



등록특허 10-2789381



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년03월31일
(11) 등록번호 10-2789381
(24) 등록일자 2025년03월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/27 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01B 11/272 (2013.01)
G03F 7/70633 (2023.05)
(21) 출원번호 10-2022-7045266
(22) 출원일자(국제) 2021년05월17일
심사청구일자 2024년03월06일
(85) 번역문제출일자 2022년12월22일
(65) 공개번호 10-2023-0014766
(43) 공개일자 2023년01월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2021/032655
(87) 국제공개번호 WO 2021/236470
국제공개일자 2021년11월25일
(30) 우선권주장
63/028,568 2020년05월22일 미국(US)
17/068,328 2020년10월12일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20040245439 A1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
케이엘에이 코퍼레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크
놀로지 드라이브
(72) 발명자
마나센 암논
이스라엘 34892 하이파 골다 메이어 스트리트 10
힐 앤드류 브이
미국 94707 캘리포니아주 버클리 로스앤젤레스 애
비뉴 2112
라레도 길라드
이스라엘 3298531 하이파 카시데이 우모트 하올람
18
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 35 항

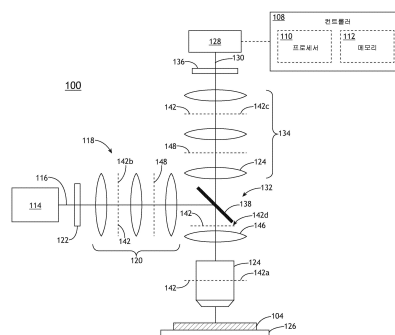
심사관 : 한동기

(54) 발명의 명칭 오버레이를 위한 측정 모드

(57) 요약

오버레이 측정 도구는 조명원, 하나 이상의 조명 빔으로 주기적인 피쳐를 갖는 오버레이 타겟을 조명하기 위한 조명 광학계, 오버레이 타겟의 주기적인 피쳐로부터 검출기로 회절된 광을 지향시키는 수집 광학계, 동공 평면에 위치한 조정가능한 동공 마스크, 및 컨트롤러를 포함할 수 있다. 조정가능한 동공 마스크는 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 개별적으로 어드레싱가능한 제어 구역을 포함할 수 있다. 컨트롤러는 선택된 오버레이 측정 레시피에 대응하는 선택된 동공 투과율 분포를 제공하도록 조정가능한 동공 마스크에 지시할 수 있고, 선택된 동공 투과율 분포는 타겟으로부터 검출기로 선택된 회절 차수 세트의 투과를 제공하는 하나 이상의 제어 구역의 선택된 구성에 대응한다.

대표도



(52) CPC특허분류
G01B 2210/56 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
US20190310080 A1*
JP2009539109 A
KR1020200010508 A
KR1020150058550 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

오버레이 계측 도구에 있어서,

조명원;

상기 조명원으로부터의 하나 이상의 조명 빔으로 샘플 상의 오버레이 타겟을 조명하도록 구성된 하나 이상의 조명 광학계 - 상기 오버레이 타겟은 하나 이상의 측정 방향을 따라 주기적인 피쳐(periodic feature)를 포함함 - ;

상기 오버레이 타겟의 주기적인 피쳐로부터의 회절된 광을 검출기로 지향시키도록 구성된 하나 이상의 수집 광학계;

동공 평면에 위치된 조정가능한 동공 마스크 - 상기 동공 평면은 수집 동공 평면에 대응하고, 상기 조정가능한 동공 마스크는 상기 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 제어 구역을 포함하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 개별적으로 어드레싱가능하고, 상기 조정가능한 동공 투과율 분포는 상기 동공 평면의 각각의 하나 이상의 부분에서 회절된 광의 상기 검출기로의 통과의 선택적 제어를 제공하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상이한 동공 투과율 분포를 이용하여 둘 이상의 측정 모드에 따라 상기 오버레이 계측 도구의 조작성(operability)을 제공함 - ; 및

상기 조정가능한 동공 마스크에 통신가능하게 커플링된 컨트롤러 - 상기 컨트롤러는 프로그램 명령어들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함함 - 를 포함하고,

상기 프로그램 명령어들은 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

선택된 오버레이 계측 레시피에 대응하는 선택된 동공 투과율 분포를 제공하도록 상기 조정가능한 동공 마스크에 지시하게 하고 - 상기 선택된 동공 투과율 분포는 상기 둘 이상의 측정 모드 중 하나의 측정 모드와 연관된, 상기 타겟으로부터 상기 검출기로의 선택된 회절 차수 세트의 투과를 제공하는 상기 하나 이상의 제어 구역의 선택된 구성에 대응함 - ,

상기 검출기로부터의 측정 데이터에 기초하여 상기 둘 이상의 측정 모드 중 상기 하나의 측정 모드와 연관된 상기 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정하게 하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 2

제1항에 있어서,

대물 렌즈를 더 포함하고, 상기 하나 이상의 조명 광학계는 상기 대물 렌즈를 통해 상기 하나 이상의 조명 빔으로 상기 오버레이 타겟을 조명하고, 상기 하나 이상의 수집 광학계는 상기 대물 렌즈에 의해 수집된 상기 회절된 광을 상기 검출기로 지향시키고, 상기 조정가능한 동공 마스크를 포함하는 상기 동공 평면은 조명 동공 평면에 추가로 대응하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역은 상기 하나 이상의 조명 빔 중 선택된 수의 조명 빔으로 상기 오버레이 타겟을 조명하도록 개별적으로 어드레싱가능하고, 상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 일부는 상기 샘플 상의 상기 하나 이상의 조명 빔의 선택적인 제어를 제공하기 위해 상기 하나 이상의 조명 빔에 대응하는 상기 동공 평면의 부분 내에 배치되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 조명원은 상기 동공 평면에서 2개의 직교 방향을 따라 대칭 조명 빔을 제공하는 사중극(quadrupole) 조명원을 포함하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상기 동공 평면에서 환형(annulus)을 형성하도록 배열된 2개의 제어 구역을 포함하고, 상기 2개의 제어 구역 각각은 상기 환형의 절반에 대응하고, 상기 2개의 제어 구역 각각은, 상기 하나 이상의 조명 빔 중 2개의 직교 조명 빔으로부터의 광을 통과시키도록, 상기 2개의 직교 조명 빔으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 하나 이상의 0이 아닌 회절 차수의 광을 통과시키도록, 그리고 상기 2개의 직교 조명 빔으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 0차 회절의 차단 또는 광학적 감쇠 중 적어도 하나를 행하도록 배향되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 2개의 제어 구역의 투과율은 대향하는 조명 빔으로 상기 오버레이 타겟의 순차적인 측정을 제공하도록 순차적으로 교번될 수 있는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 하나 이상의 조명 광학계는 상기 동공 평면에 배치된 출력 단부를 갖는 하나 이상의 파이버(fiber)를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 동공 평면은 상기 대물 렌즈의 내부 동공 평면에 대응하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 동공 평면은 상기 대물 렌즈의 내부 동공 평면에 켈레(conjugate)인 릴레이(relayed) 평면에 대응하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 조명 빔 중 하나는 수직 입사로 상기 오버레이 타겟을 조명하도록 배열되고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상기 동공 평면에 중심을 둔 원형 제어 구역을 포함하고, 상기 원형 제어 구역은, 수직 입사의 상기 조명 빔으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 하나 이상의 0이 아닌 회절 차수의 광을 통과시키도록, 그리고 수직 입사의 상기 조명 빔으로부터의 0차 회절의 차단 또는 광학적 감쇠 중 적어도 하나를 행하도록 배향되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역은 환형 제어 구역을 포함하고, 상기 환형 제어 구역은, 상기 하나 이상의 조명 빔 각각으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 하나 이상의 0이 아닌 회절 차수의 광을 통과시키도록, 그리고 상기 하나 이상의 조명 빔 각각으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 0차 회절의 차단 또는 광학적 감쇠 중 적어도 하나를 행하도록 배향되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 11

제1항에 있어서,

대물 렌즈를 더 포함하고, 상기 하나 이상의 수집 광학계는 상기 대물 렌즈에 의해 수집된 상기 회절된 광을 상기 검출기로 지향시키고, 상기 하나 이상의 조명 광학계는 상기 대물 렌즈에 근접한 하나 이상의 초점 렌즈를 사용하여 경사진 각도(oblique angles)로 상기 조명원으로부터 상기 샘플로 상기 하나 이상의 조명 빔을 지향시

키는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 하나는:

기계식 셔터를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 하나는:

전기 광학 감쇠기를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 하나는:

조정가능한 투과율을 제공하는 공간 광 변조기를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 검출기는:

정적 샘플 상의 하나 이상의 위치를 이미징하는 정적 이미징 검출기를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 검출기는:

움직이는 샘플 상의 하나 이상의 위치를 이미징하는 스캔 검출기를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 17

오버레이 계측 도구에 있어서,

조명원;

상기 조명원으로부터의 하나 이상의 조명 빔으로 샘플 상의 오버레이 타겟을 조명하도록 구성된 하나 이상의 조명 광학계 - 상기 오버레이 타겟은 하나 이상의 측정 방향을 따라 주기적인 피처를 포함함 - ;

상기 오버레이 타겟으로부터의 회절된 광을 검출기로 지향시키도록 구성된 하나 이상의 수집 광학계;

동공 평면에 위치된 조정가능한 동공 마스크 - 상기 동공 평면은 수집 동공 평면에 대응하고, 상기 조정가능한 동공 마스크는 상기 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 제어 구역을 포함하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 개별적으로 어드레싱가능하고, 상기 조정가능한 동공 투과율 분포는 상기 동공 평면의 각각의 하나 이상의 부분에서 회절된 광의 상기 검출기로의 통과의 선택적 제어를 제공하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상이한 동공 투과율 분포를 이용하여 둘 이상의 측정 모드에 따라 상기 오버레이 계측 도구의 조작성을 제공함 - ; 및

상기 조정가능한 동공 마스크에 통신가능하게 커플링된 컨트롤러 - 상기 컨트롤러는 프로그램 명령어들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함함 - 를 포함하고,

상기 프로그램 명령어들은 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

상기 둘 이상의 측정 모드 중 선택된 측정 모드와 연관된, 상기 샘플 상의 복수의 오버레이 타겟에 대

한 오버레이 계측 레시피를 수신하게 하고,

상기 샘플 상의 복수의 오버레이 타겟의 측정을 위한, 상기 둘 이상의 측정 모드 중 선택된 측정 모드와 연관된 각각의 오버레이 계측 레시피에 따라 상기 동공 투과율 분포를 조정하도록 상기 조정가능한 동공 마스크에 지시하게 하고,

상기 검출기로부터의 측정 데이터에 기초하여 상기 샘플 상의 상기 복수의 오버레이 타겟에 대하여 상기 둘 이상의 측정 모드 중 선택된 측정 모드와 연관된 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정하게 하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 복수의 오버레이 타겟은 2개 이상의 타겟 설계를 포함하고, 상기 2개 이상의 타겟 설계는:

제1 오버레이 계측 레시피를 요구하는 이미지에 기초하여 오버레이 측정을 제공하는 적어도 하나의 이미징 타겟 설계; 및

제2 오버레이 계측 레시피를 요구하는 회절된 광의 분포에 기초하여 오버레이 측정을 제공하는 적어도 하나의 산란측정 타겟 설계를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 복수의 오버레이 타겟은 상이한 오버레이 계측 레시피로 2개 이상의 측정을 요구하는 적어도 하나의 타겟을 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 검출기는:

정적 샘플 상의 하나 이상의 위치를 이미징하기 위한 정적 이미징 검출기를 포함하고, 상기 샘플이 정적일 때 상기 오버레이 계측 레시피 중 적어도 하나를 측정에 제공하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 21

제17항에 있어서,

상기 검출기는:

움직이는 샘플 상의 하나 이상의 위치를 이미징하기 위한 스캔 검출기를 포함하고, 상기 샘플이 움직이고 있을 때 상기 오버레이 계측 레시피 중 적어도 하나를 측정에 제공하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 22

제17항에 있어서,

대물 렌즈를 더 포함하고, 상기 하나 이상의 조명 광학계는 상기 대물 렌즈를 통해 상기 하나 이상의 조명 빔으로 상기 오버레이 타겟을 조명하고, 상기 하나 이상의 수집 광학계는 상기 대물 렌즈에 의해 수집된 상기 회절된 광을 상기 검출기로 지향시키고, 상기 조정가능한 동공 마스크를 포함하는 상기 동공 평면은 조명 동공 평면에 추가로 대응하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역은 상기 하나 이상의 조명 빔 중 선택된 수의 조명 빔으로 상기 오버레이 타겟을 조명하도록 개별적으로 어드레싱가능하고, 상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 일부는 상기 샘플 상의 상기 하나 이상의 조명 빔의 선택적인 제어를 제공하기 위해 상기 하나 이상의 조명 빔에 대응하는 상기 동공 평면의

부분 내에 배치되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 24

제22항에 있어서,

상기 조명원은 상기 동공 평면에서 2개의 직교 방향을 따라 대칭 조명 빔을 제공하는 사중극 조명원을 포함하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상기 동공 평면에서 환형을 형성하도록 배열된 2개의 제어 구역을 포함하고, 상기 2개의 제어 구역 각각은 상기 환형의 절반에 대응하고, 상기 2개의 제어 구역 각각은, 상기 하나 이상의 조명 빔 중 2개의 직교 조명 빔으로부터의 광을 통과시키도록, 상기 2개의 직교 조명 빔으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 하나 이상의 0이 아닌 회절 차수의 광을 통과시키도록, 그리고 상기 2개의 직교 조명 빔으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 0차 회절의 차단 또는 광학적 감쇠 중 적어도 하나를 행하도록 배향되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 2개의 제어 구역의 투과율은 대향하는 조명 빔으로 상기 오버레이 타겟의 순차적인 측정을 제공하도록 순차적으로 교번될 수 있는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 26

제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 조명 광학계는 상기 동공 평면에 배치된 출력 단부를 갖는 하나 이상의 파이버를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 27

제22항에 있어서,

상기 동공 평면은 상기 대물 렌즈의 내부 동공 평면에 대응하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 28

제22항에 있어서,

상기 동공 평면은 상기 대물 렌즈의 내부 동공 평면에 켈레인 릴레이 평면에 대응하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 29

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 조명 빔 중 하나는 수직 입사로 상기 오버레이 타겟을 조명하도록 배열되고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상기 동공 평면에 중심을 둔 원형 제어 구역을 포함하고, 상기 원형 제어 구역은, 수직 입사의 상기 조명 빔으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 하나 이상의 0이 아닌 회절 차수의 광을 통과시키도록, 그리고 수직 입사의 상기 조명 빔으로부터의 0차 회절의 차단 또는 광학적 감쇠 중 적어도 하나를 행하도록 배향되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 30

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역은 환형 제어 구역을 포함하고, 상기 환형 제어 구역은, 상기 하나 이상의 조명 빔 각각으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 하나 이상의 0이 아닌 회절 차수의 광을 통과시키도록, 그리고 상기 하나 이상의 조명 빔 각각으로부터의 광에 응답하여 상기 샘플로부터의 0차 회절의 차단 또는 광학적 감쇠 중 적어도 하나를 행하도록 배향되는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 31

제17항에 있어서,

대물 렌즈를 더 포함하고, 상기 하나 이상의 수집 광학계는 상기 대물 렌즈에 의해 수집된 상기 회절된 광을 상기 검출기로 지향시키고, 상기 하나 이상의 조명 광학계는 상기 대물 렌즈에 근접한 하나 이상의 초점 렌즈를 사용하여 경사진 각도로 상기 조명원으로부터 상기 샘플로 상기 하나 이상의 조명 빔을 지향시키는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 32

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 하나는:

기계식 셔터를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 33

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 하나는:

전기 광학 감쇠기를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 34

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 제어 구역 중 적어도 하나는:

조정가능한 투과율을 제공하는 공간 광 변조기를 포함하는 것인, 오버레이 계측 도구.

