(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월13일
(11) 등록번호 10-2589607
(24) 등록일자 2023년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/88 (2006.01) *G01N 21/95* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/8806 (2013.01)
G01N 21/8851 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7023564(분할)
(22) 출원일자(국제) 2015년12월04일
심사청구일자 2022년07월08일
(85) 번역문제출일자 2022년07월08일
(65) 공개번호 10-2022-0103200
(43) 공개일자 2022년07월21일
(62) 원출원 특허 10-2022-7011485
원출원일자(국제) 2015년12월04일
심사청구일자 2022년04월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/064100
(87) 국제공개번호 WO 2016/090311
국제공개일자 2016년06월09일
(30) 우선권주장
62/088,284 2014년12월05일 미국(US)
62/154,109 2015년04월28일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
DE102009017786 B3
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 6 항

(73) 특허권자
케이엘에이 코포레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크놀로지 드라이브
(72) 발명자
마리보에트 톰
벨기에 3071 에릅스-크워릅스 드리에빌레겐슈트라쎄 49
트뤼앙스 칼
벨기에 비-3110 로첼라 52 스트웨그 옵 베제말
바우터스 크리스토프
벨기에 2490 발렌 크롬메파드 46
(74) 대리인
김태홍, 김진희

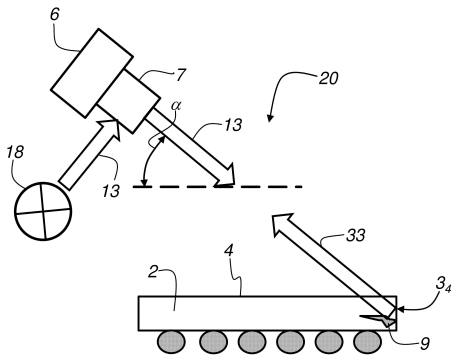
심사관 : 이창호

(54) 발명의 명칭 **워크 피스들에서의 결함 검출을 위한 장치, 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품**

(57) 요 약

워크 피스들에서의 결함 검출을 위한 장치, 방법, 및 컴퓨터 프로그램 제품이 개시된다. 적어도 하나의 광원이 제공되고, 광원은 워크 피스가 투명해지는 파장 범위의 조명광을 생성한다. 카메라는 워크 피스의 적어도 하나의 면으로부터의 광을 렌즈에 의해 카메라의 검출기 상에 이미징한다. 워크 피스를 이동시키고 카메라로 반도체 디바이스의 적어도 하나의 면을 완전히 이미징하기 위해 스테이지가 사용된다. 컴퓨터 프로그램 제품은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위해 컴퓨터로 판독가능한 비일시적 매체 상에 배치된다. 컴퓨터는 다양한 공정 단계들을 실행하고 장치의 다양한 수단을 제어하는데 사용된다.

대 표 도 - 도7



(52) CPC특허분류
G01N 21/9501 (2013.01)
G01N 2021/8835 (2013.01)
G01N 2021/8841 (2013.01)
G01N 2021/8845 (2013.01)
G01N 2201/104 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
US20120307236 A1
WO2010137431 A1
JP3762952 B2*
JP2009276338 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치에 있어서,

상기 워크 피스에 투명한 소정 파장 범위의 조명을 제공하는 적어도 하나의 광원 - 상기 적어도 하나의 광원은 상기 워크 피스의 측면 상으로 조명을 지향시키고 상기 워크 피스를 통해 상기 조명을 투과시키도록 구성되고, 상기 워크 피스를 통해 투과된 조명의 적어도 일부는 상기 워크 피스로부터 출사되기 전에 상기 워크 피스의 표면에서 내부 반사되고, 하나 이상의 결함이 상기 워크 피스로부터 조명이 출사되는 것을 차단함 - ; 및

제1 라인 센서 및 제2 라인 센서를 포함하는 카메라; 및

워크 피스의 추가 측면으로부터 출사되는 조명의 이미지와 상기 워크 피스의 최상면의 가장자리부로부터 출사되는 조명의 이미지를 동시에 생성하는 광학 시스템 - 상기 최상면의 가장자리부로부터의 조명의 이미지는 상기 워크 피스의 측면으로부터의 조명의 이미지에 인접하여 위치되고, 상기 광학 시스템은 상기 최상면의 가장자리부에 인접한 상기 추가 측면으로부터 상기 제1 라인 센서 상으로 조명을 지향시키고 상기 최상면의 가장자리부로부터 상기 제2 라인 센서 상으로 조명을 지향시키도록 구성됨 - ;

을 포함하는 것인, 워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광학 시스템은 상기 워크 피스의 추가 측면으로 그리고 상기 워크 피스의 추가 측면에 인접한 상기 워크 피스의 최상면의 가장자리부로 상기 적어도 하나의 광원으로부터의 조명을 안내하도록 구성된 광 가이드를 포함하는 것인, 워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 조명의 파장 범위는 적외광을 포함하는 것인, 워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

스테이지를 더 포함하고,

상기 스테이지는 쎄타(theta) 스테이지인 것인, 워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 카메라는 상기 워크 피스의 최상면 상으로 지향된 광과 동축인 방향으로 조명을 수집하도록 구성되며, 상기 워크 피스로부터 출사되는 조명은 상기 워크 피스의 최상면과 측면 상으로 지향된 조명과 동일 파장 범위를 갖는 것인, 워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 워크 피스를 이동시키고 상기 측면 및 상기 워크 피스의 최상면의 일부분을 이미지화하기 위한 스테이지

를 더 포함하고,

스캔 방향은 이미지화될 라인들에 대해 수직이며, 상기 스테이지와 상기 카메라는, 상기 워크 피스를 통해 투과되고 상기 워크 피스의 최상면 및 상기 워크 피스의 추가 측면, 중 적어도 하나로부터 출사되는 조명으로부터 복수의 이미지들을 형성하도록 상기 워크 피스와 상키 카메라 간에 상대적 운동을 부여하도록 구성된 것인, 워크 피스에서의 결함 검출을 위한 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호참조

[0002] 본 출원은 2014년 12월 5일에 출원된 미국 가특허 출원 제62/088,284호, 및 2015년 4월 28일에 출원된 미국 가특허 출원 제62/154,109호의 우선권을 청구하며, 이들 가특허 출원들은 둘 다 그 전체내용이 참조로서 본 명세서 내에 병합된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위한 장치에 관한 것이다.

[0005] 또한, 본 발명은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위한 방법에 관한 것이다.

[0006] 추가적으로, 본 발명은 컴퓨터로 판독가능한 비일시적 매체 상에 배치된 컴퓨터 프로그램 제품에 관한 것이다. 컴퓨터 프로그램 제품은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위해 컴퓨터를 제어하도록 동작가능한 컴퓨터로 실행가능한 공정 단계들을 포함한다.

배 경 기 술

[0007] 예를 들어, 미국 특허 6,339,337 B1는 반도체 칩에 대한 적외선 테스트를 개시한다. 이 테스트는 반도체 칩의 바닥면 상에 적외선을 조사(irradiate)하고, 접합 패드로부터 반사된 적외선을 수신하며, 접합 패드의 이미지를 모니터 상에 디스플레이함으로써 수행된다. 적외선으로부터 획득된 이미지는 접합 패드 자체 또는 접합 패드 아래에 있는 실리콘 기판의 부분이 결함을 갖는지 여부 또는 범프에 대한 접합 패드의 이탈이 있는지 여부에 관한 정보를 갖는다.

[0008] 중국 실용 신안 CN 2791639 (Y)는 대역갭이 1.12eV보다 큰 반도체 물질의 내부 결함들을 검출하는데 주로 사용되는 검출 디바이스가 개시되어 있다. 반도체 물질의 내부 결함들을 검출하기 위한 검출 디바이스는 광학 현미경, 적외선 CCD 카메라, 비디오 케이블, 시뮬레이션 이미지 모니터, 디지털 이미지 수집 카드, 컴퓨터 및 분석 공정 및 디스플레이 소프트웨어로 구성된다.

[0009] 추가적으로, EP 2 699 071 A2는 열 다이어그램 형태의 지상의 온도 분포를 기록하기 위한 광전자 방법을 개시하며, 여기서는 적외선 라인 스캔 시스템이 항공기에서 사용된다. 상기 장치는 창(window)들을 통한 열 방사선을 수용하는 회전 스캐닝 미러 시스템을 사용한다. 미러 시스템은 네 개의 반사 측면들을 가지며 전기 모터에 의해 축을 중심으로 회전한다. 방사선은 미러에 의해 IR 렌즈쪽으로 향하게 되고 그 다음 광전자 리시버 소자들의 행(row)으로 향하게 된다. 리시버 소자들의 행은 미러 시스템의 회전축에 평행하며, 각각의 리시버 소자는 리드 및 증폭 디바이스에 의해 복수의 발광 다이오드 중 대응하는 발광 다이오드에 개별적으로 연결된다.

[0010] 미국 특허 8,154,718 B2는 웨이퍼의 미세구조화된 샘플들을 분석하는 디바이스가 개시한다. 이 디바이스의 목적은 이 디바이스들의 가능한 사용들을 증가시키기 위한 것인데, 즉, 특히 양 측면들 상에 구조화되어 있는, 예컨대, 웨이퍼들의 구조적 세부사항 - 이는 코팅 또는 중간 물질이 투명하지 않기 때문에 VIS 또는 UV로 보이지 않음 - 을 표현하기 위한 것이다. IR 광은 반사광으로서 사용되면서, 무엇보다도, IR 이미지의 콘트라스트를 상당히 향상시키는 투조(transillumination)를 생성하여, 반사되거나 투과된 IR 광에서 및 반사된 가시광에서 동시에 샘플이 표현될 수 있게 한다.

[0011] 전형적인 결함들은 다이싱 공정에 의해 생성된 측부(side) 크랙(crack)이거나 또는 유전체층과 실리콘 구조물 사이의 디바이스 내의 내부 응력에 의해 생성된 매립형 크랙이다.

[0012] 도 1은 4면 또는 5면 검사를 수행함으로써 반도체 디바이스(2)에서 측부 결함(9)을 발견하는 종래기술 방법을 도시한다. 반도체 디바이스(2)는 제1 측면(3_1), 제2 측면(3_2), 제3 측면(3_3), 제4 측면(3_4), 최상면(4) 및 바닥면(5)을 갖는다. 도 1의 셋업에서, 렌즈(7)를 갖는 카메라(6)는 반도체 디바이스(2)의 바닥면(5)을 바라본다.

반도체 디바이스(2)의 제1 측면(3_1), 제2 측면(3_2), 제3 측면(3_3), 및 제4 측면(3_4) 각각에 대하여, 미러(8)는 45도로 배열된다. 도 1에서는 반도체 디바이스(2)의 제2 측면(3_2)과 제4 측면(3_4)에 대해서 배열된 미러들(8)만이 도시되어 있다.

[0013] 도 1의 셋업은 각각 제1 측면(3_1), 제2 측면(3_2), 제3 측면(3_3), 제4 측면(3_4), 및 바닥면(5)의 이미지(10)(도 2 참조)를 획득하는데 사용된다. 추가적으로, 도 1의 셋업에는 중대한 단점이 있다. 바닥면(5) 뷰의 광학 길이(11)는 제1 측면(3_1) 뷰, 제2 측면(3_2) 뷰, 제3 측면(3_3) 뷰, 및 제4 측면(3_4) 뷰의 광학 길이(12)와는 상이하다. 따라서, 초점은 항상 반도체 디바이스(2)의 바닥면(5) 상의 초점과 제1 측면(3_1), 제2 측면(3_2), 제3 측면(3_3), 및 제4 측면(3_4) 상의 초점 간의 트레이드 오프이다. 추가적으로, 4면 뷰의 이미지 해상도는 큰 시야각을 필요로 하는데, 이는 사용할 수 있는 픽셀 해상도를 제한시킬 것이다. 10㎛ 미만의 측면 뷰들의 경우, 20메가 픽셀 또는 25메가 픽셀의 고해상도 카메라를 사용하더라도 이용가능한 작업 셋업이 없다. 그러므로 실제 결함과 중요하지 않은 오염물을 구별하기 위해 양호한 초점과 높은 해상도를 갖는 것이 불가능하다.

