뿐이며 실제로 동일한 기능을 달성하는 많은 다른 아키텍처가 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 개념적 의미에서, 동일한 기능을 달성하기 위한 구성 요소의 임의의 배열은 원하는 기능이 달성되도록 효과적으로 "연관"된다. 따라서, 특정 기능을 달성하기 위해 본 명세서에서 결합된 임의의 2개의 구성 요소는 아키텍처 또는 중간 구성 요소에 관계없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관"된 것으로 볼 수 있다. 마찬가지로, 이와 같이 연관된 임의의 2개의 구성 요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "연결" 또는 "결합"된 것으로 볼 수 있으며, 이와 같이 연관될 수 있는 임의의 2개의 구성 요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "결합 가능"한 것으로 볼 수도 있다. 결합 가능의 구체적인 예는 물리적으로 짝을 이룰 수 있는 및/또는 물리적으로 상호 작용하는 구성 요소 및/또는 무선으로 상호 작용할 수 있는 및/또는 무선으로 상호 작용하는 구성 요소 및/또는 논리적으로 상호 작용하는 및/또는 논리적으로 상호 작용할 수 있는 구성 요소를 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0072] 또한, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의된다는 것을 이해해야 한다. 일반적으로, 본 명세서에서 사용된 용어, 특히 첨부된 청구범위(예를 들어, 첨부된 청구범위의 본문)에서 사용된 용어는 일반적으로 "개방형" 용어(예를 들어, "포함하는"이라는 용어는 "포함하지만 이에 제한되지 않는"으로 해석되어야 하고, "갖는"이라는 용어는 "적어도 갖는"으로 해석되어야 하며, "포함한다"라는 용어는 "포함하지만 이에 제한되지 않는다" 등으로 해석되어야 함)로 의도된다는 것을 당업자는 이해할 것이다. 특정 수의 도입 청구항 기재가 의도된 경우, 이러한 의도는 청구항에서 명시적으로 기재될 것이며, 이러한 기재가 없는 경우, 이러한 의도가 존재하지 않는다는 것이 당업자에 의해 또한 이해될 것이다. 예를 들어, 이해를 돕기 위해, 다음의 첨부된 청구범위는 청구항 기재를 도입하기 위해 "적어도 하나" 및 "하나 이상"이라는 도입 문구의 사용을 포함할 수 있다. 그러나, 이러한 문구의 사용은 부정 관사("a" 또는 "an")에 의한 청구항 기재의 도입이 이러한 도입 청구항 기재를 포함하는 특정 청구항을 이러한 기재를 하나만 포함하는 발명으로 제한한다고 의미하는 것으로 해석되어서는 안 되며, 동일한 청구항이 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"라는 도입 문구와 "a" 또는 "an"과 같은 부정 관사를 포함하는 경우에도 마찬가지이며(예를 들어, "a" 및/또는 "an"은 일반적으로 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 함); 청구항 기재를 도입하는 데 정관사를 사용하는 경우에도 마찬가지이다. 또한, 특정 수의 도입 청구항 기재가 명시적으로 기재되더라도, 당업자는 이러한 기재가 일반적으로 적어도 기재된 수를 의미하는 것으로 해석되어야 한다는 것을 인식할 것이다(예를 들어, 다른 수식어가 없는 "두 개"의 기본적 기재는 일반적으로 적어도 두 개의 기재 또는 두 개 이상의 기재를 의미한다). 또한, "A, B 및 C 등 중 적어도 하나"와 유사한 관례가 사용되는 경우, 일반적으로 이러한 구조는 당업자가 관례를 이해할 것이라는 의미에서 의도된다(예를 들어, "A, B 및 C 중 적어도 하나를 갖는 시스템"은 A 단독, B 단독, C 단독, A와 B를 함께, A와 C를 함께, B와 C를 함께 및/또는 A와 B와 C를 함께 등을 갖는 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는다). "A, B 또는 C 등 중 적어도 하나"와 유사한 관례가 사용되는 경우, 일반적으로 이러한 구조는 당업자가 관례를 이해할 것이라는 의미에서 의도된다(예를 들어, "A, B 또는 C 중 적어도 하나를 갖는 시스템"은 A 단독, B 단독, C 단독, A와 B를 함께, A와 C를 함께, B와 C를 함께 및/또는 A와 B와 C를 함께 등을 갖는 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는다). 상세한 설명, 청구범위 또는 도면에 있어서, 2개 이상의 대체 용어를 제시하는 사실상 임의의 분리 단어 및/또는 문구는 용어 중 하나, 용어 중 어느 하나, 또는 용어 모두를 포함할 수 있는 가능성을 고려하도록 이해되어야 한다는 것을 당업자는 또한 이해할 것이다. 예를 들어, "A 또는 B"라는 문구는 "A" 또는 "B" 또는 "A 및 B"의 가능성을 포함하는 것으로 이해될 것이다.