청구항 35

방법에 있어서,

샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 계측 레시피를 수신하는 단계;

오버레이 계측 도구를 사용하여 상기 샘플 상의 상기 하나 이상의 오버레이 타겟의 측정을 위한 각각의 오버레이 계측 레시피에 따라 동공 투과율 분포를 조정하도록 조정가능한 동공 마스크에 지시하는 단계 - 상기 오버레이 계측 도구는:

조명원으로부터의 하나 이상의 조명 빔으로 오버레이 타겟을 조명하도록 구성된 하나 이상의 조명 광학계로서, 상기 오버레이 타겟은 하나 이상의 측정 방향을 따라 주기적인 피처를 포함하는 것인, 상기 하나 이상의 조명 광학계,

상기 오버레이 타겟으로부터의 회절된 광을 검출기로 지향시키도록 구성된 하나 이상의 수집 광학계, 및

동공 평면에 위치된 상기 조정가능한 동공 마스크로서, 상기 동공 평면은 수집 동공 평면에 대응하고, 상기 조정가능한 동공 마스크는 상기 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 제어 구역을 포함하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 개별적으로 어드레싱가능하고, 상기 조정가능한 동공 투과율 분포는 상기 동공 평면의 각각의 하나 이상의 부분에서 회절된 광의 상기 검출기로의 통과를 선택적 제어를 제공하고, 상기 하나 이상의 제어 구역은 상이한 동공 투과율 분포를 이용하여 둘 이상의 측정 모드에 따라 상기 오버레이 계측 도구의 조작성을 제공하는 것인, 상기 조정가능한 동공 마스크를 포함함 - ; 및

상기 검출기로부터의 측정 데이터에 기초하여 상기 샘플 상의 상기 하나 이상의 오버레이 타겟에 대하여 상기 둘 이상의 측정 모드 중 하나와 연관된 상기 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원에 대한 상호참조
- [0002] 본 출원은 발명자가 Amnon Manassen, Andy Hill, 및 Gilad Laredo로 지명되고, 발명의 명칭이 "MEASUREMENT MODES FOR OVERLAY"이고, 2020년 5월 22일자로 출원된 미국 가출원 일련번호 63/028,568의 35 U.S.C. § 119(e) 하의 우선권을 주장하고, 이는 그 전체가 참조로서 여기에 통합된다.
- [0003] 기술분야
- [0004] 본 발명은 일반적으로 오버레이 계측에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 조정가능한 동공 마스크를 사용하여 다수의 오버레이 측정 기술 사이를 토글하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 오버레이 계측 시스템은 일반적으로 관심 레이어에 위치한 오버레이 타겟 피처의 상대 위치를 측정하여 샘플의 여러 레이어의 오버레이 정렬을 특징화(characterize)한다. 제조된 피처의 크기가 감소하고 피처 밀도가 증가함에 따라 이러한 피처를 특징화하는데 필요한 오버레이 계측 시스템에 대한 요구가 증가한다. 상이한 오버레이 계측 기술이 정확도, 반복성 또는 처리량 사이에 상이한 트레이드오프(tradeoff)를 제공할 수 있다. 따라서, 샘플의 다양한 부분에 대해 또는 로트 내의 상이한 샘플들 간에 상이한 오버레이 계측 기술을 이용하는 것이 유리할 수 있다. 그러나, 상이한 오버레이 계측 기술은 측정 동안 샘플로부터의 광의 수집 및 조명에 대한 상이한 사양을 요구할 수 있다. 따라서, 단일 오버레이 계측 도구로 상이한 오버레이 기술을 사용하여 오버레이를 측정하기 위한 시스템 및 방법을 제공하고, 또한 상이한 오버레이 기술 간의 효율적인 스위칭을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

발명의 내용

- [0006] 본 발명의 하나 이상의 예시적인 실시예에 따른 오버레이 계측 도구가 개시된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조명원을 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조명원으로부터의 하나 이상의 조명 빔으로 오버레이 타겟을 조명하기 위한 하나 이상의 조명 광학계를 포함하고, 오버레이 타겟은 하나 이상의 측정 방향을 따라 주기적인 피처(periodic feature)를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 오버레이 타겟의 주기적인 피처로부터 검출기로 회절된 광을 지향시키는 하나 이상의 수집 광학계를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 동공 평면에 위치한 조정가능한 동공 마스크를 포함하고, 동공 평면은 수집 동공 평면에 대응한다. 다른 예시적인 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크는 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 제어 구역을 포함하고, 하나 이상의 제어 구역은 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 개별적으로 어드레싱가능하고, 조정가능한 동공 투과율 분포는 검출기로 동공 평면의 각각의 하나 이상의 부분에서의 회절된 광의 통과를 선택적 제어를 제공한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조정가능한 동공 마스크에 통신가능하게 커플링된 컨트롤러를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 컨트롤러는 선택된 오버레이 계측 레시피에 대응하는 선택된 동공 투과율 분포를 제공하도록 조정가능한 동공 마스크에 지시할 수 있고, 선택된 동공 투과율 분포는 타겟으로부터 검출기로 선택된 회절 차수 세트의 투과를 제공하는 하나 이상의 제어 구역의 선택된 구성에 대응한다. 다른 예시적인 실시예에서, 컨트롤러는 검출기로부터의 측정 데이터에 기초하여 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정할 수 있다.
- [0007] 본 발명의 하나 이상의 예시적인 실시예에 따른 오버레이 계측 도구가 개시된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조명원을 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조명원으로부터의 하나 이상의 조명 빔으로 오버레이 타겟을 조명하기 위한 하나 이상의 조명 광학계를 포함하고, 오버레이 타겟은 하나 이상의 측정 방향을 따라 주기적인 피처를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 오버레이 타겟으로부터 검출기로 회절된 광을 지향시키는 하나 이상의 수집 광학계를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 동공 평면에 위치한 조정가능한 동공 마스크를 포함하고, 동공 평면은 수집 동공 평면에 대응한다. 다른 예시적인 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크는 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 제어 구역을 포함하고, 하나 이상의 제어 구역은 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 개별적으로 어드레싱될 수 있고, 조정가능한 동공 투과율 분포는 검출기로 동공 평면의 각각의 하나 이상의 부분에서 회절된 광의 통과를 선택적 제어를 제공한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조정가능한 동공 마스크에 통신가능하게 커플링된 컨트롤러를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에

서, 컨트롤러는 샘플 상의 복수의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 계측 레시피를 수신할 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 컨트롤러는 샘플 상의 복수의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 계측 레시피를 수신할 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 컨트롤러는 샘플 상의 복수의 오버레이 타겟의 측정을 위한 각각의 오버레이 계측 레시피에 따라 동공 투과율 분포를 조정하도록 조정가능한 동공 마스크에 지시할 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 컨트롤러는 검출기로부터의 측정 데이터에 기초하여 샘플 상의 복수의 오버레이 타겟에 대한 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정할 수 있다.

[0008] 본 발명의 하나 이상의 예시적인 실시예에 따른 방법이 개시된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 방법은 샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 계측 레시피를 수신하는 단계를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 방법은 오버레이 계측 도구를 사용하여 샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟의 측정을 위한 각각의 오버레이 계측 레시피에 따라 동공 투과율 분포를 조정하도록 조정가능한 동공 마스크에 지시하는 단계를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 조명원으로부터의 하나 이상의 조명 빔으로 오버레이 타겟을 조명하기 위한 하나 이상의 조명 광학계를 포함하고, 오버레이 타겟은 하나 이상의 측정 방향을 따라 주기적인 피처를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 오버레이 타겟으로부터 검출기로 회절된 광을 지향시키는 하나 이상의 수집 광학계를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 동공 평면에 위치된 조정가능한 동공 마스크를 포함하고, 동공 평면은 수집 동공 평면에 대응한다. 다른 예시적인 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크는 동공 평면의 하나 이상의 부분에 걸쳐 분포된 하나 이상의 제어 구역을 포함하고, 하나 이상의 제어 구역은 조정가능한 동공 투과율 분포를 제공하기 위해 개별적으로 어드레싱 가능하고, 조정가능한 동공 투과율 분포는 검출기로 동공 평면의 각각의 하나 이상의 부분에서 회절된 광의 통과와 선택적 제어를 제공한다. 다른 예시적인 실시예에서, 방법은 검출기로부터의 측정 데이터에 기초하여 샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟에 대한 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 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 개시의 실시예들을 도시하고, 일반적인 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명의 수많은 장점들이 첨부 도면들을 참조함으로써 본 기술 분야의 당업자에 의해 보다 잘 이해될 수 있다:

도 1a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이 계측 시스템을 예시하는 개념도이다.

도 1b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이 계측 도구를 예시하는 개념도이다.

도 1c는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 렌즈 조명 외부를 예시하는 오버레이 계측 도구의 일부분의 개념도이다.

도 1d는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 케이싱 내의 하나 이상의 슬릿을 통해 내부 동공 평면에 대한 직접적인 접근을 포함하는 대물 렌즈의 개념도이다.

도 1e는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 다중 동공 평면을 예시하는 오버레이 계측 도구의 개념도이다.

도 2는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 비중첩 피처를 갖는 오버레이 타겟의 평면도이다.

도 3은 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 중첩 구조를 갖는 오버레이 타겟의 사시도이다.

도 4a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 동공 평면에서 형상화된 제어 구역을 제공하는 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 4b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 환형 제어 구역을 제공하는 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 4c는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 환형을 형성하도록 결합된 2개의 제어 구역을 제공하는 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 5a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 제1 측정을 제공하기 위한 제1 레시피로 구성된 도 4c의 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 5b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 제2 측정을 제공하기 위한 제2 레시피로 구성된 도 4c의 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 5c는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 동시 오버레이 계측을 위해 도 4b와 같이 구성된 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 6a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 이미지 기반 산란측정법 또는 그레이필드 산란측정법을 제공하기 위해 조명 경로 및 수집 경로에 공통인 동공 평면에 배치되도록 구성된 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 6b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 이미지 기반 산란측정법 또는 그레이필드 산란측정법을 제공하기 위해 수집 경로 전용의 동공 평면에 배치되도록 도 4b와 같이 구성된 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 7은 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 그레이 이미징 오버레이 계측을 제공하기 위해 도 4a와 같이 구성된 조정가능한 동공 마스크의 개략도이다.

도 8은 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이 계측 방법에서 수행되는 단계를 예시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이제 첨부 도면들에 도시되는 개시된 주제를 상세히 참조할 것이다. 본 개시는 특정 실시예 및 이의 특정 특징과 관련하여 특별히 도시되고 설명되었다. 본 명세서에 제시된 실시예는 제한적이기보다는 예시적인 것으로 간주된다. 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 형태 및 세부 사항에서 다양한 변경 및 수정이 이루어질 수 있다는 것은 당업자에게 용이하게 명백해야 한다.
- [0012] 본 개시의 실시예는 공통 오버레이 계측 도구로 다중 오버레이 계측 기술을 사용하여 2개 이상의 리소그래피 패터닝 단계 사이의 오버레이(예를 들어, 오버레이 오류)를 측정하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 추가 실시예는 오버레이 계측 기술 간의 효율적인 스위칭을 제공하기 위해 측정 동안 샘플의 조명 및/또는 샘플로부터의 광 수집을 효율적으로 수정하는 것에 관한 것이다.
- [0013] 본 발명의 목적을 위해, 오버레이라는 용어는 일반적으로 2개 이상의 리소그래피 패터닝 단계에 의해 제조된 샘플 상의 피처의 상대적인 위치를 설명하기 위해 사용되며, 오버레이 오류라는 용어는 공칭 배열로부터 피처의 편차를 설명한다. 예를 들어, 다층 디바이스는 각각의 층에 대해 상이한 리소그래피 단계를 사용하여 다수의 샘플 층 상에 패터닝된 피처를 포함할 수 있으며, 여기서 레이어 간의 피처의 정렬은 일반적으로 결과의 디바이스의 적절한 성능을 보장하기 위해 엄격하게 제어되어야 한다. 따라서, 오버레이 측정은 샘플 층 중 2개 이상의 샘플 층 상의 피처의 상대적 위치를 특징화(characterize)할 수 있다. 다른 예로서, 다중 리소그래피 단계가 사용되어 단일 샘플 층에 피처를 제조할 수 있다. 일반적으로 이중 패터닝 또는 다중 패터닝 기술이라고 하는 이러한 기술은 리소그래피 시스템의 해상도 근처의 고밀도 피처의 제조를 용이하게 할 수 있다. 이 맥락에서 오버레이 측정은 이 단일 레이어 상의 상이한 리소그래피 단계로부터의 피처의 상대적 위치를 특징화할 수 있다. 오버레이 계측의 특정 애플리케이션에 관한 본 개시 전체의 예 및 예시는 단지 예시 목적으로 제공되며 본 발명을 제한하는 것으로 해석되지 않아야 함을 이해해야 한다.
- [0014] 일부 애플리케이션에서 오버레이 측정은 제조된 디바이스의 피처(예를 들어, 디바이스 피처) 상에서 직접 수행될 수 있지만 오버레이 측정은 일반적으로 디바이스 피처와 동일한 리소그래피 단계를 사용하여 인쇄된 전용 오버레이 타겟 상에서 수행된다. 이러한 방식으로, 오버레이 타겟의 피처(예를 들어, 타겟 피처)는 오버레이 측정을 용이하게 하도록 특별히 설계될 수 있다. 또한, 하나의 제조 단계(예를 들어, 하나 이상의 샘플 층의 제조 후)에서 측정된 오버레이는 후속하는 제조 단계에서 추가적인 샘플 레이어의 제조를 위해 프로세스 도구(예를 들어, 리소그래피 도구 등)를 정확하게 정렬하기 위한 정정가능 항목을 생성하는데 사용될 수 있다.
- [0015] 다양한 오버레이 계측 타겟 설계, 측정 기술 및 대응하는 오버레이 계측 도구가 개발되었다. 예를 들어, 이미지 기반 오버레이 계측 도구는 오버레이 타겟(예를 들어, AIM(Advanced Imaging Metrology) 타겟, 박스-인-박스 계측 타겟 등)을 조명하고, 명시적 이미징 또는 암시적 이미징을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는, 다양한 이미징 기술을 기반으로 하는 오버레이 타겟의 이미지를 포함하는 오버레이 신호를 캡처할 수 있다. 따라서, 캡처된 이미지에서 오버레이 타겟 피처들의 상대적인 위치(예를 들어, 필드 평면 분포)를 측정함으로써 오버레이가 결정될 수 있다. 다른 예로서, 산란측정 기반 오버레이 계측 도구는 오버레이 타겟(예를 들어, 격자-오버-격자 계측 타겟 등)을 조명하고, 조명 빔의 회절, 산란 및/또는 반사와 연관된 오버레이 타겟으로부터 반사되는 광의 각도 분포를 포함하는 오버레이 신호를 캡처할 수 있다. 이때, 캡처된 광의 각도 분포(예를 들어,

동공 평면 분포)에 기초하여 오버레이가 결정될 수 있다. 또한, 이미징 또는 산란측정에 기초할 수 있는 다양한 회절 기반 오버레이 기술은 제어된 각도 조명 프로파일을 갖는 주기적인 피처를 갖는 오버레이 타겟을 조명함으로써 생성된 특정 회절 차수를 활용할 수 있다. 추가적으로, 특정 계측 기술은 정적 타겟의 특징화에 적합할 수 있는 반면, 다른 것들은 움직이는 동안의 오버레이 타겟의 특징화에 적합할 수 있다.

[0016] 그러나, 오버레이 타겟 사용의 핵심 과제는 오버레이 타겟에 의해 생성된 오버레이 측정이 디바이스 피처에 대한 실제 오버레이를 정확하게 나타낼을 보장하는 것이다. 타겟 기반 오버레이 측정은 다양한 이유로 디바이스 피처의 실제 오버레이로부터 벗어날 수 있다. 예를 들어, 타겟 피처와 디바이스 피처 사이의 크기, 배향, 밀도 또는 물리적 위치의 차이로 인해 오버레이 측정에서 체계적 오류로 나타나는 제조 편차가 발생할 수 있다. 또한, 상이한 오버레이 기술 및 타겟 설계는 크기, 정확도, 조명원 요건 및 측정 복잡성 또는 속도 사이에 상이한 트레이드오프를 가질 수 있다. 결과적으로, 주어진 측정의 특정 요구에 기초하여 상이한 오버레이 계측 기술 사이에서 효율적으로 스위칭하는 것이 바람직할 수 있다.