[0014] 도 3은 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)을 관찰함으로써 내부 결함들(9)(측부 결함들)을 검출하기 위한 종래기술 셋업의 다른 실시예이다. 내부 결함들(9)(외부에서는 보이지 않음)을 검출하는데 있어서는 대량 검사를 위한 해결책이 없다. IR 광(13) 및 광학장치(14)를 사용하여 반도체 디바이스(2)의 후면("IR 백 뷰(back view)")을 바라보는 슬로우 방법이 있다. 카메라(6)는 반도체 디바이스(2)로부터 복귀하는 IR 광(15)을 검출한다. 도 3의 셋업으로 획득된 이미지의 개략도(16)가 도 4에서 도시되어 있다. IR 광(13)으로 내부 결함(9)을 검출하는 "IR 백 뷰" 방법도 단점을 갖는다. 무엇보다도 이 방법은 느리다. 이것은 수동적인 저용량 방법으로서만 존재한다. 이를 자동화하고 더 빠르게 하기를 원하는 경우에는 사용가능한 IR 카메라들(6)의 픽셀 수 및 크기에 중요한 제한이 있다. 추가적으로, 이것은 IR 광을 적용하기 위한 베어 실리콘 측면이 있는 제한된 디바이스들의 세트에서만 작동한다. 점점 더 많은 수의 디바이스들이 디바이스를 보호하기 위한 코팅을 가지고 있는데, 이 코팅은 IR 광에 대해 투명하지 않다. 추가적인 단점은 신호 대 잡음비이다. 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)은 또한 최상부 결함을 내부 결함(9)과 구별하기 어렵게 하는 반사를 생성할 것이다.

[0015] 전술한 종래기술 방법은 워크 피스(단품화된 반도체 디바이스)의 5면을 검사함으로써 중대한 단점을 갖는다. 하나의 단점은 워크 피스의 측면과 바닥면 간의 상이한 초점이다. 광학 길이는 바닥과 측면 뷰에 대해 상이하며, 이에 따라 초점은 워크 피스의 바닥부 상의 초점과 워크 피스의 가장자리들(측면들) 상의 초점 간에 항상 트레이드 오프 사항이다. 추가적인 단점은 이미지 해상도이다. 4개의 측면들의 뷰는 큰 시야각을 필요로 하는데, 이는 사용가능한 픽셀 해상도를 제한시킬 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 목적은 단품화된 워크 피스들에서 측부 결함들과 내부 결함들을 고해상도로 검출하고, 워크 피스들의 면들 상에서 실제 결함들과 오염물들을 구별하는 것을 가능하게 하는 장치를 제공하는 것이다. 추가적으로, 본 장치는 이러한 워크 피스들에 대해 시간 효율적인 품질 제어를 행하기 위해서 높은 처리량(throughput)을 가져야 한다.

[0017] 상기 목적은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위한 장치에 의해 달성되며, 본 장치는,

[0018] 워크 피스가 투명해지는 파장 범위의 조명광을 제공하기 위한 적어도 하나의 광원;

[0019] 워크 피스 상의 적어도 하나의 면으로부터의 광을 카메라의 검출기 상에 이미징하기 위한 렌즈를 갖춘 카메라; 및

[0020] 워크 피스를 이동시키고 워크 피스의 적어도 하나의 면을 완전히 이미징하기 위한 스테이지를 포함한다.

[0021] 본 발명의 장치의 장점은 단품화된 워크 피스, 예를 들어, 다이라고도 알려진 반도체 디바이스들에서의 측부 결함들 및 내부 결함들을 신뢰성 있게 검출할 수 있게 한다는 것이다. 본 발명의 장치는 높은 처리량으로 이러한

워크 피스들에 대해 품질 제어를 행하는데 사용될 수 있다.

[0022] 본 발명의 추가적인 목적은 단품화된 워크 피스들에서의 측부 결함들 및 내부 결함들을 고해상도로 검출하여, 워크 피스들의 면들 상에서의 실제 결함들과 오염물들을 구별할 수 있도록 하는 방법을 제공하는 것이다. 추가적으로, 본 방법은 합리적인 시간 내에 그러한 워크 피스들에 대한 품질 제어를 행하기 위해 높은 처리량을 가능하게 해야 한다.

[0023] 이 목적은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위한 방법에 의해 달성되며, 본 방법은:

[0024] 워크 피스가 투명해지는 파장 범위의 조명광으로 워크 피스의 적어도 하나의 면의 일부분을 조명하는 단계;

[0025] 워크 피스의 적어도 하나의 면의 일부분으로부터의 광을 카메라의 검출기 상에 이미징하는 단계; 및

[0026] 워크 피스의 적어도 하나의 면이 카메라에 의해 완전히 이미징되도록, 워크 피스를 홀딩하는 스테이지와 카메라의 상대적 이동을 수행하는 단계를 포함한다.

[0027] 본 발명의 방법의 장점은 단품화된 워크 피스, 예를 들어, 다이라고도 알려진 반도체 디바이스들에서의 측부 결함들 및 내부 결함들을 신뢰성 있게 검출할 수 있게 한다는 것이다. 본 발명의 방법은 높은 처리량으로 이러한 워크 피스들에 대해 품질 제어를 행하는데 사용될 수 있다.

[0028] 본 발명의 목적은 또한 단품화된 워크 피스들(반도체 디바이스들)에서의 측부 결함들 및 내부 결함들을 고해상도로 자동으로 검출하여, 워크 피스들의 면들 상에서의 실제 결함들과 오염물들을 구별할 수 있도록 하기 위해 컴퓨터로 판독가능한 비일시적 매체 상에 배치된 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하는 것이다. 추가적으로, 본 컴퓨터 프로그램은 합리적인 시간 내에 그러한 워크 피스들에 대한 품질 제어를 행하기 위해 높은 처리량을 가능하게 해야 한다.

[0029] 상기 목적은 워크 피스들에서의 결함 검출을 위해 컴퓨터로 판독가능한 비일시적 매체 상에 배치된 컴퓨터 프로그램 제품에 의해 달성되며, 본 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터로 실행가능한 공정 단계들을 포함하고, 상기 컴퓨터로 실행가능한 공정 단계들은 컴퓨터를 제어하여 컴퓨터가,

[0030] 워크 피스를 스테이지 상에 배치시키고,

[0031] 워크 피스가 투명해지는 파장 범위의 조명광으로 워크 피스의 적어도 하나의 면을 조명하고,

[0032] 워크 피스의 적어도 하나의 면의 광의 라인(line of light)을 이미징하기 위해, 광학 셋업으로, 워크 피스의 적어도 하나의 면으로부터의 광을 카메라의 적어도 하나의 라인 센서에 지향시키며,

[0033] 워크 피스의 적어도 하나의 면이 카메라의 라인 센서에 의해 완전히 이미징되고 스테이지의 이동 동안 카메라의 초점 내에 있도록, 워크 피스를 홀딩하는 스테이지를 이동시키게 하도록 동작가능하다.

[0034] 본 발명에 의해 검출될 전형적인 결함들은 워크 피스들의 다이싱 공정에 의해 생성된 측부 크랙이거나 또는 워크 피스 내의 내부 응력에 의해 생성된 매립형 크랙이다. 워크 피스가 반도체 디바이스인 경우, 내부 응력은, 예를 들어, 유전체층과 실리콘 구조물 사이에 존재할 수 있다. 본 발명(장치, 방법, 및 컴퓨터 프로그램)은 반도체 디바이스들로 국한되지 않으며, 일반적으로는 측부 및 내부 결함들에 적용가능하다는 것을 유의한다.

[0035] 일반적으로 실리콘계 반도체 디바이스를 통과할 수 있는 적외선(IR) 광을 사용할 것이지만, 광원은 워크 피스의 물질이 투명해지는 파장 범위에 의존하여 변경될 수 있다.

[0036] 본 발명의 양태에 따르면, 조명광이 워크 피스의 하나의 측면에 지향되고, 카메라가 워크 피스의 추가적인 측면으로부터 출사되는 광을 수신하도록 적어도 하나의 광원이 배열된다. 워크 피스의 이러한 추가적인 측면은, 백라이트 조명을 획득하기 위해, 조명광을 수신하는 워크 피스의 측면에 대향해 있다.

[0037] 다른 가능성은, 워크 피스의 추가적인 측면이 조명광을 수신하는 워크 피스의 측면으로 배향되어 추가적인 측면의 다크 필드(dark field) 이미지가 획득되는 것이다.

[0038] 본 발명의 추가적인 양태는, 조명광이 워크 피스의 최상면에 지향되고, 워크 피스의 최상면으로부터 발광되는 광을 카메라가 수신하도록 적어도 하나의 광원이 배열된다는 것이다.

[0039] 본 발명의 유리한 실시예는, 카메라의 검출기가 라인 센서이면 카메라는 라인 스캔 카메라로서 구성된다. 새로운 장치 또는 방법에서, 워크 피스(반도체 디바이스)의 측면에 대해 수직으로 있는 라인 스캔 카메라의 사용은 X, Y, 세타(theta) 스테이지 상에서 워크 피스를 이동시킴으로써 이미지들을 생성한다. 본 발명의 광학 셋업을

통해, 최상면의 적어도 일부분 및 워크 피스의 적어도 하나의 측면의 동시적인 뷰를 생성할 수 있다. 이 광학 셋업은 동축 및 외부 조명도 허용하므로, 두 모드들은 동일한 조명 또는 개별 조명을 가질 수 있다.

[0040] 카메라의 렌즈는 워크 피스의 측면으로부터 출사되는 광의 라인을 라인 센서 상에 이미징한다. 출사 광은 백라이트 조명이 획득되도록 배열된 적어도 하나의 광원으로부터 발원된 것이다.

[0041] 워크 피스를 홀딩하는 스테이지는 이미징될 라인에 대해 수직인 스캔 방향을 따라 이동된다. 이러한 스캐닝 동작에 의해, 워크 피스의 측면들 중 적어도 하나의 측면의 완전한 이미지가 생성된다.

[0042] 또한, 카메라의 렌즈가 워크 피스의 최상면의 적어도 일부분으로부터의 광의 라인을 라인 센서 상에 이미징하는 것이 가능하며, 상기 광의 라인은 워크 피스의 측면들 중 하나의 측면에 인접하게 위치되고, 적어도 하나의 광원은 최상면으로부터의 광이 워크 피스의 최상면의 적어도 일부분 상에 지향된 광과 동축이 되도록 배열된다. 워크 피스의 적어도 일부분의 이미지를 생성하기 위해, 워크 피스를 홀딩하는 스테이지는 이미징될 라인에 대해 수직인 스캔 방향을 따라 이동된다. 따라서, 최상면의 적어도 하나의 일부분의 완전한 이미지가 획득된다. 최상면의 일부분은 워크 피스의 측면들 중 적어도 하나의 측면에 인접해 있다.

[0043] 스테이지 및 카메라는 또한 상대적 이동을 수행하여, 예를 들어, 워크 피스의 각각의 면의 완전한 이미지를 캡처할 수 있다. 각각의 면의 스캔은 스캔 방향을 따라 다양한 속도 프로파일로 수행될 수 있다. 바람직한 실시예는 각각의 면의 길이를 따라 속도가 일정하다. 이 일정함의 선택은 소프트웨어의 수고를 적게 하고 최상의 이미지 품질을 제공한다. 일정한 속도의 선택이 다른 속도 프로파일을 차단하지 않는다는 것은 당업자에게는 명백하다. 다른 실시예는 스캔 동안의 가속된 속도 및 감속된 속도이다. 여기서는 가장자리들에서 더 높은 캡처율이 획득되고, 각각의 측면의 중앙에서는 더 낮은 캡처율이 획득된다.

