



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월09일
(11) 등록번호 10-2215122
(24) 등록일자 2021년02월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) GOIN 21/95 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 22/12 (2013.01)
GOIN 21/9503 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7001188
- (22) 출원일자(국제) 2015년06월19일
심사청구일자 2020년06월19일
- (85) 번역문제출일자 2017년01월13일
- (65) 공개번호 10-2017-0020453
- (43) 공개일자 2017년02월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/036820
- (87) 국제공개번호 WO 2015/196163
국제공개일자 2015년12월23일
- (30) 우선권주장
62/014,986 2014년06월20일 미국(US)
14/741,866 2015년06월17일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2010107195 A
US20120026489 A1
US20130100441 A1

- (73) 특허권자
케이엘에이 코포레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크
놀로지 드라이브
- (72) 발명자
니콜라이테스 레나
미국 캘리포니아주 94552 카스트로 밸리 컬럼비아
드라이브 17749
차이 벤 밍 벤자민
미국 캘리포니아주 95070 사라토가 스킵랜드 드
라이브 19801
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 21 항

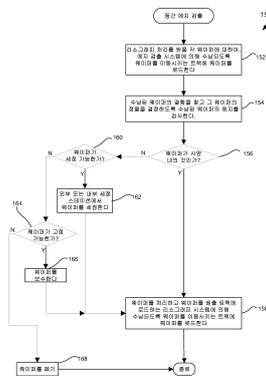
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 일렬식 웨이퍼 에지 검사, 웨이퍼 사전 정렬, 및 웨이퍼 세정

(57) 요약

반도체 웨이퍼를 검사 및 처리하는 방법 및 시스템이 개시된다. 시스템은 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 각 웨이퍼를 수납하는 에지 검출 시스템을 포함한다. 이 에지 검출 시스템은 웨이퍼의 테두리 영역 내에 있는 측부, 상부 및 하부 에지부를 향하여 하나 이상의 조명 빔을 지향시키는 조명 채널을 포함한다. 상기 에지 검출 시스템은 또한 웨이퍼의 에지부로부터 산란 또는 반사된 출력 복사선을 수집 및 감지하는 수집 모듈과, 상기 에지부에서 결함을 찾아내고 각 웨이퍼가 상기 웨이퍼에 대한 감지된 출력 복사선에 기초하여 사양 내에 있는지를 결정하는 분석 모듈을 포함한다. 포토리소그래피 시스템은 사양 내에 있는 것으로 밝혀진 각 웨이퍼를 상기 에지 검출 시스템으로부터 수납하도록 구성된다. 에지 검출 시스템은 포토리소그래피 시스템과 직렬로 결합된다.

대표도 - 도1b



(52) CPC특허분류

H01L 21/02041 (2013.01)

H01L 21/0274 (2013.01)

H01L 22/26 (2013.01)

H01L 22/30 (2013.01)

G01N 2201/06113 (2013.01)

(72) 발명자

이지 프라샬트 에이.

미국 캘리포니아주 95125 산 호세 뉴포트 애비뉴
165

가스보다 마이클

미국 캘리포니아주 95032 로스 가토스 케네디 로드
16964

스토코브스키 스탠리 이.

미국 캘리포니아주 94526-3557 덴빌 콘타다 씨클
755

자오 구오형

미국 캘리포니아주 94306 팔로 알토 프랫 레인 408

웬 유셴

미국 캘리포니아주 94536 프리몬트 체리 마노 코트
420

마하데반 모한

미국 캘리포니아주 95054 산타 클라라 리버 사이드
코트 # 306 406

호른 폴 디.

미국 캘리포니아주 95035 밀피타스 부타노 드라이브
1612

볼라트 볼프강

독일 57299 버바흐 루이젠슈트라쎄 14

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템에 있어서,

상기 웨이퍼에서 포토리소그래피 처리가 수행되기 전에 포토리소그래피 시스템에서 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 각 웨이퍼를 수납하는 에지 검출 시스템과,

사양(specification) 내에 있는 것으로 밝혀진 각 웨이퍼를 상기 에지 검출 시스템으로부터 수납하는 포토리소그래피 시스템

을 포함하고,

상기 에지 검출 시스템은,

상기 웨이퍼의 에지부 - 상기 에지부는 상기 웨이퍼의 테두리(border) 영역 내에 있는 적어도 하나의 측부(side), 상부, 및 하부를 포함함 - 를 향하여 하나 이상의 조명 빔을 지향시키는 적어도 하나의 조명 채널과,

상기 하나 이상의 조명 빔에 응답하여 상기 웨이퍼의 에지부로부터 산란 또는 반사된 출력 복사선(radiation)을 수집 및 감지하는 적어도 하나의 수집 모듈과,

상기 에지부에서 결함을 찾아내고 각 웨이퍼가 상기 웨이퍼에 대한 감지된 출력 복사선에 기초하여 사양 내에 있는지를 결정하는 분석 모듈을 구비하며,

상기 에지 검출 시스템은 상기 포토리소그래피 시스템과 직렬로(in-line) 결합되고,

상기 에지 검출 시스템의 분석 모듈은 또한, 상기 적어도 하나의 수집 모듈에 의해 수집 및 감지된 출력 복사선에 기초하여 각 웨이퍼의 정렬 위치를 결정하도록 구성되고, 상기 분석 모듈은 또한, 상기 포토리소그래피 시스템에 상기 정렬 위치를 제공하도록 구성되고,

상기 포토리소그래피 시스템은 또한, 상기 에지 검출 시스템으로부터 각 웨이퍼의 정렬 위치를 수신하고, 상기 수신된 정렬 위치를 사용하여 각 웨이퍼에 대하여 레티클을 정렬시키도록 동작 가능한 것인, 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템의 분석 모듈은 또한, 상기 포토리소그래피 처리 동안에 상기 웨이퍼의 정렬을 위하여 상기 웨이퍼가 상기 에지 검출 시스템으로부터 상기 포토리소그래피 시스템으로 이동할 때, 각 웨이퍼의 정렬 위치를 추적(track)하도록 구성되는 것인, 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템은 상기 웨이퍼가 상기 포토리소그래피 시스템에 의해 처리되기 직전에 각 웨이퍼를 수납하도록 배열되는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 조명 채널은 상기 에지부에 동시에 지향되는 복수의 조명 빔을 발생시키기 위한 회절 광학 요소를 포함하는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템은 상기 복수의 조명 빔이 상기 웨이퍼의 에지부의 전체 주선(circumference) 위에서 스캔되도록 상기 조명 채널 하에서 각 웨이퍼를 회전시키고, 상기 에지부의 상부, 하부 및 적어도 하나의 측부에 걸쳐 상기 에지 검출 시스템을 회전시키기 위한 적어도 하나의 위치지정 메카니즘을 더 포함하는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 수집 모듈은, 각 웨이퍼로부터 산란된 출력 복사선을 수신하는 암시야 채널과, 각 웨이퍼로부터 반사된 출력 복사선을 수신하는 명시야 채널을 포함하는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 조명 채널은, 각 웨이퍼의 에지부 전반에 걸쳐서 적어도 하나의 조명 빔을 스캔하는 편향기 메카니즘을 포함하는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은 각 웨이퍼의 에지부의 적어도 하나의 측부를 검사하는 에지 검사기, 및 상기 적어도 하나의 측부의 검사 중에 각 웨이퍼의 에지부의 상부 및 하부를 각각 동시에 검사하는 상부 카메라 및 하부 카메라의 형태를 갖는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은 각 웨이퍼의 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부를 동시에 검사하도록 구성된 복수 카메라의 형태를 갖는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 카메라는 각 웨이퍼의 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부를 따라 서로 오프셋되도록 배열되는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템의 상기 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은, 각 웨이퍼의 에지부를 향해 위치지정하기 위한 내부 표면 및 상기 내부 표면에 반대되는 외부 표면을 가지는 곡면 확산기와,

상기 확산기가 복수의 입사각으로 각 샘플의 에지부에 걸쳐 균일한 광을 출력하도록, 상기 확산기의 외부 표면의 복수의 위치에 인접하게 복수의 조명 빔을 발생시키는 복수의 광원과,

입사광에 응답하여 각 웨이퍼의 에지부로부터 산란된 출력 복사선을 수신하고 검출 신호를 발생시키는 센서를 포함하며,

상기 광원, 확산기 및 센서는 콤팩트 형태로 집적되는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 조명 채널은 명시야 조명 및 암시야 조명을 제공하도록 구성되는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서, 적어도 하나의 수집 채널은, 상기 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부로부터 출력 복사선을 수신하도록 위치지정된 복수의 제1 단부 및 라인 스캔 카메라 또는 시간 지연 집적(time delay integration, TDI) 카메라에 상기 수신된 출력 복사선을 출력하는 복수의 제2 반대쪽 단부를 가진 광섬유 번들의 형태를 갖는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서, 적어도 하나의 수집 채널은 상기 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부로부터 출력 복사선을 수신하여 상기 출력 복사선을 라인 스캔 카메라 또는 시간 지연 집적(TDI) 카메라에 동시에 지향시키도록 위치지정된 복수의 광학 요소의 형태를 갖는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템의 상기 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은, 각 웨이퍼의 에지부 위에 배열된 복수의 블루레이 장치를 포함하는 것인 반도체 웨이퍼를 처리하는 시스템.

청구항 16

포토리소그래피 시스템에서 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 웨이퍼의 에지부를 검사하는 방법에 있어서,

상기 포토리소그래피 시스템에서 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 각 웨이퍼에 대하여, 상기 웨이퍼에서 포토리소그래피 처리가 수행되기 전에 에지 검출 시스템에 상기 웨이퍼를 수납하는 단계와,

상기 에지 검출 시스템에 의해, 상기 웨이퍼가 사양 내에 있는지를 결정하기 위해 결함에 대하여 각 웨이퍼의 에지부 - 상기 에지부는 상기 웨이퍼의 테두리 영역 내에 있는 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부를 포함하고, 상기 결함은 입자, 크랙, 또는 스크래치를 포함함 - 를 검사하는 단계;

상기 에지 검출 시스템에 의해, 상기 에지 검출 시스템의 수집 모듈에 의해 수집되고 감지된 출력 복사선에 기초하여 각 웨이퍼의 정렬 위치를 결정하고 상기 정렬 위치를 상기 포토리소그래피 시스템에 제공하는 단계;

상기 에지 검출 시스템이 사양 내에 있는 것으로 결정한 각 웨이퍼에 대하여, 상기 웨이퍼를 상기 에지 검출 시스템으로부터 상기 포토리소그래피 시스템으로 출력하는 단계; 및

상기 포토리소그래피 시스템에 의해, 상기 에지 검출 시스템으로부터 각 웨이퍼의 정렬 위치를 수신하고, 상기 수신된 정렬 위치를 사용하여 각 웨이퍼에 대하여 레티클을 정렬시키는 단계

를 포함하고,

상기 에지 검출 시스템은 상기 포토리소그래피 시스템과 직렬로 결합되는 것인 웨이퍼 에지부 검사 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 특정 웨이퍼가 포토리소그래피 처리를 받는 동안에 또는 그 후에 사양 내에 있는 것으로 밝혀진 상기 특정 웨이퍼의 결함을 추적하는 단계를 더 포함하는 웨이퍼 에지부 검사 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템은, 상기 포토리소그래피 시스템의 처리 속도와 동일하거나 그 보다 더 빠른 속도로 웨이퍼를 검사하는 것인 웨이퍼 에지부 검사 방법.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 각 웨이퍼의 에지부는, 상기 웨이퍼의 주선(circumference) 주위에서 회전되고 상기 웨이퍼의 에지부의 상부와 하부 및 적어도 하나의 측부 전체에 걸쳐서 스텝핑되는 복수의 동시 스캐닝 스폿으로 검사되는 것인 웨이퍼 에지부 검사 방법.

청구항 20

제16항에 있어서, 상기 에지 검출 시스템에 의해, 상기 웨이퍼가 상기 에지 검출 시스템으로부터 상기 포토리소그래피 시스템으로 이동할 때, 각 웨이퍼의 정렬 위치를 추적하는 단계를 더 포함하고,

상기 포토리소그래피 시스템은 상기 포토리소그래피 처리 중에 상기 웨이퍼의 정렬을 위해 상기 수신된 정렬 위치를 사용하는 것인 웨이퍼 에지부 검사 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 웨이퍼를 상기 포토리소그래피 시스템에 보내기 전에 상기 사양 밖에 있는 것으로 그리고 세정 가능한 것으로 결정된 각 웨이퍼를 세정하는 단계를 더 포함하고,

상기 세정하는 단계는 에지 검출 및 포토리소그래피 시스템과 직렬로 결합된 내부 세정 시스템에서 수행되는 것인 웨이퍼 에지부 검사 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원에 대한 교차 참조
- [0002] 이 출원은 "일렬식 반도체 웨이퍼 에지 검사, 동시 사전 정렬, 및 웨이퍼 세정 방법"의 명칭으로 레나 니콜레이즈 등에 의해 2014년 6월 20일자 출원된 미국 가특허 출원 제62/014,986호를 우선권 주장하며, 이 우선권 출원은 인용에 의해 모든 목적을 위하여 그 전부가 본원에 통합된다.
- [0003] 발명의 기술 분야
- [0004] 본 발명은 일반적으로 웨이퍼 검사 및 영상화 분야에 관한 것으로, 특히 등그렇게 된 웨이퍼 에지를 검사 및 영상화하는 장치 및 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 일반적으로, 반도체 제조 산업은 실리콘 등의 기관 위에 적층 및 패터닝되는 반도체 재료를 이용하여 집적 회로를 제조하는 고도로 복잡한 기술을 수반한다. 대규모의 회로 집적 및 반도체 장치의 크기 감소에 기인하여, 제조된 장치들은 결함에 점점 더 민감해지고 있다. 즉, 장치에서 장애를 일으키는 결함들이 점점 더 작아지고 있다. 장치는 일반적으로 최종 사용자 또는 고객에게 출하되기 전에 무장애(fault free)로 될 것이 요구될 수 있다.
- [0006] 각종의 검사 시스템이 반도체 레티클 또는 웨이퍼에서 결함을 검출하기 위해 반도체 산업에서 사용된다. 일 유형의 검사 도구는 광학 검사 시스템이다. 광학 검사 시스템에서, 하나 이상의 복사선 빔이 반도체 웨이퍼로 지향되고, 그 다음에 반사 빔 및/또는 산란 빔이 검출된다. 검출된 빔은 그 다음에 검출된 전기 신호 또는 영상을 발생하기 위해 사용되고, 그 다음에 상기 신호 또는 영상을 분석하여 웨이퍼에 결함들이 존재하는지 결정한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 특유의 검사 응용에 있어서, 웨이퍼의 측부(side)는 그 웨이퍼의 에지 영역의 영상을 획득하기 위해 영상화된다. 그러한 에지 영역을 영상화하기 위한 검사 기술 및 장치의 개선이 계속하여 필요하다.
- [0008] 이하에서는 발명의 임의의 실시형태의 기본적인 이해를 제공하기 위해 발명의 간단한 요약의 제시한다. 이 요약은 발명의 확장적 개관이 아니고 발명의 핵심적/임계적 요소를 식별하거나 발명의 범위를 기술하지 않는다. 그 유일한 목적은 뒤에서 제시되는 더 구체적인 설명의 전제로서 여기에서 개시되는 일부 개념을 간단한 형태로 제시하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 일 실시형태에 있어서, 반도체 웨이퍼를 검사 및 처리하는 시스템이 개시된다. 시스템은 웨이퍼에서 포토리소그래피 처리가 수행되기 전에 포토리소그래피 시스템에서 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 각 웨이퍼를 수납하는 에지 검출 시스템을 포함한다. 이 에지 검출 시스템은 웨이퍼의 에지부를 향하여 하나 이상의 조명 빔을 지향시키는 적어도 하나의 조명 채널을 포함하고, 상기 에지부는 웨이퍼의 테두리 영역 내에 있는 적어도 하나의 측부와 상부 및 하부를 포함한다. 상기 에지 검출 시스템은 또한 하나 이상의 조명 빔에 응답하여 웨이퍼의 에지부로부터 산란 또는 반사된 출력 복사선을 수집 및 감지하는 적어도 하나의 수집 모듈과, 상기 에지부에서 결함을 찾아내고 각 웨이퍼가 상기 웨이퍼에 대한 감지된 출력 복사선에 기초하여 사양 내에 있는지를 결정하는 분석 모듈을 포함한다. 전체 시스템은 또한 사양 내에 있는 것으로 밝혀진 각 웨이퍼를 상기 에지 검출 시스템으로부터 수납하는 포토리소그래피 시스템을 포함하고, 상기 에지 검출 시스템은 상기 포토리소그래피 시스템과 직렬로(in-line) 결합된다.
- [0010] 특정 구현예에 있어서, 상기 에지 검출 시스템의 분석 모듈은 각 웨이퍼의 정렬 위치를 결정하도록 또한 구성되고, 이러한 정렬 위치는 포토리소그래피 처리 중에 상기 웨이퍼의 정렬을 위해 포토리소그래피 시스템에 의해 에지 검출 시스템으로부터 수신된다. 다른 예로서, 에지 검출 시스템은 상기 웨이퍼가 포토리소그래피 시스템에 의해 처리되기 직전에 각 웨이퍼를 수납하도록 배열된다. 또 다른 실시형태에 있어서, 적어도 하나의 조명 채널

은 상기 에지부에 동시에 지향되는 복수의 조명 빔을 발생하기 위한 회절 광학 요소를 포함한다. 추가의 양태에 있어서, 에지 검출 시스템은 복수의 조명 빔이 상기 웨이퍼의 에지부의 전체 주선(circumference) 위에서 스캔 되도록 조명 채널 하에서 각 웨이퍼를 회전시키고 상기 에지부의 상부, 하부 및 적어도 하나의 측부에서 상기 에지 검출 시스템을 회전시키기 위한 적어도 하나의 위치지정(positioning) 메카니즘을 또한 포함한다.