[0017] 본 개시의 실시예는 샘플로부터 검출기로의 광의 투과를 동적으로 조정하기 위해 적어도 수집 동공에 위치한 조정가능한 동공 마스크를 포함하는 오버레이 계측 도구에 관한 것이다. 이와 관련하여, 조정가능한 동공 마스크는 시스템에서 광의 각도 분포의 동적 제어를 용이하게 할 수 있고, 수집 동공의 상이한 영역에서 광을 활용할 수 있는 상이한 오버레이 계측 기술 사이의 스위칭을 더 용이하게 할 수 있다.

[0018] 조절가능한 동공 마스크는 다양한 방식으로 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크는 동공을 통해 광의 공간적으로 조정가능한 투과율을 제공한다. 이와 관련하여, 동공의 다양한 부분을 통한 광의 투과율은 개별적으로 제어될 수 있다. 또한, 조정가능한 동공 마스크는 투과 모드 또는 반사 모드에서 동작할 수 있다.

[0019] 본 개시의 추가 실시예는 측정 동안 샘플 상의 조명의 각도 분포를 동적으로 조정하기 위해 오버레이 계측 도구의 조명 동공에 조정가능한 동공 마스크를 추가로 포함하는 오버레이 계측 도구에 관한 것이다. 일부 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 비중첩 조명 동공 및 수집 동공 평면에 위치한 별도의 조정가능한 동공 마스크를 포함한다. 일부 실시예에서, 오버레이 계측 도구는 중첩 조명 동공 및 수집 동공 평면에 단일 조정가능한 동공 마스크를 포함한다. 예를 들어, 동시에 샘플을 조명하고 샘플로부터 광을 수집하기 위해 사용되는 대물 렌즈의 내부 동공 평면은 조명 동공과 수집 동공 모두에 대응할 수 있다. 다른 예로서, 조정가능한 동공 마스크의 배치를 용이하게 하기 위해 대물 렌즈의 내부 동공 평면을 원하는 위치(예를 들어, 대물 렌즈의 케이싱 외부)로 릴레이하기 위해 하나 이상의 릴레이 광학계가 사용될 수 있다.

[0020] 본 발명의 추가 실시예는 동시에 샘플을 조명하고 샘플로부터 광을 수집하기 위해 사용되는 대물 렌즈의 내부 동공 평면과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 공통 조명 및 수집 동공에 구조화된 조명을 포함하는 오버레이 계측 도구에 관한 것이다. 예를 들어, 오버레이 계측 도구는 공통 동공에 위치한 출력 단부를 갖는 하나 이상의 파이버(fiber)에 조명을 제공하는 조명원을 포함할 수 있다. 또한, 오버레이 계측 도구는 파이버에 의해 가려지지 않는 동공의 부분에 조정가능한 동공 마스크를 포함할 수 있다.

[0021] 적어도 수집 동공에 조정가능한 동공 마스크를 포함하는 오버레이 계측 도구가 광범위한 오버레이 계측 기술을 사용하여 샘플의 오버레이를 측정하는데 적합할 수 있다는 것이 여기에서 고려된다. 예를 들어, 그러한 오버레이 계측 도구는 이미지 기반 오버레이 기술과 산란측정 기반 오버레이 기술 사이에서 스위칭하도록 구성가능할 수 있다. 또한, 이러한 오버레이 계측 도구는 조정가능한 동공 마스크에 기초하여, 측정 필드를 통해 스캔될 때 움직이는 샘플의 측정 또는 정적 샘플의 측정 사이를 스위칭하도록 구성가능할 수 있다.

[0022] 결과적으로, 본 명세서에 개시된 조정가능한 동공 마스크를 포함하는 오버레이 계측 도구는 다양한 오버레이 측정 기술을 수행하기 위한 유연한 플랫폼을 제공할 수 있다. 따라서, 이러한 도구는 기존 도구에 비해 많은 이점을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이러한 도구는 선택가능한 측정 레시피를 사용하여 샘플에 걸쳐 분산된 오버레이 타겟의 대규모 샘플링을 제공할 수 있다. 이는 높은 측정 처리량으로 샘플의 상이한 부분에 상이한 오버레이 레시피(및 잠재적으로 상이한 타겟 지오메트리)를 사용할 수 있게 한다. 대조적으로, 단일 전용 기술 또는 레시피를 사용하여 오버레이 측정을 각각 제공하는 하나 이상의 오버레이 계측 도구를 사용하는 것은 상이한 측정을 수행하기 위해 다양한 도구 사이에서 샘플을 물리적으로 이동해야 하고, 이는 실질적으로 처리량이 감소시킨다.

[0023] 본 명세서 전반에 걸쳐 사용되는 "샘플"이라는 용어는 일반적으로 반도체 또는 비반도체 재료(예를 들어, 웨이퍼 등)로 형성된 기판을 지칭한다. 예를 들어, 반도체 또는 비반도체 재료는 단결정 실리콘, 갈륨 비소 및 인

깊 인화물을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 샘플은 하나 이상의 레이어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 레이어는 레지스트, 유전체 재료, 전도성 재료 및 반도체 재료를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 많은 상이한 유형의 이러한 층이 당업계에 공지되어 있고, 본 명세서에서 사용되는 샘플이라는 용어는 모든 유형의 이러한 레이어가 형성될 수 있는 샘플을 포함하는 것으로 의도된다. 샘플 상에 형성된 하나 이상의 층은 패터닝되거나 패터닝되지 않을 수 있다. 예를 들어, 샘플은 반복가능한 패터닝된 피처를 각각 갖는 복수의 다이들 포함할 수 있다. 이러한 재료의 레이어의 형성 및 프로세싱은 궁극적으로 완성된 디바이스를 초래할 수 있다. 많은 상이한 유형의 디바이스가 샘플 상에 형성될 수 있고, 본 명세서에서 사용되는 샘플이라는 용어는 당업계에 공지된 임의의 유형의 디바이스가 제조되는 샘플을 포함하는 것으로 의도된다. 또한, 본 개시의 목적을 위해, 샘플 및 웨이퍼라는 용어는 상호교환가능한 것으로 해석되어야 한다. 또한, 본 개시의 목적을 위해, 패터닝 디바이스, 마스크 및 레티클이라는 용어는 상호교환가능한 것으로 해석되어야 한다.

[0024] 본 발명의 추가 실시예는 임의의 선택된 오버레이 측정 기술에 대해 오버레이 계측 도구를 구성하기 위해 필요한 파라미터를 제공하기에 적합한 오버레이 계측 도구에 대한 레시피를 제공하는 것에 관한 것이다. 오버레이 계측 도구는 일반적으로 샘플로부터의 광의 수집뿐만 아니라 샘플의 조명을 제어하기 위한 파라미터 세트를 포함하는 레시피에 따라 구성가능하다. 상이한 오버레이 계측 기술이 샘플 상의 광의 상이한 조명 프로파일을 요구할 수 있고, 측정을 위해 수집 동공의 상이한 부분으로부터의 광을 추가로 활용할 수 있음이 여기에서 인지된다. 예를 들어, 오버레이 계측 도구의 레시피는 조명 파장, 조명 동공 분포(예를 들어, 조명 각도 분포 및 이들 각도에서의 연관된 조명 강도), 입사 조명의 편광, 조명의 공간 분포 또는 샘플 높이와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 조명 파라미터를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 오버레이 계측 도구의 레시피는 수집 동공 분포(예를 들어, 측정에 사용될 샘플로부터의 각도의 광의 원하는 분포 및 이들 각도에서의 연관된 필터된 강도), 관심 샘플의 부분을 선택하기 위한 수집 필드 스톱 설정, 수집된 광의 편광, 또는 파장 필터와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 수집 파라미터를 포함할 수 있다.

[0025] 일부 실시예에서, 오버레이 계측 레시피는 원하는 오버레이 측정 기술의 선택을 용이하게 하기 위해 적어도 수집 동공에서 조정가능한 동공 마스크에 대한 다양한 설정을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 샘플 또는 일련의 샘플에 걸쳐 상이한 타겟에 대해 상이한 오버레이 계측 레시피가 제공된다. 이러한 방식으로, 상이한 오버레이 계측 기술이 샘플 상의 상이한 위치에서 활용될 수 있다.

[0026] 예시적인 예로서, 회절 기반 오버레이 계측 기술은 선택된 입사 각도의 조명으로 주기적인 피처를 갖는 오버레이 타겟을 조명할 수 있고, 이는 주기적인 오버레이 타겟에 의해 별개의(distinct) 회절 차수의 생성을 초래한다. 오버레이를 결정하는데 사용하기 위해 선택된 회절 차수가 수집될 수 있다. 이 접근법을 사용하여, 회절 차수의 방출 각도는 계측 타겟의 주기성, 조명의 파장, 및 조명 각도와 같은 요인을 기반으로 한다. 또한, 상이한 기술이 조명 및 수집 구성의 다른 조합을 활용할 수 있다. 일부 실시예에서, 적어도 수집 동공에 조정가능한 동공 마스크를 포함하는 단일 오버레이 계측 도구는 다양한 오버레이 계측 기술을 사용하는 오버레이 측정을 제공하기 위해 (예를 들어, 런타임 동안) 동적으로 조정될 수 있다.

[0027] 본 발명의 추가 실시예는 오버레이 데이터를 하나 이상의 프로세스 도구에 제공하는 것에 관한 것이다. 오버레이 계측 도구로부터의 오버레이 데이터는 일반적으로 다양한 리소그래피 단계와 연관된 오버레이(또는 오버레이 오류)를 결정하기에 충분한 정보를 갖는 오버레이 계측 도구의 임의의 출력을 포함할 수 있다. 예를 들어, 오버레이 데이터는 하나 이상의 데이터세트, 하나 이상의 이미지, 하나 이상의 검출기 판독값 등을 포함할 수 있지만, 포함하도록 요구되는 것은 아니다. 그 다음, 이 오버레이 데이터는 리소그래피 도구의 진단 정보를 포함하지만, 이에 제한되지 않는, 다양한 목적 또는 프로세스 제어 정정가능 항목(correctable)의 생성을 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 로트 내의 샘플에 대한 오버레이 데이터는 동일한 로트 내의 후속 샘플의 리소그래피 노출을 제어하기 위한 피드백 정정가능 항목을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 다른 예에서, 로트 내의 샘플에 대한 오버레이 데이터는 현재 노출의 임의의 편차를 설명하기 위해 후속 리소그래피 단계에서 동일하거나 유사한 샘플에 대한 리소그래피 노출을 제어하기 위한 피드 포워드 정정가능 항목을 생성하는 데 사용될 수 있다.

[0028] 이제 도 1 내지 도 8을 참조하면, 선택가능한 기술을 통한 오버레이 계측을 위한 시스템 및 방법이 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 더 상세히 예시된다.

[0029] 도 1a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 오버레이 계측 시스템(100)을 예시하는 개념도이다.

[0030] 일 실시예에서, 오버레이 계측 시스템(100)은 임의의 수의 오버레이 레시피에 기초하여 오버레이 타겟으로부터 오버레이 신호를 획득하기 위한 오버레이 계측 도구(102)를 포함한다. 예를 들어, 오버레이 계측 도구(102)는 조명을 샘플(104)로 지향시킬 수 있고, 또한 샘플(104)로부터 발산하는 광 또는 다른 방사선을 수집하여 2개

이상의 샘플 층의 오버레이의 결정에 적합한 오버레이 신호를 생성할 수 있다. 오버레이 계측 도구(102)는 샘플(104) 상의 오버레이 타겟과 연관된 오버레이를 결정하기에 적합한 오버레이 신호를 생성하기에 적합한 당업계에 공지된 임의의 유형의 오버레이 계측 도구일 수 있다. 오버레이 계측 도구(102)는 이미징 모드 또는 비-이미징 모드로 선택적으로 동작할 수 있다. 예를 들어, 이미징 모드에서 개별 오버레이 타겟 요소는 샘플 상의 조명된 스폿 내에서 (예를 들어, 명시야 이미지, 암시야 이미지 등의 일부로서) 분해가능할 수 있다. 다른 예로서, 오버레이 계측 도구(102)는, 샘플로부터의 방사선이 동공 평면에서 분석되어 샘플(104)로부터의 방사선의 각도 분포(예를 들어, 샘플(104)에 의한 방사선의 산란 및/또는 회절)를 특징화하는 산란측정 기반 오버레이 계측 도구로서 동작할 수 있다.

[0031] 또한, 오버레이 도구는 오버레이 타겟의 오버레이를 결정하기에 적합한 오버레이 신호를 획득하기 위한 측정 파라미터를 정의하는 임의의 수의 레시피에 기초하여 오버레이 신호를 생성하도록 구성가능할 수 있다. 예를 들어, 오버레이 계측 도구의 레시피는 조명 파장, 샘플로부터 방출되는 광의 검출된 파장, 샘플 상의 조명의 스폿 크기 또는 형상, 입사 조명의 각도, 입사 조명의 편광, 수집된 광의 편광, 오버레이 타겟 상의 입사 조명 빔의 위치, 오버레이 계측 도구의 초점 볼륨에서의 오버레이 타겟의 위치 등을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0032] 또다른 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 오버레이 계측 도구(102)의 적어도 수집 경로의 동공 평면에 조정가능한 동공 마스크(106)를 포함한다. 수집 동공 내의 조정가능한 동공 마스크(106)는 검출기를 향하여 지향되는 광의 강도를 동공 평면에서의 공간 위치의 함수로서 동적으로 조정할 수 있다. 이와 관련하여, 조정가능한 동공 마스크(106)는 특정 측정에 사용하기 위해 샘플(104) 상의 오버레이 타겟에 의해 생성된 특정 회절 차수를 동적으로 선택 및/또는 거부하는데 사용될 수 있다. 마찬가지로, 조명 동공의 조정가능한 동공 마스크(106)는 샘플을 향하여 지향되는 광의 강도를 동공 평면에서의 공간 위치의 함수로서 동적으로 조정할 수 있다. 이와 관련하여, 조정가능한 동공 마스크(106)는 샘플 상에 입사되는 조명의 각도 및 각각의 각도에서의 연관 강도를 동적으로 제어하는데 사용될 수 있다.

[0033] 조정가능한 동공 마스크(106)는 당업계에 공지된 임의의 공간적으로 어드레싱가능한 광학 요소를 포함할 수 있다. 또한, 조정가능한 동공 마스크(106)는 반사 또는 투과 모드에서 동작할 수 있다. 이와 관련하여, 동공을 통과한 광은 조정가능한 동공 마스크(106)로부터 반사 및/또는 투과된 광일 수 있다. 예를 들어, 조정가능한 동공 마스크(106)는 액정 디바이스, MEMS(micro-electro-mechanical system) 디바이스 또는 프로그래밍가능 미러 어레이와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 공간적으로 어드레싱가능한 픽셀을 갖는 공간적으로 어드레싱가능한 디바이스를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공에 선택적으로 삽입될 수 있는 하나 이상의 고체 컴포넌트(예를 들어, 디스크)로 형성될 수 있다.

[0034] 일 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공을 통해 광을 선택적으로 차단하거나 통과시킨다. 다른 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공을 통과하는 광의 강도에 대한 선택적인 제어를 제공한다. 예를 들어, 편광기와 커플링된 공간적으로 선택가능한 편광을 제공하는 액정 디바이스를 포함하는 조정가능한 동공 마스크(106)는 상기 동공을 통과하는 광의 공간적으로 선택가능한 강도 프로파일을 제공할 수 있다.

[0035] 다른 실시예에서, 오버레이 계측 시스템(100)은 컨트롤러(108)를 포함한다. 컨트롤러(108)는 다음을 포함할 수 있다.