[0044] 본 발명의 실시예에 따르면, 워크 피스의 측면으로부터 출사되는 광의 라인의 이미지와 워크 피스의 최상면으로부터의 광의 라인의 이미지를 동시에 생성하는 광학 셋업이 제공된다. 최상면으로부터의 광의 라인의 이미지는 워크 피스의 각각의 측면으로부터의 광의 라인에 인접하여 위치된다. 광학 셋업의 전방 단부는 최상부 미러와 제1 및 제2 바닥 미러를 실어나른다. 최상부 미러는 워크 피스의 최상면의 일부분으로부터의 광의 라인의 이미지를 캡처한다. 제1 바닥 미러 및 제2 바닥 미러는 워크 피스의 측면으로부터 출사되는 광의 라인의 이미지를 캡처한다. 본 발명의 광학 셋업은 워크 피스의 측면으로부터 출사되는 광의 라인의 이미지와 워크 피스의 최상면으로부터의 광의 라인의 이미지가 동시에 초점 내에 있도록 설계된다.

[0045] 본 발명의 실시예에 따르면, 적어도 하나의 광원으로부터의 광은 워크 피스의 하나의 측면 및 워크 피스의 최상면에 개별적으로 결합될 수 있다.

[0046] 광 가이드가 적어도 하나의 광원과 워크 피스의 최상면 및/또는 각각의 측면 사이에 위치되는 것이 유리하다.

[0047] 워크 피스는 단품화된 반도체 디바이스일 수 있다. 이 경우, 실리콘계 반도체 디바이스는 IR 광에 대해 투명하기 때문에, 조명광의 파장 범위는 IR 광의 파장 범위이다.

[0048] 본 발명의 장치는 독특한 장점들을 갖는다. 두 개의 뷰들이 결합될 수 있다. 별개의 카메라로 두 개의 이미지들을 촬영할 필요가 없다. 두 개의 뷰들을 결합함으로써, 이미지 처리 동안 뷰들 간에 정보가 상관될 수 있어서 결함에 대한 더 높은 캡처율과 노이즈에 대한 더 낮은 뉴슨스율(nuisance rate)을 야기시킬 수 있다. 고해상도 이미지들이 라인 스캔 카메라를 사용하여 획득된다. 일반 매트릭스 카메라들에 비해 더 높은 해상도로 이미지들을 생성하는 것이 가능하다. IR 광을 사용할 때 내부 결함들을 발견할 수 있고/있거나 특정 결함들에 대한 신호 대 잡음비를 향상시킬 수 있다. 다크필드형(darkfield-like) 검사 모드를 생성하기 위해 평면 뷰(최상면의 일부분의 이미지)가 각도 하에서 행해질 수 있다.

[0049] 본 발명의 방법은, 예를 들어, 워크 피스들이 반도체 디바이스들인 경우 유리한 효과들을 보여준다. 본 발명의 방법으로 피검사 반도체 디바이스 속을 이동하는 IR 광을 사용함으로써 그리고 반도체 디바이스의 하나의 측면을 정면으로 바라봄(looking directly)으로써 결함들의 이미지들을 생성하는 것이 가능하다. 광원과 카메라 둘 다에 대해, 수직 셋업(가장자리를 똑바로 바라봄/비춤) 또는 경사 셋업이 사용될 수 있다. 실리콘의 높은 굴절률(λ = 1200nm의 경우 n = 3.5)과 디바이스의 거친 가장자리 때문에 거의 모든 광이 디바이스 내로 들어갈 것이다. 광선은 디바이스 속을 작은 각도로 이동할 것이지만 다른 측면에서는 디바이스를 확산 광선으로서 빠져나올 것이다. 이러한 방식으로 디바이스 자체는 확산 조명처럼 작동한다.

[0050] 본 발명의 방법은 하나의 실시예에서, 실리콘이 1200nm 이상의 파장을 갖는 광에 대해 투명해지는 실리콘(모든 반도체 디바이스들에 대한 기본 물질)의 물리적 특성을 사용한다.

[0051] 이를 바탕으로, 본 방법은 "IR 백 뷰" 위에 더 구축되지만 디바이스 자체가 확산 조명기처럼 작동하기 때문에 본 발명의 방법은 신호 대 잡음을 증가시키고 신속한 검사 솔루션을 위한 가능성을 생성한다. 전형적으로, 다이싱 공정의 가장자리 변화는 확산 광선에 의해 평활화된다. 반도체 디바이스의 내부 부분은 광을 수신하지 못하고 이에 따라서 확산 조명 디바이스 상에서 다크(dark) 부분으로서 보여질 것이기 때문에 (예를 들어, 검출되어야 하는 크랙과 같은) 물질 결함들은 높은 콘트라스트를 초래할 것이다.

[0052] 본 발명의 하나의 중요한 기술적인 양태는 (반도체 디바이스들의 다이싱 공정으로 인해) 반도체 디바이스들의 가장자리들은 양호하고 깨끗하지 않으며, 따라서 광은 반도체 디바이스 속을 똑바로 그리고 예측가능하게 이동하지 않고 오히려 뒤섞여서 확산 조명기를 생성하는 것이다. 다른 중요한 기술적인 양태는 측면만 살펴봄으로써, 검사할 영역은 전체 디바이스를 살펴볼 때("IR 백 뷰" 또는 "5면 솔루션"으로 행해짐)보다 작은 인자가 되며, 이것은 해상도를 증가시키고(더 작은 결함을 캡처) 더 빠른 검사를 행하는 기회를 생성시킨다는 것이다(이미지들은 여전히 다른 방법의 경우보다 훨씬 작을 수 있기 때문).

[0053] 실시예에 따르면, 조명광은 반도체 디바이스의 하나의 측면 상에 인가되며; 가장자리들은 (다이싱 공정으로부터) 베어 실리콘이기 때문에, 광은 반도체 디바이스 속으로 전파된다. (다이싱 공정으로 인해) 디바이스의 가장자리는 거칠기 때문에, 광선은 디바이스 속에서 직진하지 않을 것이다. 작은 각도(대략 17° 미만)로 입사하는 광선은, 반도체 디바이스의 나머지 다른 측면에 도달할 때, 반도체 디바이스 외부로 투과될 것이다. +/- 90도 각도의 광선은 반도체 디바이스의 가장자리를 확산 조명기처럼 빛나게 한다. 그러나, 정상적인 광 전파는 내부 결함 또는 측부 크랙에 도달할 때 차단되어 확산 조명 디바이스에서 '결함' 부분을 초래하고, 이에 따라 카메라 이미지에서 콘트라스트가 높은 어두운 얼룩을 발생시킨다. 크랙은 전형적으로 실리콘 구조에서 장애물이다. 이 장애물에서 광은 반사되어 전파되지 않는다. 이 때문에 카메라는 이 위치에서 나오는 광을 보지 못할 것이다.

[0054] 반도체 디바이스의 검사를 수행하기 위한 다른 실시예는 이와 동일한 원리들을 사용한다. 여기서, IR 광은 "경사 측면 뷰"를 제공하기 위해 반도체 디바이스 속을 비춘다. IR 광은 각도를 갖고 샘플에 보내진다. 내부 크랙은 광을 차단하고 거친 가장자리에서 정상적으로 확산되는 조명을 변경한다. 경사 측면 뷰는 큰 해상도를 제공하면서도 여전히 고속 검사를 가능하게 한다. 이러한 결함들은 정상적인 내부 광 전파를 차단하므로 각각의 내부 결함 또는 측부 결함은 더 높은 콘트라스트를 가지면서 더 커보인다. 반도체 디바이스 밖으로 빛나는 확산 IR 광은 외부 오염물에 대한 감소된 반응을 갖고, 이에 따라 실제 결함들에 대한 신호 대 잡음비를 증가시킨다.

[0055] 초점을 반도체 디바이스 내부로 이동시킬 때, 가장자리로부터 멀리 떨어진 내부 결함들을 해결할 수 있다. 이런 식으로 심지어 반도체 디바이스 전체를 스캔할 수 있다.

[0056] 본 발명의 방법에 따르면, 적어도 하나의 광원의 조명광이 워크 피스의 하나의 측면에 지향된다. 워크 피스의 추가적인 측면으로부터 출사되는 광은 카메라로 이미징된다. 카메라가 워크 피스의 추가적인 측면으로부터 출사되는 광을 렌즈에 의해 라인 센서 상에 이미징하는 것이 바람직하다.

[0057] 본 발명의 다른 실시예는 적어도 하나의 광원의 조명광이 워크 피스의 최상면에 지향되는 것이다. 카메라는 워크 피스의 최상면으로부터 발광되는 광을 렌즈에 의해 이미징한다. 카메라가 워크 피스의 최상면으로부터 출사되는 광을 렌즈에 의해 라인 센서 상에 이미징하는 것이 바람직하다.

[0058] 본 발명의 추가적인 실시예는 광학 셋업으로, 워크 피스의 측면으로부터 출사되는 광의 라인 이미지와 워크 피스의 최상면의 일부분으로부터의 광의 라인 이미지가 동시에 생성된다는 것이다. 검출될 최상면의 일부분은 워크 피스의 각각의 측면에 인접하여 위치된다.

[0059] 본 발명의 방법의 하나의 실시예에 따르면, 워크 피스의 적어도 두 개의 측면들 및 워크 피스의 최상면의 각각의 부분을 이미징하기 위해 스테이지를 이동시키는 하나의 가능성이 있다. 본 발명의 방법은,

[0060] a) 카메라의 이미지 평면이 측면들 중 하나의 측면과 평행하도록, 워크 피스를 갖춘 스테이지와 카메라 간의 선형적인 상대적 이동을 수행하는 단계;

[0061] b) 워크 피스를 갖춘 스테이지를 회전시키는 단계; 및

[0062] c) 워크 피스의 모든 측면들이 카메라에 의해 이미징될 때까지 단계 a) 및 단계 b)를 반복하는 단계를 포함한다.

[0063] 스테이지와 카메라 간의 선형적인 상대적 이동은 카메라의 선형 이동만으로 실현될 수 있다. 카메라의 선형 이

동은 회전 단계들 간에 반대 방향으로 배향된다.

[0064] 본 발명의 방법의 추가적인 실시예에 따르면, 워크 피스의 적어도 두 개의 측면들 및 워크 피스의 최상면의 각각의 부분을 이미징하기 위해 스테이지를 이동시키는 하나의 가능성이 있다. 본 발명의 방법은, 스테이지의 회전 운동 동안 카메라의 초점이 각각의 측면 상에 머물도록 스테이지를 회전시키고 이와 병렬적으로 스테이지의 X/Y 평면 이동을 수행하는 단계를 포함한다.

[0065] 본 발명의 추가적인 양태에 따르면, 워크 피스들에서의 결함 검출을 위해 컴퓨터로 판독가능한 비일시적 매체 상에 배치된 컴퓨터 프로그램 제품이 제공된다. 상기 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터로 실행가능한 공정 단계들을 포함하고, 상기 컴퓨터로 실행가능한 공정 단계들은 컴퓨터를 제어하여 컴퓨터가,

[0066] 워크 피스를 스테이지 상에 배치시키고,

[0067] 워크 피스가 투명해지는 파장 범위의 조명광으로 워크 피스의 적어도 하나의 면을 조명하고,

[0068] 워크 피스의 적어도 하나의 면의 광의 라인을 이미징하기 위해, 광학 셋업에 의해 워크 피스의 적어도 하나의 면으로부터의 광을 카메라의 적어도 하나의 라인 센서에 지향시키며,

[0069] 워크 피스의 적어도 하나의 면이 카메라의 라인 센서에 의해 완전히 이미징되고 스테이지의 이동 동안 카메라의 초점 내에 있도록 워크 피스를 홀딩하는 스테이지를 이동시키게 하도록 동작가능하다.