[0011] 다른 실시형태에 있어서, 적어도 하나의 수집 모듈은 각 웨이퍼로부터 산란된 출력 복사선을 수신하는 암시야 채널과, 각 웨이퍼로부터 반사된 출력 복사선을 수신하는 명시야 채널을 포함한다. 특정 구현예에 있어서, 적어도 하나의 조명 채널은 각 웨이퍼의 에지부 전역에서 적어도 하나의 조명 빔을 스캔하는 편향기 메카니즘을 포함한다. 다른 양태에 있어서, 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은 각 웨이퍼의 에지부의 적어도 하나의 측부를 검사하는 에지 검사기의 형태, 및 적어도 일 측부의 검사 중에 각 웨이퍼의 에지의 상부 및 하부를 각각 동시에 검사하는 상부 카메라 및 하부 카메라의 형태를 갖는다. 다른 예로서, 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은 각 웨이퍼의 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부를 동시에 검사하도록 구성된 복수 카메라의 형태를 갖는다. 추가의 양태에 있어서, 카메라는 각 웨이퍼의 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부를 따라 서로 오프셋되도록 배열된다.

[0012] 다른 구현예에 있어서, 에지 검출 시스템의 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은 각 웨이퍼의 에지부를 향해 위치지정하는 내부 표면, 및 상기 내부 표면에 반대되는 외부 표면을 구비한 곡면 확산기와, 상기 확산기가 복수의 입사각으로 각 샘플의 에지부에 균일한 광을 출력하도록 상기 확산기의 외부 표면의 복수의 위치에 인접하게 복수의 조명 빔을 발생하는 복수의 광원과, 입사광에 응답하여 각 웨이퍼의 에지부로부터 산란된 출력 복사선을 수신하고 검출 신호를 발생하는 센서를 포함한다. 상기 광원, 확산기 및 센서는 콤팩트 형태로 집적된다.

[0013] 다른 실시형태에 있어서, 조명 채널은 명시야 조명 및/또는 암시야 조명을 제공하도록 구성된다. 다른 양태에 있어서, 적어도 하나의 수집 채널은 상기 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부로부터 출력 복사선을 수신하도록 위치된 복수의 제1 단부 및 라인 스캔 카메라 또는 시간 지연 집적(time delay integration, TDI) 카메라에 상기 수신된 출력 복사선을 출력하는 복수의 제2 반대쪽 단부를 가진 광섬유 번들의 형태를 갖는다. 또 다른 예로서, 적어도 하나의 수집 채널은 상기 에지부의 적어도 하나의 측부, 상부 및 하부로부터 출력 복사선을 수신하여 상기 출력 복사선을 상기 라인 스캔 카메라 또는 시간 지연 집적(TDI) 카메라에 동시에 지향시키도록 위치된 복수의 광학 요소의 형태를 갖는다. 다른 실시형태에 있어서, 에지 검출 시스템의 적어도 하나의 조명 채널 및 적어도 하나의 수집 채널은 각 웨이퍼의 에지부 위에 배열된 복수의 블루레이 장치치를 포함한다.

[0014] 대안적인 실시형태에 있어서, 본 발명은 포토리소그래피 시스템에서 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 웨이퍼의 에지부를 검사하는 방법을 포함한다. 이 방법은 (i) 포토리소그래피 시스템에서 포토리소그래피 처리를 받아야 하는 각 웨이퍼에 대하여, 상기 웨이퍼에서 포토리소그래피 처리가 수행되기 전에 에지 검출 시스템에 웨이퍼를 수납하는 단계와, (ii) 에지 검출 시스템에 의해, 상기 웨이퍼가 사양 내에 있는지를 결정하기 위해 결함에 대하여 각 웨이퍼의 에지부- 에지부는 웨이퍼의 테두리 영역 내에 있는 적어도 하나의 측부와 상부 및 하부를 포함한 것임 -를 검사하는 단계와, (iii) 에지 검출 시스템이 사양 내에 있는 것으로 결정한 각 웨이퍼에 대하여, 상기 에지 검출 시스템으로부터 상기 리소그래피 시스템으로 웨이퍼를 출력하는 단계를 포함한다. 상기 에지 검출 시스템은 상기 포토리소그래피 시스템과 직렬로 결합된다.

[0015] 추가의 양태에 있어서, 상기 방법은 특정 웨이퍼가 포토리소그래피 처리를 받는 동안에 또는 그 후에 사양 내에 있는 것으로 밝혀진 상기 특정 웨이퍼의 결함을 추적하는 단계를 포함한다. 특정 실시형태에 있어서, 상기 에지 검출 시스템은 리소그래피 시스템의 처리 속도와 동일하거나 더 빠른 속도로 웨이퍼를 검사한다. 다른 양태에 있어서, 각 웨이퍼의 에지부는 웨이퍼의 주선 주위에서 회전되고 웨이퍼의 에지부의 상부와 하부 및 적어도 일 측부 전체에 걸쳐서 스캔되는 복수의 동시 스캐닝 스폿으로 검사된다. 추가의 양태에 있어서, 상기 방법은 (i) 에지 검출 시스템에 의해, 각 웨이퍼의 정렬 위치를 결정하는 단계와, (ii) 각 웨이퍼의 상기 정렬 위치를 상기 에지 검출 시스템으로부터 상기 포토리소그래피 시스템으로 수신하는 단계를 포함하고, 상기 포토리소그래피 시스템은 포토리소그래피 처리 중에 상기 웨이퍼의 정렬을 위해 상기 수신된 정렬 위치를 이용한다. 추가의 양태에 있어서, 상기 방법은 사양 밖에 있는 것으로 그리고 상기 웨이퍼를 상기 포토리소그래피 시스템에 보내기 전에 세정 가능한 것으로 결정된 각 웨이퍼를 세정하는 단계를 포함하고, 상기 세정하는 단계는 에지 검출 및 포토리소그래피 시스템과 직렬로 된 내부 세정 시스템에서 수행된다.

[0016] 본 발명의 상기 및 다른 양태들은 도면을 참조하면서 이하에서 추가로 설명된다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1a는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 리소그래피 시스템과 직렬로 된 에지 검출 시스템의 도식적 표시도이다.
- 도 1b는 본 발명의 일 실시형태에 따른 에지 검출 처리를 보인 흐름도이다.
- 도 2a-2c는 본 발명의 예시적인 구현예에 따른 다중 스폿 모드를 가진 에지 검출 시스템(204)의 일 구현예를 보인 도이다.
- 도 3a-3d는 본 발명의 다른 구현예에 따른 조명 빔 경로에서 음향-광학 장치(AOD) 스캐너를 구비한 에지 검출 시스템을 보인 도이다.
- 도 4a-4c는 본 발명의 다른 실시형태에 따른, 에지 표면용의 스폿 스캐너 및 상부 표면용과 하부 표면용의 2개의 카메라를 구비한 에지 검사 시스템의 도식적 표시도이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 스캐닝 트랙 크기의 최적화를 위한 에지 검사 시스템의 도식적 측면도이다.
- 도 6a는 본 발명의 다른 특정 구현예에 따른 복수의 카메라를 구비한 에지 검출 시스템의 도식적 측면도이다.
- 도 6b는 카메라의 뒤로부터 보여지고 관심 있는 에지를 향해 바라보는 도 6a의 시스템의 측면도이다.
- 도 6c는 도 6a의 시스템의 상면도이다.
- 도 6d는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 복수의 카메라 및 곡면 확산기를 구비한 에지 검출 시스템의 절개 측면도이다.
- 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 대안적 실시형태에 따른 복수의 오프셋 카메라를 구비한 에지 검출 시스템(700)을 보인 도이다.
- 도 8은 예시적인 실시형태에 따른 암시야 조명 및 복수의 카메라를 구비한 에지 검출 시스템을 보인 도이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 가간섭성 광섬유 번들을 이용하는 다른 구현예를 보인 도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시형태에 따른 복수의 블루레이 조명 및 감지 장치를 이용하는 다른 에지 검출 시스템의 도식적 표시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하의 설명에서는 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 많은 특정 세부들이 개시된다. 본 발명은 이러한 특정 세부들의 일부 또는 전부가 없이 실시될 수 있다. 다른 사례로, 잘 알려진 컴포넌트 또는 처리 동작들은 본 발명을 불필요하게 불명료하게 하지 않도록 자세히 설명하지 않았다. 비록 본 발명의 특정 실시형태와 관련하여 설명되지만, 그 설명은 발명을 실시형태로 제한하는 것으로 의도되지 않는다는 점을 이해할 것이다.
- [0019] 여기에서 사용하는 용어 "표본"(specimen) 및 "샘플"은 일반적으로 관심 있는 결함이 위치할 수 있는 에지를 가진 웨이퍼 또는 임의의 다른 표본을 말한다. 비록 용어 "표본", "샘플" 및 "웨이퍼"가 여기에서 상호 교환적으로 사용되지만, 웨이퍼와 관련하여 설명하는 실시형태들은 검사 및 영상화를 위해 구성 및/또는 사용될 수 있는 것을 이해하여야 한다.
- [0020] 여기에서 사용하는 용어 "웨이퍼"는 일반적으로 반도체 또는 비반도체 재료로 형성된 기판을 말한다. 반도체 재료의 비제한적인 예로는 단결정 실리콘, 비화갈륨, 및 인화인듐이 있다. 이러한 기판은 반도체 제조 설비에서 통상적으로 발견 및/또는 처리될 수 있다. 기판은 또한 현대의 제조에서 가끔 사용되는 유리, 사파이어 또는 다른 절연체 재료를 말한다.
- [0021] 하나 이상의 층이 웨이퍼 위에서 형성될 수 있다. 예를 들면, 그러한 층들은 비제한적인 예를 들자면 레지스트, 유전성 재료 및 도전성 재료를 포함할 수 있다. 많은 다른 유형의 층들이 업계에 알려져 있고, 여기에서 사용되는 용어 웨이퍼는 모든 유형의 층들이 위에 형성될 수 있는 웨이퍼를 포함하는 것으로 의도된다. 웨이퍼 위에 형성되는 하나 이상의 층들은 패터닝될 수 있다. 예를 들면, 웨이퍼는 반복적인 패턴 특징들을 각각 갖는 복수의 다이들 포함할 수 있다. 그러한 재료 층들의 형성 및 처리는 궁극적으로 완성된 반도체 소자를 만들 수 있다. 요컨대, 웨이퍼는 완전한 반도체 소자의 층들 중의 일부가 형성된 기판 또는 완전한 반도체 소자의 모든

층들이 형성된 기판을 포함할 수 있다.

- [0022] 웨이퍼는 에지에 결함들을 내포할 수 있다. 웨이퍼의 에지에서 발견될 수 있는 결함들의 비제한적인 예로는 칩, 크랙, 스크래치, 마크, 입자 및 잔류 화학물질(예를 들면, 레지스트 및 슬러리)가 있다. 예를 들면, 포토레지스트 재료로 웨이퍼를 스핀 코팅하는 동안에, 포토레지스트 비드가 웨이퍼 주계 주위에 형성될 수 있고, 과잉 포토레지스트가 웨이퍼의 에지 위에서 아래로 확산할 수 있다. 그러한 과잉 에지 포토레지스트는 벗겨져서 웨이퍼의 소자 영역으로 또는 리소그래피 툴의 체크 또는 다른 표면으로 확산할 수 있다. 유사하게, 에칭 화학물질 또는 증착 막 재료가 웨이퍼 에지에 남아서 소자 영역으로 확산할 수 있다. 입의 수의 이러한 에지 결함들은 수율 손실을 야기할 수 있다. 복수의 웨이퍼가 함께 접합될 때, 그러한 웨이퍼들 간의 접합이 또한 결함을 가질 수 있다.
- [0023] 웨이퍼의 에지는 전체 길이를 따라 경사지거나 둥글게 될 수 있다. 대안적으로, 샘플 에지는 예를 들면 복수의 웨이퍼가 함께 적층 또는 접합되는 접합 웨이퍼형 배열에서 경사진 에지부와 비경사 에지부 둘 다를 포함할 수 있다. 상기 양자의 예에서, 웨이퍼 에지는 경사진 에지를 야기하는 그라인딩, 커팅 또는 폴리싱 공정을 받을 수 있다. 그러한 그라인딩, 커팅 또는 폴리싱 공정 중에, 에지의 일부가 경사지지 않고 남아있을 수 있다.
- [0024] 웨이퍼 리소그래피 시스템은 체크 및 이머전 헤드(immersion head)에 증착된 미립자들의 세정을 위한 비용이 드는 정지시간(down-time)을 받을 수 있다. 리소그래피 시스템은 그 기능이 극단적 레벨의 청결함을 요구하는 고정밀 광학 시스템이다. 반도체 제조 기술이 액체 침수 리소그래피의 사용을 비롯하여 더욱 복잡해짐에 따라서, 웨이퍼 에지로부터 리소그래피 도구의 임계 표면으로 변위되는 오염물질의 위험이 또한 상승한다. 이 오염은 제조 라인이 세정을 위해 섀다운(shut down)되어야 하기 때문에 중대한 생산 손실을 야기할 수 있다.
- [0025] 이러한 많은 입자들의 소스는 정점(apex)의 수 밀리미터 내에 있는 상부쪽, 측부 경사 및 정점 영역, 및 웨이퍼 정점의 수 밀리미터 내에 있는 하부쪽을 포함한 웨이퍼의 에지 영역이다. 캘리포니아주 샌호세에 소재하는 세미(SEMI) 오가니제이션에 의해 사용되는 용어로, 이러한 구역들은 구역 1 내지 구역 5로서 식별된다.
- [0026] 상기 정지시간 비용은 만일 웨이퍼 에지 검사기가 리소그래피 시스템과 동일하거나 더 높은 스루풋으로 동작하면 크게 감소될 수 있다. 웨이퍼 에지 검사기는 일렬식 웨이퍼 사전 정렬기(pre-aligner)의 기능을 또한 제공할 수 있고, 이 경우에, 에지 검사 시스템은 제조 흐름에서 리소그래피 시스템 앞에서 직렬로 된 웨이퍼 트랙에서 기존의 사전 정렬기의 위치를 차지할 수 있다. 케이엘에이-텐코(KLA-Tencor)의 비스에지(Visedge) 시스템과 같은 일부 에지 검사 시스템은 현재 검사 공정 중에 영상 데이터를 획득하고, 이러한 시스템은 리소그래피 시스템의 사전 정렬을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0027] 임의의 실시형태에 있어서, 에지 검사 시스템은 포토리소그래피 처리의 흐름 내에 위치된다. 바람직하게, 에지 검사 시스템은 가격이 저렴하고, 리소그래피 시스템 및 흐름의 일부인 장비에 쉽게 집적될 수 있는 작은 폼팩터를 갖는다. 추가로, 에지 검사는 포토리소그래피 시스템의 속도에 영향을 주지 않거나 최소로 영향을 주는 속도로 수행된다.
- [0028] 도 1a는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 리소그래피 시스템(106)과 직렬로 된 에지 검출 시스템(104)의 도식적 표시도이다. 도 1b는 본 발명의 일 실시형태에 따른 일렬식 에지 검출 처리를 보인 흐름도이다. 리소그래피 처리를 받아야 하는 각 웨이퍼에 대하여, 웨이퍼는 고속 에지 검출 시스템에 의해 수납되도록 웨이퍼를 이동시키는 트랙(예를 들면, 102a)에 로드된다(동작 152). 수납된 웨이퍼의 에지는 결함을 찾기 위해 검사되고 그러한 웨이퍼의 정렬을 결정한다(동작 154). 에지 검사 시스템(104)은 고속 에지 검사를 수행하도록 구성된다. 예를 들면, 각 웨이퍼의 에지는 웨이퍼에 대하여 후속 포토리소그래피 처리를 수행하기 직전에 검사된다.
- [0029] 고속 에지 검사를 제공하는 것 외에, 에지 검사 시스템(104)은 리소그래피 시스템에 대한 사전 정렬을 수행하도록 리소그래피 시스템에 대한 사전 정렬 시스템을 대체할 수 있다. 사전 정렬은 트랙에서 웨이퍼의 회전 방위를 식별하는데 소용된다.
- [0030] 그 다음에 웨이퍼가 사양 내에 있는지를 에지 검사 결과에 기초하여 결정할 수 있다(동작 156). 예를 들면, 검출된 결함들은 수율에 영향을 주거나 오염 문제를 야기할 수 있는 "실제"(real) 결함으로서 분류되거나, 또는 수율에 영향을 주거나 오염을 야기할 것 같지 않은 "가짜"(false) 결함으로서 분류될 수 있다. 하나의 결함 검출 구현예에 있어서, 결함들은 국부적 변화를 주변 영역과 비교하고 미리 규정된 역치 이상의 차를 "실제" 결함으로서 규정함으로써, 검출된 광이 특정 유형의 채널(예를 들면, 산란된 것 대 반사된 것)에 의해 수신되는지 결정함으로써 등에 의해 발견된다. 이 공정의 일부로서, 발견된 에지 결함들이 리소그래피 시스템을 오염시킬 가능성이 있는 형태인지 또한 결정할 수 있다. 상기 오염은 리소그래피 시스템이 보수를 위해 라인 밖으로 꺼내

