



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0101458
(43) 공개일자 2013년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0018971
(22) 출원일자 2013년02월22일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2012-048611 2012년03월05일 일본(JP)

(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따구 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
(72) 발명자
마에다 히로노리
일본 도쿄도 오오따구 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
캐논 가부시끼가이샤 내
(74) 대리인
박충범, 장수길

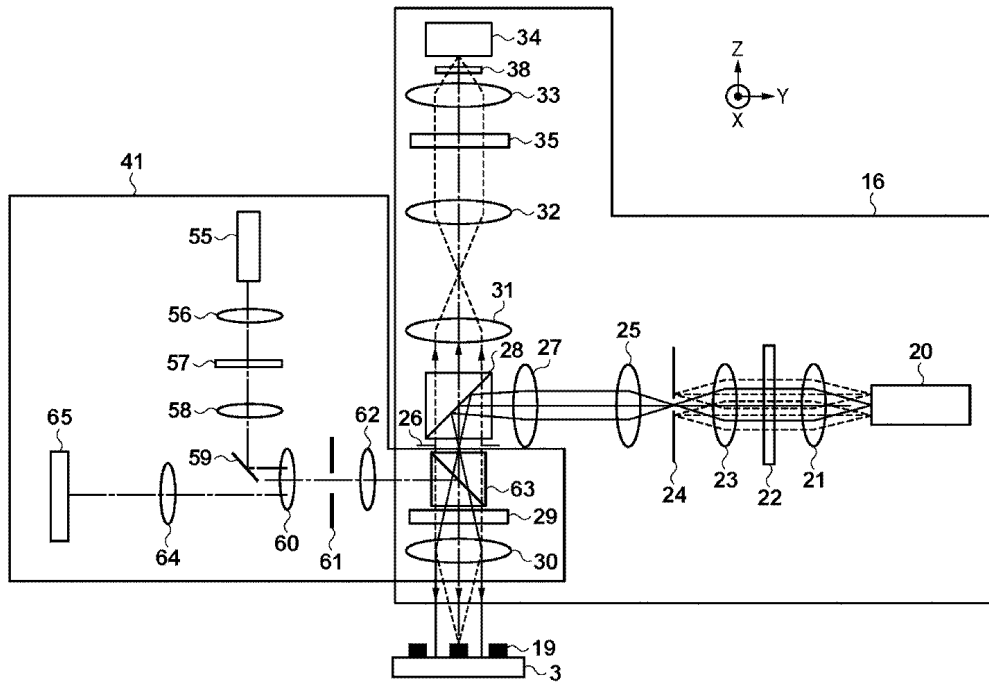
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **검출 장치, 노광 장치, 및 디바이스 제조 방법**

(57) 요약

피측정물의 하면에 형성된 마크를 검출하는 검출 장치는, 피측정물의 상면측으로부터 마크를 조명하여, 조명된 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기, 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및 제2 검출기에 의해 검출된 상면 위치에 기초하여, 제1 검출기에서의 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

피측정물의 하면에 형성된 마크를 검출하는 검출 장치로서,

상기 피측정물의 상면측(upper surface side)으로부터 상기 마크를 조명하여, 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기,

상기 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및

상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하는, 검출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치, 상기 피측정물의 두께, 및 상기 피측정물의 굴절률에 기초하여 상기 정보를 구하는, 검출 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 검출기는 적외 광으로 상기 마크를 조명하는, 검출 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 검출기는 상기 피측정물의 상면에 경사 입사하는 광을 유도하고, 상기 피측정물의 상면에 의해 반사된 광을 검출함으로써 상기 피측정물의 상기 상면 위치를 검출하는, 검출 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 검출기는 기체(gas)를 상기 피측정물의 상면을 향해서 분사하고, 상기 피측정물의 상면에 의해 반동되는 기체의 압력을 검출함으로써 상기 피측정물의 상기 상면 위치를 검출하는, 검출 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 검출기는 상기 피측정물의 상면에 전압을 인가할 때 발생하는 전하량을 검출하여 상기 피측정물의 상기 상면 위치를 검출하는, 검출 장치.

청구항 7

기판을 노광하는 노광 장치로서,

피측정물로서의 기판의 하면에 형성된 마크와, 상기 기판에 도포된 피측정물로서의 레지스트의 하면에 배치된 마크 중 하나 이상을 검출하는 검출 장치,

상기 기판을 유지하는 기판 스테이지, 및

상기 마크의 포커스 상태를 허용 범위 내에 들어오도록 설정하기 위해 상기 기판 스테이지를 제어하는 제어 유닛을 포함하고,

상기 검출 장치는,

상기 피측정물의 상면측으로부터 상기 마크를 조명하여, 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기,

상기 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및

상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하고,

상기 제어 유닛은 상기 프로세서에 의해 구해진 정보에 기초하여 상기 기관 스테이지를 제어하는, 노광 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제2 검출기에 의해 검출된 로트의 첫 번째 기관의 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의, 상기 로트의 상기 첫 번째 기관의 하면에 형성된 제1 마크의 이미지에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하고,

상기 제1 검출기에서의 상기 제1 마크의 이미지에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보와, 상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 로트의 두 번째 기관 및 그 후의 기관들의 상면 위치들에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의, 상기 두 번째 기관 및 그 후의 기관들의 하면에 형성된 제2 마크들의 이미지들에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는, 노광 장치.

청구항 9

디바이스 제조 방법으로서,

노광 장치를 이용하여 기관을 노광하는 단계,

노광된 상기 기관을 현상하는 단계, 및

현상된 상기 기관을 가공하여 상기 디바이스를 제조하는 단계를 포함하고,

상기 노광 장치는,

피측정물로서의 기관의 하면에 형성된 마크와, 상기 기관에 도포된 피측정물로서의 레지스트의 하면에 배치된 마크 중 하나 이상을 검출하는 검출 장치,

상기 기관을 유지하는 기관 스테이지, 및

상기 마크의 포커스 상태를 허용 범위 내에 들어오도록 설정하기 위해 상기 기관 스테이지를 제어하는 제어 유닛을 포함하고,

상기 검출 장치는,

상기 피측정물의 상면측으로부터 상기 마크를 조명하여, 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기,

상기 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및

상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하고,

상기 제어 유닛은 상기 프로세서에 의해 구해진 정보에 기초하여 상기 기관 스테이지를 제어하는, 디바이스 제조 방법.

청구항 10

피측정물의 하면에 형성된 마크를 상기 피측정물의 상면측으로부터 조명하여 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 검출 장치로서,

상기 검출 장치와 상기 마크 간의 간격을 제1 피치로 변경하면서 제1 검출 정밀도로 상기 마크를 검출하는 제1 검출 모드와, 상기 간격을 상기 제1 피치보다 작은 제2 피치로 변경하면서 상기 제1 검출 정밀도보다 높은 제2 검출 정밀도로 상기 마크를 검출하는 제2 검출 모드에서 상기 마크를 검출하기 위해 제어하는 제어 유닛, 및

상기 제1 검출 모드에서 상기 마크를 검출한 결과에 기초하여, 상기 검출 장치의 상기 제2 검출 모드에서의 상

기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하고,
 상기 제어 유닛은 상기 프로세서에 의해 구해진 정보에 기초하여 상기 기관 스테이지를 제어하는, 검출 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 피측정물의 하면에 형성된 마크를 피측정물의 상면측으로부터 검출하는 검출 장치, 노광 장치, 및 디바이스 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 포토리소그래피 기술을 이용하여 디바이스(예를 들어, 반도체 디바이스, 액정 표시 디바이스, 또는 박막 자기 헤드)를 제조하기 위해, 레티클(reticle)에 묘화된 패턴을 투영 광학계에 의해, 예를 들어, 웨이퍼에 투영해서 패턴을 전사하는 투영 노광 장치가 종래에 채용되었다. 이때, 투영 노광 장치에 탑재된 얼라인먼트 검출계를 이용하여, 웨이퍼상에 이미 형성된 패턴에 대하여 투영 광학계를 통해서 투영되는 레티클의 패턴의 이미지를 얼라인하고, 노광을 행한다.