[0070] 이미 전술한 바와 같이, 본 발명의 방법의 하나의 실시예에 따르면, 반도체 디바이스의 측면에 대해 수직으로 있는 라인 스캔 카메라가 사용된다. 반도체 디바이스들을 X, Y, 세타 스테이지 상에서 이동시킴으로써 이미지들이 생성된다. 커스텀 광학장치(custom optics)를 통해, 반도체 디바이스의 최상면 및 측면의 적어도 일부분에 대한 동시적인 뷰가 생성된다. 이 광학 셋업은 또한 동축 및 외부 조명을 허용하므로, 두 모드들은 동일한 조명 또는 개별 조명을 가질 수 있다. 라인 스캔 카메라 셋업은 영역 스캔 카메라에 의해서는 불가능한 고해상도 이미지들을 보장한다. 적어도 하나의 측면과 최상면의 두 개의 뷰들을 결합함으로써, 이미지들은 반도체 디바이스에서의 결함들의 정확한 위치 및 기원(origin)을 추출하기 위해 훨씬 더 많은 정보를 포함한다. 이동 스테이지 셋업에서의 통합에 의해, 두 개의 고해상도 뷰들을 수신하더라도 고속 검사가 여전히 획득될 수 있다.

[0071] 라인 센서를 갖는 카메라의 실시예는 독특한 장점들을 갖는다. 두 개의 뷰들이 결합되므로 결과적으로 별개의 카메라로 두 개의 이미지들을 촬영할 필요가 없다. 두 개의 뷰들을 결합함으로써, 이미지 처리 동안 뷰들 간에 정보가 상관될 수 있어서 결함에 대한 더 높은 캡처율과 노이즈에 대한 더 낮은 뉴슨스율(nuisance rate)을 야기시킬 수 있다. 라인 스캔 카메라를 사용함으로써, 일반 매트릭스 카메라들에 비해 더 높은 해상도로 이미지들을 생성하는 것이 가능하다.

[0072] 피검사 반도체 디바이스들은 일반적으로 모바일 디바이스들에 사용된다. 위의 설명에서 언급한 측부 크랙들은 디바이스 제조업자에게 많은 비용을 부담케 하는 고객 환불을 야기시키고, 이에 따라 제조업자는 자동화된 검사를 수행하고 이러한 측부 결함들을 검출하도록 각자의 고객들로부터 많은 압력을 받고 있다. 또한, 이러한 결함들이 있는 디바이스는 여전히 전기적 테스트를 통과할 수 있지만, 현장에서 일찍 고장나는 경우가 종종 있다(예컨대, 휴대폰을 떨어뜨린 경우). 설명된 바와 같이, 현재의 방법론은 반도체 디바이스에서의 결함들을 여전히 놓치고(이것은 고객 환불의 위험이 있다) 중요하지 않은 결함들을 트리거링함으로써 양호한 디바이스들을 거부(이것은 제조업자의 비용 손실을 야기시킨다)하기 때문에 부적절하다.

도면의 간단한 설명

[0073] 아래에서는, 본 발명 및 그 장점들이 첨부 도면들을 참조하여 더욱 자세하게 설명될 것이다.

도 1은 반도체 디바이스의 측면들을 살펴봄으로써 내부 결함들을 검출하기 위한 종래기술 셋업이다.

도 2는 도 1에서 도시된 셋업에 의해 획득된 이미지의 개략도이다.

도 3은 반도체 디바이스의 최상면을 관찰함으로써 내부 결함들을 검출하기 위한 종래기술 셋업이다.

도 4는 도 3에서 도시된 셋업에 의해 획득된 이미지의 개략도이다.

도 5는 백라이트 조명과 함께 측면 뷰에서 IR 조명을 갖는 반도체 디바이스의 검사를 수행하기 위한 장치의 개략도이다.

도 6은 다크 필드 조명과 함께 측면 뷰에서 IR 조명을 갖는 반도체 디바이스의 검사를 수행하기 위한 장치의 개

략도이다.

도 7은 백라이트 조명과 함께 경사 측면 뷰에서 IR 조명을 갖는 반도체 디바이스의 검사를 수행하기 위한 장치의 개략도이다.

도 8은 측면 뷰에서의 IR 조명 및 반도체 디바이스의 스캐닝 동작을 갖는 반도체 디바이스의 가장자리 검사를 수행하기 위한 장치의 개략도이다.

도 9는 평면 뷰에서의 IR 조명 및 반도체 디바이스의 스캐닝 동작을 갖는 반도체 디바이스의 가장자리 검사를 수행하기 위한 장치의 개략도이다.

도 10은 반도체 디바이스의 측면 뷰와 평면 뷰를 동시에 수행하기 위한 장치의 실시예이다.

도 11은 반도체 디바이스의 하나의 측면의 측면 뷰를 수행하기 위한 장치의 사시도이다.

도 12는 반도체 디바이스의 측면 뷰 및 평면 뷰 검사의 광학 기계적 통합의 상세도이다.

도 13a 내지 도 13e는 반도체 디바이스의 선형 및 회전 스캐닝 모드의 실시예의 개략도이다.

도 14a 내지 도 14f는 반도체 디바이스의 결합된 선형 및 회전 스캐닝 모드의 실시예의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0074] 도면에서, 동일한 엘리먼트들 또는 동일한 기능의 엘리먼트들을 위해 동일한 참조번호들이 이용된다. 또한, 명료화를 위해, 이러한 참조번호들은 각각의 도면을 논의하는 데에 있어서 필요한 참조번호들만이 도면들에 도시된다. 본 명세서에 설명된 방법 및 장치는 반도체 디바이스에서의 결함 검사를 위해 IR 광과 함께 유리하게 사용될 수 있다. 통상적으로, 반도체 디바이스의 실리콘을 관통할 수 있도록 IR 광을 사용할 것이다. 본 발명의 다른 실시예들에서, 광원의 파장은 변할 수 있다. 유일한 전제조건은 사용된 파장 범위에 대해 피검사 워크 피스(반도체 디바이스)의 물질이 투명해야 한다는 것이다. 이하의 설명은 반도체 디바이스를 언급하지만, 이는 본 발명의 제한으로서 이해되어서는 안된다. 당업자에게 명백한 바와 같이, 본 발명의 원리 및 사상은 워크 피스의 내부 결함들 또는 측부 결함들의 임의의 검사에 적용가능하다. 본 발명을 반도체 디바이스에 적용하는 것은 제한적인 것으로서 간주되어서는 안된다.

[0075] 도 5는 IR 광(13)으로 반도체 디바이스(2)의 검사를 수행하기 위한 장치(20)의 개략도를 도시한다. 장치(20)는 측면 뷰에서 백라이트 조명을 갖는다. 광원(18)에 의해 생성된 IR 광(13)은 반도체 디바이스(2)의 선택된 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에 수직하게 부딪친다. IR 광(13)은 시준되지 않고 반도체 디바이스(2)의 선택된 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에 수직하게 부딪치지 않는 것이 또한 가능하다. 장치(20)를 통해, 반도체 디바이스(2) 속을 이동하는 IR 광(13)을 사용함으로써 결함들(9)의 이미지들을 생성하는 것이 가능하다는 것을 여기서는 보여준다. IR 광(13)의 사용의 장점은 내부 결함들(9)을 발견할 수 있고/있거나 반도체 디바이스(2)의 특정 결함들(9)에 대한 신호 대 잡음비를 향상시킬 수 있다는 것이다.

[0076] 카메라(6)는 자신의 렌즈(7)로 반도체 디바이스(2)의 선택된 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)을 정면으로 바라본다. 반도체 디바이스(2)의 거친 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)(가장자리) 및 실리콘의 높은 굴절률(λ = 1200nm의 경우 n = 3.5) 때문에, 거의 모든 IR 광(13)이 반도체 디바이스(2)에 진입할 것이다. IR 광(13)의 광선은 반도체 디바이스(2) 속을 작은 각도로 이동하지만, 이 광선은 대향 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에서 광의 확산 광선(21)으로서 출사될 것이다. 이러한 방식으로, 반도체 디바이스(2) 자체는 확산 조명기처럼 작용한다. 그러나, 정상적인 광 전파는 내부 결함(9) 또는 측부 크랙에 도달할 때 차단되어 확산 조명에서 '결함' 부분을 초래시킨다. IR 광(13)의 차단은 점선 화살표(22)로 표시된다. 렌즈(7) 및 카메라(6)는 각각 측면(3_1, 3_2, 3_3, 및 3_4)을 이미징하고, 내부 결함(9)은 카메라 이미지에서 콘트라스트가 높은 어두운 섹션으로 나타난다. 크랙 또는 내부 결함(9)은 일반적으로 반도체 디바이스(2)의 실리콘 구조에서 장애물이다. 이 장애물에서 IR 광(13)은 반사되어 전파되지 않는다. 이 때문에, 카메라(6) 내의 검출기(26)는 내부 결함(9)의 위치에서 나오는 광을 보지 못할 것이다.

[0077] IR 광(13)으로 반도체 디바이스(2)의 검사를 수행하기 위한 장치(20)의 다른 실시예가 도 6에 도시되어 있다. 여기서, 반도체 디바이스(2)의 검사는 광원(18)으로부터의 IR 광(13)으로 수행된다. 렌즈(7)를 갖는 카메라(6)는, 카메라(6)가 반도체 디바이스(2)의 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)의 다크 필드 이미지를 레지스터링

(register)하도록 배열된다. 제2 면(3_2)에서, IR 광 전파의 방향(23)은 카메라(6)의 렌즈(7)의 광축(24)에 대해 수직하다.

[0078] 본 발명의 장치(20)의 추가적인 실시예가 도 7에 도시되어 있다. IR 광(13)은 광원(18)으로부터 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)으로 보내지고 α 각도로 반도체 디바이스(2) 내에 보내진다. IR 광(13)은 반도체 디바이스(2) 속에서 전파되고 반도체 디바이스(2)의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 중 하나의 측면에 각각 포커싱된다. 내부 크랙들 또는 결함들(9)은 IR 광(13)을 차단하고, 거친 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 중 하나의 측면으로부터 정상적으로 확산된 조명을 변경시킨다(도 5 참조). 도 7에 도시된 장치는 큰 해상도를 제공하지만 여전히 반도체 디바이스(2)의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 중 하나의 측면의 고속 검사를 가능하게 한다(여기서는 제4 측면(3_4)이 검사됨). 모든 내부 결함 또는 측부 결함(9)은, 이들 결함들이 정상적인 내부 광 전파를 차단하기 때문에, 카메라(6)에 의해 촬영된 이미지에서 더 커보이고 콘트라스트가 더 높게 보인다. 반도체 디바이스(2)로부터 발광되는 확산 IR 광(33)은 반도체 디바이스(2)의 외부 오염에 대한 감소된 응답을 가지며, 따라서 실제 결함들(9)에 대한 신호 대 잡음비를 증가시킨다.

[0079] 유리한 대안책으로서, IR 광(13)의 초점을 반도체 디바이스(2) 내부로 이동시킬 수 있어서, 반도체 디바이스(2)의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4)로부터 더 멀리 있는 내부 결함들(9)을 해결할 수 있다. 이에 따라, 전체 반도체 디바이스(2)를 스캔할 수 있다.

[0080] 도 8은 본 발명의 장치(20)의 추가적인 실시예의 개략도를 도시한다. 카메라(6)는 라인 센서(36)를 가지며, 렌즈(7)는 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 하나의 측면의 라인(35)을 라인 센서(36)상에 이미징한다. 카메라(6)는 라인 스캔 카메라로서 구성된다. 카메라(6)는 스캔 방향(37)을 따라 이동한다. 이 이동은 라인 센서(36) 상에 이미징될 라인(35)에 대해 수직인 스캔 방향(37)을 따른 반도체 디바이스(2)의 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)과 카메라(6) 간의 상대적 이동에 의해 달성될 수 있다. 반도체 디바이스(2)의 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)과 카메라(6) 간의 상대적 이동은 본 발명의 제한으로서 간주되어서는 안된다. 카메라만이 또는 반도체 디바이스만이 이동될 수 있다는 것도 명백하다.