지고 및/또는 세정되게 함으로써 상당한 비용 및 지연을 수반할 수 있다.

- [0031] 만일 웨이퍼가 사양 내에 있는 것으로 결정되면, 웨이퍼는 그 다음에 리소그래피 시스템(106)에 의해 수납되도록 웨이퍼를 이동시키는 트랙(예를 들면, 102b) 위에 로드될 수 있다(동작 158). 웨이퍼가 처리될 때 임의의 잠재적 결함들을 또한 추적하여 잠재적 결함들이 수율에 영향을 줄 수 있는 "실제" 결함으로 발전하지 않는지 결정할 수 있다. 예를 들면, 각 잠재적 결함의 위치가 저장되고, 그러한 위치는 하나 이상의 추가적인 제조 단계에 의해 웨이퍼를 처리한 후에 에지 검출 도구에 의해 주기적으로 검사된다. 웨이퍼가 리소그래피 시스템(106)에 의해 처리된 후에, 웨이퍼는 배출 트랙(102c)에 로드된다(동작 158). 예를 들면, 웨이퍼는 웨이퍼 트랙(102c)을 통해 이 시스템으로부터 배출된다.
- [0032] 만일 웨이퍼가 잠재적으로 사양 외에 있는 것으로 결정되면, 웨이퍼가 세정 가능한지를 결정할 수 있다(동작 160). 예를 들면, 결함들이 웨이퍼의 에지로부터 세정되어 없어질 수 있는지를 결정할 수 있다. 만일 웨이퍼가 세정 가능하면 웨이퍼가 외부 세정 스테이션 또는 내부 세정 스테이션(104)에서 세정된다(동작 162). 세정 후에, 웨이퍼는 리소그래피 시스템(106)에 의해 수납되도록 웨이퍼를 이동시키는 트랙에 로드될 수 있고(동작 158), 리소그래피 시스템(106)은 처리를 행하고 그 웨이퍼를 트랙(102c)을 통해 배출한다(동작 158).
- [0033] 이러한 유형의 일렬식 에지 검사 배열은 잠재적 미립자 소스로서 식별된 웨이퍼들이 웨이퍼 트랙(102b)을 통해 스캐너(106)에 진입하기 전에 내부의 세정 동작 또는 외부 세정 스테이션(도시 생략됨)으로 경유되게 함으로써, 세정 이벤트 간의 시간을 연장하여 스캐너 세정 및 정지시간의 필요성을 크게 감소시킨다. 웨이퍼 트랙에서 기존의 사전 정렬기 시스템을 교체함으로써, 이 해법은 웨이퍼 스캐너 장치에 대한 충격을 최소화한다. 웨이퍼가 리소그래피 시스템(106)에 의해 처리된 후, 웨이퍼는 웨이퍼를 리소그래피 시스템(106) 흐름으로부터 배출하기 위해 배출 트랙(102c)에 로드된다(동작 158).
- [0034] 만일 웨이퍼가 세정 불능이면, 웨이퍼가 고정 가능한 것인지를 또한 결정할 수 있다(동작 164). 그 다음에 고정 가능한 웨이퍼에 대하여 웨이퍼 보수 동작(166)이 수행될 수 있다. 보수된 웨이퍼는 그 다음에 리소그래피 시스템에 의한 수납 및 처리를 위해 트랙에 로드될 수 있다(동작 158). 만일 웨이퍼가 고정 불능이면 웨이퍼는 버려진다.
- [0035] 이제, 더 구체적인 도면으로 돌아가서, 도면들은 정확한 축척으로 작도된 것이 아님에 주목한다. 특히, 도면의 일부 요소들의 축척은 요소들의 특성을 강조하기 위해 크게 확대되었다. 도면들은 동일한 축척으로 작도된 것이 아님에 또한 주목한다. 2개 이상의 도면에 도시되고 유사하게 구성되는 요소들은 동일한 참조 번호를 이용하여 표시하였다.
- [0036] 에지 검출 시스템의 임의의 실시형태는 높은 스루풋으로 반도체 제조 생산 라인과 직렬로 된, 미립자에 대한 상부 에지, 경사면과 측부 및 하부 에지를 포함한 웨이퍼의 에지 영역에 대한 검사를 제공한다. 예를 들면, 에지 검사는 리소그래피 시스템이 웨이퍼를 처리하는 속도와 같거나 더 빠른 속도로 수행된다. 특정 구현예에 있어서, 웨이퍼는 200 웨이퍼/시의 속도로 리소그래피 시스템에 의해 처리된다. 이 구현예에서, 에지 검사는 웨이퍼를 200 웨이퍼/시 또는 그 이상으로 검사한다. 결과적인 검사 데이터는 웨이퍼를 필요에 따라 세정 단계로 라우팅시키고 웨이퍼 사전 정렬 데이터를 리소그래피 시스템에 제공하기 위해 사용될 수 있다.
- [0037] 도 2a-2c는 웨이퍼를 검사하고 웨이퍼의 사전 정렬 회전을 측정하는 다중 스폿 모드를 가진 에지 검출 시스템(204)의 일 구현예를 보인 도이다. 도 2a-2c는 단순화한 도이고, 설명을 단순화하기 위해 에지 검출 시스템에 전형적으로 존재하는 각각의 컴포넌트를 도시하지 않는다. 도 2a의 투시도에 나타난 바와 같이, 이 에지 검출 시스템(204)은 샘플(202)의 복수의 스폿(206a, 206b, 206c)에 집속되는 복수의 조명 빔을 발생한다. 에지 검출 시스템은 반도체 웨이퍼의 경사진 에지와 같이 샘플의 둥근 에지에서 결함들을 검출할 수 있다. 이 예에서, 반도체 웨이퍼의 가장 얇은 에지 표면인 웨이퍼(202)의 단면 경사 에지부가 관심 있는 샘플로서 예시된다. 샘플의 상부 표면(203)(도 2b)은 하나 이상의 패턴화 층을 포함하거나 또는 아무것도 없을 수 있다(bare). 웨이퍼는 집적 회로의 적어도 일부, 박막 헤드 다이, 마이크로 전자 기계 시스템(MEMS) 장치, 평판 디스플레이, 자기 헤드, 자기 및 광학 기억 매체, 웨이퍼에서 처리되는 레이저, 도파관 및 다른 수동 컴포넌트와 같은 포토닉스 및 광전자 장치를 포함한 다른 컴포넌트, 프린트 헤드, 및 웨이퍼에서 처리되는 바이오-칩 장치를 또한 포함할 수 있다. 이 예에서, 경사진 에지는 상부 표면(202a), 하부 표면(202b) 및 측부(202c)를 갖는다. 상부 및 하부 표면(202a, 202b)은 측부(202c)로 기울어진다. 그러나 임의의 적당한 수의 경사진 마면에 의해 둥근 에지가 형성될 수 있다.
- [0038] 이 에지 검출 시스템(204)은 도 2b의 샘플(202)의 에지를 스캔하기 위해 액추에이터 경로(θ)를 따라 이동할 수

있다. 이 이동은 에지 검출 시스템(204)의 하나 이상의 컴포넌트에 기계적으로 결합된 하나 이상의 위치지정 메카니즘(예를 들면, 216b)에 의해 달성될 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 에지 검출 시스템(204)은 하나 이상의 액추에이터 또는 위치지정 메카니즘(216b)에 결합된 스테이지에 의해 지지될 수 있다. 하나 이상의 위치지정 메카니즘(216b)은 샘플 에지(202a~202e)의 선택된 부분 전역을 스캐닝할 수 있도록 (샘플(202)의 일부의 위 또는 아래의) 작동 경로를 따라 에지 검출 시스템(204)을 방사상으로 및 회전적으로 작동시키도록 구성된다.

[0039] 추가로, 샘플은 샘플 주선의 다른 에지부를 검사하기 위해 ψ 방향으로 회전될 수 있다. 샘플은 샘플(202)을 (예를 들면, 관심 있는 결함이 보이게 배치하는) 선택된 위치로 작동시키도록 구성된 스테이지에 의해 지지될 수 있다. 예를 들면, 스테이지는 샘플 에지(예를 들면, 202a~202e)의 선택된 부분을 보이게 배치하기 위해 그 중심축 주위에서 샘플(202)을 회전시키도록 구성된 하나 이상의 모터, 서보 또는 대안적인 위치지정 메카니즘(216a)에 기계적으로 결합되거나 그러한 위치지정 메카니즘(216a)을 포함할 수 있다.

[0040] 여기에서 설명하는 위치지정 메카니즘은 스크류 드라이브 및 스테퍼 모터, 공기 베어링 드라이브, 피드백 위치를 가진 선형 드라이브, 또는 밴드 액추에이터 및 스테퍼 모터와 같이 임의의 형태를 취할 수 있다. 일반적으로, 에지 검출 시스템은 스폿에 대응하는 샘플 에지의 복수의 위치를 동시에 검사한다. 샘플은 그 다음에 복수의 스폿의 현재 위치에서 전체 주선이 샘플이 회전할 때 검사되도록 상기 에지 검출 시스템에 대하여 회전될 수 있다. 그 다음에, 에지 검출 시스템은 최종 스폿들 간의 위치들을 검사하기 위해 θ 방향으로 및 샘플이 회전할 때 전체 샘플 주선을 따라서 회전 또는 스텝될 수 있다. 이 스텝핑 처리는 θ 방향을 따르는 모든 에지 부분들이 커버될 때까지 반복된다.

[0041] 도 2b는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 도 2a의 에지 검출 시스템(204)에 대한 조명 채널(250)의 도식적 측면도이다. 도 2b에 도시된 것처럼, 조명 채널(250)은 하나 이상의 조명 빔을 발생하기 위한 하나 이상의 광원(예를 들면, 252)을 포함할 수 있다. 조명 빔의 파장은 응용의 특수한 필요조건에 의존한다.

[0042] 릴레이 렌즈(254)는 발생된 조명을 수신하고 동공면에서 실동공(real pupil)을 생성한다. 배율 변환기(256)는 스폿의 크기 및 스위프(sweep)의 길이를 조정하기 위해 사용될 수 있다.

[0043] 도 2b의 예시된 실시형태에 있어서, 회절 광학 요소(DOE)(258)는 복수의 스폿을 발생하도록 배율 변환기(256) 앞에 배치될 수 있다. 비록 도 2b가 3개의 스폿이 발생하는 것을 보여주고 있지만, 다른 실시형태는 다른 수의 스폿을 발생할 수 있다. 복수의 빔을 발생하는 도시된 3×1 DOE 요소는 임의의 적당한 DOE로, 또는 더 일반적으로 임의의 $n \times m$ DOE로 교체될 수 있다. 대물렌즈(260)는 웨이퍼 에지와 같은 샘플(202) 위에 스폿을 집속하기 위해 사용될 수 있다.

[0044] 대안적으로, 시스템은 DOE(258)와 대물렌즈(260) 사이에 위치되는 릴레이 렌즈를 이용할 수 있다. 조명 시스템의 동공이 대물렌즈에 및 렌즈 집합체 내측에 물리적으로 위치된 때, 릴레이는 전형적으로 DOE가 동공에 위치할 수 있도록 대물렌즈 외측에 실동공을 형성하기 위해 사용된다. 낮은 개구수 시스템의 경우에 물리적 정지 위치는 대물렌즈 조립체 외측에 있을 것이다. 높은 개구수 시스템의 경우에 물리적 정지 위치는 대물렌즈 조립체 내에 위치될 수 있다. 이 경우에는 DOE를 배치하기 위한 위치를 제공하기 위해 추가적인 릴레이가 시스템에 추가될 것이다.

[0045] 조명 경로는 입사 빔을 시준하기 위한 릴레이 렌즈, 편광용 분광기, 임의의 선형 또는 원형 편광(예를 들면, S, P 등)을 제공하기 위한 파장판, 및 수직 및 빗각 입사 빔 둘 다를 형성하기 위한 임의의 수의 미러 및 빔 스플리터와 같은 다른 광학 요소들을 포함할 수 있다. 임의의 미러 또는 빔 스플리터는 이동할 수 있다(예를 들면, 작동될 수 있다).

[0046] 각 빗각 입사 빔의 광축은 특정 응용에 따라서 예를 들면 샘플 표면에 대한 수선(normal)에 대하여 0-85도 범위의 각도로 샘플 표면에 지향될 수 있다. 복수의 빗각이 하나 이상의 미러 또는 빔 스플리터 컴포넌트의 이동에 의해 달성될 수 있다. 빗각의 입사 광은 샘플 표면과 관련하여 기울어진 대물렌즈로부터 빗각으로 들어올 수 있다.

[0047] 도 2c는 본 발명의 일 실시형태에 따른 다중 스폿 에지 검출 시스템(204)의 조명 채널(250), 암시야(DF) 수집 채널(262a) 및 명시야(BF) 수집 채널(262b)의 투시도이다. DF 및 BF 수집 채널은 샘플로부터의 산란된 정반사광을 하나 이상의 센서/검출기쪽으로 지향시키기 위한 임의의 적당한 광학 요소들을 포함할 수 있다. BF 채널(262b)은 DF 채널과 유사한 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 시스템(204)은 분리형 BF 및 DF 수집 채널, 또는 본 발명의 대안예에 따라서 하나 이상의 컴포넌트를 공유하도록 통합형 BF 및 DF 채널을 포함할 수 있다.