[0003] 집적 회로의 미세화 및 패키징 고밀도화에 수반하여, 투영 노광 장치는 더 높은 해상력으로 레티클의 패턴을 웨이퍼에 투영해서 노광하는 것이 요구된다. 투영 노광 장치가 전사할 수 있는 최소 선 폭(해상도)은 노광에 이용되는 광의 파장에 비례하고, 투영 광학계의 개구수(NA)에 반비례한다. 이것은 파장이 짧을수록 해상도가 높아진다는 것을 의미한다. 이로 인해, 최근의 광원은 초고압 수은 램프의 g선(파장: 약 436nm) 및 i선(파장: 약 365nm)으로부터 KrF 엑시머 레이저(파장: 약 248nm) 및 ArF 엑시머 레이저(파장: 약 193nm)로 바뀌었다. 또한, 광원으로서 F₂ 레이저(파장: 약 157nm)의 실용화도 진행되고 있어서, 미래에는 파장이 수 나노미터 내지 일백 나노미터의 EUV(Extreme Ultra Violet) 광의 채용도 예상된다.

[0004] 종래의 메모리 및 로직 칩 등의 IC 칩뿐만 아니라, MEMS 및 CMOS 이미지 센서(CIS) 등, 관통 홀 비아 프로세스(through-hole via process)를 이용한 적층 디바이스도 포함하는 특수한 디바이스도 제조하기 위해서, 노광 장치를 이용해왔다. MEMS 및 CIS 등의 디바이스는 IC 칩과 여러 관점에서 상이하다. MEMS 및 CIS 등의 디바이스에서는 IC 칩의 선 폭 해상도 및 중첩 정밀도에 대한 요구가 느슨한 반면, 깊은 초점 심도가 필요하다. 또한, MEMS 및 CIS 등의 디바이스를 제조하기 위한 특수 프로세스로서, Si 웨이퍼의 하면에 얼라인먼트 타깃을 설치하고, 이 하면과 얼라인해서 웨이퍼의 상면을 노광하는 프로세스가 이용될 수 있다. 대표적인 적용 예로서는, Si 웨이퍼의 두께를 얇게 하고, 상면측으로부터 관통 홀 비아를 형성하여 하면의 회로와 전기적으로 접속시킨다. 이렇게 하면에 형성된 얼라인먼트 마크를 검출하는(하면 얼라인먼트) 기술이 요즘 중요시되고 있다.

[0005] 일본 공개 특허 공보 제2002-280299호는 하면측(웨이퍼 척측(wafer chuck side))에 설치된 얼라인먼트 검출계를 이용하여, 하면에 형성된 얼라인먼트 마크의 이미지를 상면에 형성하고, 얼라인먼트 마크의 위치를 상면에서 검출하는 방법을 제안한다. 그러나, 이렇게 하면측에 얼라인먼트 검출계를 설치하는 방법에서는, 웨이퍼 척의 특정 위치에 홀을 형성하기 때문에, 이 위치의 얼라인먼트 마크만이 측정될 수 있다. 따라서, 일본 공개 특허 공보 제2002-280299호에 개시된 방법으로는 웨이퍼의 하면의 임의의 위치에 배치되는 얼라인먼트 마크를 관찰할 수 없다.

[0006] Si 기관은 적외 광(파장: 1,000nm 이상)에 대하여 투과성을 갖는다. 그래서, 적외 광을 광원으로서 이용하는 위치 검출계를 이용하여 하면의 마크를 상면측으로부터 관찰하는 방법도 제안되었다. 통상의 얼라인먼트 시퀀스에서는, 우선, 얼라인먼트 마크의 베스트 포커스 위치(best focus position)를 계속하기 위해서, 웨이퍼 스테이지를 위치 검출계의 광축 방향으로 구동하면서 얼라인먼트 마크의 이미지를 취득하고, 최대 콘트라스트의 위치를 산출한다. 이하, 이 계속 방법을 이미지 오토포커스 계속이라고 부른다. 이미지 오토포커스 계속에 의해 산출된 포커스 위치에서 얼라인먼트에 의해 고정밀도의 위치 검출을 행할 수 있다.

[0007] 이미지 오토포커스 계속에서, 위치 검출계의 디폴트 포커스 위치로부터 웨이퍼 스테이지를 Z 방향으로 구동시켜서 얼라인먼트 마크의 이미지가 취득된다. 위치 검출계의 디폴트 포커스 위치는 노광 장치 내의 스테이지에 배치된 기준 플레이트와 얼라인된다. 즉, 종래의 이미지 오토포커스 계속에서는 기준 플레이트의 레벨을 기준으로 하여 계속 개시점이 결정된다. 그러나, 웨이퍼를 웨이퍼 스테이지에 적재할 때의 웨이퍼의 흡착 정도에 따라, 웨이퍼 상면의 레벨이 기준 플레이트의 레벨과 다른 경우가 종종 있다. 이 경우, Si 기관의 상면의 얼라인먼트 마크에 대하여, 엄밀하게는 Si 기관의 상면으로부터 이미지 오토포커스 계속을 개시할 수 없다. 그러나,

기준 플레이트의 레벨로부터 이미지 오토포커스 계측을 개시할 때, Si 기관의 상면의 마크를 신속하고 용이하게 검출하는 것은 가능하다.

[0008] 그러나, Si 기관의 하면에 얼라인먼트 마크가 존재할 경우, 통상, 위치 검출계는 기준 플레이트에 포커싱한다는 점에서 문제가 있다. 위치 검출계의 디폴트 포커스 위치에서의 기준 플레이트로부터 웨이퍼 스테이지를 구동할 때, Si 기관의 하면의 얼라인먼트 마크를 검출하기 위해서는 큰 검색 범위가 필요하다. Si 기관의 하면의 얼라인먼트 마크를 계측하기 위해 큰 검색 범위를 설정하면, 계측 동작에 상당한 시간이 걸리고, 따라서 스루풋이 저하된다. 또한, 이미지 오토포커스 계측의 계측 피치를 증가시킬수록, 얼라인먼트 마크의 베스트 포커스 위치의 산출 오차도 증가하므로, 고정밀도의 얼라인먼트를 행할 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 피측정물의 하면에 형성된 마크의 위치를 신속하고 정밀하게 검출한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 제1 특징에서, 피측정물의 하면에 형성된 마크를 검출하는 검출 장치로서, 상기 피측정물의 상면측으로부터 상기 마크를 조명하여, 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기, 상기 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및 상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하는, 검출 장치를 제공한다.

[0011] 본 발명은 제2 특징에서, 기관을 노광하는 노광 장치로서, 피측정물로서의 기관의 하면에 형성된 마크와, 상기 기관에 도포된 피측정물로서의 레지스트의 하면에 배치된 마크 중 하나 이상을 검출하는 검출 장치, 상기 기관을 유지하는 기관 스테이지, 및 상기 마크의 포커스 상태를 허용 범위 내에 들어오도록 설정하기 위해 상기 기관 스테이지를 제어하는 제어 유닛을 포함하고, 상기 검출 장치는, 상기 피측정물의 상면측으로부터 상기 마크를 조명하여, 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기, 상기 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및 상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하고, 상기 제어 유닛은 상기 프로세서에 의해 구해진 정보에 기초하여 상기 기관 스테이지를 제어하는, 노광 장치를 제공한다.