[0081] 반도체 디바이스(2)는 X, Y, 세타 스테이지(여기서는 도시되지 않음) 상에 위치된다. 네 개 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 모두의 이미지들이 카메라(6)의 라인 센서(36)로 생성되도록 X, Y, 세타 스테이지가 이동된다. 여기서 도시된 실시예에서, 반도체 디바이스(2)는 택일적 사항으로서, 실리콘 기판(41), 유전체층(42), 및 금속층(43)인 벌크 반도체 층(bulk semiconductor layer; BSL)(40)으로 구성된다. 라인 스캔 카메라 셋업으로, 영역 스캔 카메라로는 불가능한 고해상도 이미지들이 가능하다. 측면 뷰(도 5의 구성과 유사함)에 있어서, 외부 IR 광(13)은 광원(18)으로부터 발광되어 반도체 디바이스(2)(다이)를 거친다. IR 광(13)은 반도체 디바이스(2)의 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)으로부터 나오며, 라인 스캔 카메라(6)에 의해 반도체 디바이스(2)의 대향 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에서 캡처된다. 반도체 디바이스(2)의 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)으로부터 고해상도 이미지가 생성된다. 반도체 디바이스(2) 속을 비추기 위해, 반도체 디바이스(2)가 투명해지는 파장 범위가 사용된다. 일반적인 반도체 디바이스(2)(또는 다이)의 경우 이것은 IR 광(13)일 것이다.

[0082] 도 9는 평면 뷰에서의 IR 조명 및 반도체 디바이스(2)의 스캐닝 동작을 갖는 반도체 디바이스(2)의 가장자리 검사를 수행하기 위한 장치(20)의 개략도이다. 여기서, 카메라(6)도 라인 센서(36)를 가지며, 렌즈(7)는 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 하나의 측면에 근접한 최상면(4)의 라인(35)을 라인 센서(36) 상에 이미징한다. 빔 스플리터(27)는 광원(18)으로부터의 IR 광(13)을 반도체 디바이스(2)의 최상면(4) 상에 지향시킨다. 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)으로부터의 동축 복귀 IR 광(34)은 카메라(6)의 라인 센서(36)에 의해 캡처된다. 다시, 스캔 방향(37)을 따른 반도체 디바이스(2)의 이동은 카메라(6)의 라인 센서(36) 상에 이미징된 라인(35)에 대해 수직하다. 반도체 디바이스(2)의 이동은 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 하나의 측면에서 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)의 가장자리 부분(30)의 평면 뷰의 생성을 가능하게 한다. 도 9에서, 최상면(4)의 가장자리 부분(30)은 반도체 디바이스(2)의 제4 측면(3_4)에 인접해 있다.

[0083] 도 10에서 도시된 실시예는 반도체 디바이스(2)의 측면 뷰 및 평면 뷰 검사를 동시에 수행하기 위한 장치(20)를 도시한다. 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)과 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 하나의 측면에 대한 동시적 뷰를

가능하게 하는 특수 광학 셋업(25)이 제공된다. 이 광학 셋업(25)은 또한 반도체 디바이스(2)의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 중 하나의 측면의 조명(외부 조명) 및 최상면(4)의 조명(동축 조명)을 가능하게 한다. 두 개의 조명 모드들(동축 및 외부 조명)은 동일한 광원 또는 개별 광원을 가질 수 있다.

[0084] 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)과 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 하나의 측면에 대한 뷰를 결합함으로써, 최상면(4) 및 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)의 이미지들은 결함들의 정확한 위치 및 기원을 추출하기 위해 훨씬 더 많은 정보를 포함한다. 이동 스테이지 셋업에서의 통합에 의해, 두 개의 고해상도 뷰들로도 고속 검사가 여전히 획득될 수 있다.

[0085] 도 10에서 도시된 바와 같은, 장치(20) 및 특수 광학 셋업(25)을 통해, 반도체 디바이스(2)의 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)과 최상면(4)의 가장자리 부분(30)(도 9 참조)의 동시적인 뷰를 생성하는 것이 가능하다. 추가적으로, 두 개의 개별 라인 센서들(36)이 제공된다. 하나는 최상면(4)의 일부분의 이미지를 캡처하는데 사용되고, 다른 하나는 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 최상면(4)에 이웃해 있는 하나의 측면의 이미지를 캡처하는데 사용된다.

[0086] 여기서 도시된 실시예에 따르면, 광 가이드(50)는 IR 광(13)을 전달하는데 사용된다. 최상면(4)의 가장자리 부분(30) 및 이웃해 있는 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 하나의 측면을 IR 광(13)으로 조명하기 위해, 광 가이드(50)는 반도체 디바이스(2)에 가능한 한 가깝게 위치된다.

[0087] 도 11은 반도체 디바이스(2)의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4) 중 적어도 하나의 측면의 측면 뷰를 수행하기 위한 장치의 사시도를 도시한다. 반도체 디바이스(2)(여기서는 도시하지 않음)는 척(chuck)(45)에 의해 홀드 상에 배치된다. 척(45)은 적어도 X 좌표 방향(X)과 Y 좌표 방향(Y)으로 선형적으로 이동될 수 있는 세타 스테이지(38) 상에 마운팅된다. 또한 틸팅(tilt)도 가능하다. Z 좌표 방향(Z)으로의 선형 이동도 통합될 수 있다. 광원(18)은 조명광(13)을 척(45) 상의 반도체 디바이스(2)에 지향시킨다. 여기서 도시된 실시예에서, 광원(18)은 반도체 디바이스(2)의 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)이 조명되도록 배열된다. 광원(18)의 배열을 백라이트 배열이라고 부른다.

[0088] 반도체 디바이스(2)의 조명받은 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에 대향하는 반도체 디바이스(2)의 하나의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에서 출사되는 광을 수신하기 위해, 광원(18)의 반대편에, 광학 셋업(25)을 갖는 장치(20)가 배열된다. 광학 셋업(25)은 장치(20)의 전방 단부(39)에 위치된다. 장치(20)는 장치(20)로부터 이미지 데이터를 수신하는 컴퓨터(32)에 연결된다. 추가로, 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)이 장치(20)에 의해 스캐닝되도록, 컴퓨터(32)는 스테이지(38)를 이동시키기 위한 제어부(31)에 연결된다.

[0089] 장치(20)의 광학 셋업(25)의 상세도가 도 12에 도시되어 있다. 광학 셋업(25)은 반도체 디바이스(2)의 동시적인 측면 뷰 및 평면 뷰 검사를 가능하게 한다. 여기에 도시된 실시예에서, 광학 셋업(25)은 반도체 디바이스(2)의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에서 출사되는 광의 라인의 이미지와, 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)의 적어도 일부분으로부터의 광의 라인의 이미지를 동시에 생성한다. 이미 전술한 바와 같이, 최상면(4)으로부터의 광의 라인은 반도체 디바이스(2)의 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)의 광의 라인에 인접하여 위치된다. 광학 셋업(25)의 전방 단부(39)는 최상부 미러(51), 제1 바닥 미러(52) 및 제2 바닥 미러(53)를 실어나른다. 최상부 미러(51)는 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)의 일부분으로부터의 광의 라인의 이미지를 캡처한다. 제1 바닥 미러(52) 및 제2 바닥 미러(53)는, 이들이 반도체 디바이스(2)의 측면으로부터 출사되는 광의 라인의 이미지를 캡처할 수 있도록 광학 셋업(25)의 전방 단부(39)에 배열된다. 반도체 디바이스(2)의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)으로부터 출사되는 광의 라인의 이미지와, 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)으로부터의 광의 라인의 이미지가 동시에 초점 내에 있도록 광학 셋업(25)이 설계된다. 광학적 광 커플링은 최상부 미러(51)를 통한 광학 경로(54) 및 제1 바닥 미러(52)와 제2 바닥 미러(53)을 통한 광학 경로(55)가 개별적으로 조명될 수 있는 방식으로 이루어진다.

[0090] 도 13a 내지 도 13e에서는 네 개의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 및/또는 최상면(4)의 가장자리 부분(30)을 검사하기 위한 공정이 도시되어 있다. 네 개의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 및 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에 인접해 있는 최상면(4)의 가장자리 부분(30)을 검사하는 경우, 결합된 측면 뷰 및 평면 뷰 이미지가 얻어진다. 스테이지(38)는 도 13a 내지 도 13e의 실시예에서 설명된 바와 같은 이동 프로파일을 수행한다. 도 13a에서, 반도체 디바

이스(2)가 스테이지(38) 상에 배치된다. 전술한 바와 같이, 반도체 디바이스(2)는 그 자체가 스테이지(38)(세타 스테이지) 상에 마운팅된 척(여기서는 도시되지 않음)에 의해서도 홀딩될 수 있다.

[0091] 도 13b에서, 제1 측면(3_1)은 카메라(6)의 이미지 평면(44)에 평행하다. 반도체 디바이스(2)를 갖는 스테이지(38)와 카메라(6) 간에 선형적인 상대적 이동(46)이 수행된다. 이동(46) 동안, 카메라(6)의 이미지 평면(44)은 제1 측면(3_1)에 평행하게 유지된다. 제1 측면(3_1)의 스캐닝이 완료된 후, 반도체 디바이스(2)의 제2 측면(3_2)이 카메라(6)의 이미지 평면(44)에 평행하도록, 스테이지(38)는 시계 방향으로 90° 회전한다(도 13c 참조). 도 13c에서 도시된 바와 같이, 반도체 디바이스(2)를 갖는 스테이지(38)와 카메라(6) 간에 반대의 선형적인 상대적 이동(46)이 수행된다. 이동(46) 동안, 카메라(6)의 이미지 평면(44)은 제2 측면(3_2)에 평행하다. 제2 측면(3_2)의 스캐닝이 완료된 후, 반도체 디바이스(2)의 제3 측면(3_3)이 카메라(6)의 이미지 평면(44)에 평행하도록, 스테이지(38)는 90° 회전한다(도 13d 참조). 도 13d에서 도시된 바와 같이, 반도체 디바이스(2)를 갖는 스테이지(38)와 카메라(6) 간에 선형적인 상대적 이동(46)이 수행된다. 이동(46) 동안, 카메라(6)의 이미지 평면(44)은 제3 측면(3_3)에 평행하다. 제3 측면(3_3)의 스캐닝이 완료된 후, 반도체 디바이스(2)의 제4 측면(3_4)이 카메라(6)의 이미지 평면(44)에 평행하도록, 스테이지(38)는 90° 회전한다(도 13e 참조). 도 13e에서 도시된 바와 같이, 반도체 디바이스(2)를 갖는 스테이지(38)와 카메라(6) 간에 반대의 선형적인 상대적 이동(46)이 수행된다. 이동(46) 동안, 카메라(6)의 이미지 평면(44)은 제4 측면(3_4)에 평행하다.

[0092] 전술한 바와 같이, 장치(20) 및 특수 광학 셋업(25)은 반도체 디바이스(2)의 최상면(4)의 가장자리 부분(30)의 이미지 캡처도 가능하게 하며, 최상면(4)의 가장자리 부분(30)(도 9 참조)은 반도체 디바이스(2)의 각각의 측면(3_1, 3_2, 3_3, 또는 3_4)에 인접해 있다.

[0093] 도 14a 내지 도 14f에서는 반도체 디바이스(2)의 적어도 네 개의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4)을 스캐닝하는 공정의 추가적인 실시예가 도시되어 있다. 스테이지(여기서는 도시되지 않음) 및 반도체 디바이스(2)의 이동은 각각 반도체 디바이스(2)의 중심(58)을 중심으로 하는 회전 운동(56), 및 X 좌표 방향(X)과 Y 좌표 방향(Y)에 의해 정의되는 X/Y 평면에서의 반도체 디바이스(2)의 선형 이동(57)으로 구성된다. 도 14a는 반도체 디바이스(2)의 네 개의 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4)을 스캐닝하는 공정의 시작점을 도시한다. 카메라(여기서는 도시하지 않음)의 초점(59)은 제1 측면(3_1) 상에 있다. 도 14b는 회전 운동(56)의 시작을 도시한다. 초점(59)이 회전 운동(56) 동안 제1 측면(3_1) 상에 머물도록, 반도체 디바이스(2)의 중심(58)은 X/Y 평면에서의 이동(57)을 동시에 겪는다. 도 14c 내지 도 14e는 반도체 디바이스(2)의 회전 운동(56)의 다양한 스테이지들을 도시하며, 여기서 초점(59)은 회전 운동(56) 동안 제2 측면(3_2) 상에 머문다. 도 14f는 반도체 디바이스(2)의 회전 운동(56) 동안 초점(59)이 제3 측면(3_3)에 도달해서 제3 측면(3_3) 상에 머무는 상황을 도시한다.