[0036] 컨트롤러(108)는 메모리 매체(112) 또는 메모리 상에 유지되는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서(110)를 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 컨트롤러(108)의 하나 이상의 프로세서(110)는 본 명세서 전반에 걸쳐 설명된 임의의 다양한 프로세스 단계를 실행할 수 있다. 또한, 컨트롤러(108)는 오버레이 계측 도구(102) 또는 그 내부의 임의의 컴포넌트에 통신가능하게 커플링될 수 있다.

[0037] 컨트롤러(108)의 하나 이상의 프로세서(110)는 당업계에 공지된 임의의 프로세서 또는 프로세싱 요소를 포함할 수 있다. 본 개시의 목적을 위해, 용어 "프로세서" 또는 "프로세싱 요소"는 하나 이상의 프로세싱 또는 논리 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(110)는 알고리즘 및/또는 명령어들(예를 들어, 메모리에 저장된 프로그램 명령어들)을 실행하도록 구성된 임의의 디바이스를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 프로세서(110)는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이, 데스크탑 컴퓨터, 메인 프레임 컴퓨터 시스템, 워크 스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 프로세서, 네트워크 컴퓨터 또는 오버레이 계측 시스템(100)과 함께 동작하거나 이를 동작시키도록 구성된 프로그램을 실행하도록 구성된 임의의

다른 컴퓨터 시스템으로서 구현될 수 있다.

[0038] 또한, 오버레이 계측 시스템(100)의 상이한 서브시스템은 본 개시에서 설명된 단계의 적어도 일부를 수행하기에 적합한 프로세서 또는 로직 요소를 포함할 수 있다. 따라서, 상기 설명은 본 개시의 실시예에 대한 제한으로 해석되어서는 안 되며, 단지 예시로서 해석되어야 한다. 또한, 본 명세서 전반에 걸쳐 설명된 단계는 단일 컨트롤러(108) 또는 대안적으로 다수의 컨트롤러에 의해 수행될 수 있다. 추가로, 컨트롤러(108)는 공통 하우징 또는 다수의 하우징 내에 하우징된 하나 이상의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 임의의 컨트롤러 또는 컨트롤러의 조합은 오버레이 계측 시스템(100)으로의 통합에 적합한 모듈로서 개별적으로 패키징될 수 있다.

[0039] 메모리 매체(112)는 연관된 하나 이상의 프로세서(132)에 의해 실행가능한 프로그램 명령어를 저장하기에 적합한 당업계에 공지된 임의의 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리 매체(112)는 비일시적 메모리 매체를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 메모리 매체(112)는 읽기 전용 메모리(ROM), 랜덤 액세스 메모리(RAM), 자기 또는 광학 메모리 디바이스(예를 들어, 디스크), 자기 테이프, 솔리드 스테이트 드라이브 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 메모리 매체(112)는 하나 이상의 프로세서(110)와 함께 공통 컨트롤러 하우징에 수용될 수 있음을 유념한다. 일 실시예에서, 메모리 매체(112)는 하나 이상의 프로세서(110) 및 컨트롤러(108)의 물리적 위치에 대해 원격으로 위치될 수 있다. 예를 들어, 컨트롤러(108)의 하나 이상의 프로세서(110)는 네트워크(예를 들어, 인터넷, 인트라넷 등)를 통해 액세스가능한 원격 메모리(예를 들어, 서버)에 액세스할 수 있다.

[0040] 도 1b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 오버레이 계측 도구(102)를 도시하는 개념도이다. 일 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 적어도 하나의 조명 빔(116)을 생성하도록 구성된 조명원(114)을 포함한다. 조명원(114)으로부터의 조명은 자외선(UV) 방사선, 가시광선 또는 적외선(IR) 방사선을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는, 하나 이상의 선택된 파장의 광을 포함할 수 있다. 예를 들어, 오버레이 계측 도구(102)는 조명원(114)로부터의 조명을 하나 이상의 조명 빔(116) 또는 조명 로브로 분할하기 위해 조명 동공 평면에 하나 이상의 개구를 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 오버레이 계측 도구(102)는 쌍극 조명, 직각(quadrature) 조명 등을 제공할 수 있다. 또한, 샘플(104) 상의 하나 이상의 조명 빔(116)의 공간 프로파일은 임의의 선택된 공간 프로파일을 갖도록 필드-평면 조리개에 의해 제어될 수 있다.

[0041] 조명원(114)은 적어도 하나의 조명 빔(116)을 제공하기에 적합한 임의의 유형의 조명원을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 조명원(114)은 레이저원이다. 예를 들어, 조명원(114)은 하나 이상의 협대역 레이저원, 광대역 레이저원, 초연속 레이저원, 백색광 레이저원 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 이와 관련하여, 조명원(114)은 높은 간섭성(예를 들어, 높은 공간적 간섭성 및/또는 시간적 간섭성)을 갖는 조명 빔(116)을 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, 조명원(114)은 레이저 유지 플라즈마(laser-sustained plasma; LSP) 소스를 포함한다. 예를 들어, 조명원(114)은 레이저원에 의해 플라즈마 상태로 여기될 때 광대역 조명을 방출할 수 있는 하나 이상의 요소를 포함하기에 적합한 LSP 램프, LSP 전구 또는 LSP 챔버를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예에서, 조명원(114)은 램프 소스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 조명원(114)은 아크 램프, 방전 램프, 무전극 램프 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 이와 관련하여, 조명원(114)은 낮은 간섭성(예를 들어, 낮은 공간적 간섭성 및/또는 시간적 간섭성)을 갖는 조명 빔(116)을 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, 조명원(114)은 다수의 간섭성 광원으로부터 단일 출력 분포로 형성된 고휘도 조명원을 포함한다. 예를 들어, 공통 에탕듀(etendue)에서 단일 출력 분포를 제공하도록 구성된 다중 코히어런트 소스를 포함하는 고휘도 조명원은 일반적으로 2019년 6월 4일에 출원된 미국 특허 출원 번호 16,430,861에 설명되어 있으며, 이는 그 전체 내용이 참조로 여기에 포함된다.

[0042] 조명원(114)은 자유 공간 기술 및/또는 광 파이버를 사용하여 조명 빔(116)을 제공할 수 있다. 일 실시예에서, 조명원(114)은 2개 이상의 광 파이버에 광을 제공함으로써 다중-로브 조명 빔(116)을 생성하며, 각각의 광 파이버로부터 출력된 광은 조명 빔(116)의 조명 로브이다. 다른 실시예에서, 조명원(114)은 광원을 2개 이상의 회절 차수로 회절시킴으로써 다중-로브 조명 빔(116)을 생성하며, 여기서 조명 빔(116)의 조명 로브는 광원의 회절 차수의 적어도 일부로부터 형성된다. 제어된 회절을 통한 다중 조명 로브의 효율적인 생성은 일반적으로 발명의 명칭이 Efficient Illumination Shaping for Scatterometry Overlay이고 2019년 3월 14일에 공개된 미국 특허 공개 번호 US2020/0124408에 설명되어 있으며, 이는 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다.

[0043] 다른 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 조명 경로(118)를 통해 샘플(104)로 조명 빔(116)을 지향시킨다. 조명 경로(118)는 조명 빔(116)을 수정 및/또는 컨디셔닝하고 조명 빔(116)을 샘플(104)로 지향시키는 데 적합한

하나 이상의 광학 구성요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 조명 경로(118)는 하나 이상의 조명 경로 렌즈(120)를 포함한다(예를 들어, 조명 빔(116)을 시준하기 위해, 동공 및/또는 필드 평면을 릴레이하기 위해 등). 다른 실시예에서, 조명 경로(118)는 조명 빔(116)을 형성하거나 제어하기 위한 하나 이상의 조명 경로 광학계(122)를 포함한다. 예를 들어, 조명 경로 광학계(122)는 하나 이상의 필드 조리개, 하나 이상의 동공 조리개, 하나 이상의 편광판, 하나 이상의 필터, 하나 이상의 빔 스플리터, 하나 이상의 확산기, 하나 이상의 균질화기, 하나 이상의 아포다이저, 하나 이상의 빔 셰이퍼, 또는 하나 이상의 미러(예를 들어, 정적 미러, 병진 미러, 스캐닝 미러 등)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.

[0044] 다른 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 조명 빔(116)을 샘플(104)(예를 들어, 샘플(104)의 2개 이상의 층에 위치한 오버레이 타겟 요소를 갖는 오버레이 타겟) 상에 초점을 맞추는 대물 렌즈(124)를 포함한다. 다른 실시예에서, 샘플(104)은 샘플(104)을 고정하기에 적합하고 조명 빔(116)에 대해 샘플(104)을 위치결정하도록 추가로 구성된 샘플 스테이지(126) 상에 배치된다.

[0045] 다른 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 수집 경로(132)를 통해 샘플(104)(예를 들어, 샘플(104) 상의 오버레이 타겟)로부터의 광 또는 다른 발산(예를 들어, 수집된 광(130))을 캡처하도록 구성된 하나 이상의 검출기(128)를 포함한다. 수집 경로(132)는 샘플(104)로부터 수집된 광(130)을 수정 및/또는 컨디셔닝하기에 적합한 하나 이상의 광학 요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 수집 경로(132)는, 대물 렌즈(124)를 포함하지만 반드시 포함하도록 요구되지 않는, 하나 이상의 수집 경로 렌즈(134)(예를 들어, 조명 빔(116)을 시준하기 위해, 동공 및/또는 필드 평면을 릴레이하기 위해 등)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 수집 경로(132)는 수집된 광(130)을 형성하거나 제어하기 위한 하나 이상의 수집 경로 광학계(136)를 포함한다. 예를 들어, 수집 경로 광학계(136)는 하나 이상의 필드 조리개, 하나 이상의 동공 조리개, 하나 이상의 편광판, 하나 이상의 필터, 하나 이상의 빔 스플리터, 하나 이상의 확산기, 하나 이상의 균질화기, 하나 이상의 아포다이저, 하나 이상의 빔 셰이퍼, 또는 하나 이상의 미러(예를 들어, 정적 미러, 병진 미러, 스캐닝 미러 등)를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다.

[0046] 검출기(128)는 수집 경로(132) 내의 임의의 선택된 위치에 위치될 수 있다. 일 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 필드 평면(예를 들어, 샘플(104)에 컬레인 평면)에서 검출기(128)를 포함하여 샘플(104)의 이미지를 생성한다. 다른 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 동공 이미지를 생성하기 위해 동공 평면(예를 들어, 회절 평면)에 검출기(128)를 포함한다. 이와 관련하여, 동공 이미지는 샘플(104)로부터 검출기(128)로의 광의 각도 분포에 대응할 수 있다. 예를 들어, 샘플(104)(예를 들어, 샘플(104) 상의 오버레이 타겟)로부터의 조명 빔(116)의 회절과 연관된 회절 차수는 동공 평면에서 이미징되거나 관찰될 수 있다. 일반적으로, 검출기(128)는 샘플(104)로부터 반사(또는 투과), 산란 또는 회절된 광의 임의의 조합을 캡처할 수 있다.

[0047] 오버레이 계측 도구(102)는 일반적으로 오버레이를 나타내는 샘플(104)로부터 광을 캡처하기에 적합한 임의의 개수 또는 유형의 검출기(128)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 검출기(128)는 정적 샘플을 특징화하는데 적합한 하나 이상의 검출기(128)를 포함한다. 이와 관련하여, 오버레이 계측 도구(102)는 샘플(104)이 측정 동안 정적인 정적 모드에서 동작할 수 있다. 예를 들어, 검출기(128)는 전하 결합 디바이스(Charge-Coupled Device; CCD) 또는 상보적 금속 산화물 반도체(Complementary Metal-Oxide Semiconductor; CMOS) 디바이스와 같은 2차원 픽셀 어레이를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 이와 관련하여, 검출기(128)는 단일 측정에서 2차원 이미지(예를 들어, 필드 평면 이미지 또는 동공 평면 이미지)를 생성할 수 있다.

[0048] 일 실시예에서, 검출기(128)는 움직이는 샘플(예를 들어, 스캔된 샘플)을 특징화하는데 적합한 하나 이상의 검출기(128)를 포함한다. 이와 관련하여, 오버레이 계측 도구(102)는 측정 동안 측정 필드에 대해 샘플(104)이 스캔되는 스캔 모드에서 동작할 수 있다. 예를 들어, 검출기(128)는 선택된 이미지 공차(예를 들어, 이미지 블러, 콘트라스트, 선명도 등) 내에서 스캔 동안 하나 이상의 이미지를 캡처하기에 충분한 캡처 시간 및/또는 재생률(refresh rate)을 갖는 2D 픽셀 어레이를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 검출기(128)는 한 번에 하나의 픽셀 라인의 이미지를 연속적으로 생성하는 라인 스캔 검출기를 포함할 수 있다. 다른 예로, 검출기(128)는 TDI(Time-Delay Integration) 검출기를 포함할 수 있다. TDI 검출기는 샘플(104)의 움직임이 TDI 검출기에서 전하 이동 클럭 신호에 동기화될 때 샘플(104)의 연속 이미지를 생성할 수 있다. 특히, TDI 검출기는 픽셀 열에 대한 광 노출로부터 전하를 획득하고 스캔 방향을 따라 인접한 픽셀 열 사이에서 전하를 전송하기 위한 클럭 펄스를 포함한다. 스캔 방향을 따른 샘플(104)의 움직임이 TDI 검출기에서의 전하 이동과 동기화될 때, 전하는 스캔 동안 지속적으로 축적된다. 이 프로세스는 전하가 픽셀의 마지막 열에 도달할 때까지 계속되며 이후에 검출기에서 판독된다. 이러한 방식으로, 간단한 라인 스캔 카메라로 가능한 것보다 더 긴 시간 프레임에 걸쳐 객체의 이미지가 축적된다. 이 비교적 긴 획득 시간은 이미지의 광자 노이즈 레벨을 감소시킨다. 또한, 이미지

와 전하의 동기식 움직임은 기록된 이미지의 흐려짐을 방지한다.