[0012] 본 발명은 제3 특징에서, 디바이스 제조 방법으로서, 노광 장치를 이용하여 기관을 노광하는 단계, 노광된 상기 기관을 현상하는 단계, 및 현상된 상기 기관을 가공하여 상기 디바이스를 제조하는 단계를 포함하고, 상기 노광 장치는, 피측정물로서의 기관의 하면에 형성된 마크와, 상기 기관에 도포된 피측정물로서의 레지스트의 하면에 배치된 마크 중 하나 이상을 검출하는 검출 장치, 상기 기관을 유지하는 기관 스테이지, 및 상기 마크의 포커스 상태를 허용 범위 내에 들어오도록 설정하기 위해 상기 기관 스테이지를 제어하는 제어 유닛을 포함하고, 상기 검출 장치는, 상기 피측정물의 상면측으로부터 상기 마크를 조명하여, 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 제1 검출기, 상기 피측정물의 상면 위치를 검출하는 제2 검출기, 및 상기 제2 검출기에 의해 검출된 상기 상면 위치에 기초하여, 상기 제1 검출기에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하고, 상기 제어 유닛은 상기 프로세서에 의해 구해진 정보에 기초하여 상기 기관 스테이지를 제어하는, 디바이스 제조 방법을 제공한다.

[0013] 본 발명은 제4 특징에서, 피측정물의 하면에 형성된 마크를 상기 피측정물의 상면측으로부터 조명하여 조명된 상기 마크의 이미지를 검출하는 검출 장치로서, 상기 검출 장치와 상기 마크 간의 간격을 제1 피치로 변경하면서 제1 검출 정밀도로 상기 마크를 검출하는 제1 검출 모드와, 상기 간격을 상기 제1 피치보다 작은 제2 피치로 변경하면서 상기 제1 검출 정밀도보다 높은 제2 검출 정밀도로 상기 마크를 검출하는 제2 검출 모드에서 상기 마크를 검출하기 위해 제어하는 제어 유닛, 및 상기 제1 검출 모드에서 상기 마크를 검출한 결과에 기초하여, 상기 검출 장치의 상기 제2 검출 모드에서의 상기 마크에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서를 포함하고, 상기 제어 유닛은 상기 프로세서에 의해 구해진 정보에 기초하여 상기 기관 스테이지를 제어하는, 검출 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 다른 특징들은 첨부 도면을 참조하여 하기의 예시적인 실시 형태들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 웨이퍼 얼라인먼트 검출기를 도시한 도면이다.
- 도 2는 광원과 동공 위치에서의 빔 직경을 도시한 도면이다.
- 도 3은 노광 장치를 도시한 도면이다.
- 도 4는 웨이퍼와 얼라인먼트 마크를 도시한 도면이다.
- 도 5는 AF 검출기가 AF 광으로 웨이퍼를 조사하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 6은 AF 검출기에 의해 웨이퍼로부터의 계측 광이 수광되는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 7은 AF 검출기에 의한 계측을 도시한 도면이다.
- 도 8은 상면상의 얼라인먼트 마크를 AF 검출기가 계측하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 9는 상면상의 얼라인먼트 마크를 웨이퍼 얼라인먼트 검출기가 계측하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 10은 이미지 오토포커스 계측에 의해 취득한 콘트라스트 커브를 도시한 그래프이다.
- 도 11은 하면에 얼라인먼트 마크가 형성된 웨이퍼의 상면을 AF 검출기가 계측하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 12는 하면에 형성된 얼라인먼트 마크를 웨이퍼 얼라인먼트 검출기가 계측하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 13은 하면에 얼라인먼트 마크가 형성된 웨이퍼에 대한 종래의 이미지 오토포커스의 콘트라스트 커브를 도시한 그래프이다.
- 도 14는 웨이퍼의 두께에 기인한 오프셋을 보정하는 웨이퍼 스테이지를 구동하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 15는 콘트라스트 커브와 오프셋 간의 관계를 도시한 그래프이다.
- 도 16은 레지스트의 하면에 형성된 얼라인먼트 마크를 계측하는 양태를 도시한 도면이다.
- 도 17은 와이드 피치에서의 콘트라스트 커브를 도시한 그래프이다.
- 도 18은 미세 피치에서의 콘트라스트 커브를 도시한 그래프이다.
- 도 19는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기와 AF 검출기의 배치 예를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 하기에서 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시 형태들에 대해서 상세히 설명한다.
- [0017] [제1 실시 형태]
- [0018] 도 3을 참조하여, 피측정물의 두께와 굴절률에 기초하여, 웨이퍼(피측정물)(3)의 하면의 얼라인먼트 마크(마크)(19)를 고속으로 고정밀도로 계측할 수 있는 노광 장치에 대해서 설명한다. 노광 장치는 도 1에 도시된 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(제1 검출기)(16)와, 웨이퍼(3)의 상면 위치를 검출함으로써 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 베스트 포커스 위치 검출시에 지원을 행하는 포커스 검출기(제2 검출기)(41)를 포함하는 검출 장치를 포함한다. 포커스 검출기(제2 검출기)(41)를 이하 "AF 검출기"라고도 부른다. 또한, 노광 장치는 레티클 스테이지(2), 웨이퍼 스테이지(기판 스테이지)(4), 조명 광학계(5), 투영 광학계(6), 및 제어 유닛 C를 포함한다. 레티클 스테이지(2)는 레티클(마스크)(1)을 지지한다. 웨이퍼 스테이지(4)는 웨이퍼(기판)(3)를 지지한다. 조명 광학계(5)는 레티클(1)을 노광 광으로 조명한다. 투영 광학계(6)는 노광 광으로 조명된 레티클(1)의 패턴 이미지를 웨이퍼 스테이지(4)에 의해 지지된 웨이퍼(3)에 투영한다. 제어 유닛 C는 노광 장치 전체의 동작을 통괄 제어한다.
- [0019] 제1 실시 형태에서는, 노광 장치로서, 레티클(1)과 웨이퍼(3)를 주사 방향으로 서로 동기 이동시키면서 레티클(1)에 형성된 패턴을 웨이퍼(3)에 투영해서 전사하는 주사형 노광 장치(스캐닝 스테퍼(scanning stepper))를 사용한다. 노광 장치는 레티클(1)의 위치를 고정하고 레티클(1)의 패턴을 웨이퍼(3)에 투영해서 전사하는 노광 장치(스테퍼)로서 기능할 수도 있다. 투영 광학계(6)의 광축과 일치하는 방향을 Z 방향으로서 정의하고, Z 방

향에 수직인 평면 내에서 레티클(1)과 웨이퍼(3)를 서로 동기 이동시키는 방향(주사 방향)을 Y 방향으로 정하고, Z 방향 및 Y 방향에 수직인 방향(비주사 방향)을 X 방향으로 정한다. 또한, X축, Y축, 및 Z축 주위의 회전 방향을 각각 θX , θY , 및 θZ 방향으로 정한다.