[0094] 도 11에서 도시된 바와 같이, 컴퓨터(32)는, 반도체 디바이스(2)의 360° 회전 후에 네 개의 모든 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4)이 장치(20)에 의해 이미징되도록, 회전 운동(56) 및 동시적인 X/Y 평면 이동(57)을 조정한다. 또한, 컴퓨터(32)는, 네 개의 모든 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4)의 고품질 이미지가 획득되도록, 완전 360° 회전 동안 초점(59)이 네 개의 모든 측면들(3_1, 3_2, 3_3, 3_4) 상에 머무는 것을 확실히 한다.

[0095] 본 발명개시의 장치, 방법 및 컴퓨터 프로그램과 이에 부수하는 많은 장점들이 전술한 설명에 의해 이해될 것으로 믿어지며, 개시된 발명내용으로부터 벗어나지 않거나 또는 발명내용의 모든 물질 장점들을 희생시키지 않고서 다양한 변경들이 컴포넌트들의 형태, 구성, 및 배열에서 행해질 수 있다는 것은 자명할 것이다. 설명된 형태는 단지 예시에 불과하다.

[0096] 상기 설명에서, 본 발명의 실시예들의 완전한 이해를 제공하기 위해 많은 특정 세부 사항들이 주어진다. 그러나, 본 발명의 예시된 실시예들의 상기 설명은 본 발명을 개시되어 있는 바로 그 형태들로 망라시키거나 또는 이것으로 한정시키는 것을 의도한 것은 아니다. 관련 기술 분야의 당업자는 본 발명이 하나 이상의 특정 세부 사항없이 또는 다른 방법, 구성요소 등으로 실시될 수 있음을 인식할 것이다. 다른 예시들에서, 공지된 구조들 또는 동작들은 본 발명의 애매한 양태들을 피하기 위해 상세히 도시되거나 기술되지 않는다. 본 발명의 특정 실시예들 및 예시들이 설명의 목적으로 본원에 기술되었지만, 관련 기술 분야의 당업자가 인식하는 바와 같이, 본 발명의 범위 내에서 다양한 동등한 수정이 가능하다.

[0097] 이러한 수정은 상기 상세한 설명에 비추어 본 발명에 대해 행해질 수 있다. 아래의 청구범위에서 사용된 용어들은 본 발명을 상세한 설명 및 청구범위에 개시된 특정 실시예들로 제한시키는 것으로 해석되어서는 안된다. 오히려, 본 발명의 범위는 아래의 청구범위에 의해 결정되어야 하며, 이 청구범위들은 청구범위 해석의 확립된 교리에 따라 해석되어야 한다.

[0098] 참조번호들의 리스트

[0099] 2: 워크 피스, 반도체 디바이스

[0100] 3_1: 제1 측면

[0101] 3_2: 제2 측면

[0102] 3_3: 제3 측면

[0103] 3_4: 제4 측면

[0104] 4: 최상면

[0105] 5: 바닥면

[0106] 6: 카메라

[0108] 7: 렌즈

[0109] 8: 미러

[0110] 9: 결함, 내부 결함

[0111] 10: 이미지

[0112] 11: 광학 길이

[0113] 12: 광학 길이

[0114] 13: IR 광, 조명광

[0115] 14: 광학장치

[0116] 15: 복귀하는 IR 광

[0118] 16: 개략도 이미지

[0119] 18: 광원

[0120] 19: 결함

[0121] 20: 장치

[0122] 21: 확산 광선

[0123] 22: 점선 화살표

[0124] 23: 광 전파 방향

[0125] 24: 광축

[0126] 25: 특수 광학 셋업

[0127] 26: 검출기

[0128] 27: 빔 스플리터

[0129] 30: 가장자리 부분

[0130] 31: 제어부

[0131] 32: 컴퓨터

[0132] 33: 확산 IR 광

[0133] 34: 복귀하는 IR 광

[0134] 35: 라인

[0135] 36: 라인 센서

[0136] 37: 스캔 방향

[0137] 38: 스테이지, 세타 스테이지

[0138] 39: 전방 단부

[0139] 40: 벌크 반도체층

[0140] 41: 실리콘 기판

[0141] 42: 유전체층

[0142] 43: 금속층

[0143] 44: 이미지 평면

[0144] 45: 척

[0145] 46: 선형 상대적 이동

[0146] 50: 광 가이드

[0147] 51: 최상부 미러

[0148] 52: 제1 바닥부 미러

[0149] 53: 제2 바닥부 미러

[0150] 54: 광학 경로

[0151] 55: 광학 경로

[0152] 56: 회전 운동(도 10 참조)