- [0049] 다른 실시예에서, 오버레이 계측 도구(102)는 계측 측정 동안 측정 필드에 대해 샘플(104)을 스캔하기 위한 스캐닝 서브시스템을 포함한다. 예를 들어, 샘플 스테이지(126)는 대물 렌즈(124)의 초점 볼륨 내에서 샘플(104)을 위치결정 및 배향할 수 있다. 다른 실시예에서, 샘플 스테이지(126)는 선형 병진 스테이지, 회전 스테이지 또는 틸트/틸트 스테이지와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 하나 이상의 조정가능한 스테이지를 포함한다. 도시되지는 않았지만, 다른 실시예에서, 스캐닝 서브시스템은 샘플(104)에 대해 조명 빔(116)을 스캔하기 위해 하나 이상의 빔 스캐닝 광학계(예를 들어, 회전가능한 미러, 검류계 등)를 포함한다.
- [0050] 오버레이 계측 도구(102)의 조명 경로(118) 및 수집 경로(132)는 조명 빔(116)으로 샘플(104)을 조명하고 입사 조명 빔(116)에 응답하여 샘플(104)로부터 방출되는 광을 수집하기에 적합한 광범위한 구성으로 배향될 수 있다. 예를 들어, 도 1b에 도시된 바와 같이, 오버레이 계측 도구(102)는, 공통 대물 렌즈(124)가 동시에 조명 빔(116)을 샘플(104)로 지향시키고 샘플(104)로부터 광을 수집할 수 있도록 배향된 빔 스플리터(138)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 조명 경로(118) 및 수집 경로(132)는 이중칩 광학 경로를 포함할 수 있다.
- [0051] 도 1c는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 렌즈 조명 외부를 예시하는 오버레이 계측 도구(102)의 일부분의 개념도이다. 일 실시예에서, 조명원(114)은 하나 이상의 광 파이버(140) 및 조명 경로 렌즈(120)의 출력으로부터의 하나 이상의 조명 빔(116)을 제공하여 조명 빔(116)을 수집된 광(130)을 수신하는데 사용되는 대물 렌즈(124)의 개구수보다 큰 각도로 샘플(104)로 지향시킨다. 이 구성에서, 대물 렌즈(124)는 샘플(104)로부터 정반사(예를 들어, 0차 회절)를 수집하지 않는다.
- [0052] 이제 도 1d 및 1e를 참조하면, 오버레이 계측 도구(102)는 임의의 수의 동공 평면(142)을 포함할 수 있고 조정가능한 동공 마스크가 임의의 수의 동공 평면에 배치될 수 있다는 것이 여기에서 고려된다.
- [0053] 일 실시예에서, 텔레센트릭 동공 평면(142a)은 대물 렌즈(124) 내에 내부적으로 위치된다. 대물 렌즈(124)의 동공 평면은 대물 렌즈(124)의 케이싱(144) 내에 있을 수 있지만, 반드시 그럴 필요는 없음이 여기서 인지된다. 도 1d는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른, 케이싱(144) 내의 하나 이상의 슬릿을 통해 내부 동공 평면(142a)에 대한 직접적인 접근을 포함하는 대물 렌즈(124)의 개념도이다. 이 배열에서, 동공 평면(142a)은 조명 경로(118)와 수집 경로(132) 모두에 위치되어, 이 위치의 조정가능한 동공 마스크(106)가 샘플(104)의 각도 조명 프로파일과 검출기(128)로 지향된 수집된 광(130)의 각도 프로파일 모두에 동시에 영향을 미칠 것이다.
- [0054] 도 1e는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 다중 동공 평면(142)을 도시하는 오버레이 계측 도구(102)의 개념도이다. 오버레이 계측 도구(102)는 조명 경로(118)와 수집 경로(132)의 임의의 조합에서 하나 이상의 릴레이된 동공 평면(142)을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 조명 경로 렌즈(120)는 대물 렌즈(124)의 내부 텔레센트릭 동공 평면(142a)을 조명 경로(118)의 동공 평면(142b)으로 릴레이하도록 구성될 수 있다. 이 위치의 조정가능한 동공 마스크(106)는 샘플(104)의 조명을 조작하기 위해서만 동작할 것이다. 다른 예로서, 수집 경로 렌즈(134)는 대물 렌즈(124)의 내부 텔레센트릭 동공 평면(142a)을 수집 경로(132)의 동공 평면(142c)으로 릴레이하도록 구성될 수 있다. 이 위치의 조정가능한 동공 마스크(106)는 검출기(128)로 전달되는 샘플(104)로부터의 수집된 광(130)을 조작하기 위해서만 동작할 것이다. 다른 예로서, 오버레이 계측 도구(102)는 대물 렌즈(124)의 내부 텔레센트릭 동공 평면(142a)을 조명 경로(118)와 수집 경로(132) 모두에 공통된 동공 평면(142d)으로 릴레이하도록 구성된 하나 이상의 릴레이 렌즈(146)를 포함할 수 있다. 이 위치의 조정가능한 동공 마스크(106)는 샘플(104)의 각도 조명 프로파일과 검출기(128)로 지향된 수집된 광(130)의 각도 프로파일 모두에 동시에 영향을 미칠 것이다.
- [0055] 추가적으로, 오버레이 계측 도구(102)는 조명 경로(118) 및/또는 수집 경로(132)에 하나 이상의 필드 평면(148)을 생성하도록 구성된 하나 이상의 광학 요소를 포함할 수 있다.
- [0056] 본 명세서에서 전술한 바와 같이, 오버레이 계측 도구(102)는 임의의 수의 오버레이 레시피(예를 들어, 측정 파라미터 세트)를 사용하여 샘플(104) 상의 오버레이 타겟과 연관된 오버레이 신호를 생성하도록 구성가능할 수 있다. 또한, 오버레이 계측 도구(102)는 상이한 레시피에 기초한 다수의 오버레이 신호가 신속하게 획득될 수 있도록 측정 파라미터의 신속한 튜닝을 제공할 수 있다. 예를 들어, 오버레이 계측 시스템(100)의 컨트롤러(108)는 오버레이 레시피에 따라 조정가능한 컴포넌트를 구성하기 위해 오버레이 계측 도구(102)의 하나 이상의 조정가능한 컴포넌트와 통신가능하게 커플링될 수 있다.
- [0057] 오버레이 레시피는 측정 파라미터로서 조명 빔(116)의 파장(예를 들어, 중심 파장), 대역폭 및 스펙트럼 프로파일과 같은, 하지만 이에 한정되지 않은, 샘플 상의 조명 빔(116)의 스펙트럼의 하나 이상의 양상을 포함할 수

있다.

- [0058] 오버레이 레시피는 샘플링 모드를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 레시피는 특정 측정이 필드 평면 이미지, 동공 평면 또는 둘 다의 캡처를 포함해야 하는지 여부를 포함할 수 있다. 따라서, 컨트롤러(108)는 오버레이 레시피에 따라 이미지 평면(들)을 조정하기 위해 오버레이 계측 도구(102)의 다양한 평면에 위치한 하나 이상의 검출기(128)에 통신가능하게 커플링될 수 있다. 다른 예로서, 레시피는 특정 측정이 정적 모드 또는 스캐닝 동작 모드에서 생성될 수 있는지 여부를 포함할 수 있다. 따라서, 컨트롤러(108)는 오버레이 레시피에 따라 측정하는 동안 샘플(104)의 위치 및/또는 움직임을 조정하기 위해 스캐닝 서브시스템(예를 들어, 하나 이상의 검출기(128), 샘플 스테이지(126) 등)에 통신가능하게 커플링될 수 있다.
- [0059] 이제 도 2a 내지 도 3을 참조하면, 오버레이 계측 도구(102)로 특징화하기에 적합한 오버레이 타겟이 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 더 상세히 설명된다.
- [0060] 오버레이 계측 도구(102)는 일반적으로 임의의 설계를 갖는 임의 유형의 오버레이 타겟을 특징화하는데 적합할 수 있다. 특히, 조명원(114), 조정가능한 동공 마스크(106), 또는 검출기(128)와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 오버레이 계측 도구(102)의 다양한 컴포넌트는 측정할 오버레이 타겟의 특정 설계에 기초한 오버레이 레시피에 따라 조정될 수 있다. 일부 실시예에서, 오버레이 타겟은 입사 조명 빔(116)을 회절시키는 적어도 하나의 샘플 레이어 상의 주기적인 피처를 포함한다. 따라서, 대물 렌즈(124)에 의해 수집된 광은 오버레이 타겟으로부터의 하나 이상의 회절 차수를 포함할 수 있다.
- [0061] 도 2는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 비중첩 피처를 갖는 오버레이 타겟(202)의 평면도이다. 예를 들어, 도 2의 오버레이 타겟(202)은 이미지 기반 오버레이 또는 다양한 회절 기반 오버레이 방식에 적합할 수 있다. 일 실시예에서, 오버레이 타겟(202)은 여기에서 오버레이 타겟(202)의 사분면으로 표현되는 4개의 셀(204a-204d)을 포함한다. 각각의 셀(204a-204d)은 샘플(104)의 제1 레이어(208) 상에 위치한 제1 레이어 인쇄 요소(206) 및 샘플(104)의 제2 레이어(212) 상에 위치한 제2 레이어 인쇄 요소(210)를 포함할 수 있다.
- [0062] 또한, 셀(204b) 및 셀(204d)은 도 2에 도시된 바와 같이 X 방향을 따라 오버레이 측정을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, X 방향을 따른 오버레이 측정은 각각의 셀 내에서 또는 셀(204b)과 셀(204d) 사이에서 제1 레이어 인쇄 요소(206)와 제2 레이어 인쇄 요소(210)의 상대적 위치를 직접 비교함으로써 이루어질 수 있다. 다른 예에서, X 방향을 따른 오버레이 측정은 셀(204b) 및 셀(204d)에 걸쳐 분포된 제1 레이어 인쇄 요소(206) 사이의 회전 대칭점(예를 들어, 회전 대칭, 반사 대칭, 미러 대칭 등)을 셀(204b) 및 셀(204d)에 걸쳐 분포된 제2 레이어 인쇄 요소(210) 사이의 대칭점과 비교함으로써 이루어진다. 유사하게, 셀(204a) 및 셀(204c)이 도 2에 도시된 바와 같이 Y 방향을 따라 오버레이 측정을 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0063] 도 3은 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 중첩 구조를 갖는 오버레이 타겟(202)의 사시도이다. 예를 들어, 도 3의 오버레이 타겟(202)은 산란측정 오버레이 측정에 적합할 수 있다. 일 실시예에서, 제2 레이어 인쇄 요소(210)의 적어도 일부는 제1 레이어 인쇄 요소(206)와 중첩된다.
- [0064] 또한, 오버레이 타겟(202)은 주기적인 피처를 포함할 수 있지만 반드시 포함하도록 요구되지 않는다. 이와 관련하여, 본 명세서에서 전술한 바와 같이, 단일 입사 각도(또는 좁은 범위의 입사 각도)의 조명 빔(116)으로 오버레이 타겟(202)을 조명하는 것은 주기적인 피처로부터의 회절에 기초하여 별개의 회절 차수를 생성할 수 있다. 예를 들어, 도 2a 내지 도 3의 제1 레이어 인쇄 요소(206) 및 제2 레이어 인쇄 요소(210)는 모두 X 및/또는 Y 방향으로 주기적이다.
- [0065] 도 2 및 도 3은 예시의 목적으로만 제공되며 제한하는 것으로 해석되지 않아야 함을 이해할 것이다. 본 명세서에서 전술된 바와 같이, 오버레이 계측 도구(102)는 일반적으로 이미징 모드(예를 들어, 필드 평면에 위치한 검출기(128)를 사용하여) 또는 산란측정 모드(예를 들어, 동공 평면의 검출기(128)를 사용하여)로 패턴 요소의 임의의 설계를 갖는 오버레이 타겟을 특징화할 수 있다. 또한, 오버레이 계측 도구(102)는 일반적으로 정적 획득 모드에서 또는 오버레이 타겟이 움직이는 동안 오버레이 타겟을 특징화할 수 있다. 따라서, 도 2 및 도 3b에 예시된 패턴 요소의 특정 배열은 단지 예시일 뿐이다.
- [0066] 도 4a 내지 도 4c를 참조하면, 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 조정가능한 동공 마스크(106)의 다양한 구성이 더 상세히 설명된다.
- [0067] 조정가능한 동공 마스크(106)는 하나 이상의 기계적 셔터, 하나 이상의 중성 밀도 필터, 하나 이상의 전자 광학 셔터, 하나 이상의 공간 광 변조기, 하나 이상의 변형 미러, 하나 이상의 액정 디바이스 또는 하나 이상의 편광판을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 유형의 공간적으로 어드레싱가능한 광학 요소를

포함할 수 있다. 또한, 조정가능한 동공 마스크(106)는 반사 또는 투과 모드에서 동작할 수 있다. 이와 관련하여, 동공을 통과한 광은 조정가능한 동공 마스크(106)로부터 반사 및/또는 투과된 광일 수 있다. 동공 평면(142)을 통한 광의 투과 또는 투과율에 대한 본 명세서의 개시에 대한 참조는 단지 예시 목적으로 제공되며 제한하는 것으로 해석되지 않아야 함을 이해해야 한다. 오히려, 이러한 예는 반사 모드 또는 전송 모드에서의 동작에 광범위하게 관련되는 것으로 해석되어야 한다.

[0068] 조정가능한 동공 마스크(106)는 임의의 선택된 정도의 공간 분해능으로 동공 평면(142)을 통한 광의 투과를 제어할 수 있다. 예를 들어, 조정가능한 동공 마스크(106)는, 동공 평면(142)을 통한 광의 투과가 개별적으로 제어될 수 있는 하나 이상의 독립적으로 제어가능한 영역을 가질 수 있다. 예를 들어, 조정가능한 동공 마스크(106)는 액정 디바이스, MEMS(Micro-Electro-Mechanical System) 디바이스 또는 프로그래밍가능한 미러 어레이와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 어드레싱가능 픽셀을 갖는 공간적으로 어드레싱가능한 디바이스를 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 조정가능한 동공 마스크(106)는 공간적으로 어드레싱가능한 디바이스의 공간 해상도로 동공 평면(142)을 통한 광의 투과를 제어할 수 있다. 다른 예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공에 선택적으로 삽입될 수 있는 하나 이상의 고체 컴포넌트(예를 들어, 셔터)를 포함할 수 있다.

[0069] 추가적으로, 조정가능한 동공 마스크(106)는 다양한 메커니즘을 사용하여 광의 투과를 제어할 수 있다. 일 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공 평면(142)의 주어진 위치에서 모든 광을 선택적으로 차단하거나 통과시킨다(예를 들어, 이진 연산). 예를 들어, 이진 연산은 일반적으로 임의의 유형의 셔터 또는 공간적으로 어드레싱가능한 디바이스를 사용하여 달성될 수 있다. 이진 연산은 원하는 오버레이 계측 기술을 달성하기 위해 광의 선택된 회절 차수를 차단하는 것을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는, 동공 평면(142)의 특정 영역에서 광을 선택적으로 차단하는데 적합할 수 있음이 여기에서 고려된다. 다른 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공 평면(142)을 통해 광의 제어가능한 감쇠 또는 필터링을 제공한다. 예를 들어, 제어가능한 감쇠는 편광 회전기(예를 들어, 전기 광학 편광 회전기, 공간 광 변조기, 액정 디바이스 등)에 결합된 편광기에 의해(그러나 이에 제한되지 않음) 달성될 수 있다. 이와 관련하여, 편광 회전기는 편광판을 통해 조정가능한 투과율을 제공하기 위해 동공 평면(142)의 전부 또는 일부분에서 광의 편광을 선택적으로 회전시킬 수 있다.

[0070] 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공 평면(142)의 임의의 선택된 부분에 걸친 광의 투과를 추가로 제어할 수 있다. 본 발명의 목적을 위해, 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공 평면(142)을 걸쳐 하나 이상의 제어 구역(402)을 통한 광의 투과를 제어하는 것으로 설명된다. 이와 관련하여, 각각의 제어 구역(402)을 통한 광의 투과는 독립적으로 제어될 수 있다. 각각의 제어 구역(402)은 조정가능한 동공 마스크(106) 또는 그 부분들과 연관된 하나 이상의 공간적으로 어드레싱가능한 디바이스에 대응할 수 있다. 예를 들어, 제어 구역(402)은 셔터(예를 들어, 기계식 셔터, 전기 광학식 셔터 등)의 형상에 대응할 수 있다. 다른 예로서, 제어 구역(402)은 그룹으로 제어되는 픽셀 그룹에 대응할 수 있다. 예를 들어, 편광판에 커플링된 다수의 픽셀을 갖는 액정 디바이스로 형성된 조정가능한 동공 마스크(106)의 경우, 제어 구역(402)은 그룹으로 제어되는 액정 디바이스의 픽셀 그룹으로 형성될 수 있다.

[0071] 도 4a 내지 도 4c는 동공 평면(142) 전체에 분포된 다양한 제어 구역(402)의 제어를 제공하기 위해 조정가능한 동공 마스크(106)가 어떻게 구성될 수 있는지에 대한 3개의 비제한적인 예를 도시한다. 조정가능한 동공 마스크(106)의 임의의 구성이 오버레이 계측 도구(102)의 임의의 동공 평면(142)(예를 들어, 도 1e에 도시된 동공 평면(142a-142d) 중 어느 것)에서 사용될 수 있음이 여기에서 고려된다. 아래의 특정 예는 가능한 구성으로서 예시적인 목적으로만 제공되며 제한하는 것으로 해석되지 않아야 함을 이해해야 한다. 또한, 도 4a 내지 도 4c는 별도의 구성으로 예시되지만, 일부 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 제어 구역(402a-402d) 모두를 포함한다. 이와 관련하여, 단일 조정가능한 동공 마스크(106)는 도 4a 내지 도 4c의 구성 중 어느 것을 제공하도록 선택적으로 조정될 수 있다.