- [0020] 레티클(1)상의 소정의 조명 영역은 조명 광학계(5)에 의해 균일한 조도 분포의 노광 광으로 조명된다. 조명 광학계(5)에 의해 출사되는 노광 광의 광원으로서, 종래의 주류였던 수은 램프 대신에, KrF 엑시머 레이저가 이용되게 되었고, 더 단파장의 ArF 엑시머 레이저 및 F_2 레이저의 실용화도 진행되고 있다. 또한, 미래에, 예를 들어, 더 미세한 반도체 디바이스를 제조하기 위해서, 노광 광으로서 파장이 수 나노미터 내지 일백 나노미터의 EUV(Extreme Ultra Violet) 광을 사용한 노광 장치의 개발도 행해지고 있다.
- [0021] 레티클 스테이지(2)는 투영 광학계(6)의 광축에 수직인 평면내, 즉, XY 평면내에서의 2차원 이동 및 θZ 방향의 미소 회전이 가능하다. 레티클 스테이지(2)는 최소한 1축 방향으로 구동될 수 있으나, 6축 방향으로 구동될 수도 있다. 레티클 스테이지(2)는 리니어 모터 등의 드라이버(도시되지 않음)에 의해 구동되고, 드라이버는 제어 유닛 C에 의해 제어된다. 레티클 스테이지(2)에는 미러(7)가 설치되고, 미러(7)에 대항하는 위치에는 XY 레이저 간섭계(9)가 설치된다. 레티클(1)의 2차원 방향의 위치 및 회전 각은 레이저 간섭계(9)에 의해 리얼타임으로 계측되고, 계측 결과는 제어 유닛 C에 출력된다. 제어 유닛 C는 레이저 간섭계(9)에 의해 구해진 계측 결과에 기초하여 레티클 스테이지(2)의 드라이버를 구동함으로써 레티클 스테이지(2)에 의해 지지된 레티클(1)의 위치 결정을 행한다.
- [0022] 투영 광학계(6)는 레티클(1)의 패턴을 소정의 투영 배율 β 로 노광에 의해 웨이퍼(3)에 투영 및 전사하고, 복수의 광학 소자에 의해 형성된다. 투영 광학계(6)는 투영 배율 β 가, 예를 들어, 1/4 또는 1/5인 축소 투영계로서 기능한다. 웨이퍼 스테이지(4)는 웨이퍼 척을 통해서 웨이퍼(3)를 유지하는 Z 스테이지, Z 스테이지를 지지하는 XY 스테이지, 및 XY 스테이지를 지지하는 베이스를 포함한다. 웨이퍼 스테이지(4)는 리니어 모터 등의 드라이버(도시되지 않음)에 의해 구동된다. 웨이퍼 스테이지(4)의 드라이버는 제어 유닛 C에 의해 제어된다.
- [0023] 웨이퍼 스테이지(4)에는 미러(8)가 설치된다. 미러(8)에 대항하는 위치에는 XY 레이저 간섭계(10)와 Z 레이저 간섭계(12)가 설치된다. 웨이퍼 스테이지(4)의 X, Y 방향의 위치 및 θZ 는 레이저 간섭계(10)에 의해 리얼타임으로 계측되고, 계측 결과는 제어 유닛 C로 출력된다. 또한, 웨이퍼 스테이지(4)의 Z 방향의 위치 및 θX 와 θY 는 레이저 간섭계(12)에 의해 리얼타임으로 계측되고, 계측 결과는 제어 유닛 C에 출력된다. 레이저 간섭계(10, 12)에 의해 취득된 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지(4)의 드라이버를 통해서 XYZ 스테이지를 구동함으로써, 웨이퍼(3)의 X, Y, Z 방향에서의 위치를 조정하고, 웨이퍼 스테이지(4)에 의해 지지된 웨이퍼(3)의 위치 결정을 행한다.
- [0024] 레티클(1) 상의 기준 마크(도시되지 않음)와 투영 광학계(6)를 통해서 웨이퍼 스테이지(4) 상의 기준 플레이트(11)에 형성된 기준 마크(39)(도 4)를 검출하는 레티클 얼라인먼트 검출기(13)가 레티클 스테이지(2)의 근방에 설치된다. 레티클 얼라인먼트 검출기(13)는 웨이퍼(3)를 노광하는 광원과 동일한 광원을 이용하여, 투영 광학계(6)를 통해서 레티클(1)상의 기준 마크와 기준 마크(39)를 조사하고, 그들에 의해 반사된 광을 검출하는 광전 변환 소자(예를 들어, CCD 카메라)를 포함한다. 레티클 얼라인먼트 검출기(13)는 레티클(1)상의 기준 마크와 기준 플레이트(11)상의 기준 마크(39)의 위치 및 포커스를 맞추므로써, 레티클(1)과 웨이퍼(3) 간의 상대 위치 관계(X, Y, Z)를 얼라인할 수 있다.
- [0025] 반사형 기준 마크(39)가 레티클 얼라인먼트 검출기(13)에 의해 검출될 수 있거나, 또는 투과형 레티클 얼라인먼트 검출기(14)를 이용하여 투과형 기준 마크(39)가 검출될 수 있다. 투과형 레티클 얼라인먼트 검출기(14)는 웨이퍼(3)를 노광하는 광원과 동일한 광원과 조명 광학계(5)를 이용하여, 투영 광학계(6)를 통해서 레티클(1)상의 기준 마크와 기준 마크(39)를 조사하고, 그들을 투과한 광을 검출하는 광량 센서를 포함한다. 웨이퍼 스테이지(4)를 X(또는 Y) 및 Z 방향으로 구동시키면서 투과 광의 광량을 측정함으로써, 레티클(1)상의 기준 마크와 기준 플레이트(11)상의 기준 마크(39)의 위치 및 포커스를 맞출 수 있다. 이와 같이, 레티클 얼라인먼트 검출기(13)와 투과형 레티클 얼라인먼트 검출기(14) 중 어느 것을 이용하더라도, 레티클(1)과 웨이퍼(3) 간의 상대 위치 관계(X, Y, Z)를 얼라인할 수 있다.
- [0026] 도 4에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 스테이지(4)의 코너에는 기준 플레이트(11)가 웨이퍼(3) 상면과 거의 동일한 높이에 설치된다. 기준 플레이트(11)는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 검출되는 기준 마크(40)와, 레티클 얼라인먼트 검출기(13) 또는 투과형 레티클 얼라인먼트 검출기(14)에 의해 검출되는 기준 마크(39)를 포함한다. 기준 플레이트(11)는 웨이퍼 스테이지(4)의 복수의 코너에 배치될 수 있다. 또한, 기준 플레이트(11)는 복수의 기준 마크(39)와 복수의 기준 마크(40)를 포함할 수 있다. 레티클 얼라인먼트용의 기준 마크(39)와 웨

이퍼 얼라인먼트용의 기준 마크(40) 간의 위치 관계(X 및 Y 방향)은 공지되어 있다. 또한, 웨이퍼 얼라인먼트 검출용의 기준 마크(40)와 레티클 얼라인먼트용의 기준 마크(39)는 공통 마크일 수 있다.

[0027] 포커스 검출기(15)는 웨이퍼(3)의 상면에 검출 광을 투영하는 투광계와, 그 웨이퍼(3)에 의해 반사된 광을 수광하는 수광계를 포함하며, 포커스 검출기(15)에 의해 취득된 검출 결과를 제어 유닛 C에 출력한다. 제어 유닛 C는 포커스 검출기(15)에 의해 취득된 검출 결과에 기초하여 Z 스테이지를 구동하고, Z 스테이지에 의해 유지되는 웨이퍼(3)의 Z 방향에서의 위치(포커스 위치) 및 경사각을 허용 범위 내에 들어오도록 조정한다.