[0153] 57: 이동

[0154] 58: 중심

[0155] 59: 초점

[0156] X: X좌표 방향

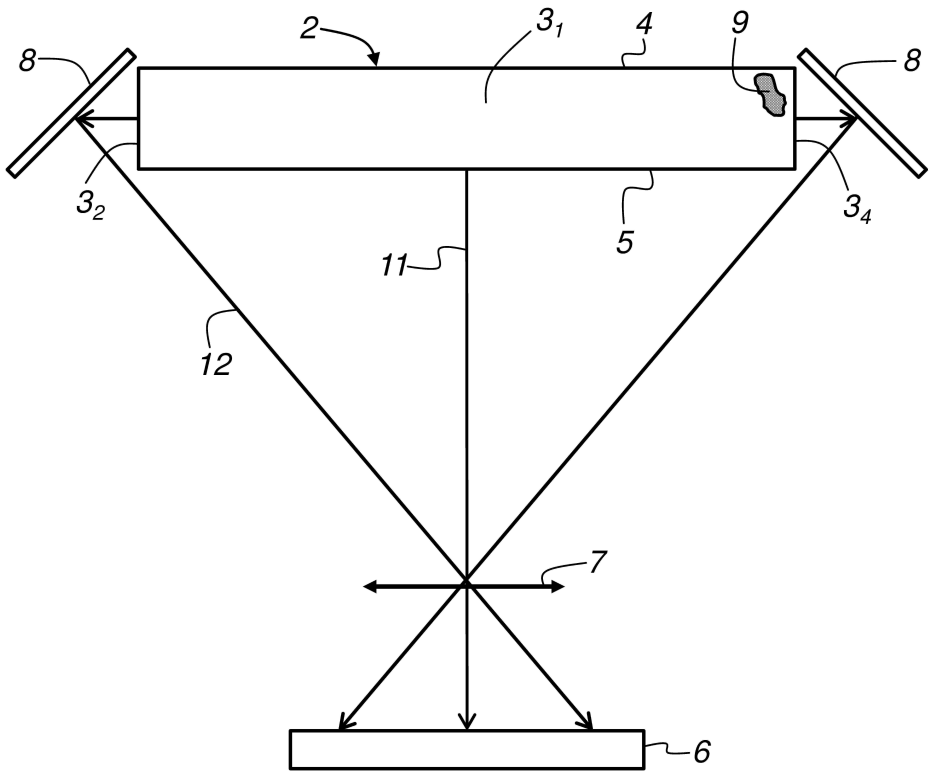
[0157] Y: Y좌표 방향

[0158] Z: Z좌표 방향

[0159] α: 각도

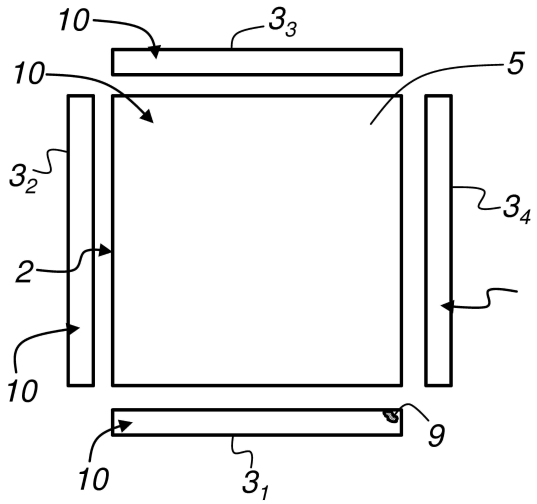
도면

도면1

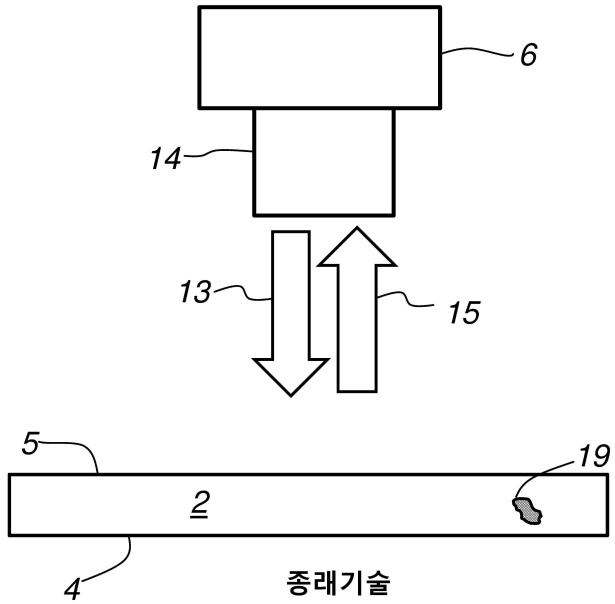


종래기술

도면2

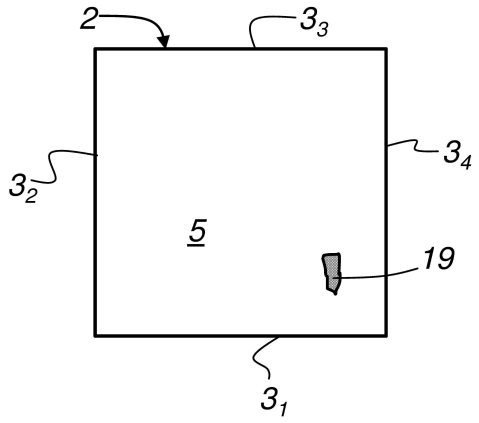


도면3

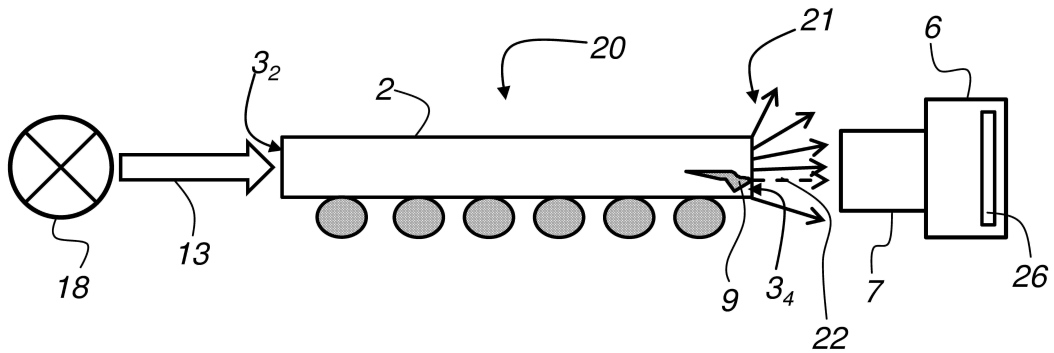


종래기술

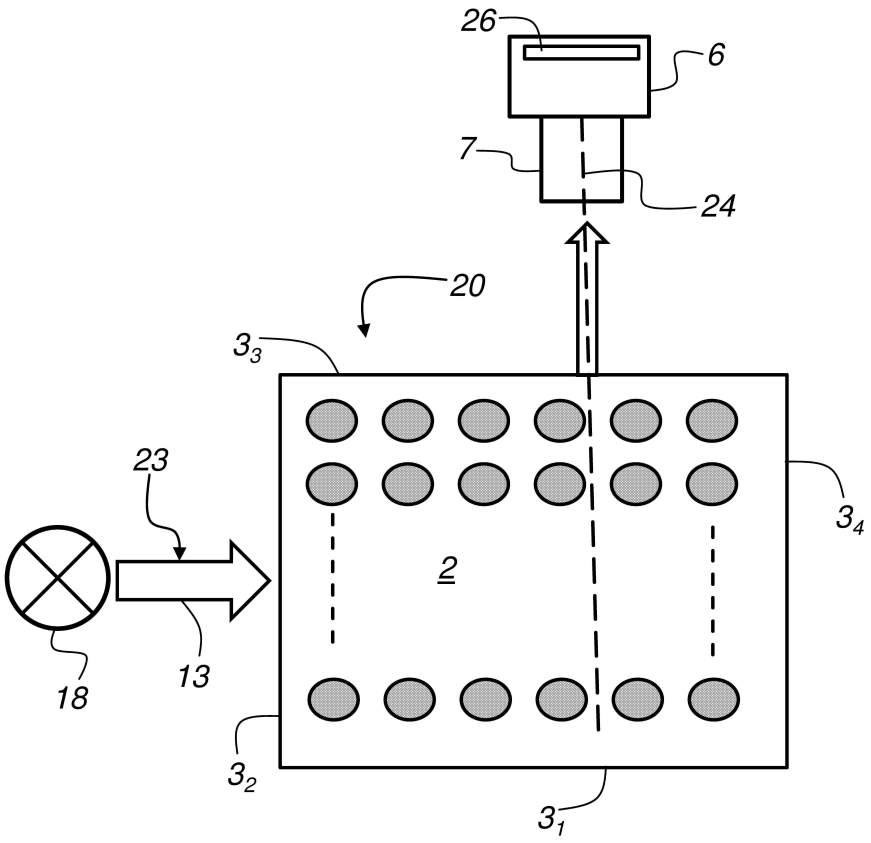
도면4



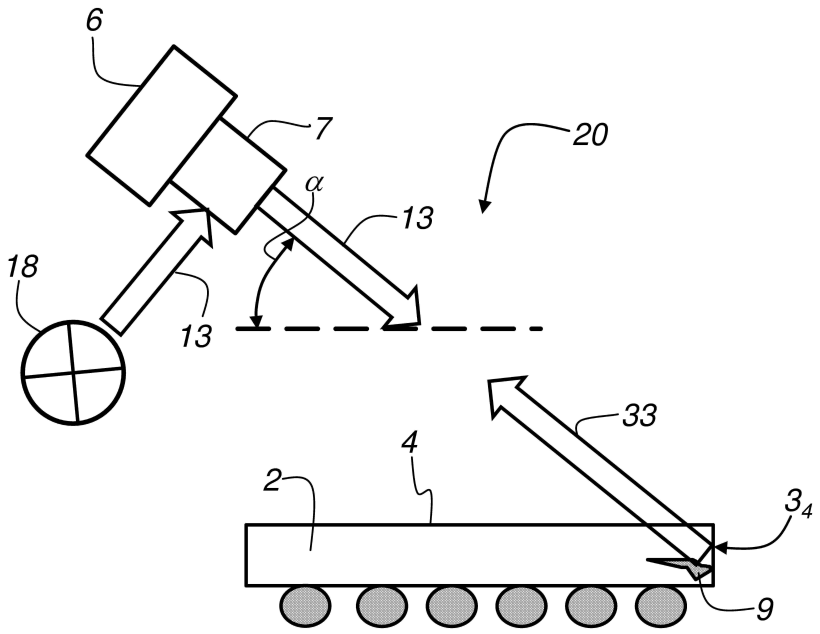
도면5



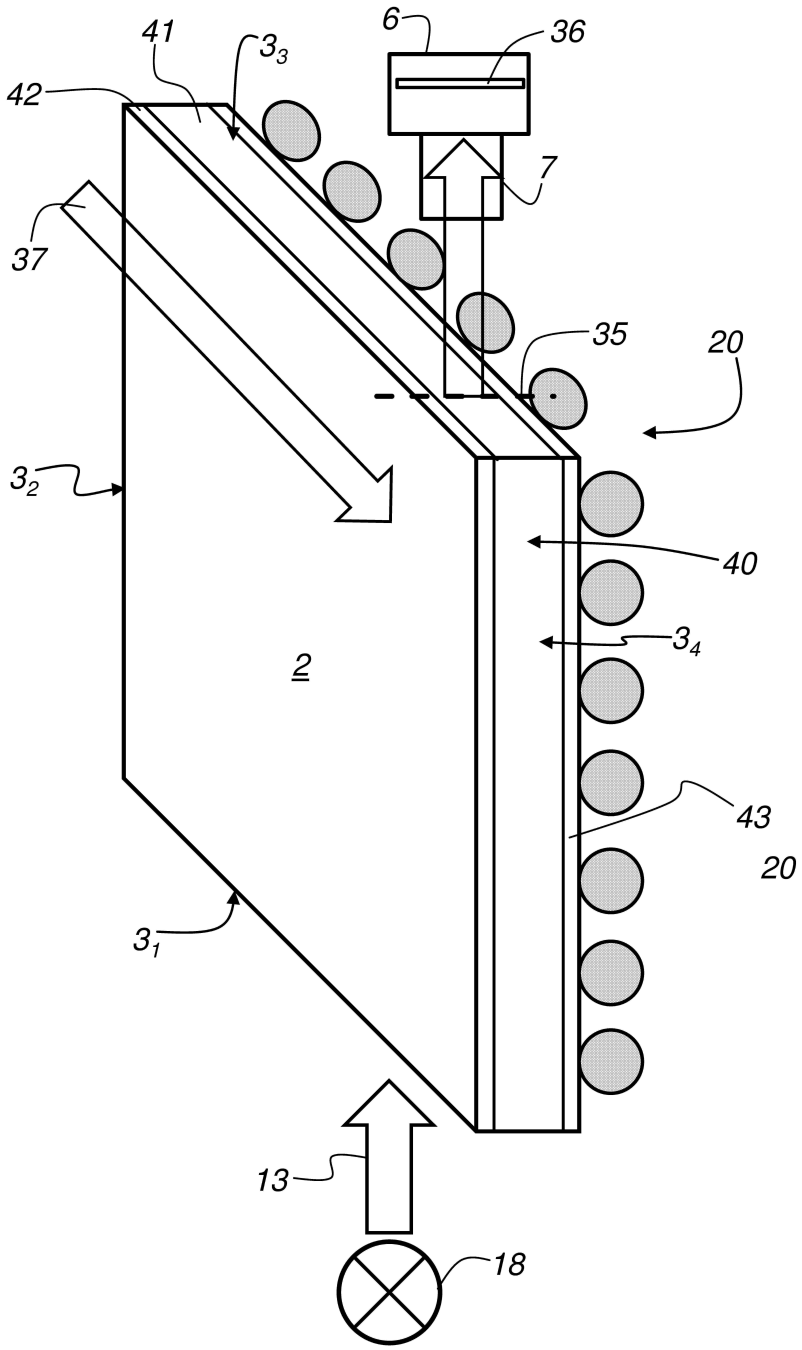
도면6



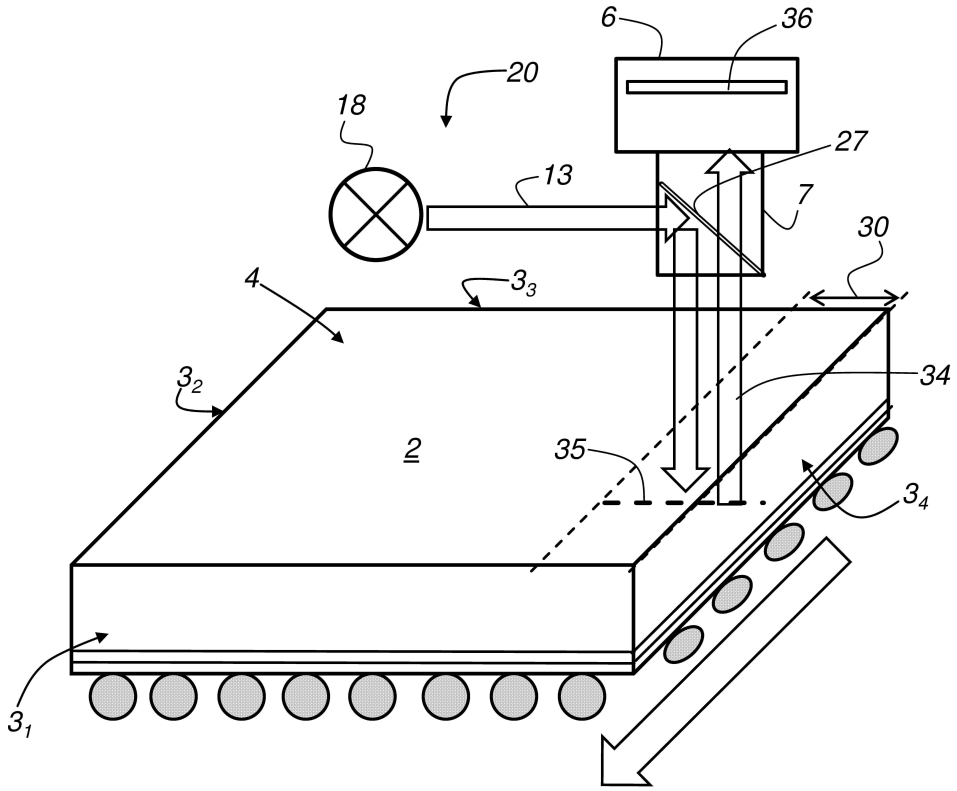