- [0048] DF 채널(262a)은 조명이 샘플(202)쪽으로 지향된 것에 응답하여 상기 샘플(202)로부터 산란광을 수집하기 위해 사용될 수 있다. DF 채널(262a)로 지향된 광은 렌즈(228), 렌즈(240, 241), 퓨리에 필터 및 구성가능 애퍼처 집합체(234), 및 렌즈(236)를 통해 전송되고 센서 모듈(238)쪽으로 지향될 수 있다. 수집 경로는 편광 분광기 집합체를 또한 포함할 수 있다.
- [0049] 표면으로부터 산란된 광은 렌즈 집합체(228)를 통해 수집 및 시준된다. 렌즈 집합체(228)는 실제의 접근 가능한 수집 동공을 생성하도록 복수의 광학 요소를 포함할 수 있다. 시준된 광은 그 다음에 시준된 광을 퓨리에 평면 쪽으로 중계하도록 구성된 렌즈(240, 241)를 통해 전송될 수 있다. 퓨리에 필터 및 가요성 애퍼처 메카니즘(234)은 퓨리에 평면에서 출력광의 일부를 공간적으로 필터링하도록 구성될 수 있다. 또한, 메카니즘(234)은 출력 빔의 신호를 최대화하고 및/또는 노이즈를 최소화하기 위해 퓨리에 평면에서 각종의 공간 부분들을 전송하는 (및 수직 광축에 대하여 각을 발생하는) 프로그램 가능한 애퍼처 시스템을 포함할 수 있다.
- [0050] 그 다음에, 수직 출력 빔은 렌즈(236)에 의해 센서 모듈(238)에 집속될 수 있다. 센서 모듈(238)은 각각의 출력 빔을 분리하기 위한 스플릿 및 프리즘 집합체와 같은 스폿 및 빔 분리 집합체를 포함할 수 있다. 예를 들면, 각 스폿은 슬릿을 통과하고, 그 다음에 스폿을 분리하고 광을 균질화하기 위해 사용되는 프리즘으로 들어간다. 각 빔에 대한 출력광은 출력 빔을 센서로 집속하는 집속 요소쪽으로 출력 빔을 통과시키기 위해 대응하는 프리즘으로부터 광섬유 요소로 출력될 수 있다. 각각의 광섬유 요소는 빔의 추가의 균질화를 제공하고 출력이 각 스폿마다 별도의 센서로 지향되게 한다. 광섬유의 기능은 미러, 프리즘 등을 이용하여 또한 달성될 수 있다. 각각의 광섬유는 수신된 출력광을 무작위화한다. 슬릿, 프리즘 및/또는 광섬유를 사용하는 것 외에 다른 분리 메카니즘을 사용할 수 있다. 각각의 센서는 PMT, 애벌런시 포토다이오드, 핀(pin) 다이오드, CCD 카메라 등의 형태를 취할 수 있다. 예를 들면, 포토다이오드(또는 포토다이오드 어레이)는 BF 채널에서 사용되고, PMT는 DF 채널에서 사용될 수 있다.
- [0051] 검출된 신호의 동적 범위를 증가시키는 메카니즘이 수집 채널 부근에 제공될 수 있다. 일반적인 용어로, 높은 동적 범위 수집기는 검출된 광자로부터 신호를 발생하는 광증배관(PMT)과 같은 광센서, 및 광신호를 디지털 광신호로 변환하는 아날로그-디지털 컨버터(ADC)를 포함한다. 물론, 광을 감지하고 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위해 다른 적당한 메카니즘을 사용할 수 있다. 이득 조정 피드백 시스템이 또한 각 PMT의 이득을 조정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0052] DF 수집 채널(262a)은 샘플 표면의 평면에 대략 수직인 영역에서 고정 입체각으로 광을 수집할 수 있고, 또는 비수직각으로부터 광을 수집할 수 있다. DF 수집 채널(262a)은 웨이퍼에서 의도 패턴으로부터 산란광을 수집할 뿐만 아니라 광을 상향 방향으로 산란시키는 결합들을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 도 2a의 정렬 노치(201)와 같은 샘플의 의도 패턴으로부터 수집된 신호들은 장비에서 기계적 스테이지의 좌표계에 웨이퍼 패턴의 정렬 및 등록을 촉진하기 위해 사용될 수 있다. 임의의 결합이 정렬 마크(201)와 관련하여 발견된다. 정렬 마크(201)가 발견되고 알려지면, 이 정렬 마크 위치는 웨이퍼가 리소그래피 시스템에 로드된 때 레티클 패턴과 관련하여 웨이퍼를 정렬시키기 위해 또한 사용될 수 있다. 예를 들면, 웨이퍼와 관련한 정렬 마크 위치는 에지 검출 시스템에서 발견되고, 그 다음에 웨이퍼가 에지 검출 시스템으로부터 이동하여 리소그래피 시스템에 들어갈 때 추적된다. 이 일반적인 정렬 처리는 후술하는 임의의 다른 에지 검출 시스템에 의해 수행될 수 있다.
- [0053] 표면 에지 위의 동일한 상대적 위치에서 집속되도록 각 스폿을 유지하는 메카니즘이 여기에서 설명하는 임의의 에지 검출 실시형태에서 또한 구현될 수 있다. 빔이 에지 표면 위에서 이동할 때 에지 검사 헤드와 에지 표면 간의 고정 거리를 유지하기 위한 메카니즘의 몇 가지 예시적인 실시형태는 믹스(Meeks) 등에게 2010년 2월 2일자 허여된 미국 특허 제7,656,519호에 추가로 개시되어 있고, 상기 미국 특허는 인용에 의해 그 전부가 본원에 통합된다. 이 통합된 특허는 여기에서 설명하는 임의의 시스템 실시형태로 구현될 수 있는 결합 검출 방법을 또한 설명하고 있다.
- [0054] 도 3a-3d는 본 발명의 다른 구현예에 따른 조명 빔 경로에서 음향-광학 장치(acousto-optical device, AOD) 스캐너를 구비한 에지 검출 시스템을 보인 도이다. AOD의 추가는 에지 부근의 웨이퍼의 상부 및 하부에서의 비교적 평탄한 영역이 웨이퍼의 단일 회전으로 스캔되게 하고, 이것은 이들 영역에서 웨이퍼의 약 1000 회전을 요구하는 현재의 '한번에 한 트랙'(track-at-a-time) 방법과 대조된다. 도 3a에 도시된 것처럼, 에지 검사 시스템(304)은 예를 들면 스폿 위치(302b, 302c)에 대하여 310의 방향으로 표면 전역에서 스캔하는 단일 스폿(302a)을 발생한다. 샘플(202)은 그 다음에 주선을 따라 다음 에지부까지 ψ 방향으로 또한 회전할 수 있다.
- [0055] 일부 스캐닝 및 편향 시스템은 웨이퍼 전역에서 하나 이상의 빔을 스캐닝 또는 스위핑하기 위한 하나 이상의 입사 빔 소스를 가진 조명 채널을 포함한다. 스캐닝 시스템은 특히 음향-광학 편향기(AOD) 및 AOD의 편향 특성을

제어하는 메카니즘을 포함할 수 있다. 예를 들면, 클럭을 이용하여 각 AOD에 대한 "처프"(chirp) 신호 입력을 발생할 수 있다. 예를 들면, 도 3b는 음향-광학 장치(AOD)(102)의 단순화된 구성을 보인 것이다. AOD(102)는 음향 변환기(121), 석영과 같은 음향 광학 매체(122) 및 음향 흡수기(123)를 포함한다. 시스템의 특정 파장 필요 조건에 따라서 석영 외의 다른 음향 광학 매체 재료도 또한 사용할 수 있다. 음향 흡수기는 음향 광학 매체(122)에서의 컷(cut)일 수 있다. 발진하는 전기 신호는 음향 변환기(121)를 구동하여 음향 변환기(121)가 진동하게 할 수 있다. 그 다음에, 이 진동은 석영판(122)에서 음파를 생성한다. 음향 흡수기(123)는 석영판(122)의 에지에 도달한 임의의 음파를 흡수하는 재료로 형성될 수 있다. 음파의 결과로서, 석영판(122)에 대한 유입광(124)은 복수의 방향(128, 129, 130)으로 회절된다.

[0056] 회절된 빔은 소리의 파장과 관련하여 광의 파장에 의존하는 각도로 석영판(122)으로부터 나온다. 주파수를 저주파수로부터 고주파수로 경사지게 함으로써, 126으로 표시된 부분은 127로 표시된 부분보다 더 높은 주파수를 가질 수 있다. 126의 부분이 더 높은 주파수를 갖기 때문에, 이 부분은 회절 빔(128)으로 나타낸 바와 같이 더 급경사인 각을 통하여 입사광 빔의 일부를 회절시킨다. 127의 부분이 비교적 더 낮은 주파수를 갖기 때문에, 이 부분은 회절 빔(130)으로 나타낸 바와 같이 더 완만한 각을 통하여 입사광 빔의 일부를 회절시킨다. 126 부분과 127 부분 사이의 중간부는 높은 주파수와 비교적 낮은 주파수 사이의 주파수를 갖기 때문에, 이 부분은 회절광 빔(129)으로 나타낸 바와 같이 중간 각을 통하여 입사광 빔의 일부를 회절시킨다. 따라서, AOD는 유입 빔(124)을 위치(125)에 집속시키기 위해 사용될 수 있다.

[0057] 도 3c는 빔을 발생하여 웨이퍼와 같은 샘플(202)의 전역에 빔을 스캔하도록 구성된 예시적인 이중 AOD 조명 시스템(300)을 보인 것이다. 프리스캔 AOD(321)는 광원(252)으로부터의 입사광을 미리 정해진 각도로 편향시키기 위해 사용될 수 있고, 이때 상기 각도는 무선 주파수(RF) 드라이브 소스의 주파수에 비례한다. 망원 렌즈(322)는 프리스캔 AOD(321)로부터의 각도 스캔을 선형 스캔으로 변환하기 위해 사용될 수 있다.

[0058] 처프 AOD(324)는 음향 전파 평면 내의 입사 빔을 스캔면(325)에 집속하기 위해 사용될 수 있고, 이것은 변환기(324A)에 의해 모든 RF 주파수를 통하여 램핑함으로써 달성될 수 있다. 이러한 급격한 램핑은 처프 패킷(324B)을 형성한다. 처프 패킷(324B)은 그 다음에 음속으로 처프 AOD(324)를 통하여 전파한다. 도 3c는 스폿 스위프의 시작부에서 처프 패킷(324B)의 위치를 보인 것이고, 도 3d는 스폿 스위프의 종료부에서 처프 패킷(324B)의 위치를 보인 것이다. 이 전파 중에 프리스캔 AOD(321)는 AOD(324)에서 처프 패킷을 추적하도록 자신의 RF 주파수를 조정하여 광빔이 처프 패킷(324B)에 계속하여 입사하게 할 수 있다는 점에 주목한다.

[0059] 원통 렌즈(323)는 음향 전파 평면에 수직한 평면에 빔을 집속하기 위해 사용될 수 있다. 릴레이 렌즈(254)는 동공면에서 실 동공을 발생하기 위해 사용될 수 있다. 배율 변환기(256)는 스폿의 크기 및 스위프의 길이를 조정하기 위해 사용될 수 있다. 그 다음에, 대물렌즈(260)는 스폿을 웨이퍼 등의 샘플(202)에 집속하기 위해 사용될 수 있다.

[0060] 다른 시스템은 "플루드 AOD" 시스템을 형성하기 위해 프리스캔 AOD 대신에 빔 확장기를 사용할 수 있다. 플루드(flood) AOD 구성(도시 생략됨)에서는 단일 또는 복수의 처프 패킷(도시 생략됨)이 AOD(324)에서 발생될 수 있다. 전체 AOD가 빔 확장기로부터의 광으로 넘치기 때문에, AOD(324)는 각각의 처프 패킷에 입사하는 광을 집속하고, 그에 따라서 각각의 처프 패킷은 그 자신의 스폿을 발생한다. 그러므로 대물렌즈(260)는 하나 이상의 스폿을 샘플(202)에 동시에 집속한다(도시 생략됨).

[0061] 복수의 처프 패킷을 생성하는 AOD가 복수의 스폿을 발생하기 위해 사용될 때는 각각의 처프 패킷이 필요한 RF 주파수를 통한 램핑에 요구되는 시간의 결과로서 한정된 크기를 갖기 때문에 더 큰 AOD가 필요하다. 처프 패킷이 더 많을수록 더 큰 AOD가 사용된다. 게다가 각각의 처프 패킷은 AOD의 길이를 따라 이동할 때 감소된다. 따라서 더 큰 AOD는 더 작은 AOD보다 더 큰 감소 손실을 야기한다. 반대로, 더 가까운 복수의 처프 패킷 및 그에 따라서 서로 더 가까운 스캐닝 스폿을 가진 AOD는 스캐닝 스폿들 사이에 더 많은 누화를 야기한다.

[0062] 도 4a는 본 발명의 다른 실시형태에 따른, 에지 표면용의 에지 검사기(404) 및 상부 표면(예를 들면, 202d) 검사용과 하부 표면(예를 들면, 202e) 검사용의 2개의 카메라(406a, 406b)를 구비한 에지 검사 시스템(400)의 도식적 표시도이다. 에지 검사기(404)는 여기에서 설명하는 것처럼 단일 스폿 또는 다중 스폿 스캐너의 형태를 가질 수 있다. 에지 검사기(404)는 상부 표면 및 하부 표면을 제외하고 θ 방향을 따라 샘플(202)의 에지를 따르는 액추에이터 회전 경로를 따라 이동할 수 있다. 에지 검사기(404)는 에지 전역에서 하나 이상의 스폿을 스캔하는 AOD와 같은 편향기 메카니즘을 또한 통합할 수 있다. 상기 상부측 및 하부측 스폿 스캔은 웨이퍼의 (예를 들면, ψ 방향으로의) 단일 회전이 그러한 영역을 검사하고 더 많은 감도를 제공하도록 사용될 수 있게 하기 위해 라인 스캔 카메라 또는 TDI(time delay integration, 시간 지연 집적) 카메라 검사(예를 들면, 406a, 406

b)로 교체될 수 있다.