[0028] 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 웨이퍼(3)상의 마크(19) 및 기준 플레이트(11)상의 웨이퍼 얼라인먼트 검출용의 기준 마크(40)에 검출 광을 투영하는 투광계와, 그들에 의해 반사된 광을 수광하는 수광계를 포함한다. 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 취득된 검출 결과는 제어 유닛 C에 출력된다. 제어 유닛 C는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 취득된 검출 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지(4)를 X 및 Y 방향으로 구동함으로써, 웨이퍼 스테이지(4)에 의해 유지된 웨이퍼(3)의 X 및 Y 방향에서의 위치를 조정할 수 있다. 노광 장치는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 베스트 포커스 위치를 신속하게 취득하기 위해서 웨이퍼(3)의 상면 위치를 검출하는 포커스 검출기(AF 검출기)(41)를 포함한다. 포커스 검출기(41)는 포커스 검출기(15)와 마찬가지로, 웨이퍼(3)의 상면에 검출 광을 투영하는 투광계와, 웨이퍼(3)에 의해 반사된 광을 수광하는 수광계를 포함한다. 포커스 검출기(15)는 투영 광학계(6)의 베스트 포커스 위치를 취득하기 위해서 이용되는 것에 반해, AF 검출기(41)는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 베스트 포커스 위치를 취득하기 위해서 이용된다. AF 검출기(41)와 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16) 간의 상대적인 위치는 주어진다. AF 검출기(41)와 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 둘 다 고정될 수 있다. 그와 다르게, AF 검출기(41)와 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 이동가능할 수 있지만, AF 검출기(41)와 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 그들의 소정의 위치들에 미리 설치될 수 있다.

[0029] 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)로서는, 크게 2종류의 검출기가 이용가능하다. 첫 번째 종류의 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 투영 광학계(6)를 개재하지 않고 개별적으로 구성되고, 웨이퍼(3)상의 마크(19) 및 기준 마크(40)를 광학적으로 검출하는 오프-엑시스 얼라인먼트 검출계(Off-axis AA 또는 OA 검출 방식)를 채택한다. 두 번째 종류의 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 특히 i선 노광 장치에 사용되고, 투영 광학계(6)를 통해서 비노광 광의 얼라인먼트 과장을 이용하여 마크(19) 및 기준 마크(40)를 검출하는 TTL-AA(Through The Lens Alignment (스루 더 렌즈 얼라인먼트)) 방식을 채택한다. 본 실시 형태에서는 OA 검출 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 이용하지만, TTL-AA 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 이용할 수도 있다.

[0030] 도 1은 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 웨이퍼(3)를 관찰하는 양태를 상세히 도시한다. 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 조명 광원(20)은 적외 광(예를 들어, 1,000 내지 1,500nm) 및 가시 광(예를 들어, 400 내지 800nm)을 출사한다. 조명 광원(20)에 의해 출사된 광은 제1 릴레이 광학계(21), 과장 필터판(22), 및 제2 릴레이 광학계(23)를 통과하고, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 동공면(물체면에 대한 광학적인 Fourier 변환 면)에 배치된 개구 조리개(24)에 도달한다. 개구 조리개(24)에서의 빔 직경(37)은 도 2에 도시된 바와 같이, 조명 광원(20)에서의 빔 직경(36)보다 충분히 작다.

[0031] 과장 필터판(22)은 투과 과장대가 상이한 복수의 필터를 포함하고, 제어 유닛 C로부터의 명령에 따라 이 필터들 간의 전환을 행한다. 개구 조리개(24)는 조명 코히런스 팩터(illumination coherence factor) σ 가 상이한 복수의 조리개를 포함하고, 제어 유닛 C로부터의 명령에 따라 이 조리개들 간의 전환을 행함으로써, 조명 코히런스 팩터 σ 를 변경할 수 있다. 본 실시 형태에서는 과장 필터판(22)과 개구 조리개(24)가 각각 복수의 필터와 복수의 조리개를 포함하지만, 과장 필터판(22)과 개구 조리개(24)와는 독립적으로 필터와 조리개를 추가할 수 있다. 본 실시 형태의 과장 필터판(22)은 가시 광을 투과하는 필터와, 적외 광을 투과하는 필터를 포함하고, 이 필터들 간의 전환을 행함으로써 마크의 검출에 사용될 광의 과장을 선택할 수 있다. 적외 광에 대하여 투과성을 갖는 Si 기판의 하면에 형성된 마크를 측정할 때, 적외 광을 투과하는 필터가 사용된다.

[0032] 개구 조리개(24)에 도달한 광은 제1 조명 광학계(25) 및 제2 조명 광학계(27)를 통과하여 편광 빔 스플리터(28)에 유도된다. 편광 빔 스플리터(28)에 의해 반사된, 도 1의 지면에 수직인 S 편광 광은 NA 조리개(26), 프리즘(63), $\lambda/4$ 판(29)을 투과해서 원편광으로 변환되어, 대물 렌즈(30)를 통과하여 웨이퍼(3)에 형성된 마크(19)를 조명한다(조명 광은 도 1에 실선으로 나타내어짐). NA 조리개(26)의 NA는 조리개 값을 변경함으로써 변경될 수 있다. NA 조리개(26)의 조리개 값은 제어 유닛 C로부터의 명령에 따라 변경될 수 있다. 프리즘(63)은 도 5를 참조하여 후술하겠지만, 얼라인먼트 광을 투과하는 특성을 갖는다.

[0033] 마크(19)에 의해 반사된 광빔, 회절된 광빔, 및 산란된 광빔은(도 1에 일점 쇄선에 의해 나타냄) 다시 대물 렌즈(30) 및 $\lambda/4$ 판(29)을 통과해서 도 1의 지면에 평행한 P 편광으로 변환된다. P 편광은 프리즘(63) 및 편광

빔 스플리터(28)를 투과하고, 릴레이 렌즈(31), 제1 결상 광학계(32), 코마(coma)를 조정하는 광학 부재(35), 제2 결상 광학계(33), 및 파장 시프트 차를 조정하는 광학 부재(38)를 통과한다. 광학 부재(38)를 통과한 P 편광은 마크(19)의 검출 신호를 광전 변환 소자(34)(예를 들어, CCD 카메라)에 형성한다.

[0034] 통상적으로, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 마크(19)를 관찰해서 마크(19)의 위치를 검출할 경우, 마크(19)상에 도포되거나 또는 형성된 투명층의 존재 때문에, 단색 광이나 좁은 파장 대역의 광은 간섭 줄무늬를 발생시킨다. 이것이 발생하면, 얼라인먼트 신호에 간섭 줄무늬의 신호가 가산된 상태로 마크(19)가 검출되므로, 마크(19)를 고정밀도로 검출할 수 없게 된다. 따라서, 마크(19)를 간섭 줄무늬가 적은 신호로서 검출하기 위해서, 일반적으로 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 조명 광원(20)으로서는 광대역의 파장을 갖는 조명 광원이 사용된다.

[0035] 도 5 및 도 6은 포커스 검출기(41)가 포커스 계측을 행하는 양태를 도시한다. 도 5는 포커스 검출기(41)가 웨이퍼(3)를 포커스 계측 광(AF 광)으로 조사하는 양태를 도시한다. 도 6은 조사된 AF 광이 웨이퍼(3)에 의해 반사되고, 반사 광이 포커스 검출기(41)에 의해 수광되는 양태를 도시한다. 광원(55)에 의해 출사된 AF 광은 렌즈(56)를 통해 패턴판(57)을 조명한다. 광원(55)은 가시 파장 대역(Si를 투과하지 않는 400 내지 800nm의 파장)의 광을 출사한다. 웨이퍼(3)에 입사하는 AF 광은 웨이퍼(3)를 투과하지 않는다. 패턴판(57)은 글래스 기판에 슬릿 패턴이 묘화되어 형성된다. 패턴판(57)의 중심부에 묘화된 슬릿 패턴을 조명하는 AF 광은 렌즈(58)를 통해 미러(59)에 의해 반사되어서 렌즈(60)에 도달한다.