도면7



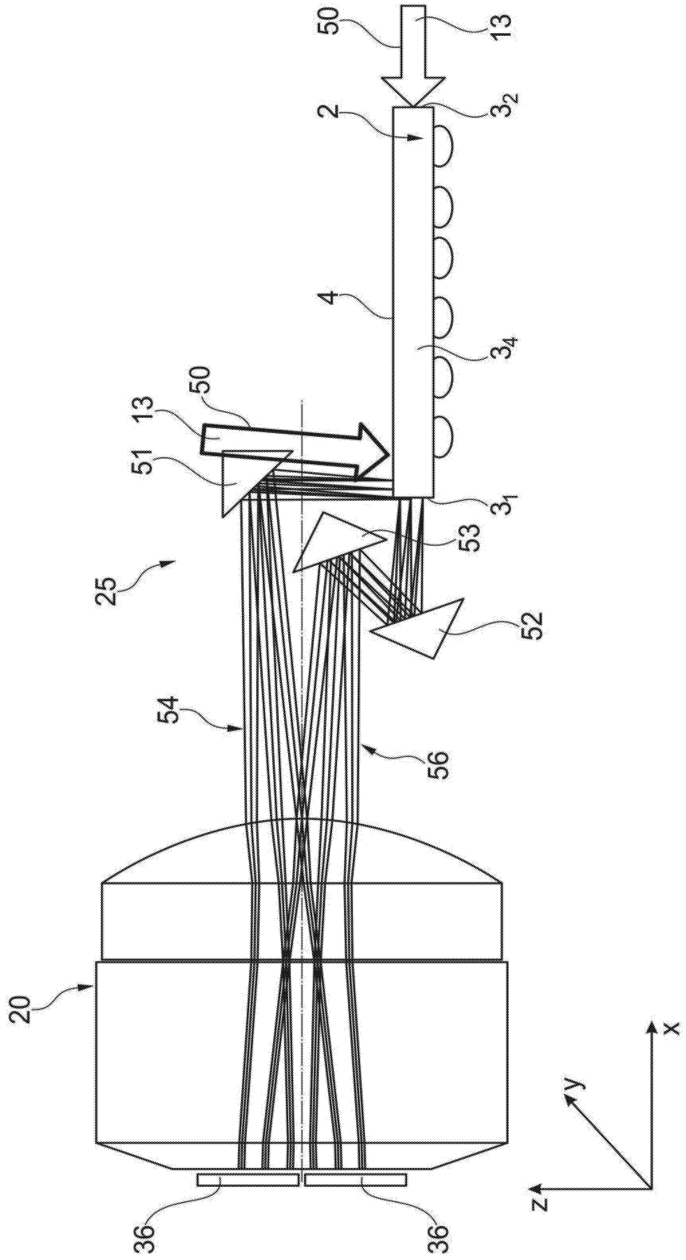
도면8



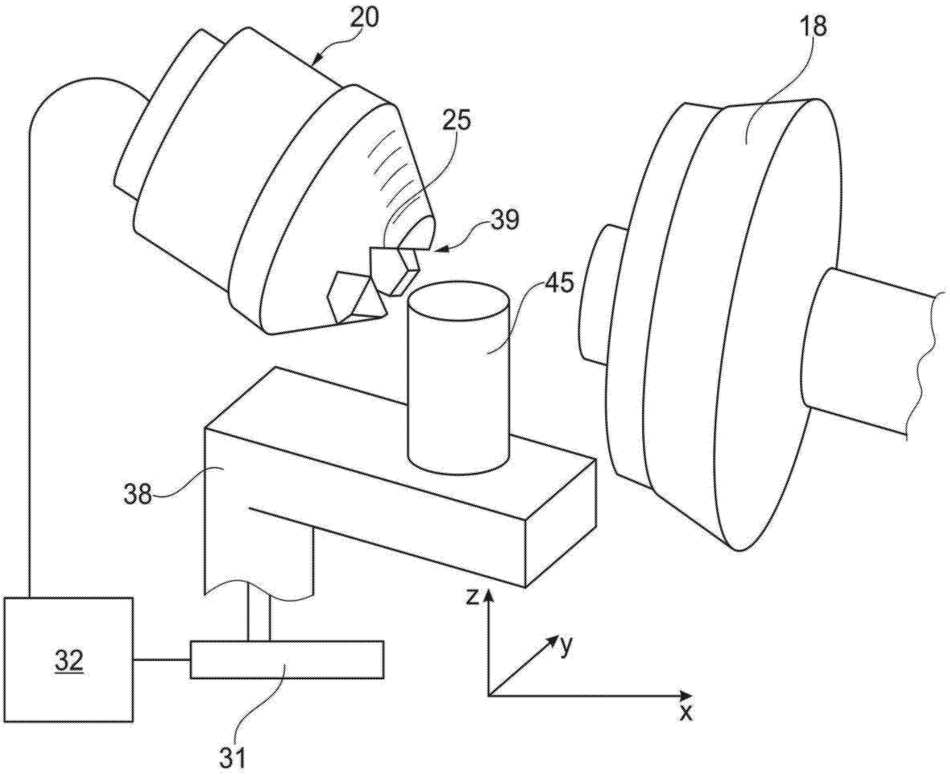
도면9



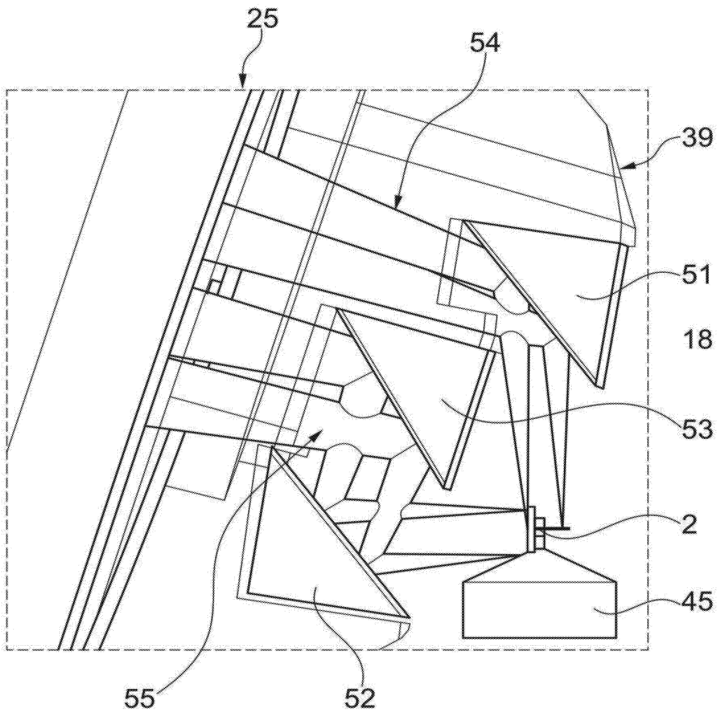
도면10



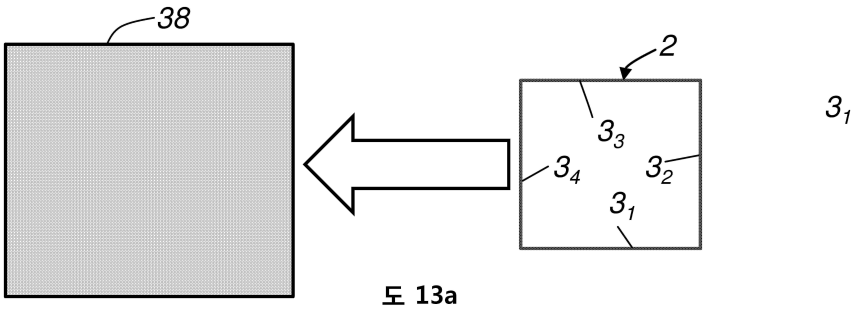
도면11



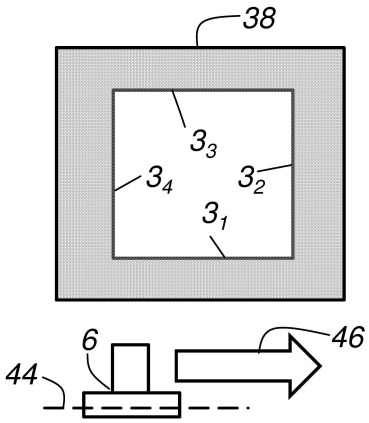
도면12



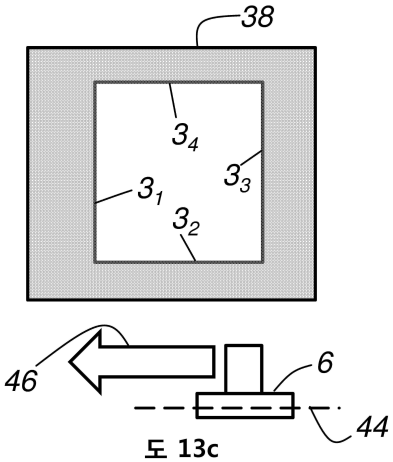
도면13



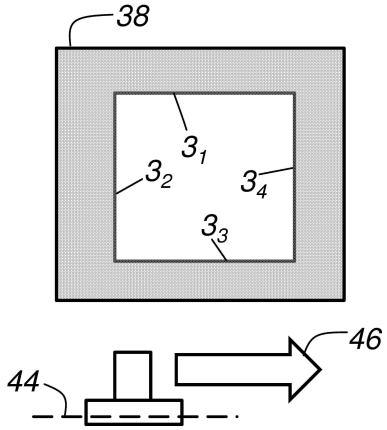
도 13a



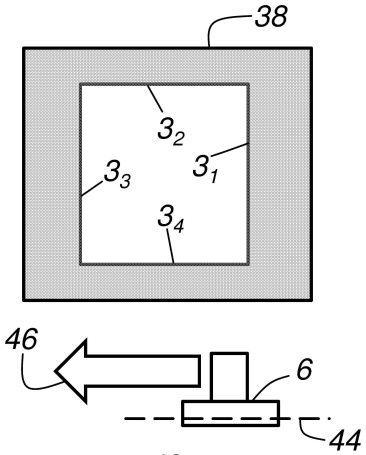
도 13b



도 13c

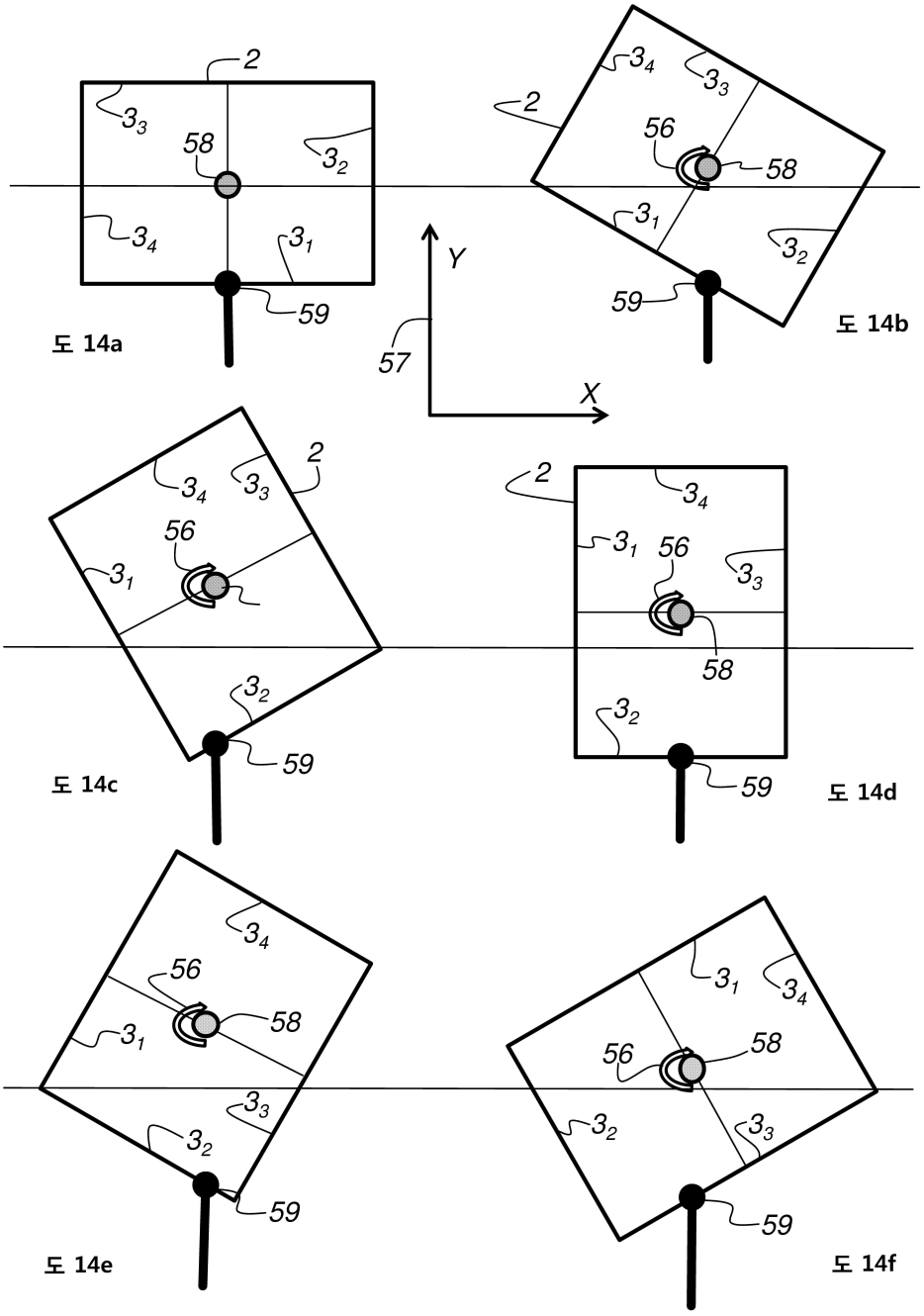


도 13d



도 13e

도면14



도 14a 도 14b 도 14c 도 14d 도 14e 도 14f