- [0063] 도 4b는 본 발명의 특정 구현예에 따라 예지 표면을 검사하는 예지 검사기(404)의 조명 채널(450)의 도식적 측면도이다. 도시된 바와 같이, 조명 채널(450)은 조명 빔을 발생하는 광원(452), 동공면에서 실 동공을 생성하는 릴레이 렌즈(454), 다른 배율 설정을 선택하는 배율 변환기(456), 및 조명 채널이 예지 위에서 회전될 때 경사진 예지(202a~202c)와 같은 샘플(202)의 각 예지에 조명 빔을 집속하는 대물렌즈(460)를 포함할 수 있다. 상부 및 하부 카메라(406a, 406b)는 샘플이 ψ 방향(도 4a)으로 회전할 때 상부 및 하부 테두리 영역(202d, 202e)의 부분들을 동시에 영상화하도록 예지 검사기 채널(460)로부터 상이한 주선 위치에 배치된다.
- [0064] 도 4c는 도 4a의 예지 검출 시스템의 조명 채널(450), 암시야(DF) 수집 채널(462a) 및 명시야(BF) 수집 채널(462b)의 투시도이다. DF 및 BF 수집 채널은 샘플로부터의 산란된 정반사광을 하나 이상의 센서/검출기쪽으로 지향시키기 위한 임의의 적당한 광학 요소들을 포함할 수 있다. BF 채널(462b)은 DF 채널과 유사한 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 시스템(404)은 분리형 BF 및 DF 수집 채널, 또는 본 발명의 대안예에 따라 하나 이상의 컴포넌트를 공유하도록 통합형 BF 및 DF 채널을 포함할 수 있다.
- [0065] DF 채널(462a)은 조명이 샘플(202)쪽으로 지향된 것에 응답하여 상기 샘플(202)로부터 산란광을 수집하기 위해 사용될 수 있다. DF 채널(462a)로 지향된 광은 렌즈(428), 렌즈(440, 441), 퓨리에 필터 및 구성가능 애퍼처 집합체(434), 및 렌즈(436)를 통해 전송되고 센서 모듈(438)쪽으로 지향될 수 있다. 수집 경로는 편광 분광기 집합체를 또한 포함할 수 있다. 상기 컴포넌트들은 위에서 설명한 동일 명칭의 컴포넌트와 유사하게 기능할 수 있다.
- [0066] 상부 및 하부 카메라 시스템(406a, 406b)은 샘플이 예를 들면 ψ 방향으로 회전될 때 상부 표면과 하부 표면을 영상화하도록 임의의 적당한 방식으로 구성될 수 있다.
- [0067] 도 5는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 스캐닝 트랙 크기의 최적화를 위한 예지 검사 시스템(502)의 도식적 측면도이다. 이 시스템(502)은 예를 들면 θ 방향으로 상부 표면, 측부 및 하부 표면 전역에서 단일의 큰 스폿을 스캔하도록 구성될 수 있다. 샘플은 또한 ψ 방향으로 회전될 수 있다. 이 시스템(500)은 스폿 크기가 샘플 위에서 더 많은 영역을 커버하므로 θ 방향을 따라 더 큰 스폿을 취할 수 있다. 이 방법으로, 속도 대 감도의 최적 트레이드-오프가 달성될 수 있다. 시스템(502)은 위에서 설명한 단일 스폿 시스템과 유사한 방식으로 구성될 수 있다. 게다가, 이 시스템(502)은 렌즈의 초점 길이의 조정, 얼마나 많은 조명 빔이 시준되는지의 조정 등과 같은 임의의 적당한 메카니즘에 따른 더 작은 스폿 크기 시스템보다 더 높은 스루풋을 달성하기 위하여 비교적 큰 스폿을 발생하도록 구성될 수 있다. 조명 스폿은 또한 최적의 속도 대 감도를 얻기 위하여 예를 들면 타원 스폿과 같은 비원형일 수 있다. 대안적으로, 이 시스템(500)은 각 스폿에서 더 정교하게 분석되는 정보를 얻기 위해 더 천천히 이동하도록 사용될 수 있다.
- [0068] 도 6a는 본 발명의 다른 특정 구현예에 따른 복수의 카메라를 구비한 예지 검출 시스템(600)의 도식적 측면도이다. 도 6b는 카메라의 뒤로부터 보여지고 관심 있는 예지를 향해 바라보는 도 6a의 시스템의 측면도이다. 도 6c는 도 6a의 시스템의 상면도이다. 도시된 것처럼, 시스템(600)은 상부, 측부 및 하부 예지를 따라서, 예를 들면 라인(608)을 따라서 배치된 임의의 적당한 수의 카메라(604)를 포함할 수 있고, 이 카메라들은 조명기(606)에 의해 상부 표면, 측부 및 하부 표면을 향해 지향된 입사광에 응답하여 상기 상부 표면, 측부 및 하부 표면의 복수의 위치로부터 산란 및/또는 반사된 광을 동시에 수신하도록 배치된다. 이 도시된 예에서, 카메라(604a)는 상부 표면으로부터의 광을 수신하도록 배치되고, 카메라(604e)는 하부 표면으로부터의 광을 수신하도록 배치된다. 카메라(604a, 604b, 604c)는 임의 수 및 임의 유형의 경사진 예지를 가진 측부로부터의 광을 수신하도록 배치된다.
- [0069] 조명기(606)는 샘플의 상부 표면, 하부 표면 및 측부를 향해 광을 지향시키는 임의의 적당한 형태를 취할 수 있다. 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이, 다중 카메라 KLA-텐코 웨이퍼 예지 리뷰(WER) 시스템(캘리포니아주 밀피타스에 소재하는 KLA-텐코로부터 입수 가능함)은 웨이퍼를 검사하고 웨이퍼의 사전 정렬 회전을 측정하기 위해 플래시 온더플라이(flash-on-the-fly) 영상 수집 모드로 재구성될 수 있다.
- [0070] 도시된 예에서, 조명기(606)는 LED 링 조명기의 형태를 취하지만 임의의 적당한 유형의 조명 발생기가 복수의 카메라와 함께 구현될 수 있다. 예를 들면, 여기에서 설명한 임의의 조명 채널이 복수의 수신 카메라와 함께 사용될 수 있다.
- [0071] 다른 실시형태에 있어서, LED 광원은 폴 디 혼(Paul D. Horn)이 2015년 6월 5일자 출원한 계류중인 미국 특허 출원 제14/731,861호에 설명되어 있는 바와 같이 곡면 확산기의 뒷면에 결합된다. 상기 미국 특허 출원은 인용

에 의해 그 전부가 본원에 통합된다. 도 6d는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 복수의 카메라 및 곡면 확산기를 구비한 에지 검출 시스템(650)의 절개 측면도이다. 도시된 것처럼, 복수의 카메라(예를 들면, 658a, 658b, 658c)가 확산기(656) 내에 배치될 수 있다. 경사진 에지(예를 들면, 202a~c)의 하나 이상의 표면의 특정 집합으로부터의 산란광을 수신하기 위해 각각의 카메라 또는 센서(658)가 또한 배치될 수 있다.

[0072] 도 6d의 도시된 예에서, 에지 검출 시스템(650)은 돔형 확산기(656)의 배면(656a)에 결합된, 또는 배면(656a)에 인접한 복수의 광원(예를 들면, 654a, 654b, 654c)으로부터 형성될 수 있다. 매우 소형인 임의의 적당한 광원을 사용할 수도 있다. 예시적인 광원은 LED(발광 다이오드), 광섬유와 결합된 하나 이상의 광원, 예컨대 할로겐램프, 다이오드 레이저 등을 포함한다.

[0073] 각각의 센서 또는 카메라(658)는 일반적으로 관심 있는 에지로부터 산란된 광의 일부를 검출기/센서로 지향 및 집속시키는 수집 옵틱스를 포함한다. 각각의 카메라(658)는 확산기(656)에 집적될 수 있다. 예를 들면, 센서(108)는 확산기(656)의 홀 또는 슬롯에 장착 또는 접합될 수 있다. 카메라는 확산기의 내부 표면(656b)과 동일 평면으로 또는 확산기 표면 아래로 오목하게 되도록 장착 또는 접합될 수 있다. 임의의 실시형태에 있어서, 영상 센서는 각각 매우 소형이다. 예를 들면, 각각의 센서는 수 밀리미터 이하의 직경을 가질 수 있다. 예시적인 센서는 옵니버전 OV6922 등을 포함한다.

[0074] 임의의 수의 응용을 위하여 다른 카메라를 이용할 수 있다. 예를 들면, 각각의 카메라는 관심 있는 표면에 대하여 상이한 각도로 배치될 수 있다. 각각의 카메라는 특정 범위의 파장 또는 색을 검출하도록 또한 구성될 수 있다. 물론 이 실시형태에서 또는 여기에서 설명하는 임의의 실시형태에서 각각 복수의 색을 검출하도록 구성된 카메라들이 대안적으로 사용될 수 있다.

[0075] 확산기(656)는 광이 광범위한 각도로 경사 에지 표면을 향해 확산기의 전체 내부로부터 산란되도록 광원으로부터의 광을 전송 및 산란(예를 들면, 확산)시키는 재료로 형성될 수 있다. 확산기(656)는 뉴햄프셔주 노쓰 셔튼에 소재하는 랩스피어사(Lapsphere, Inc.)로부터 입수 가능한 플루오로폴리머 또는 스펙트랄론 또는 폴리카보네이트 수지 등과 같은 광학적 확산 재료로 가공될 수 있다. 대안적으로, 확산기(656)는 3D 프린터에 의해 발생될 수 있다. 확산기는 또한 광원과 필름 사이에 배치된 투명 기판에 접착된 확산기 필름으로 형성될 수 있다. 확산기(656b)의 내부 표면은 돔의 내측을 향해서 및 경사 에지 표면을 향해서 확산 광을 반사하기 위해 반사성 재료로 또한 코팅될 수 있다.

[0076] 확산기는 광이 모든 표면을 향해 방출되거나 경사 에지의 모든 표면의 실질적인 부분을 향해 방출되도록 광원으로부터의 조명 빔이 전송 및 산란되는 표면을 제공하도록 임의의 적당한 형상을 가질 수 있다. 도시된 예에서, 확산기(656)는 광원의 입사각 범위를 커버하는 크기를 갖는 돔형으로 된다.

[0077] 광원(예를 들면, 654)은 임의의 적당한 방법으로 확산기(656)에 인접하게 부착 또는 배치될 수 있다. 바람직하게, 광원과 확산기 외부 표면(예를 들면, 656a) 간의 거리는 3mm 내지 약 1인치 사이의 범위를 갖는다. 예를 들면, LED는 관심 있는 에지와 대면하는 내부 확산기 표면(예를 들면, 656b)에 반대쪽인 외부 확산기 표면(예를 들면, 656a)에 접합될 수 있다.

[0078] 특정 구현예에서, 에지 검출 시스템(650)은 모든 경사진 에지 표면에 조명을 제공하고 상부 표면에서 테두리 영역 내로 10mm 이상까지 조명을 제공하도록 배치된다. 광은 경사진 에지의 모든 측면에 완전하게 도달하도록 돔의 전체 표면으로부터 출력된다는 점에 또한 주목한다.

[0079] 다른 시스템 구성(예를 들면, WER 시스템의 재구성)에서, 복수의 카메라는 카메라의 시야의 가장자리가 겹쳐지도록 웨이퍼 에지의 원주 방향으로 오프셋된다. 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 대안적 실시형태에 따른 복수의 오프셋 카메라(704a~704e)를 구비한 에지 검출 시스템(700)을 보인 도이다. 도 7a는 관심 에지를 향하여 본 종단도(end view)이고, 도 7b는 측면도이다. 이 예에서 카메라(704a~704e)는 선(708)으로부터 오프셋된다. 이 실시형태에서 웨이퍼의 단일 회전은 관심 있는 전체 영역을 검사하는데 충분할 수 있다.

[0080] 일반적으로, 전술한 실시형태에서는 명시야(BF) 및/또는 암시야(DF) 조명 모드가 제공될 수 있다. 예를 들면, 조명은 BF 조명 모드에서 카메라(704a~704e)와 동일한 시야 내로부터 발원할 수 있다. 대안적으로, 조명은 DF 조명 모드에서 카메라의 시야 밖으로부터 발원할 수 있다. 다른 예로서, 도 8은 예시적인 실시형태에 따른 암시야 조명기(802) 및 복수의 오프셋 카메라(704a~704e)를 구비한 에지 검출 시스템을 보인 도이다.

[0081] 도 9는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 가간섭성 광섬유 번들을 이용하는 다른 구현예를 보인 도이다. 광섬유는 표면(202a~202e)을 포함한 공칭 웨이퍼 에지 윤곽의 형상을 근사적으로 따르도록 배치된 제1 단부(902a~902e)를 포함한다. 비록 조명되는 섬유들이 샘플 표면당 단일 섬유만을 포함하고 있지만, 복수의 섬유가

각 표면 위에 배치될 수 있다. 웨이퍼 예지면은 그 다음에 광섬유 번들에서 영상화될 수 있고, 선형의 평평한 구성으로 배열된 광섬유 번들의 다른 단부(904)는 라인 스캔 카메라 또는 TDI 카메라(906)에서 영상화될 수 있다. 다른 구현에는 라인 스캔 카메라 또는 TDI 카메라와 같은 평평한 센서 표면에 웨이퍼 예지 윤곽의 만곡된 표면을 근사적으로 맵하기 위해 광학 요소들을 이용할 수 있다.

[0082] 도 10은 본 발명의 일 실시형태에 따른 복수의 조명 및 감지 장치를 이용하는 다른 예지 검출 시스템(1000)의 도식적 표시도이다. 일 예로서, 블루레이 DVD 시스템의 조명 및 감지 장치가 다중 스폿 스캐닝 예지 검사 시스템으로서 구현될 수 있다. 시스템(1000)은 비교적 작은 스폿 크기를 달성하기 위해 높은 개구수(0.85 이상)와 함께 남보라(blue-violet) 파장 범위(예를 들면, 405nm 이하)를 갖도록 각각 구성된 복수의 작은 블루레이 장치(1002)를 포함할 수 있다. 일반적으로 각각의 블루레이 레이저 장치는 블루레이 파장 범위에서 조명 광을 발생하는 레이저, 및 장치의 작은 창을 통하여 큰 개구수에 및 샘플에 상기 발생된 조명 빔을 집속하는 렌즈를 갖는다. 각각의 레이저 장치는 또한 작은 창을 통하여 샘플 뒷면으로부터 반사된(또는 산란된) 광을 수신하고, 이러한 수신된 광은 레이저 장치로부터 출력되는 검출 신호를 발생하기 위해 포토다이오드 센서와 같은 센서에 의해 감지된다.

[0083] 이러한 레이저 장치는 샘플의 실질적으로 모든 등근 예지뿐만 아니라 상부 및 하부 표면부에 조명을 제공하도록 예지 윤곽 주위에 배열될 수 있다. 예를 들면, 블루레이 장치는 상부 및 하부 경계 예지부를 비롯해서 샘플의 예지 윤곽을 따르는 구조물에 장착된다. 레이저 장치는 전체 예지 윤곽을 검사하기 위해 레이저들 간의 간격을 채우는 θ 방향으로의 스테핑을 덜 필요로 하도록 예지 윤곽을 따라 더 많은 레이저 장치를 고착시키기 위해 서로에 대해 엇물리게 배열될 수 있다. 전술한 바와 같이 상부 및 하부 경계 표면부를 비롯해서 모든 예지 표면으로부터 산란 또는 반사된 광을 신속히 검출하기 위해 예지 윤곽 주위에 복수의 센서 또는 카메라를 또한 배열할 수 있다. 예시적인 센서는 전술한 임의의 센서 또는 카메라를 포함할 수 있다.

[0084] 여기에서 설명한 예지 검출 시스템 및 방법은 임의의 적당한 광학 영상화 및 검사 시스템에 통합될 수 있다. 각각의 예지 검출 시스템은 일반적으로 조명 옵티컬을 통하여 샘플 예지로 지향되는 광 빔을 각각 생성하는 하나 이상의 광원을 포함할 수 있다. 광원의 예로는 가간섭성 레이저 광원(예를 들면, 딥 UV 또는 가스 레이저 발생기), 필터 램프, LED 광원 등이 있다.

[0085] 샘플로부터 반사 및/또는 산란된 이미지 또는 광은 하나 이상의 센서에 수신되도록 광학 요소들의 집합체를 통하여 지향되거나 광학 요소들의 집합체로부터 반사될 수 있다. 적당한 센서는 전하 결합 소자(CCD), CCD 어레이, 시간 지연 집적(TDI) 센서, TDI 센서 어레이, 광증배관(PMT) 및 기타의 센서들을 포함한다.

[0086] 예지 검출 시스템(1000)의 각 센서에 의해 포착된 신호들은 제어기 또는 분석기 컴퓨터 시스템(예를 들면, 도 2c의 273)에 의해, 또는 더 일반적으로 센서로부터의 아날로그 신호를 처리를 위해 디지털 신호로 변환하도록 구성된 아날로그-디지털 컨버터를 포함할 수 있는 신호 처리 장치에 의해 처리될 수 있다. 컴퓨터 시스템(273)은 감지된 광 빔의 강도, 위상, 이미지 및/또는 기타 특성을 분석하도록 구성될 수 있다. 컴퓨터 시스템(273)은 이미지 및 기타의 검사 특성들을 표시하기 위한 사용자 인터페이스를(예를 들면, 컴퓨터 화면에) 제공하도록(예를 들면, 프로그래밍 명령어와 함께) 구성될 수 있다. 컴퓨터 시스템(273)은 또한 검출 위치, 초점 등의 변경과 같은 사용자 입력을 제공하기 위한 하나 이상의 입력 장치(예를 들면, 키보드, 마우스, 조이스틱)를 포함할 수 있다. 임의의 실시형태에 있어서, 컴퓨터 시스템(273)은 뒤에서 설명하는 검사 기술을 수행하도록 구성된다. 컴퓨터 시스템(273)은 전형적으로 적당한 버스 또는 다른 통신 메카니즘을 통해 입력/출력 포트 및 하나 이상의 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 구비한다.