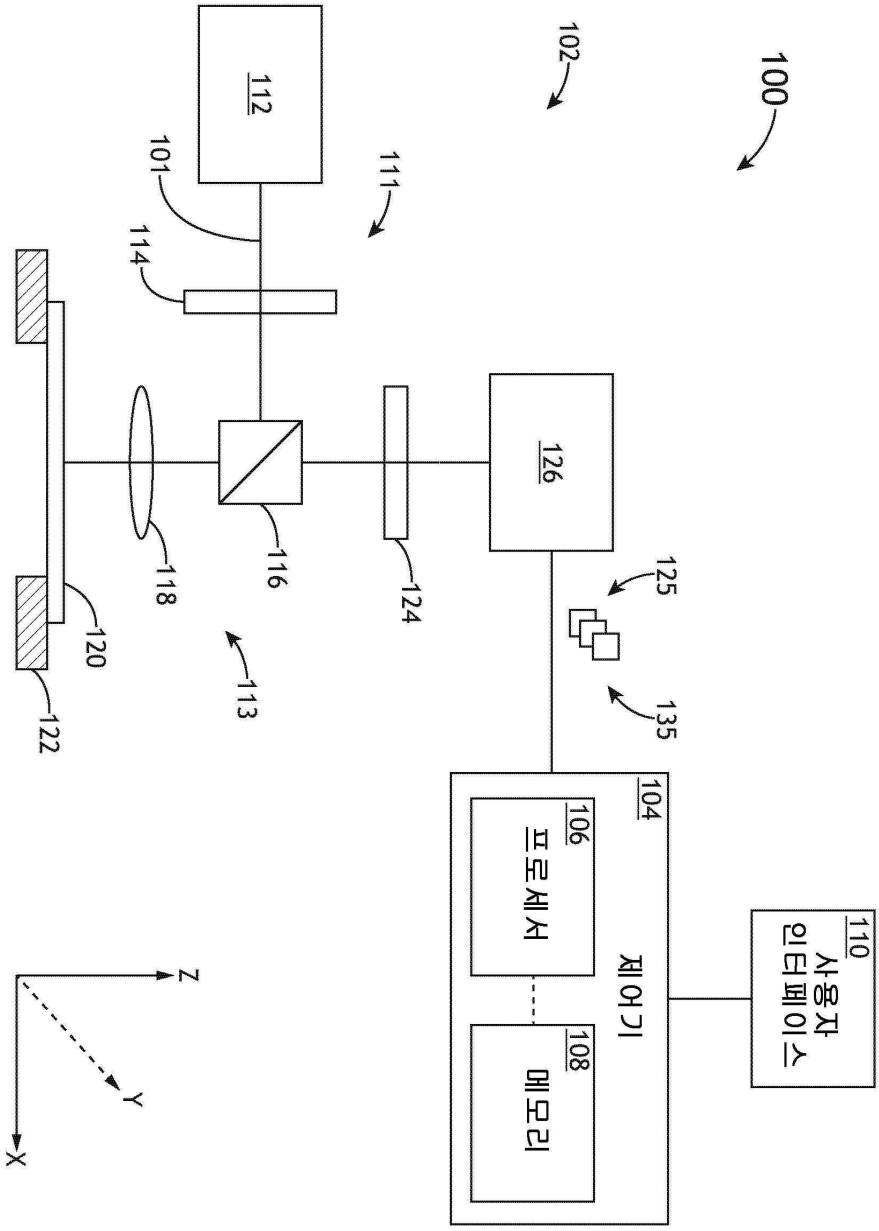
[0073] 본 개시 및 본 개시의 많은 부수적인 장점들이 전술한 설명에 의해 이해될 것으로 믿어지며, 개시된 주제를 벗어나지 않거나 본 개시의 모든 물질적 장점들을 희생시키지 않는 다양한 변경들이 구성 요소의 형태, 구성, 및 배열에 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 설명된 형태는 단지 설명적인 것이며, 이러한 변경을 아우르고 포함하는 것은 다음의 청구범위의 의도이다. 또한, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 것으로 이해되어야 한다.