[0072] 도 4a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 동공 평면(142)에 형상화된 제어 구역(402a)을 제공하는 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 도 4a에 예시된 바와 같이, 제어 구역(402a)은 오버레이 계측 도구(102)를 통한 광의 최대 각도 범위에 대응하는 동공 경계(404) 내에 놓일 수 있다. 제어 구역(402a)은 도 4a에 도시된 바와 같이 원을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는, 임의의 크기 또는 형상을 가질 수 있다. 또한, 제어 구역(402a)은 동공 경계(404) 내에 중심을 둘 수 있지만, 반드시 그러도록 요구되는 것은 아니다. 도 4a의 조정가능한 동공 마스크(106)는, 샘플(104)로부터의 선택된 회절 차수의 차단 또는 샘플(104)로부터의 0차 광이 감쇠되는 그레이 모드 이미징을 필요로 하는 오버레이 계측 기술에 매우 적합할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 그레이 모드 산란측정 계측은 일반적으로 2019년 1월 3일에 공개된 미국 특허 공개 번호

2012/0004439에 설명되어 있으며, 이는 그 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다.

- [0073] 도 4b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 환형 제어 구역(402)을 제공하는 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 환형 제어 구역(402)은 임의의 폭(406)을 가질 수 있고, 또한 동공 경계(404) 내의 임의의 위치에 위치될 수 있다. 예를 들어, 도 4b에 도시된 바와 같이, 제어 구역(402b)은 동공 경계(404)에 중심을 두고, 동공 경계(404)로부터 안쪽으로 연장 되어 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 남긴다. 도 4b의 조정가능한 동공 마스크(106)는 동공 평면(142) 내의 공지된 방사상 위치에서 선택된 회절 차수를 차단하거나 감쇠시키는데 매우 적합할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.
- [0074] 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같은 조정가능한 동공 마스크(106)는 조명 경로(118) 또는 수집 경로(132)에 전용인 동공 평면(142)(예를 들어, 도 1e의 동공 평면(142b, 142c))에서의 배치에 매우 적합할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 수집 동공의 대칭 조정가능한 동공 마스크(106)는, 일반 조명 또는 대칭 조명(예를 들어, 쌍극 조명, 사중극 조명, 환형 조명 등)을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 조명 조건 하에서 X 및 Y 방향의 동시 오버레이 측정을 용이하게 하기 위해 직교 방향(예를 들어, X 및 Y 방향)을 따라 동공 평면(142) 내의 선택된 반경에서 회절 차수를 차단하거나 감쇠시킬 수 있다.
- [0075] 그러나, 측정 방향을 따라 대칭적으로 대향하는 조명 빔(116)의 순차적인 조명을 제공하는 것이 일부 오버레이 계측 기술에 바람직할 수 있다. 예를 들어, 샘플이 쌍극자 또는 다른 대칭 분포의 대향하는 빔으로 순차적으로 조명되는 2개의 측정을 수행하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0076] 도 4c는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 환형을 형성하기 위해 결합 하는 2개의 제어 구역(402)을 제공하는 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 일 실시예에서, 도 4c에 도시된 바와 같이, 조정가능한 동공 마스크(106)는 도 4b에 도시된 것과 유사한 환형을 형성하기 위해 조합되는 제 1 제어 구역(402c) 및 제2 제어 구역(402d)을 포함한다. 그러나, 이 경우, 2개의 제어 영역(402c, 402d)은 별도로 제어가능하다. 도 4c의 조정가능한 동공 마스크(106)는 조명 경로(118) 및 수집 경로(132)(예를 들어, 도 1e의 동공 평면(142a, 142d))에 의해 공유되는 동공 평면(142)에서의 배치에 매우 적합할 수 있다. 이와 관련하여, 조정가능한 동공 마스크(106)는 쌍극자 또는 다른 대칭 분포의 대향하는 빔을 사용한 순차적 조명에 적합할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.
- [0077] 또한, 제어 구역(402c, 402d)은 임의의 선택된 각도로 배향될 수 있다. 일 실시예에서, 도 4c에 도시된 바와 같이, 제어 구역(402c, 402d)은 직교 조명 빔(116)을 이용한 샘플의 동시 조명을 용이하게 하기 위해 직교 측정 방향(예를 들어, X 및 Y 방향)에 대해 45도 각도로 배향된다.
- [0078] 도 5a 및 도 5b는 순차적 조명에 대한 조명 경로(118) 및 수집 경로(132)(예를 들어, 도 1e의 동공 평면(142a, 142d) 중 하나)에 공통인 동공 평면(142)에 위치한 다수의 제어 구역(402)을 갖는 조정가능한 동공 마스크(106)의 사용을 도시한다. 도 5a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라, 제1 측정을 제공하기 위한 제1 레시피로 구성된 도 4c의 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 도 5b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라, 제2 측정을 제공하기 위해 제2 레시피로 구성된 도 4c의 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다.
- [0079] 도 5a 내지 도 5c에서, 조명 경로(118)는 4개의 조명 빔(116a-116d)을 제공하고, 여기서 조명 빔(116a, 116b)은 X 방향을 따라 쌍극 조명을 제공하고 조명 빔(116c, 116d)은 Y 방향을 따라 쌍극 조명을 제공한다. 또한, 도 5a 내지 도 5c는 도 2 또는 도 3의 오버레이 타겟(202)과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 X 및 Y 방향 모두에서 주기적인 피처를 갖는 오버레이 계측 타겟의 조명에 의해 생성된 개별의 회절 차수의 존재를 도시한다.
- [0080] 도 5a에서, 제1 제어 구역(402c)은 조명 빔(116a, 116c)(예를 들어, X 및 Y 방향 각각으로 하나의 빔)이 샘플(104)을 조명할 수 있도록 투명하고, 제2 제어 구역(402d)은 다른 조명 빔(116b, 116d)을 차단하도록 완전히 불투명하다. 조정가능한 동공 마스크(106)는 검출기(128)를 통과할 수 있는 수집된 광(130)의 분포를 추가로 제어한다. 예를 들어, 불투명 제2 제어 구역(402d)은 조명 빔(116a)으로부터의 0차 회절(502a)을 차단할 수 있지만, 0이 아닌 회절 차수(504a, 506a)는 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 통과할 수 있다. 유사하게, 불투명한 제2 제어 구역(402d)은 조명 빔(116c)으로부터의 0차 회절(502c)을 차단할 수 있지만, 0이 아닌 회절 차수(504c, 506c)는 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 통과할 수 있다.
- [0081] 도 5b에서, 제1 제어 구역(402c)이 조명 빔(116a, 116c)을 차단하거나 감쇠시키고 제2 제어 구역(402d)이 조명 빔(116b, 116d)이 샘플(104)을 조명할 수 있도록 투명하도록 제어 구역(402c, 402d)의 특성이 역전된다. 이 경우에, 불투명한 제1 제어 구역(402c)은 조명 빔(116b)으로부터의 0차 회절(502b)을 차단할 것이지만, 0이 아닌 회절 차수(504b, 506b)는 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 통과 할 수 있다. 유사하게, 불투명한 제2 제어 구

역(402c)은 조명 빔(116d)으로부터의 0차 회절(502d)을 차단할 수 있지만, 0이 아닌 회절 차수(504d, 506d)는 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 통과할 수 있다.

[0082] 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 조명 경로(118) 및 수집 경로(132) 모두에 공통인 동공 평면(142)에서 다중 제어 구역(402)을 갖는 조정가능한 동공 마스크(106)의 배치는 조명 빔(116) 및 수집된 광(130) 모두의 유연한 제어를 제공할 수 있다. 또한, 그러한 조정가능한 동공 마스크(106)는, 광범위하고 다양한 오버레이 계측 기술이 단일 시스템을 사용하여 수행될 수 있도록 상이한 조명 및/또는 수집 프로파일을 갖는 순차적 조명을 허용한다. 그러나, 도 5a 내지 도 5b는 예시 목적으로만 제공되며 제한하는 것으로 해석되지 않아야 함을 이해해야 한다. 조정가능한 동공 마스크(106)는 관심있는 하나 이상의 오버레이 계측 기술을 수용하기 위해 다양한 구성으로 배향된 임의의 수의 제어 구역(402)을 가질 수 있음이 여기에서 고려된다.

[0083] 순차적인 조명(예를 들어, 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같은)이 당업계에 공지된 임의의 기술을 사용하여 수행될 수 있다는 것이 고려된다. 예를 들어, 샘플(104)이 정지된 경우, 다른 타겟의 측정을 위해 샘플(104)을 움직이기 전에 오버레이 타겟 상에 다수의 순차적인 측정이 수행될 수 있다. 또한, 움직이는 샘플(104) 상의 오버레이 타겟의 다중 측정을 제공하기 위한 다양한 기술이 구현될 수 있다. 예를 들어, 타겟은 두 번 스캔될 수 있다. 다른 예에서, 스캔 속도 및 데이터 캡처 레이트는 오버레이 타겟이 오버레이 계측 도구(102)의 시야 내에 있는 동안 다중 측정을 제공하도록 조정될 수 있다. 다른 예로서, 스캐닝 오버레이 계측 도구(102)는 2개 이상의 측정 조건을 사용하여 인터리빙된 데이터(예를 들어, 인터리빙된 이미지)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 스캐닝 기반 계측을 위한 인터리브 이미지의 생성은 일반적으로 2019년 9월 27일에 출원된 미국 특허 출원 번호 16/586,504에 설명되어 있으며, 그 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다.

[0084] 도 5c는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따른 동시 오버레이 계측에 대해 도 4b와 같이 구성된 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 도 5c에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 수집 경로(132)에 전용인 동공 평면(142) 내에 위치된다. 도 5c에 도시된 회절된 차수는 도 5a 및 도 5b와 동일하여, 유사한 오버레이 측정이 도 5a 및 도 5b의 순차적인 조명 접근법 또는 도 5c의 동시 조명 접근법 중 하나를 사용하여 이루어질 수 있다. 도 5c에서, 4개의 조명 빔(116a-116d) 모두가 샘플을 동시에 조명할 수 있다. 단일 제어 구역(402b)은 모든 0차 회절(502a-502d)을 차단하거나 감쇠시키기 위해 불투명하다. 또한, 중앙 영역(408)은 모든 조명 빔(116a-116d)으로부터의 -1차 회절(504a-504d) 및 -2차 회절(506a-506d)이 검출기(128)를 통과할 수 있게 한다.

[0085] 일부 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 2차 산란(double-order scattering; DOS) 오버레이 계측을 위해 구성될 수 있다. DOS 오버레이 계측에서, 주기적인 오버레이 타겟은 쌍극 조명(예를 들어, 대향하는 방위 각도에서 샘플을 조명하는 2개의 조명 빔(116))으로 조명되고 측정은 조명 빔(116) 각각과 관련된 2개의 0이 아닌 회절 차수에 기초한다. 일 실시예에서, DOS는 순차적인 조명으로 수행된다. 예를 들어, 순차적 DOS 오버레이 계측은 도 5a 및 도 5b의 구성을 사용하여 수행될 수 있다. 이 구성에서, 0이 아닌 회절(504a-504d)은 -1 회절 차수에 대응하고 0이 아닌 회절(506a-506d)은 -2 회절 차수에 대응한다. 다른 예로서, 동시 DOS 오버레이 계측은 도 5c의 구성을 사용하여 수행될 수 있고, 여기서 다시 0이 아닌 회절(504a-504d)은 -1 회절 차수에 대응하고 0이 아닌 회절(506a-506d)은 -2 회절 차수에 대응한다.

[0086] 일부 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 광학 모아레(optical Moire; OM) 오버레이 계측을 위해 구성될 수 있다. OM 오버레이 계측에서, 오버레이 타겟은 상이한 주기를 갖는 격자 구조가 2개 이상의 층(예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같은) 상에 중첩되는 하나 이상의 셀을 포함한다. 그 결과, 수집된 광(130)은 2개의 격자 사이의 주기성 차이에 기초한 모아레 효과와 연관된 하나 이상의 모아레 회절 차수를 포함할 수 있다. 예를 들어, 순차적 OM 오버레이 계측은 도 5a 및 도 5b의 구성을 사용하여 수행될 수 있다. 이 구성에서, 0이 아닌 회절(504a-504d)은 -1 회절 차수에 대응하고 0이 아닌 회절(506a-506d)은 모아레 회절 차수에 대응한다. 다른 예로서, 동시 OM 오버레이 계측은 도 5c의 구성을 사용하여 수행될 수 있고, 여기서 다시 0이 아닌 회절(504a-504d)은 -1 회절 차수에 대응하고 0이 아닌 회절(506a-506d)은 모아레 회절 차수에 대응한다.

[0087] 또한, 조정가능한 동공 마스크(106)의 제어 구역(402a-402c)이 조명 빔(116a-116d)으로부터의 0차 회절(502a-502d)을 완전히 차단하기보다는 감쇠시키도록 구성되는 그레이 모드 OM 계측이 수행될 수 있다.

[0088] 일부 실시예에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 리트로(Littrow) 오버레이 계측을 위해 구성될 수 있다. 리트로 오버레이 계측에서 주기적인 오버레이 타겟은 쌍극자 조명으로 조명되며, 여기서 회절 차수(일반적으로 1차 회절)가 입사 광과 동일한 각도를 따라 다시 역반사하도록 주기성 및 조명 파장이 조정된다. 리트로 오버레이 계측은, 모든 광이 가려지지 않은 동공 평면(142)을 통과할 수 있도록 완전히 투과되도록 구성된 조정가능한 동공 마스크(106)로 구현될 수 있다.