[0036] 설명의 편의상, 패턴판(57) 이후의 AF 광의 주 광선만이 도 1에 도시되지만, 실제로는 NA를 갖는 광선이다. AF 광은 렌즈(60)의 중심에 도달하지 않고, 렌즈(60)의 중심으로부터 편심된(decentered) 부분에 도달하고, 렌즈(60)에 의해 굴절됨으로써, 기준 미러(61)를 통과하고, 렌즈(62)에 도달한다. 렌즈(62)에 도달한 광은 렌즈(62)의 중심에 도달하지 않고, 렌즈(62)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달한다. 렌즈(62)에 의해 굴절된 AF 광은 프리즘(63)에 도달한다. 프리즘(63)은 AF 광을 반사하고, 얼라인먼트에 사용되는 광을 투과시키는 특성을 갖는다. 프리즘(63)에 의해 반사된 AF 광은 $\lambda/4$ 판(29)을 투과하고, 대물 렌즈(30)에 도달한다. AF 광은 대물 렌즈(30)의 중심에 도달하지 않고, 대물 렌즈(30)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 대물 렌즈(30)에 의해 굴절됨으로써, 도 5에 도시된 바와 같이 웨이퍼(3)에 입사 각도 θ 에서 경사 입사한다.

[0037] 도 6을 참조하여, 웨이퍼(3)에 경사 입사한 AF 광이 포커스 검출기(41)에 의해 수광되는 양태를 설명한다. AF 광은 조명시와 같은 각도 θ 에서 웨이퍼(3)에 의해 반사되어, 대물 렌즈(30)에 도달한다. 이때, AF 광은 대물 렌즈(30)의 중심에 도달하지 않고, 대물 렌즈(30)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(30)에 의해 굴절됨으로써, $\lambda/4$ 판(29)을 투과하고, 프리즘(63)에 도달한다. 프리즘(63)에 의해 반사된 AF 광은 렌즈(62)에 도달한다. 이때, AF 광은 렌즈(62)의 중심에 도달하지 않고, 렌즈(62)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(62)에 의해 굴절됨으로써, 기준 미러(61)를 통과하고, 렌즈(60)에 도달한다. 이때, AF 광은 렌즈(60)의 중심에 도달하지 않고, 렌즈(60)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(60)에 의해 굴절됨으로써, 렌즈(64)의 중심에 도달하고, 렌즈(64)를 투과하고, AF 검출 센서(65)에 의해 수광된다.

[0038] 도 5 및 도 6을 참조하여, AF 광이 포커스 검출기(41)에 의해 웨이퍼(3)에 경사 입사하고, AF 검출 센서(65)에 의해 수광되는 양태에 대해서 설명했다. 상기의 설명으로부터 알 수 있는 바와 같이, 웨이퍼(3)가 포커스 방향(Z 방향)으로 이동함에 따라, AF 검출 센서(65)에 의해 AF 광이 수광되는 위치가 어긋난다. 이와 같이, 포커스 검출기(41)는 웨이퍼(3)의 상면 위치를 계측할 수 있다.

[0039] 도 7은 AF 검출기(41) 내의 기준이 계측되는 양태를 도시한 도면이다. 패턴판(57)의 주변부를 조명하는 AF 광은 렌즈(58)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(58)에 의해 굴절되고, 미러(59)에 의해 반사된다. 미러(59)에 의해 반사된 AF 광은 렌즈(60)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(60)에 의해 굴절되고, 기준 미러(61)에 의해 반사되고, 렌즈(60)의 중심에 도달한다. 렌즈(60)의 중심을 투과한 AF 광은 렌즈(64)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(64)에 의해 굴절되고, AF 검출 센서(65)에 의해 수광된다. 포커스 검출기(41) 내의 기준의 계측에서, AF 광이 웨이퍼(3)에 도달하지 않고 직접 AF 검출 센서(65)에 의해 수광되는 위치는, 포커스 검출기(41)에 의한 포커스 계측의 기준으로서 기능한다. 포커스 검출기(41) 내의 기준과 웨이퍼(3)에 대해 취득된 포커스 계측 결과 간의 차분으로부터 웨이퍼(3)의 포커스 위치를 구할 수 있다.

[0040] 도 5 내지 도 7에 도시된 포커스 검출기(41)에 의한 포커스 계측은 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 마크(19)를 검출하기 위한 베스트 포커스 위치를 계측하기 위해 수행되는 것은 아니며, 웨이퍼(3)의 상면 위치를 검출하기 위한 것이다. 포커스 검출기(41)에 의한 포커스 계측은 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에서의 마크(19)의 이미지의 포커스 상태를 허용 범위 내에 들어오도록 세팅하는 동작이다. 웨이퍼(3)의 상면에 의해 반사된 AF 광을

검출하기 때문에, 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크의 포커스 위치를 직접 검출할 수 없다.

[0041] 도 8 및 도 9를 참조하여, 웨이퍼(3)의 상면에 마크(19)가 배치될 경우에, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 마크(19)를 검출하는 베스트 포커스 위치를 구하는 종래의 방법(종래의 이미지 오토포커스 계측 방법)에 대해서 설명한다. 이미지 오토포커스 계측에서, 도 8에 도시된 바와 같이, 우선, 포커스 검출기(41)가 AF 광(42)을 웨이퍼(3)의 상면의 마크(19)에 투영하고, 그에 의해 반사된 광을 수광한다. 도 8에는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 외부에 포커스 검출기(41)가 배치된 구성이 도시되지만, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 내부에 포커스 검출기(41)가 배치되는 구성도 이용될 수 있다. 수광한 반사 광의 위치가 포커스 검출기(41)의 AF 검출 센서(65)의 중심에 일치하도록 웨이퍼 스테이지(4)를 구동함으로써, 웨이퍼(3)의 상면의 마크(19)의 포커스 위치를 취득할 수 있다. 취득된 포커스 위치를 이용하여 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 포커스 위치를 마크(19)에 개략 맞출 수 있다. 도 9는 웨이퍼(3)의 상면에 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 개략 포커싱된 상태에서, 마크(19)가 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)로부터의 계측 광(43)으로 조사되는 양태를 도시한다. 포커스 검출기(41)는 웨이퍼(3)의 상면의 마크(19)에 포커싱되지만, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 화상 처리되는 마크(19)의 콘트라스트가 최대화되는 포커스 위치를 구할 필요가 있다. 도 9에 도시된 상태로부터 Z 방향으로 웨이퍼 스테이지(4)를 구동시키고, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 각 포커스 위치에서 얼라인먼트 계측을 행함으로써, 마크(19)의 콘트라스트가 최대화되는 포커스 위치를 검출할 수 있다(이미지 오토포커스 계측). 즉, 포커스 검출기(41)가 웨이퍼(3)의 상면을 계측함으로써, 웨이퍼(3)의 상면에 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 개략 포커싱된 상태를 기준으로 하여, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 ±Z 방향에서 얼라인먼트 계측을 행할 수 있게 한다.