[0087] 이러한 정보 및 프로그램은 특수하게 구성된 컴퓨터 시스템에서 구현될 수 있기 때문에, 그러한 시스템은 컴퓨터 판독가능 매체에 저장될 수 있는, 여기에서 설명한 각종 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령어/컴퓨터 코드를 포함한다. 기계 판독가능 매체의 비제한적인 예로는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체; CD-ROM 디스크와 같은 광학 매체; 광디스크와 같은 자기-광학 매체; 및 읽기 전용 메모리 장치(ROM) 및 랜덤 액세스 메모리(RAM)와 같이 프로그램 명령어를 저장 및 수행하도록 특수하게 구성된 하드웨어 장치가 있다. 프로그램 명령어의 예는 컴파일러에 의해 생성된 것과 같은 머신 코드, 및 인터프리터를 이용하여 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 하이 레벨 코드를 내포한 파일 둘 다를 포함한다.

[0088] 임의의 실시형태에 있어서, 샘플 예지를 검사하기 위한 시스템은 전술한 기술들을 수행하고 및/또는 예지 검출 도구를 동작시키도록 구성된 적어도 하나의 메모리 및 적어도 하나의 프로세서를 포함한다.

[0089] 전술한 설명 및 도면은 시스템의 특정 컴포넌트에 대한 제한으로서 해석되지 않는다는 점 및 시스템은 많은 다

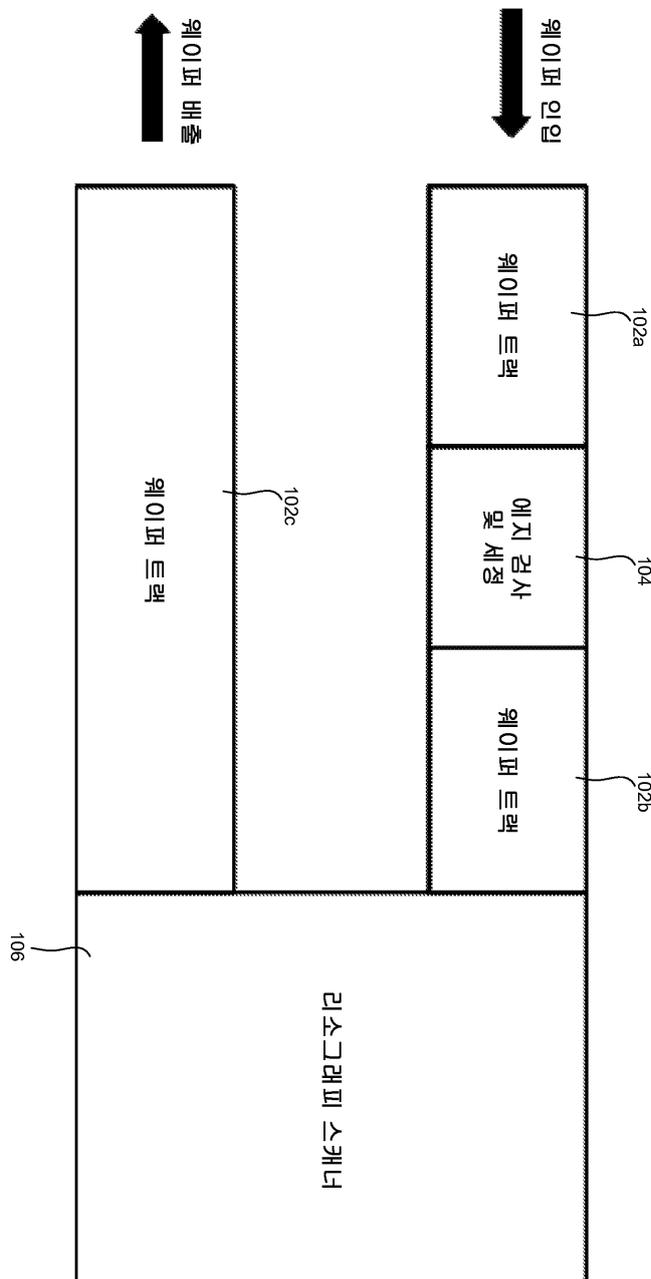
른 형태로 구체화될 수 있다는 점에 주목하여야 한다. 예를 들면, 검사 및 측정 도구는 레티클 또는 웨이퍼의 특징들의 입계적 양태를 해결하도록 배열된 임의의 다수의 적당한 및 공지된 영상화 및 계측 도구일 수 있다. 예로서, 검사 또는 측정 도구는 명시야 영상화 현미기술(microscopy), 암시야 영상화 현미기술, 폴 스카이 영상화 현미기술, 위상 대조 현미기술, 편광 대조 현미기술 및 가간섭성 프로브 현미기술용으로 적용될 수 있다. 목표물의 영상을 포착하기 위해 단일 및 복수의 영상화 방법을 사용할 수 있는 것으로 또한 예상된다. 이러한 방법들은, 예를 들면, 단일 그랩(grab), 이중 그랩, 단일 그랩 가간섭성 프로브 현미기술(CPM) 및 이중 그랩 CPM 방법을 포함한다. 산란율계와 같은 비영상화 광학법도 예상할 수 있다.

[0090]

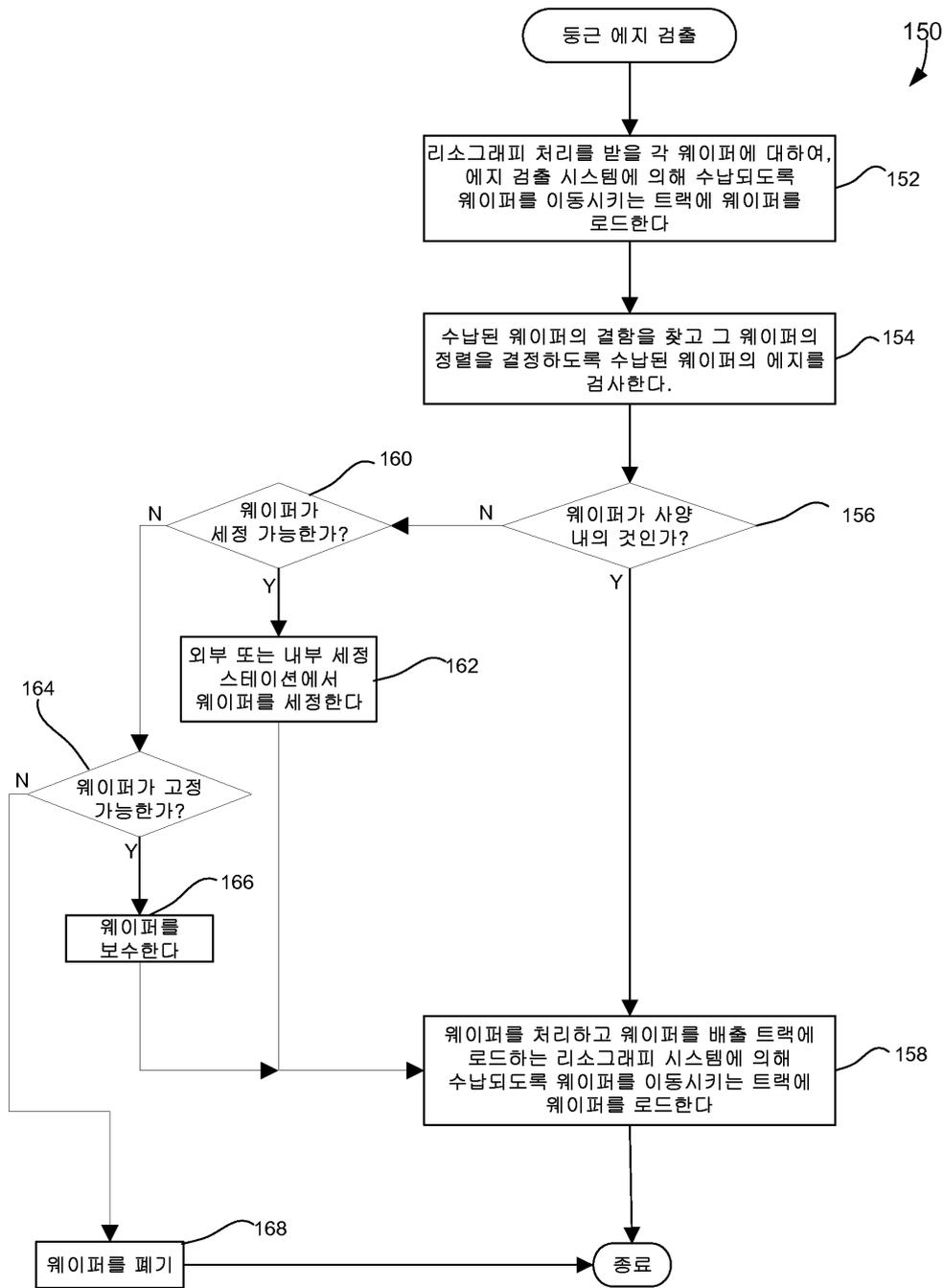
지금까지 본 발명을 이해의 명확성을 위해 자세히 설명하였지만, 첨부된 특허 청구범위의 범위 내에서 임의의 변화 및 수정이 실시될 수 있다는 것은 명백하다. 본 발명의 처리, 시스템 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방법이 있다는 점에 주목하여야 한다. 따라서, 본 실시형태는 제한하는 것이 아니라 예시하는 것으로 생각하여야 하며, 본 발명은 여기에서 개시된 세부사항으로 제한되지 않는다.