- [0089] 도 6a는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 이미지 기반 산란측정법 또는 그레이필드 산란측정법을 제공하기 위해 조명 경로(118) 및 수집 경로(132)에 공통인 동공 평면(142)에 배치되도록 구성된 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 제1 제어 구역(402c)은 조명 빔(116a)이 샘플(104)을 조명할 수 있게 투명하고, 제2 제어 구역(402d)은 0차 회절(502a)을 차단하거나 감쇠시키도록 불투명하다. 또한, 0이 아닌 회절 차수(508)(일반적으로, 1차 회절)는 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 통과할 수 있다.
- [0090] 도 6b는 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 오버레이 계측을 위한 이미지 기반 산란측정법 또는 회색 필드 산란측정법을 제공하기 위해 수집 경로(132)에 전용인 동공 평면(142)에 배치되는 도 4b와 같이 구성된 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 도 6b에 도시된 바와 같이, 단일 제어 구역(402b)은 0차 회절(502a)을 차단하거나 감쇠시킬 수 있고 0이 아닌 회절 차수(508)(일반적으로, 1차 회절)는 가려지지 않은 중앙 영역(408)을 통과할 수 있다.
- [0091] 도 7은 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 그레이 이미징 오버레이 계측을 제공하기 위해 도 4a와 같이 구성된 조정가능한 동공 마스크(106)의 개략도이다. 도 7에서, 조정가능한 동공 마스크(106)는 수집 경로(132)에 전용인 동공 평면(142)에 배치된다. 주기적인 오버레이 타겟은 수직 입사 각도의 단일 조명 빔(116)(도시되지 않음)으로 조명된다. 조정가능한 동공 마스크(106)는 0차 회절(502e)을 차단하거나 감쇠시키기 위해 동공 경계(404)의 중앙 부분에 위치된 단일 제어 구역(402a)을 가지며, 여기서 0이 아닌 회절(510)(예를 들어, +/-1차 회절)은 가려지지 않은 동공 평면(142)을 통과할 수 있다.
- [0092] 도 4a 내지 도 7에 도시된 바와 같이, 적어도 수집 동공 평면(142)에 배치되고 동공 평면(142) 전체에 분포된 하나 이상의 개별적으로 조정가능한 제어 구역(402)을 갖는 조정가능한 동공 마스크(106)는 오버레이 계측을 위해 고도로 커스터마이징가능한 데이터 수집을 용이하게 할 수 있다. 따라서, 단일 오버레이 계측 도구는 다양한 기술을 사용하여 오버레이 계측 측정을 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 단일 오버레이 계측 도구는 단일 샘플 또는 샘플 세트 상의 상이한 타겟에 대한 다중 오버레이 계측 기술 사이에서 스위칭하도록 동작적으로 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 대규모 샘플링이 달성될 수 있다.
- [0093] 도 8은 본 발명의 하나 이상의 실시예에 따라 오버레이 계측 방법(800)에서 수행되는 단계를 예시하는 흐름도이다. 출원인은 오버레이 계측 시스템(100)과 관련하여 본 명세서에서 이전에 설명된 실시예 및 구현 기술이 방법(800)으로 확장되는 것으로 해석되어야 함에 유의한다. 그러나, 방법(800)은 오버레이 계측 시스템(100)의 아키텍처에 제한되지 않음에 또한 유의한다.
- [0094] 일 실시예에서, 방법은 샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 계측 레시피를 수신하는 단계(802)를 포함한다. 예를 들어, 레시피는 오버레이 계측 시스템(100)과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 계측 도구를 구성하는데 적합한 측정 파라미터를 포함할 수 있다. 따라서, 레시피는 하나 이상의 조명 빔(116)의 파장, 하나 이상의 조명 빔(116)과 연관된 하나 이상의 조명 각도, 하나 이상의 조명 빔(116)의 편광, 2개 이상의 조명 빔(116)이 동시에 또는 순차적으로 오버레이 타겟을 조명하는지 여부, 또는 오버레이 타겟이 측정 동안 정적인지 또는 움직이고 있는지 여부와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 파라미터를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 레시피는 검출기(128)로부터의 측정 데이터에 기초하여 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 생성하기 위한 하나 이상의 프로세싱 단계(예를 들어, 컨트롤러(108)에 의해 수행될)를 포함할 수 있다. 따라서, 레시피는 특정 오버레이 계측 기술을 사용하여 오버레이 타겟으로부터 오버레이 측정을 생성하는데 필요한 파라미터 또는 단계를 일반적으로 제공할 수 있다.
- [0095] 다른 실시예에서, 방법(800)은 오버레이 계측 시스템(예를 들어, 오버레이 계측 시스템(100))으로 샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟의 측정을 위한 각각의 오버레이 계측 레시피에 따라 동공 투과율 분포를 조정하도록 조정가능한 동공 마스크(예를 들어, 조정가능한 동공 마스크(106))에 지시하는 단계(804)를 포함한다. 다른 실시예에서, 방법(800)은 검출기(예를 들어, 검출기(128))로부터의 측정 데이터에 기초하여 샘플 상의 하나 이상의 오버레이 타겟에 대한 하나 이상의 측정 방향을 따라 오버레이 측정을 결정하는 단계(806)를 포함한다. 이와 관련하여, 조정가능한 동공 마스크(106)는 오버레이 계측 시스템(100)이 임의의 수의 오버레이 기술을 사용하여 임의의 수의 오버레이 타겟에 대한 오버레이 측정을 생성할 수 있게 할 수 있다.
- [0096] 본 명세서에 설명된 모든 방법들은 방법 실시예들의 하나 이상의 단계들의 결과를 메모리에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 결과는 본 명세서에 설명된 결과 중 임의의 것을 포함할 수 있으며, 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 포맷될 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.

[0097] 상기 설명된 방법의 실시예들 각각은 본 명세서에 설명된 임의의 다른 방법(들)의 임의의 다른 단계(들)를 포함할 수 있다는 것이 또한 고려된다. 또한, 상기 설명된 방법의 실시예들 각각은 본 명세서에서 설명된 임의의 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0098] 당업자는 본 명세서에 설명된 컴포넌트, 동작, 디바이스, 객체 및 이들에 수반되는 논의가 개념적 명료성을 위해 예로서 사용되고 다양한 구성 수정이 고려된다는 것을 인식할 것이다. 결과적으로, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 제시된 특정 예시 및 수반되는 논의는 보다 일반적인 클래스를 대표하도록 의도된다. 일반적으로, 특정 예시의 사용은 해당 클래스를 대표하도록 의도되며, 특정 컴포넌트, 동작, 디바이스 및 객체를 포함하지 않는 것은 제한으로 간주되지 않아야 한다.

[0099] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "상단", "하단", "위", "아래", "상부", "위쪽", "하부", "아래" 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.

[0100] 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.

[0101] 본 명세서에 설명된 주제는 때때로 다른 컴포넌트 내에 포함되거나 다른 컴포넌트와 연결된 상이한 컴포넌트를 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 컴포넌트의 임의의 배열은 원하는 기능이 달성되도록 효과적으로 "연관"된다. 따라서, 특정 기능을 달성하기 위해 본 명세서에서 결합된 임의의 2개의 컴포넌트는 아키텍처 또는 중간 컴포넌트에 관계없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관"된 것으로 볼 수 있다. 마찬가지로, 이와 같이 연관된 임의의 2개의 컴포넌트는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "연결" 또는 "커플링"된 것으로 볼 수 있으며, 이와 같이 연관될 수 있는 임의의 2개의 컴포넌트는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "커플링가능"한 것으로 볼 수도 있다. 커플링가능의 구체적인 예는 물리적으로 짝을 이룰 수 있는 및/또는 물리적으로 상호 작용하는 컴포넌트 및/또는 무선으로 상호 작용할 수 있는 및/또는 무선으로 상호 작용하는 컴포넌트 및/또는 논리적으로 상호 작용하는 및/또는 논리적으로 상호 작용할 수 있는 컴포넌트를 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0102] 또한, 본 발명은 첨부된 청구 범위에 의해 정의된다는 것을 이해해야 한다. 일반적으로, 본 명세서에서 사용된 용어, 특히 첨부된 청구 범위(예를 들어, 첨부된 청구 범위의 본문)에서 사용된 용어는 일반적으로 "개방형" 용어(예를 들어, "포함하는"이라는 용어는 "포함하지만 이에 제한되지 않는"으로 해석되어야 하고, "갖는"이라는 용어는 "적어도 갖는"으로 해석되어야 하며, "포함한다"라는 용어는 "포함하지만 이에 제한되지 않는다" 등으로 해석되어야 함)로 의도된다는 것을 당업자는 이해할 것이다. 특정 수의 도입 청구항 기재가 의도된 경우, 이러한 의도는 청구항에서 명시적으로 기재될 것이며, 이러한 기재가 없는 경우, 이러한 의도가 존재하지 않는다는 것이 당업자에 의해 또한 이해될 것이다. 예를 들어, 이해를 돕기 위해, 다음의 첨부된 청구 범위는 청구항 기재를 도입하기 위해 "적어도 하나" 및 "하나 이상"이라는 도입 문구의 사용을 포함할 수 있다. 그러나, 이러한 문구의 사용은 부정 관사("a" 또는 "an")에 의한 청구항 기재의 도입이 이러한 도입 청구항 기재를 포함하는 특정 청구항을 이러한 기재를 하나만 포함하는 발명으로 제한한다고 의미하는 것으로 해석되어서는 안 되며, 동일한 청구항이 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"라는 도입 문구와 "a" 또는 "an"과 같은 부정 관사를 포함하는 경우에도 마찬가지이며(예를 들어, "a" 및/또는 "an"은 일반적으로 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 함); 청구항 기재를 도입하는 데 정관사를 사용하는 경우에도 마찬가지이다. 또한, 특정 수의 도입 청구항 기재가 명시적으로 기재되더라도, 당업자는 이러한 기재가 일반적으로 적어도 기재된 수를 의미하는 것으로 해석되어야 한다는 것을 인식할 것이다(예를 들어, 다른 수식어가 없는 "두 개"의 기본적 기재는 일반적으로 적어도 두 개의 기재 또는 두 개 이상의 기재를 의미한다). 또한, "A, B 및 C 등 중 적어도 하나"와 유사한 관계가 사용되는 경우, 일반적으로 이러한 구조는 당업자가 관계를 이해할 것이라는 의미에서 의도된다(예를 들어, "A, B 및 C 등 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 또

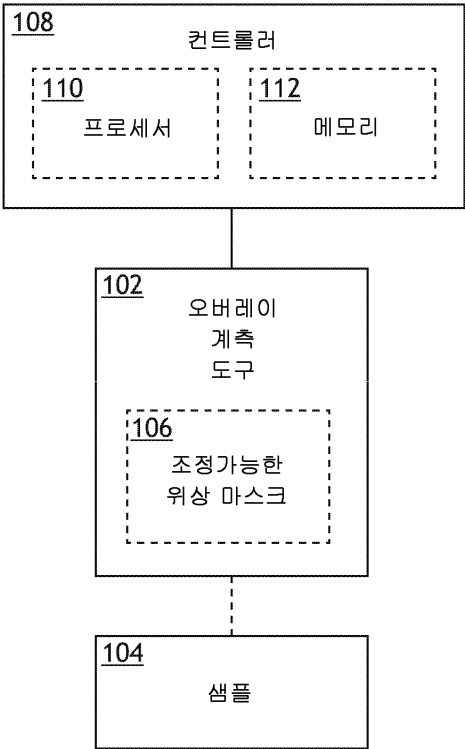
는 C 등 중 적어도 하나"와 유사한 관례가 사용되는 경우, 일반적으로 이러한 구조는 당업자가 관례를 이해할 것이라는 의미에서 의도된다(예를 들어, "A, B 또는 C 중 적어도 하나를 갖는 시스템"은 A 단독, B 단독, C 단독, A와 B를 함께, A와 C를 함께, B와 C를 함께 및/또는 A와 B와 C를 함께 등을 갖는 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는다). 상세한 설명, 청구 범위 또는 도면에 있어서, 2개 이상의 대체 용어를 제시하는 사실상 임의의 분리 단어 및/또는 문구는 용어 중 하나, 용어 중 어느 하나, 또는 용어 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.

[0103] 본 개시 및 본 개시의 많은 부수적인 장점들이 전술한 설명에 의해 이해될 것으로 믿어지며, 개시된 주제를 벗어나지 않거나 본 개시의 모든 재료적 장점들을 희생시키지 않는 다양한 변경들이 컴포넌트의 형태, 구성, 및 배열에 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 설명된 형태는 단지 설명적인 것이며, 이러한 변경을 아우르고 포함하는 것은 다음의 청구 범위의 의도이다. 또한, 본 발명은 첨부된 청구 범위에 의해 정의되는 것으로 이해되어야 한다.