[0042] 도 9에 도시된 상태로부터, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 이미지 오토포커스 계측을 행하여, 도 10에 도시된 콘트라스트 커브(47)가 얻어진다. 포커스 위치와 콘트라스트 간의 관계의 데이터로부터, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 최대 콘트라스트를 갖는 베스트 포커스 위치를 구할 수 있다. 최대 콘트라스트를 갖는 포커스 위치를 구할 때, 도 10에 도시된 그래프로부터 2차 피팅(quadratic fitting)이나 무게 중심 계산에 의해 콘트라스트의 피크 위치를 구하는 방법이 있다. 또한, 도 10에는 간략화를 위해, 이미지 오토포커스 계측을 위한 3개의 포커스 위치(44, 45, 46)가 도시되지만, 10개 또는 20개의 계측 점 등의 더 많은 개수의 계측 점을 이용할 수 있다. 그러나, 계측 점의 개수를 증가시킬수록, 계측 시간이 길어져서, 스루풋(throughput) 저하를 초래한다. 또한, 이미지 오토포커스 계측의 종래의 방법으로서, 웨이퍼(3)의 상면에 마크(19)가 형성된 경우를 도 8을 참조하여 설명했으나, 마크(19)가 웨이퍼(3)의 상면의 근방에 형성되기만 하면, 웨이퍼(3)의 상면이 레지스트로 피복되어도 된다.

[0043] 다음에, 도 11 및 도 12를 참조하여 웨이퍼(3)의 하면에 마크(19)가 형성된 때, 이미지 오토포커스 계측 방법을 적용할 경우에 대해서 설명한다. 웨이퍼(3)의 하면에 마크(19)가 형성되는 경우에도, 우선, 포커스 검출기(41)가 AF 광(42)을 웨이퍼(3)의 상면에 투영하고 그에 의해 반사된 광을 수광한다. 이때, 수광된 반사 광의 위치가 포커스 검출기(41)의 AF 검출 센서(65)의 중심에 일치하도록 웨이퍼 스테이지(4)를 구동함으로써, 웨이퍼(3)의 상면의 포커스 위치를 취득할 수 있다. 취득된 포커스 위치를 이용하여 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 포커스 위치를 웨이퍼(3)의 상면에 개략 맞출 수 있다. 도 12는 웨이퍼(3)의 상면에 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 개략 포커싱된 상태에서, 웨이퍼(3)의 상면이 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)로부터의 계측 광(43)으로 조사되는 양태를 도시한다. 도 12에 도시된 상태에서, 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)에 입사한 적외 광(계측 광)(43)은 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 광전 변환 디바이스(34)에 결상하지 않는다.

[0044] 도 12에 도시된 상태로부터, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 이미지 오토포커스 계측을 행하면, 도 13에 도시된 바와 같은 콘트라스트 커브(48)가 얻어진다. 각 포커스 위치(44, 45, 46)에서의 콘트라스트가 낮아서, 웨이퍼(3)의 하면측의 마크(19)가 검출될 수 없다. 웨이퍼(3)의 하면에 마크(19)가 형성될 경우, 웨이퍼(3)의 두께가 수백 마이크로미터 정도인 경우가 종종 있어서, 포커스 검출기(41)에 의해 검출된 웨이퍼(3)의 상면을 기준으로 이용하는 이미지 오토포커스 계측에서는, 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)를 신속하게 검출할 수 없다. 웨이퍼(3)의 상면을 기준으로 이용하는 이미지 오토포커스 계측의 범위를 대폭 넓히면, 웨이퍼(3)의 두께가 수백 마이크로미터인 경우에도, 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)를 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 검출할 수 있다. 그러나, 이 경우, 계측 점 개수가 대폭 증가하여, 계측 시간이 길어져서, 스루풋이 저하된다.

[0045] 다음에, 도 14를 참조하여, 웨이퍼(3)의 하면에 마크(19)가 형성된 경우에도, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 베스트 포커스 위치를 신속하게 구하는 방법에 대해서 설명한다. 이 방법에서는, 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)의 베스트 포커스 위치를 신속하게 구하기 위해서, 웨이퍼(3)의 두께와 굴절률을 이용하여, 이미지 오토포커스 계측의 개시점을 결정한다. 도 3에 도시된 입력 디바이스(18)에 입력된 웨이퍼(3)의 두께와 굴절률을

기초하여, 계산기(17)는 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)에 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 포커싱시키기 위한 오프셋량을 계산하고, 웨이퍼 스테이지(4)를 구해진 오프셋량만큼 구동하도록 지시한다. 도 14의 (A)는 하면에 마크(19)가 형성된 웨이퍼(3)의 상면을 포커스 검출기(41)가 검출하는지 양태를 도시한다. 포커스 검출기(41)가 웨이퍼(3)의 상면을 검출하는 도 14의 (A)에 도시되는 상태가 유지될 경우, 도 14의 (B)에 도시된 바와 같이, 웨이퍼(3)의 상면에 개략 포커싱된 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 마크(19)를 검출할 수 없다. 도 14의 (B)는 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)에 입사한 계측 광(43)이 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 광전 변환 디바이스(34)에 결상하는 양태를 도시한다. 웨이퍼(3)의 두께(49)는 수백 마이크로미터 정도이므로, 도 14의 (B)에서 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 이 두께에 대응하는 양(오프셋량(50))만큼 디포커싱된다.

[0046] 오프셋량(50)은 입력 디바이스(18)에 입력된 웨이퍼(3)의 두께(49)와 웨이퍼(3)의 굴절률에 기초하여 계산기(17)에 의해 산출된다. 웨이퍼(3)의 상면을 포커스 검출기(41)가 계측한 도 14의 (A)에 도시된 상태에서부터, 계산기(17)에 의해 산출된 오프셋량(50)만큼 웨이퍼 스테이지(4)를 Z 방향으로 구동시킨다. 이 동작에 의해, 도 14의 (C)에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)가 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)에 포커싱할 수 있다. 오프셋량(50)은 (웨이퍼(3)의 두께(49))/(웨이퍼(3)의 굴절률)에 따라 산출될 수 있다. 예를 들어, 200 μ m 두께의 Si 기판의 경우, 200 μ m/3.5(Si의 굴절률) \approx 57 μ m가 된다. 이렇게 웨이퍼(3)의 두께(49)와 굴절률로부터 산출된 오프셋량(50)을 사용하면, 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)에 대하여 신속하게 이미지 오토포커스 계측을 행할 수 있다.

[0047] 도 14의 (C)에 도시된 상태에서부터 이미지 오토포커스 계측을 행하면, 도 15에 도시된 우측 부분의 콘트라스트 커브(54)가 얻어진다. 도 15의 각 포커스 위치(51, 52, 53)에서의 콘트라스트가 높아서, 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)를 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 검출할 수 있다. 도 13은 도 12(및 도 14의 (B))에 도시된 상태에서부터, 즉, 웨이퍼(3)의 상면으로부터, 이미지 오토포커스 계측을 행할 때의 콘트라스트 커브를 도시한다. 따라서, 도 13에 도시된 콘트라스트 커브는 포커스 위치(44 내지 46)를 포함하는 도 15에 도시된 좌측 부분의 콘트라스트 커브에 대응한다. 도 15에 도시된 콘트라스트 커브(54)에서의 포커스 위치들(52, 45) 간의 차분이 오프셋량(50)을 의미한다. 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는, 도 15에 도시된 바와 같은 포커스 위치와 콘트라스트 간의 관계의 데이터로부터 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)의 위치를 신속하고 정밀하게 구할 수 있다.