도면

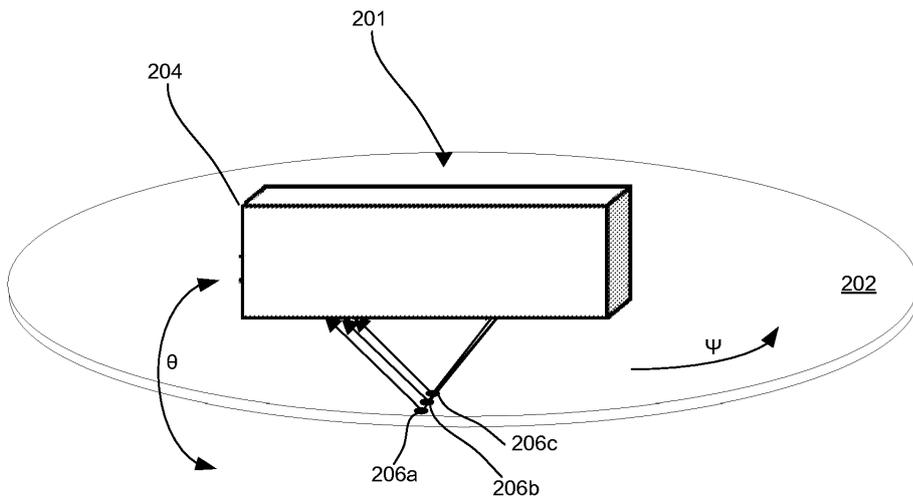
도면1a



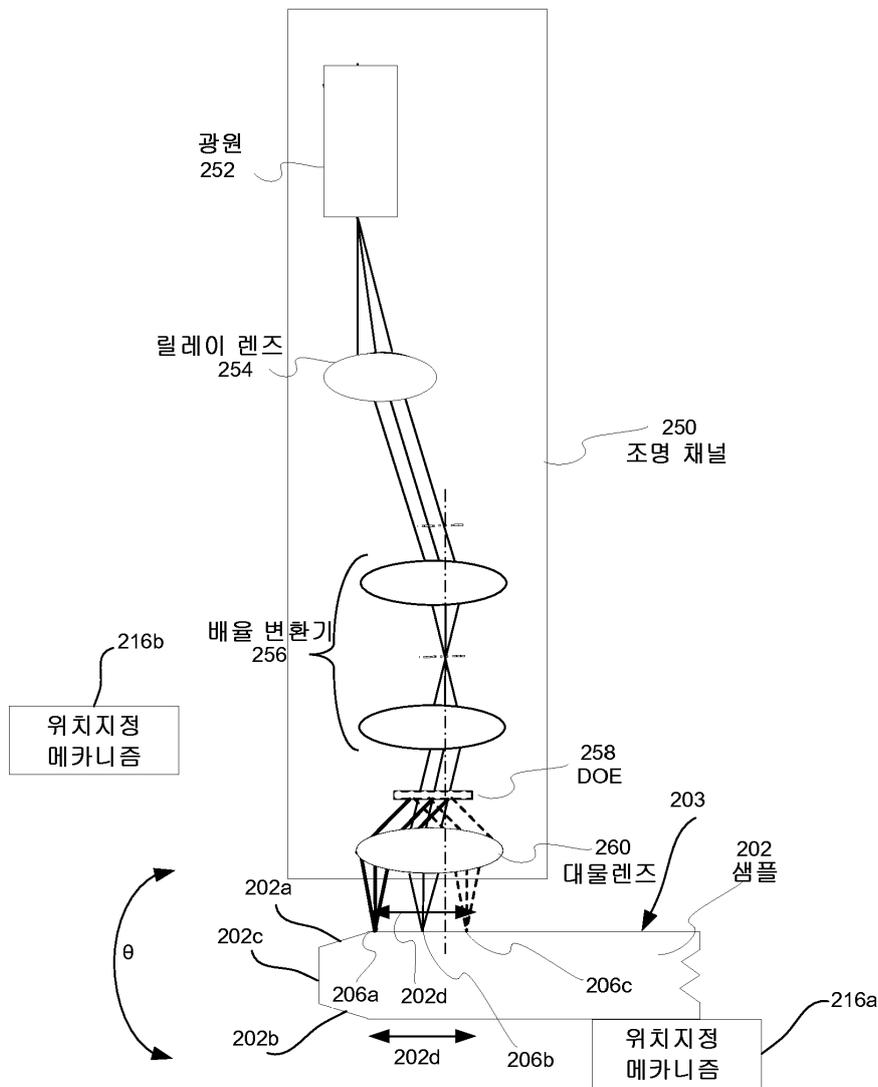
도면1b



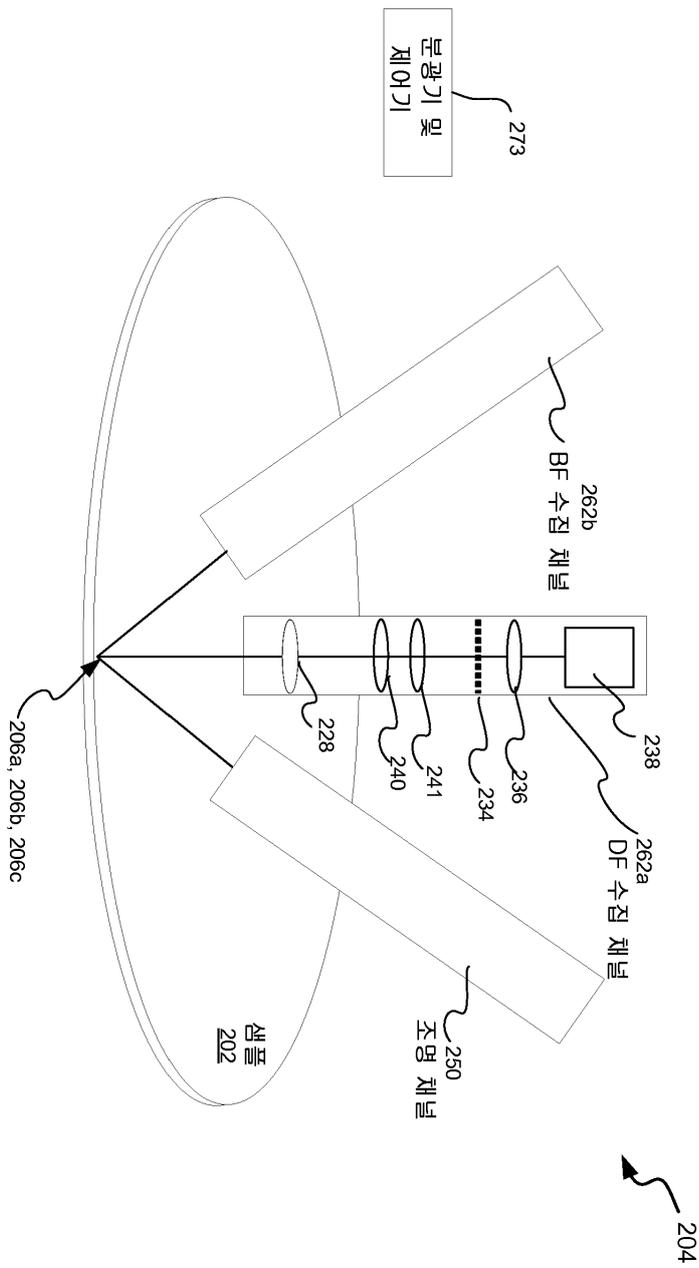
도면2a



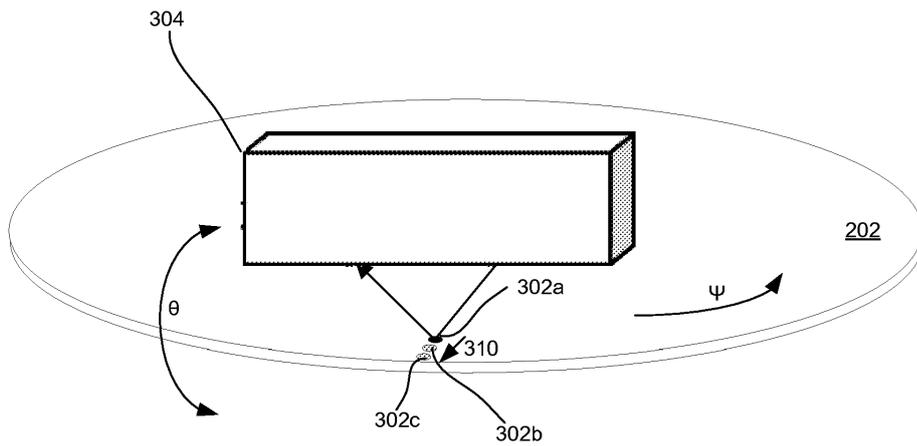
도면2b



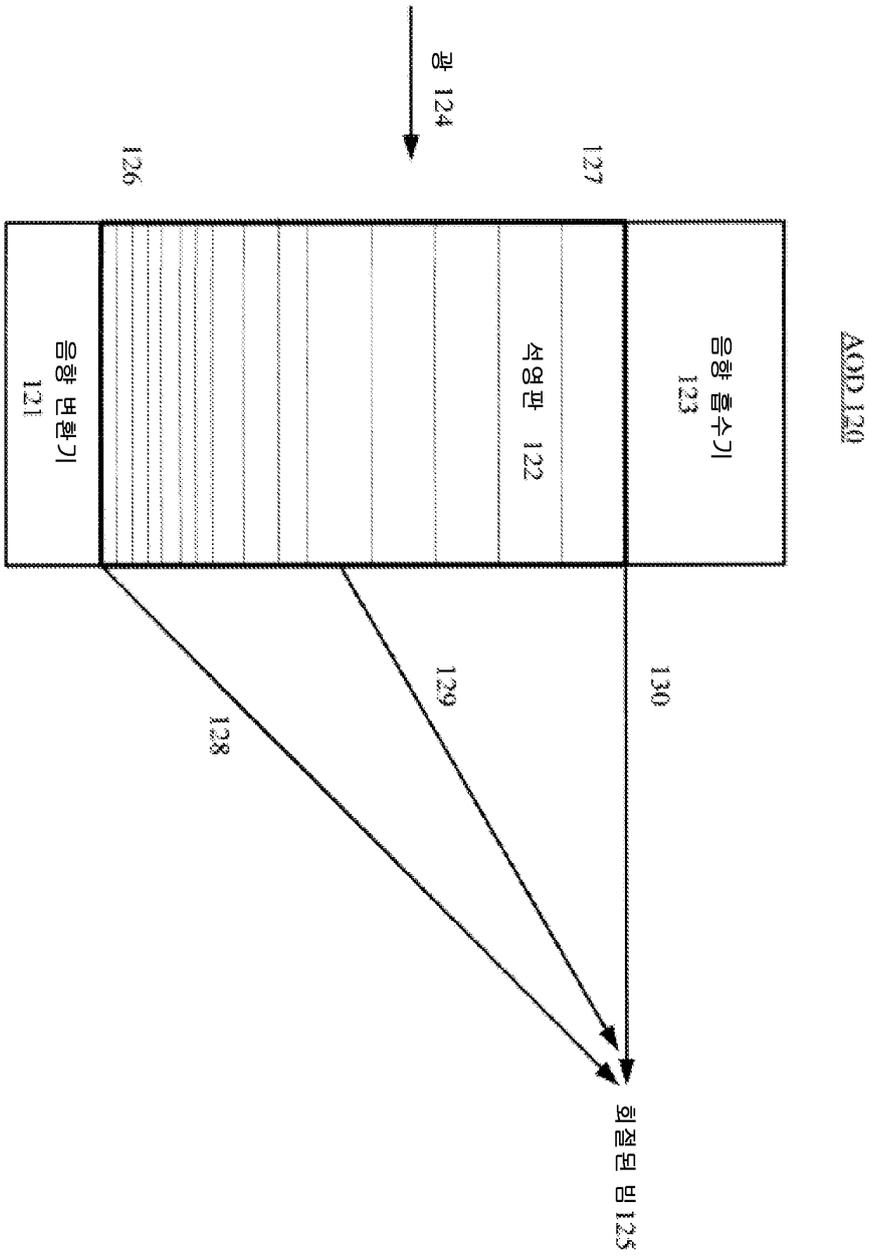
도면2c



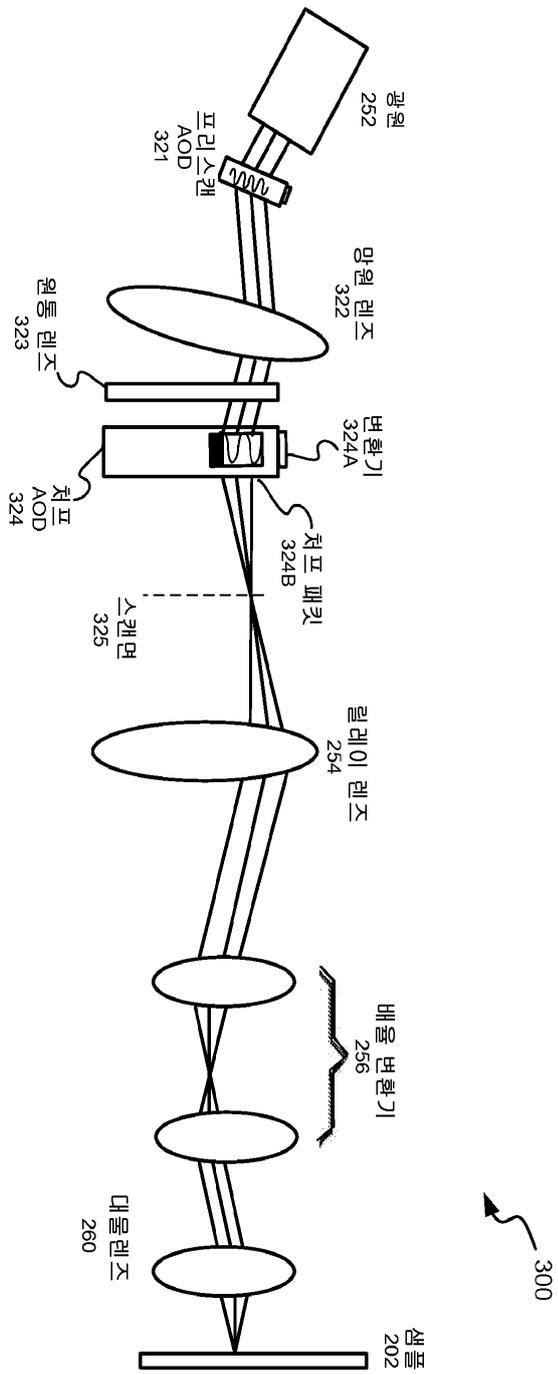
도면3a



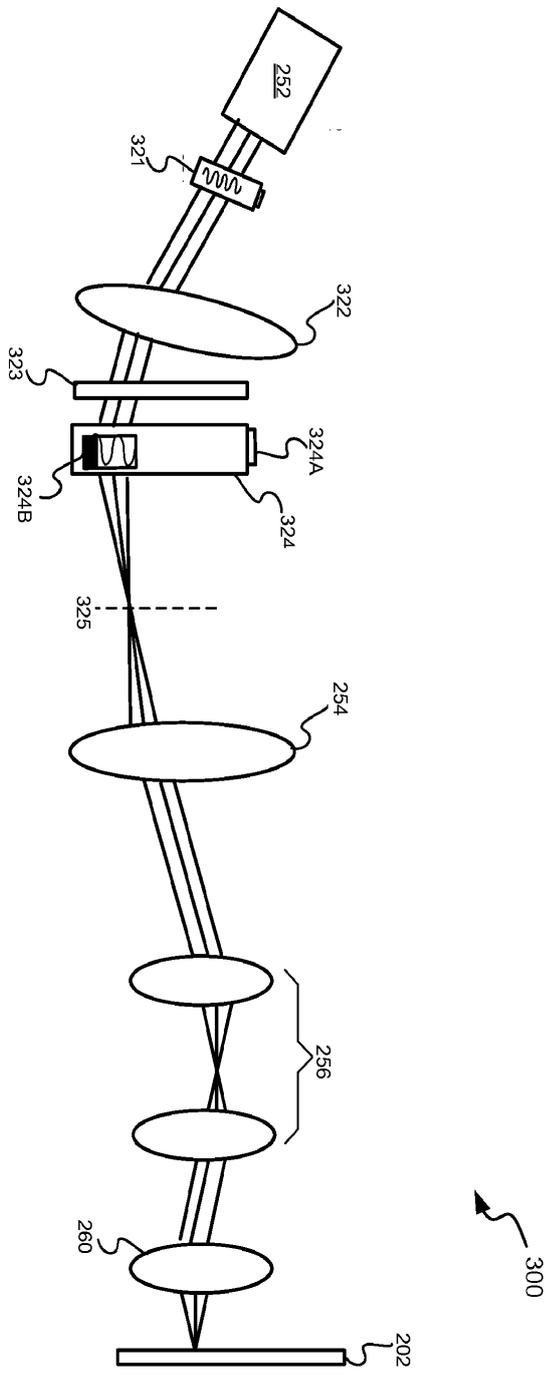
도면3b



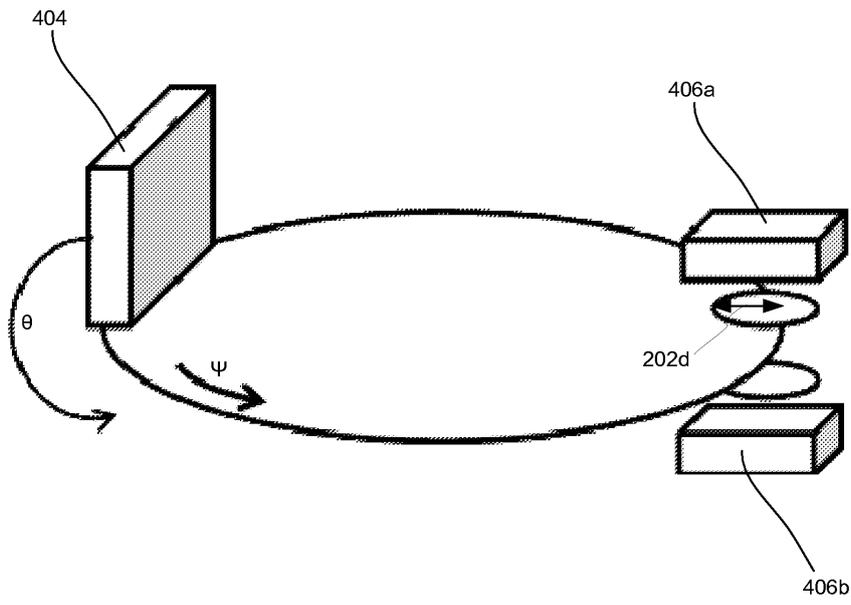
도면3c



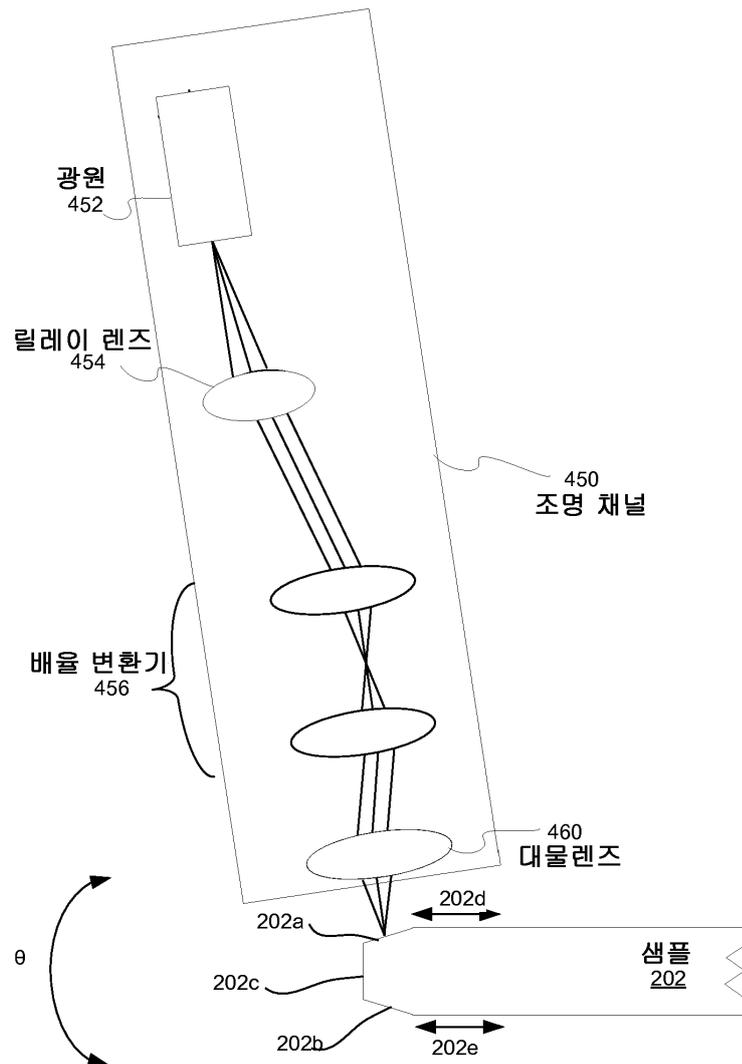
도면3d



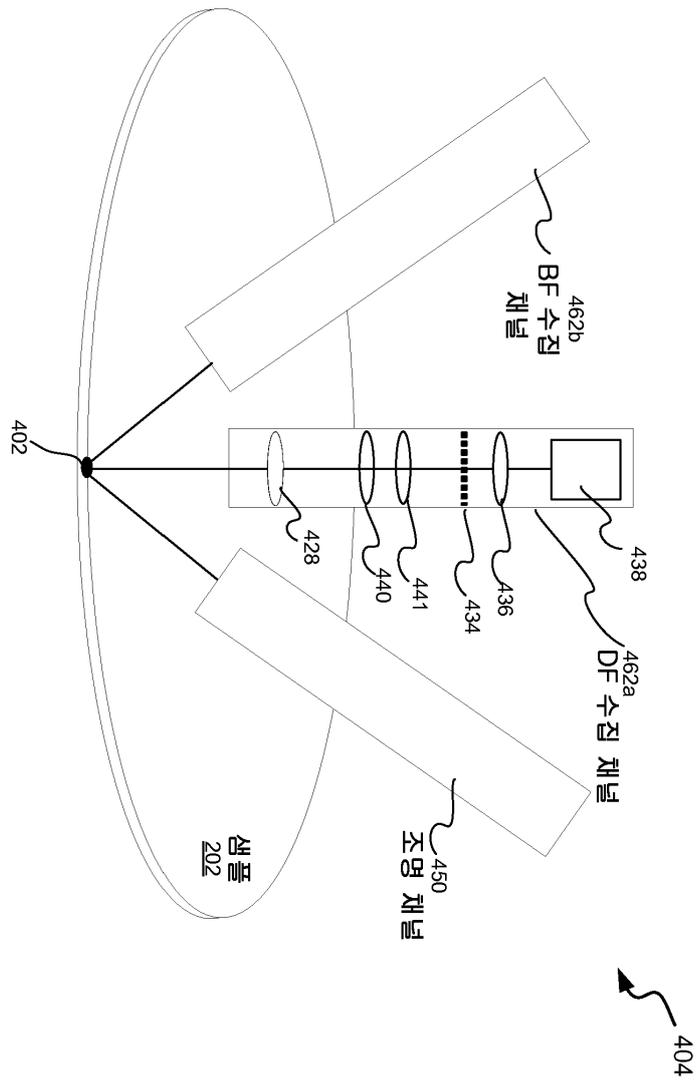