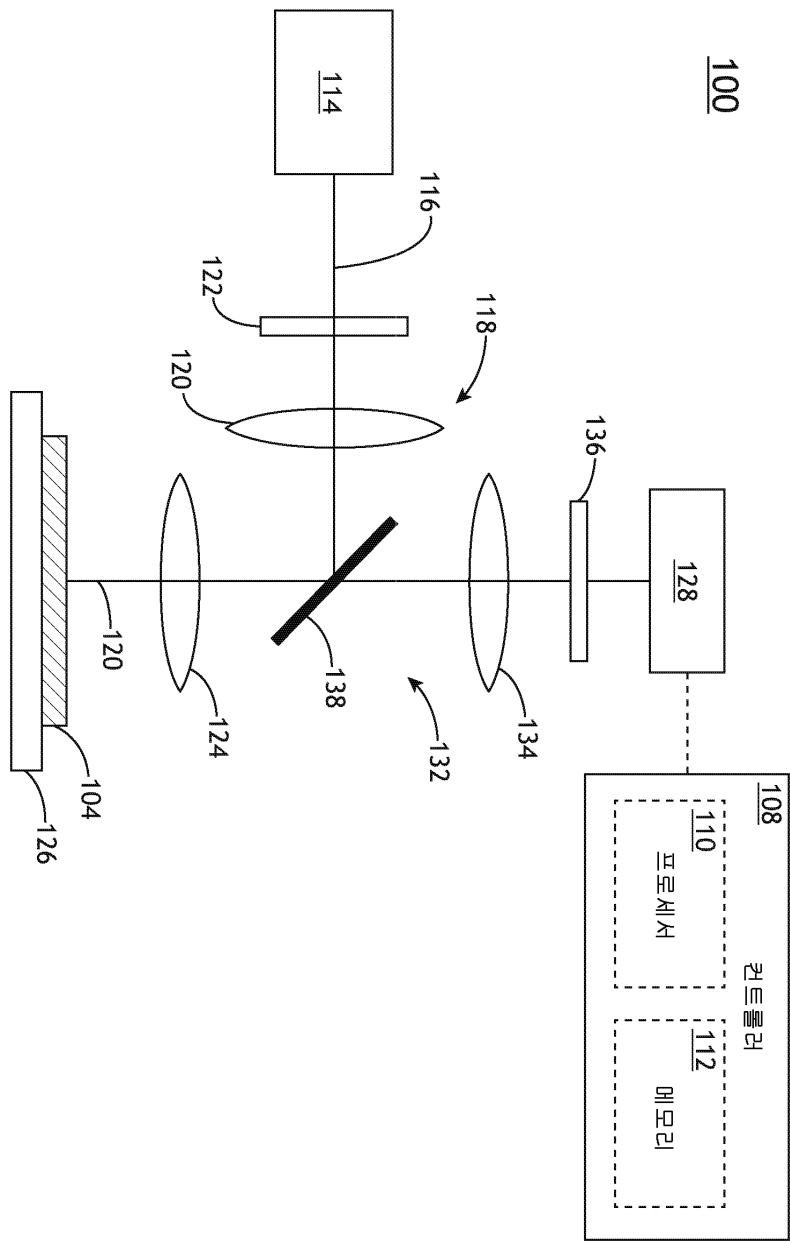
도면

도면1a

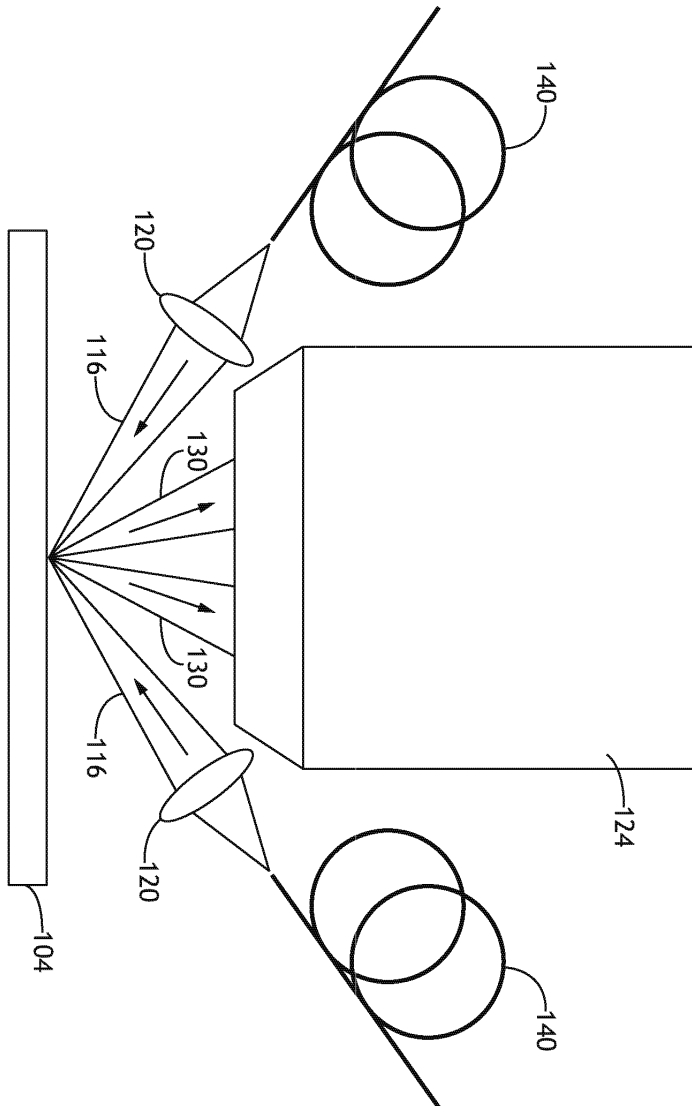
100



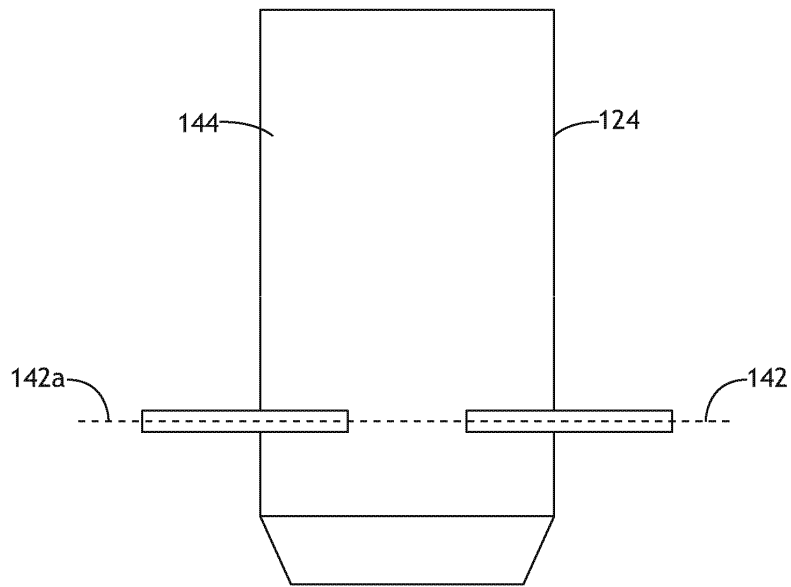
도면1b



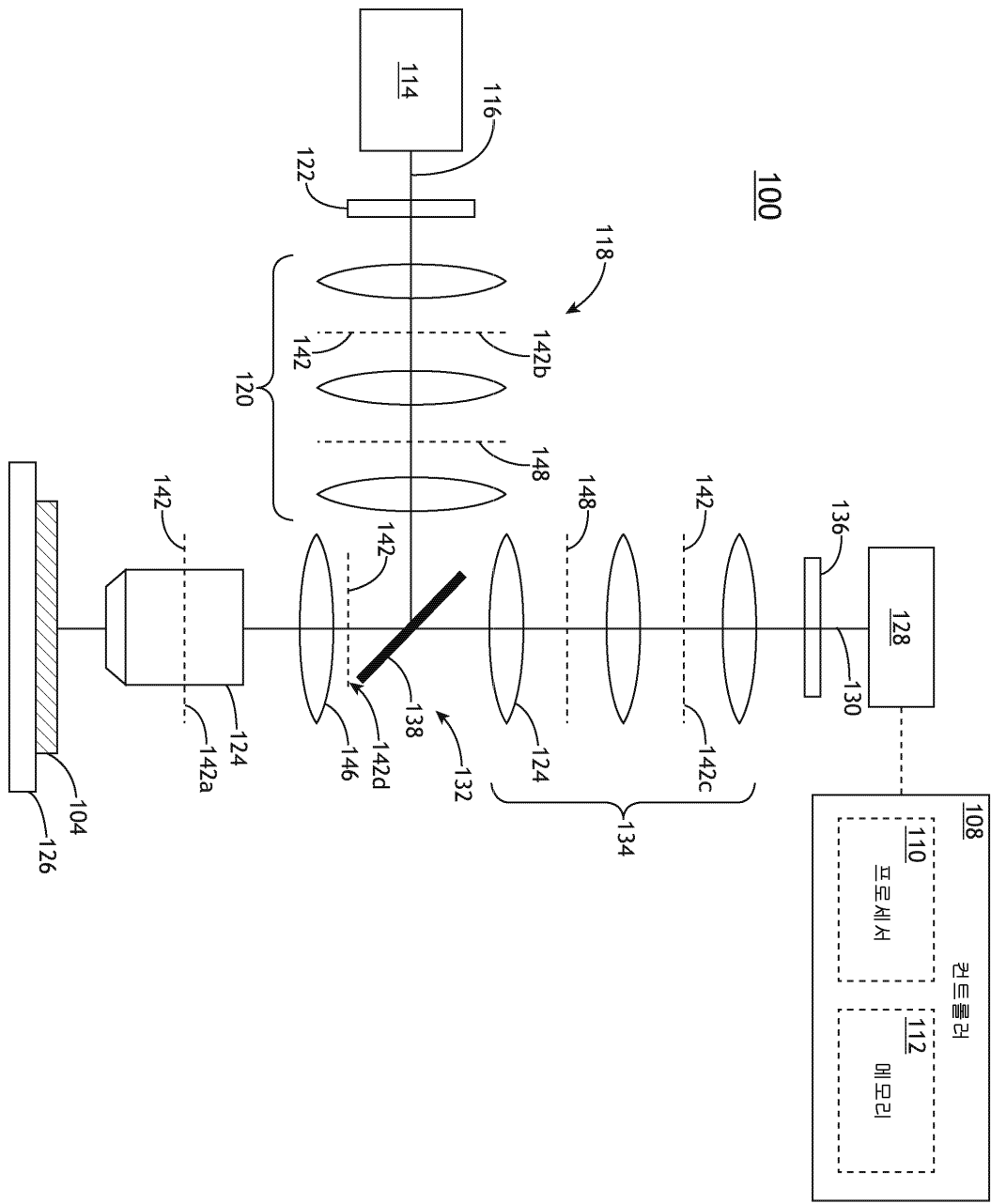
도면1c



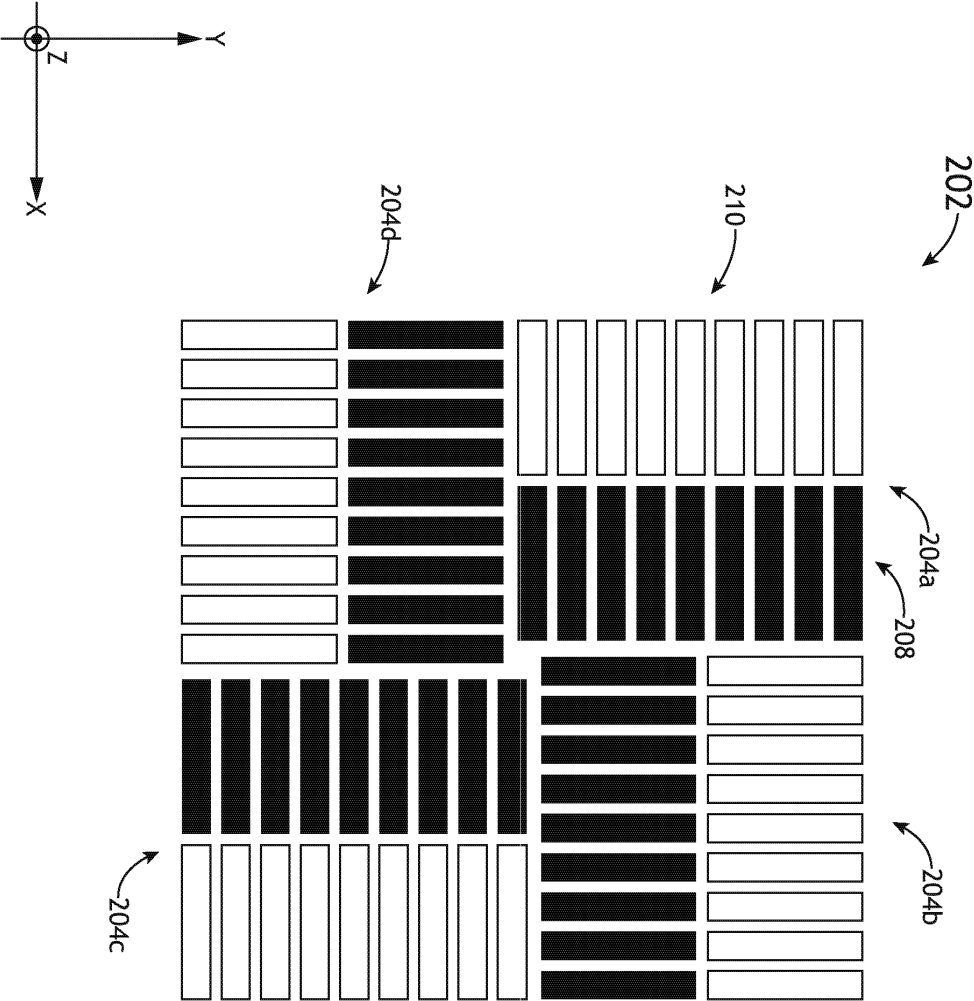
도면1d



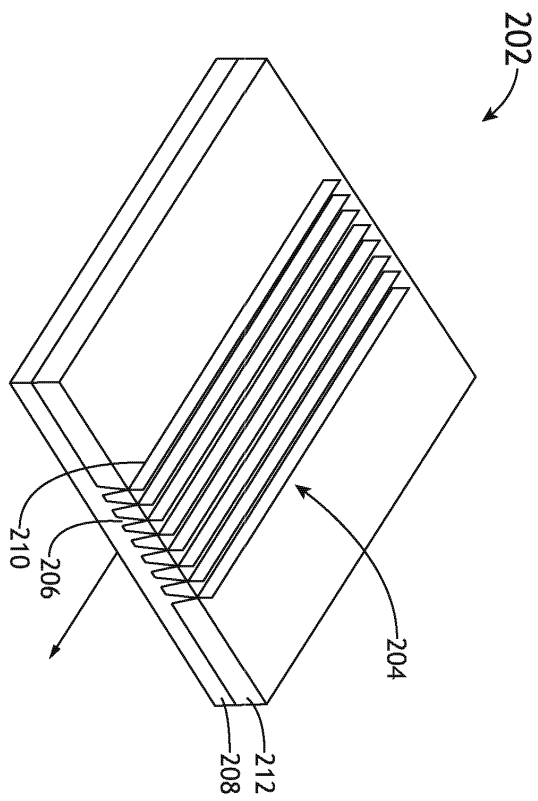
도면1e



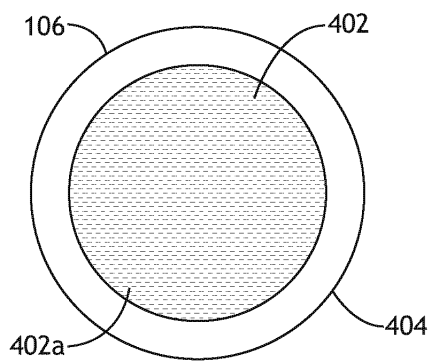
도면2



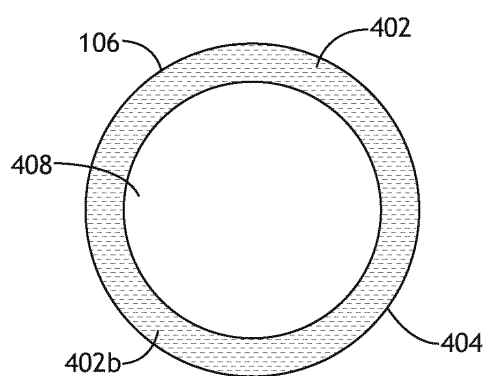
도면3



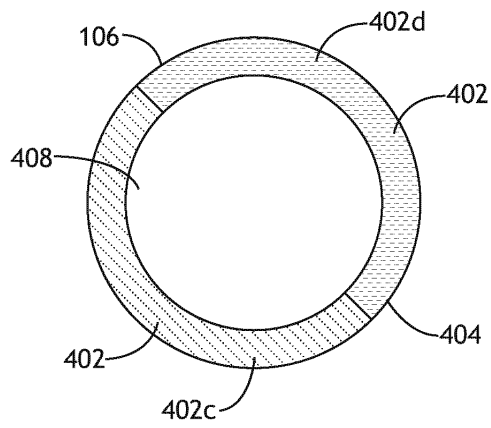
도면4a



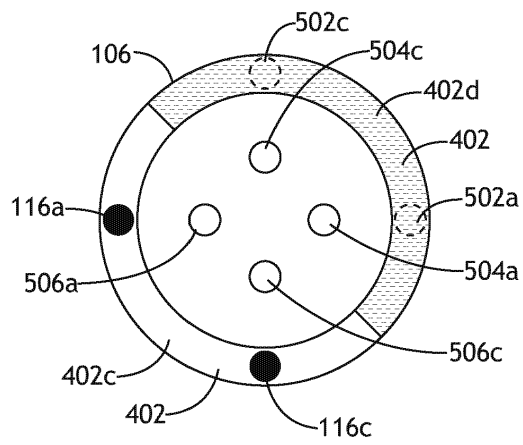
도면4b



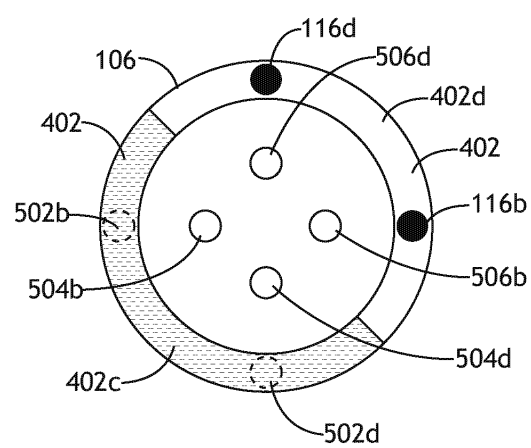
도면4c



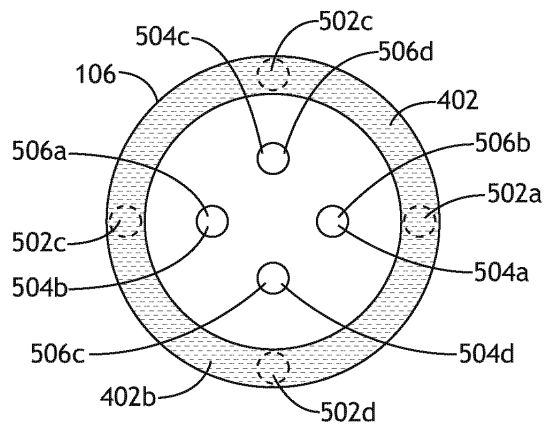
도면5a



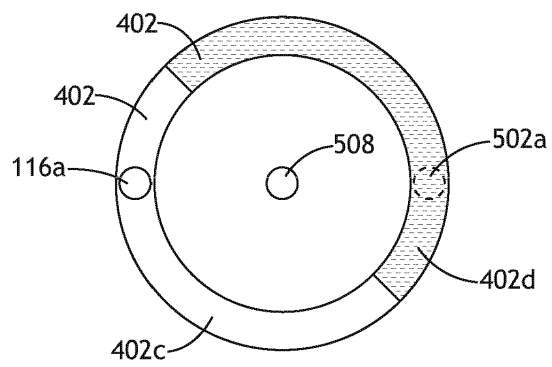
도면5b



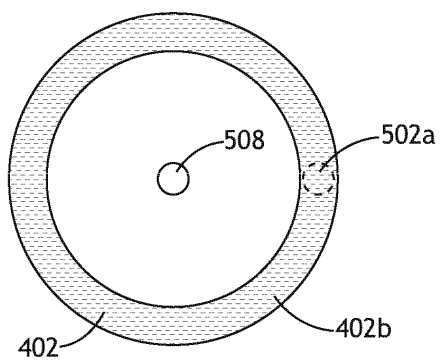
도면5c



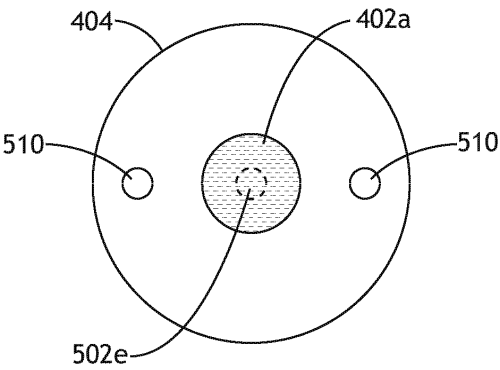
도면6a



도면6b



도면7



도면8

800