도면

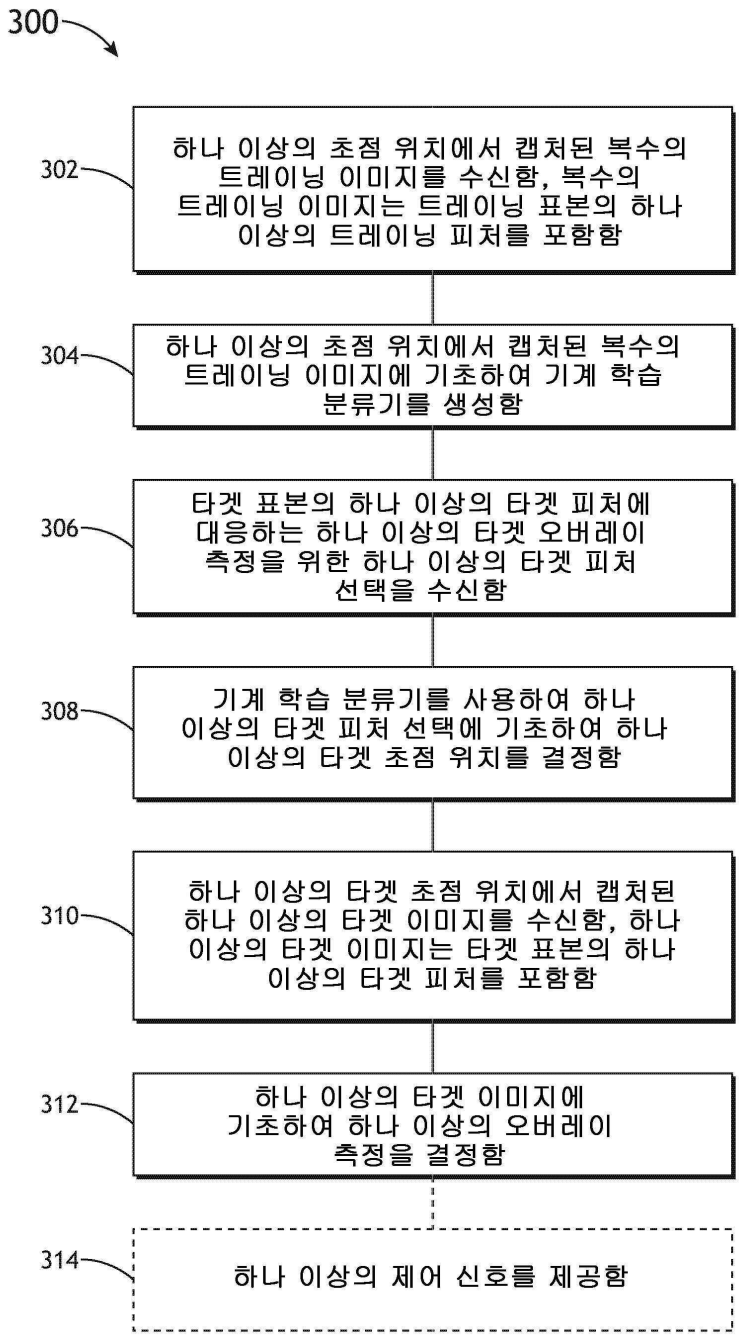
도면1



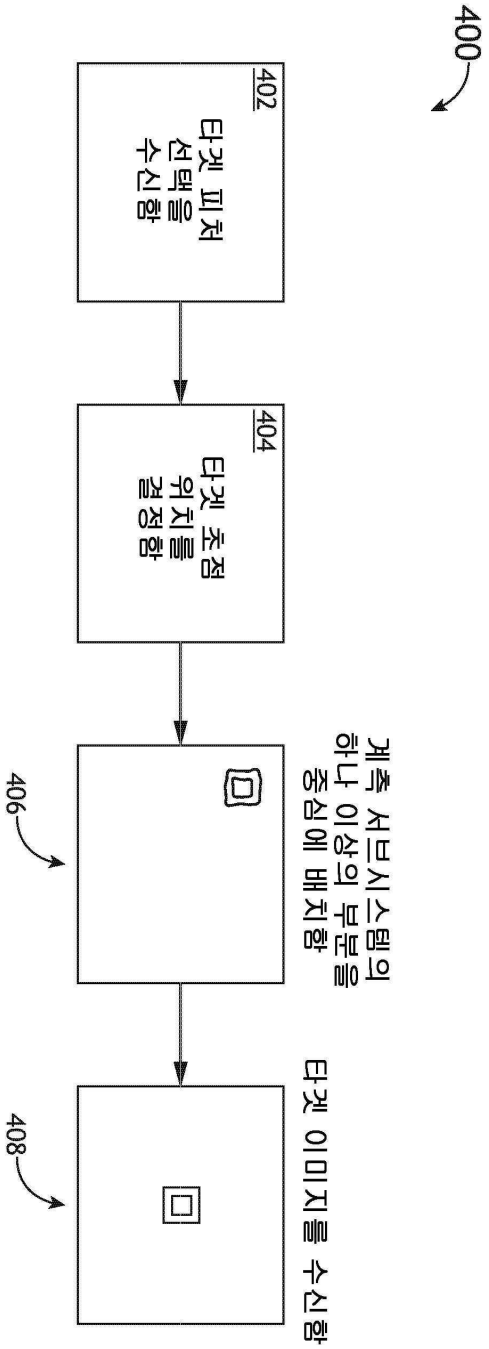
도면2


100
102
112
101
111
114
126
116
118
124
120
122
113
125
135
104
106
프로세서
108
메모리
제어기
110
사용자
인터페이스
Z
Y
X

도면3


300
302
하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지를 수신함, 복수의 트레이닝 이미지는 트레이닝 표본의 하나 이상의 트레이닝 피처를 포함함
304
하나 이상의 초점 위치에서 캡처된 복수의 트레이닝 이미지에 기초하여 기계 학습 분류기를 생성함
306
타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처에 대응하는 하나 이상의 타겟 오버레이 측정을 위한 하나 이상의 타겟 피처 선택을 수신함
308
기계 학습 분류기를 사용하여 하나 이상의 타겟 피처 선택에 기초하여 하나 이상의 타겟 초점 위치를 결정함
310
하나 이상의 타겟 초점 위치에서 캡처된 하나 이상의 타겟 이미지를 수신함, 하나 이상의 타겟 이미지는 타겟 표본의 하나 이상의 타겟 피처를 포함함
312
하나 이상의 타겟 이미지에 기초하여 하나 이상의 오버레이 측정을 결정함
314
하나 이상의 제어 신호를 제공함

도면4


400
402
타겟 피처 선택을 수신함
404
타겟 초점 위치를 결정함
406
계측 서브시스템의 하나 이상의 부분을 중심에 배치함
408
타겟 이미지를 수신함