도면4a



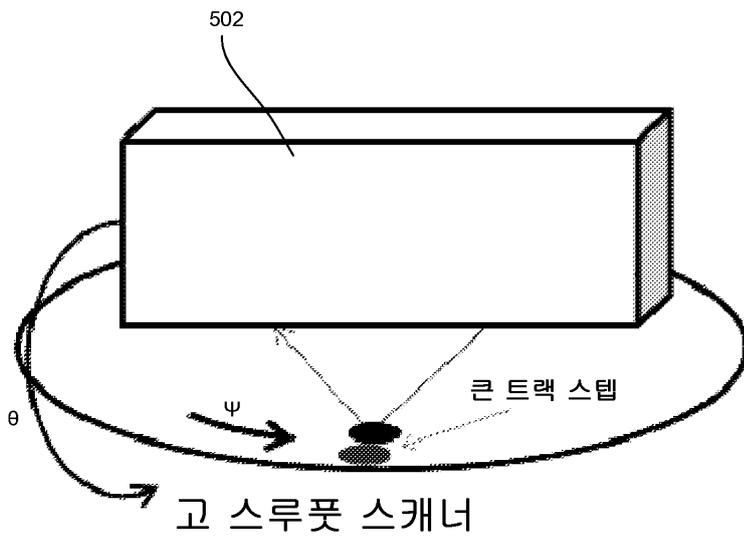
도면4b



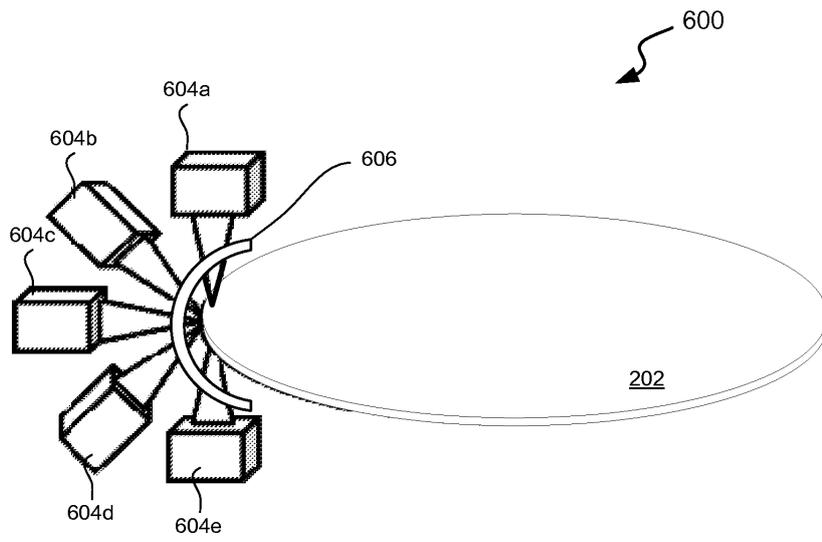
도면4c



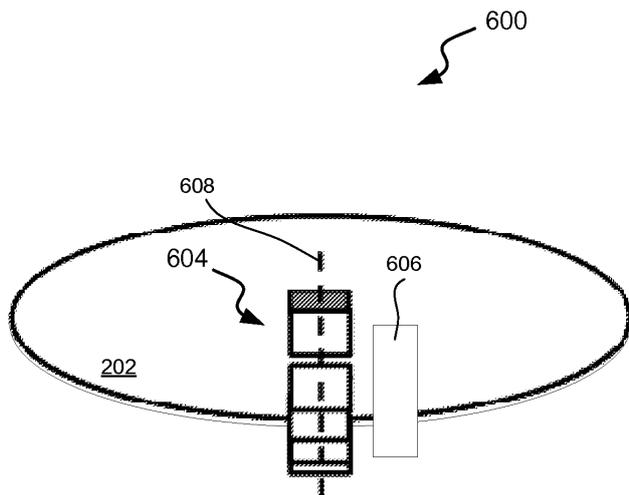
도면5



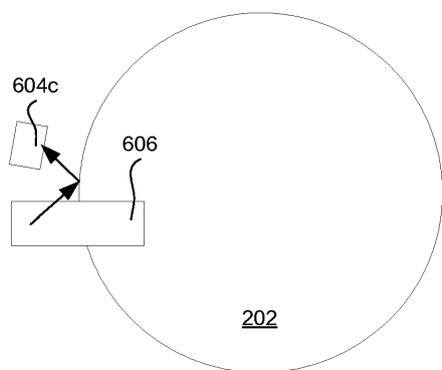
도면6a



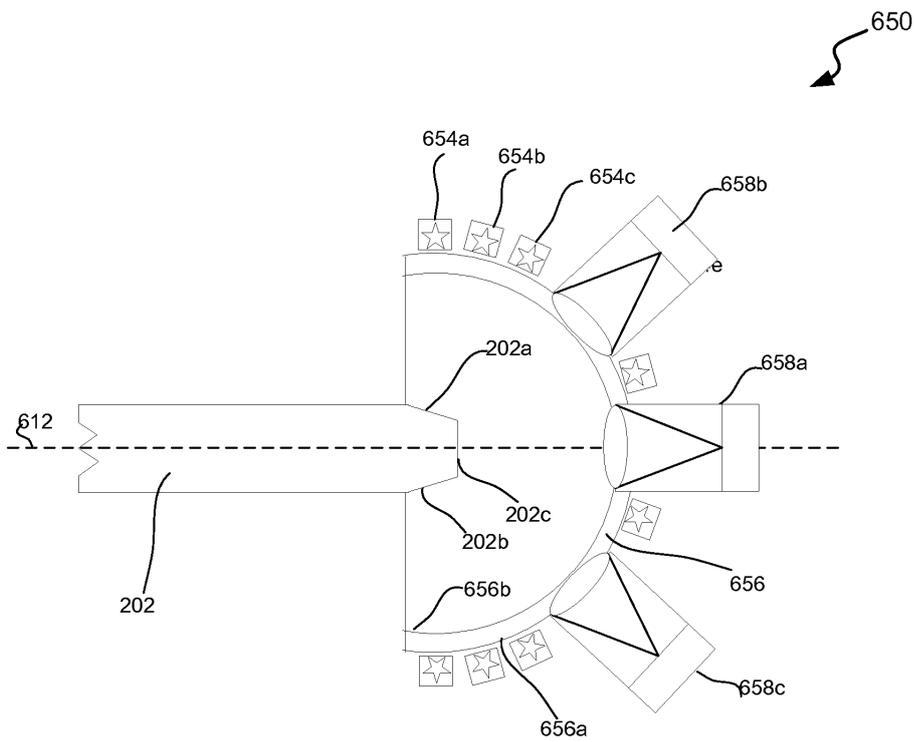
도면6b



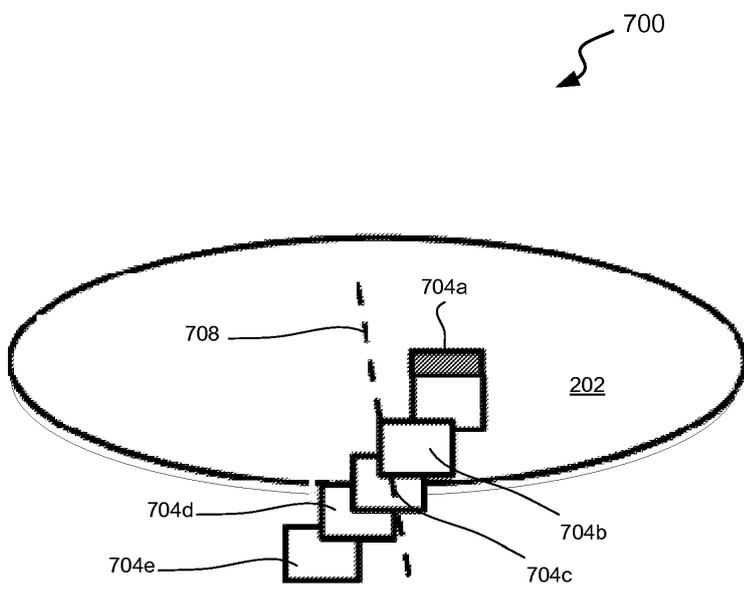
도면6c



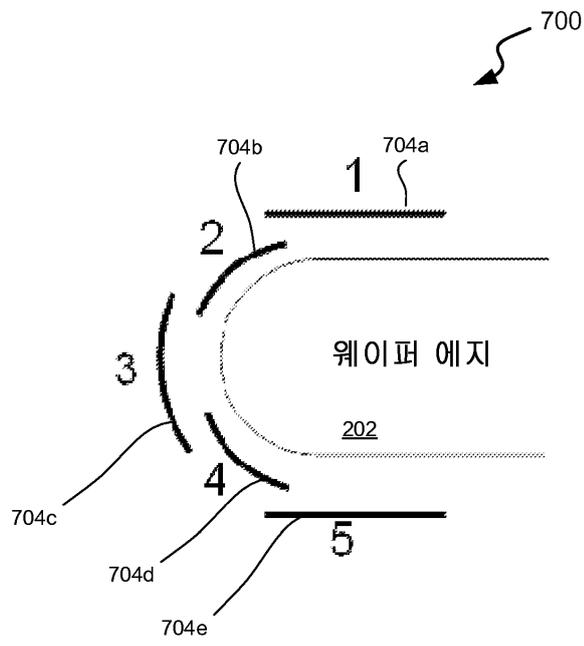
도면6d



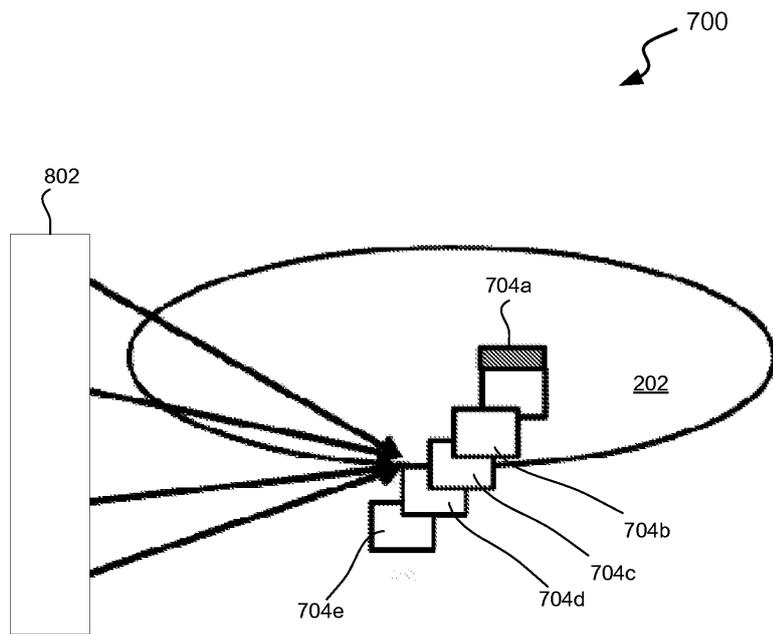
도면7a



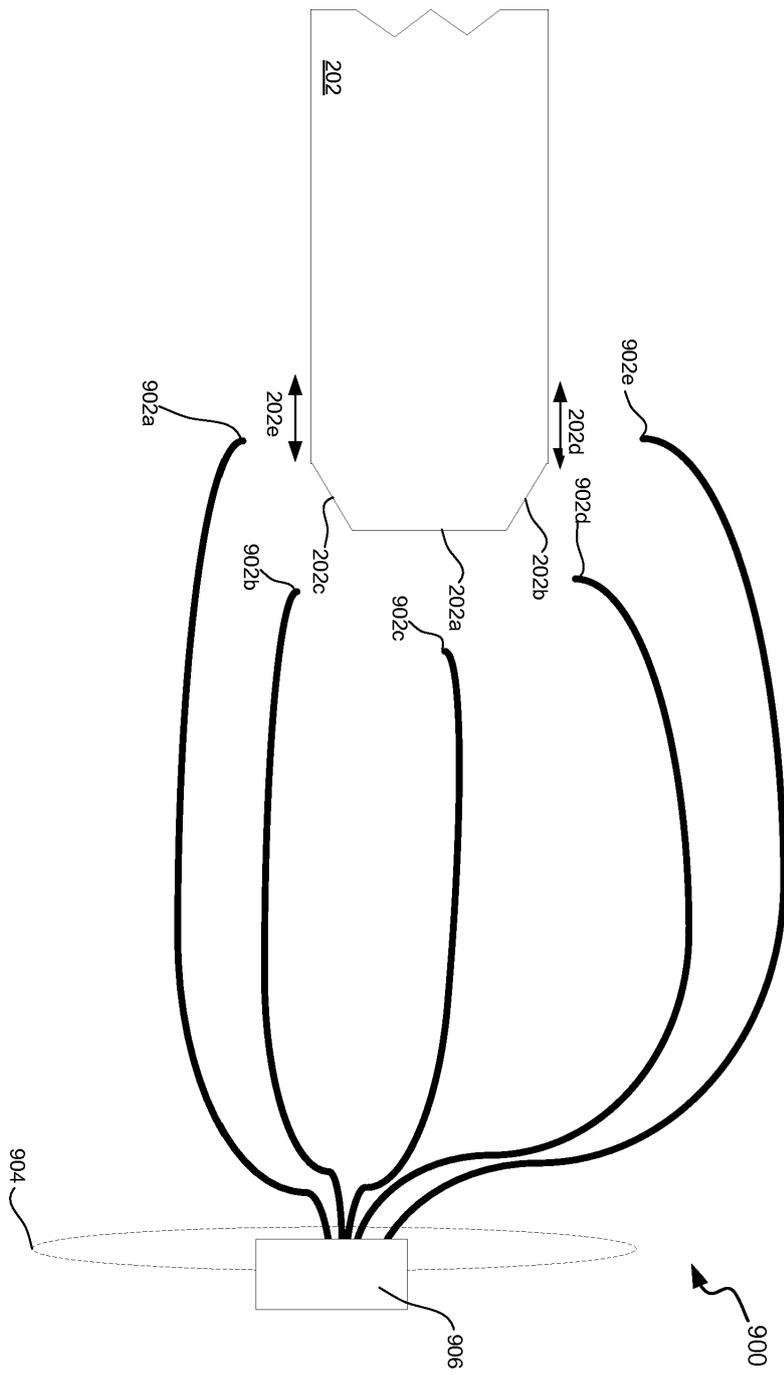
도면7b



도면8



도면9



도면10