[0048] 상기의 설명에서는, 웨이퍼(3)의 두께와 굴절률을 입력 디바이스(18)에 입력하고, (웨이퍼(3)의 두께(49))/(웨이퍼(3)의 굴절률)에 따라 오프셋량(50)을 계산기(17)에 의해 산출할 수 있다. 그러나, 입력 디바이스(18)에 오프셋량(50)을 직접 입력할 수도 있다. 입력 디바이스(18)에 오프셋량(50)을 직접 입력하면, (웨이퍼(3)의 두께(49))/(웨이퍼(3)의 굴절률)에 따라 계산을 수동으로 행해야 하지만, 계산기(17)를 제거할 수 있으므로, 비용상의 장점을 제공한다. 입력 디바이스(18) 및 계산기(17)는 오프셋량(50), 즉, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에서 마크(19)에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보를 구하는 프로세서 P를 구성한다. 마크가 웨이퍼(3)를 통해 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 검출되는 경우, 포커스 위치를 나타내는 정보는 오프셋량(50) 및 콘트라스트 커브(54)에서의 최대값의 위치 등의, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에서 마크(19)에 포커싱하기 위한 포커스 위치를 나타내는 정보일 수 있다.

[0049] 본 실시 형태에서는, 가시 광을 웨이퍼(3)에 경사 입사시키도록 유도하는 포커스 검출기(41)와, 적외 광을 이용하는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 이용하여, 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)에 대한 이미지 오토포커스 계측을 행한다. 그러나, 포커스 검출기(41)와 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 이용하여, 웨이퍼(3)상에 도포된 레지스트(66)의 하면에 형성된 마크(19)의 위치를 검출할 수 있다. 도 16은 레지스트(66)의 하면에 형성된 마크(19)에 대한 이미지 오토포커스 계측을 도시한 도면이다. 전술한 포커스 검출기(41)는 가시 광이 레지스트(66)를 투과해버리기 때문에, 레지스트(66)의 상면의 위치를 검출할 수 없으므로, 레지스트(66)의 상면의 위치를 검출하기 위해서 에어 포커스 검출기(67)를 사용한다. 에어 포커스 검출기(67)는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16) 내에 구성되어, 에어(기체)(68)를 레지스트(66)의 상면을 향해서 분사하고, 레지스트(66)로부터 반동되는 에어의 힘(압력)에 기초하여 레지스트(66)의 상면의 레벨을 검출한다. 에어 포커스 검출기(67)에 의해 검출된 레지스트(66)의 상면의 레벨, 및 레지스트(66)의 두께(49)와 굴절률에 기초하여, 레지스트(66)의 하면의 마크(19)에 대해 이미지 오토포커스 계측을 행할 수 있다.

[0050] 레지스트(66)의 상면 위치를 에어 포커스 검출기(67)에 의해 계측하는 도 16의 (A)에 도시된 상태에서부터, 오프셋량(50)만큼 웨이퍼 스테이지(4)를 구동시킨다. 그렇게 하면, 도 16의 (B)에 도시된 바와 같이, 레지스트(66)의 하면의 마크(19)에 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 개략 포커싱할 수 있다. 오프셋량(50)은 (레지스트(66)의 두께(49))/(레지스트(66)의 굴절률)에 따라 산출될 수 있다. 예를 들어, 200 μ m 두께의 레지스트(66)의

경우, 오프셋량(50)은 $200\mu\text{m}/1.5$ (레지스트(66)의 굴절률) $\approx 133\mu\text{m}$ 가 된다. 도 16의 (B)에 도시된 상태로부터 이미지 오토포커스 계측을 개시할 때, 레지스트(66)의 하면에 형성된 마크(19)의 베스트 포커스 위치를 신속하게 구할 수 있다. 이렇게 마크(19)를 하면에 갖는 피측정물의 두께와 굴절률로부터 산출된 오프셋량(50)을 사용하면, 웨이퍼(3) 이외의 피측정물의 하면에 형성된 마크(19)에 대하여 이미지 오토포커스 계측을 행할 수 있다.

[0051] 레지스트(66)의 상면을 계측하는 센서로서는, 에어 포커스 검출기(67) 대신에, 예를 들면, 정전 용량 센서를 채택할 수 있다. 정전 용량 센서는 레지스트(66)의 상면에 전압을 인가할 때 발생하는 전하량을 검출함으로써, 정전 용량 센서로부터 레지스트(66)의 상면까지의 높이를 검출한다. 정전 용량 센서로부터 레지스트(66)의 상면까지의 거리가 가까우면, 이 표면에 전압을 인가할 때 발생하는 전하량이 많아진다. 그러나, 정전 용량 센서로부터 레지스트(66)의 상면까지의 거리가 멀면, 이 표면에 전압을 인가할 때 발생하는 전하량이 적어진다. 이렇게 소정의 전압을 정전 용량 센서와 레지스트(66)의 상면에 걸쳐 인가할 때 발생하는 전하량을 검출함으로써, 정전 용량 센서로부터 레지스트(66)의 상면까지의 거리를 산출한다.

[0052] 노광 장치가 1로트의 25매의 웨이퍼(3)를 노광할 경우, 첫 번째 웨이퍼(3)의 마크(제1 마크)(19)에 대해서만 이미지 오토포커스 계측을 실시한다. 두 번째 및 그 후의 웨이퍼들(3)의 마크들(제2 마크들)(19)은 포커스 검출기(41)에 의해 취득된 계측 결과에만 기초하여 포커싱될 수 있다. 도 14의 (C)에 도시된 바와 같이, 포커스 검출기(41)에 의해 취득된 계측값으로부터 오프셋량(50)만큼 웨이퍼 스테이지(4)를 구동시키고, 1로트의 첫 번째 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)에 대하여 이미지 오토포커스 계측을 행한다. 이때, 이미지 오토포커스 계측에 의해 산출된 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)에 대한 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 베스트 포커스 위치와, 포커스 검출기(41)가 웨이퍼(3)의 상면을 계측하여 취득한 포커스 위치 간의 차분(69)을 계산한다. 두 번째 및 그 후의 웨이퍼(3)에 대하여는, 웨이퍼(3)의 상면 위치를 포커스 검출기(41)가 계측한 상태로부터, 첫 번째 웨이퍼(3)의 이미지 오토포커스 계측으로부터 구한 차분(69)만큼 웨이퍼 스테이지(4)를 구동한다. 이 상태에서, 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)를 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 의해 계측한다. 이렇게, 첫 번째 웨이퍼(3)에 대해서만 이미지 오토포커스 계측을 행함으로써, 나머지 24매의 웨이퍼(3)에 대하여도 고정밀도로 얼라인먼트 계측을 행할 수 있다.

[0053] [제2 실시 형태]

[0054] 제1 실시 형태에서는, 웨이퍼(3)의 상면 위치를 검출하는 포커스 검출기(41, 67)를 이용하여, 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)에 대한 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 포커스 위치를 신속하게 취득한다. 제2 실시 형태에서는, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)로서, 2개의 검출 모드, 즉, 제1 검출 모드와 제2 검출 모드 간에 전환을 행할 수 있는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기를 사용한다. 또한, 제2 실시 형태에서는, 제1 실시 형태에서 이용한 웨이퍼(3)의 상면 위치를 검출하는 포커스 검출기(41, 67)를 이용하지 않는다. 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)는 제1 검출 모드에서, 마크들(19) 간의 간격을 제1 피치로 변경하면서 제1 검출 정밀도로 마크(19)를 검출하고, 제2 검출 모드에서, 마크들(19) 간의 간격을 제2 피치로 변경하면서 제2 검출 정밀도로 마크(19)를 검출한다. 이 경우, 제2 피치는 제1 피치보다 작고, 제2 검출 정밀도는 제1 검출 정밀도보다 높다. 즉, 제1 검출 모드에서는, 검출 정밀도는 낮지만 한번에 넓은 영역을 검출할 수 있는 와이드 피치(wide pitch)가 설정된다. 한편, 제2 검출 모드에서는, 검출 영역은 좁지만 검출 정밀도가 높은 미세 피치(fine pitch)가 설정된다.

[0055] 도 17은 웨이퍼(3)의 상면에 배치된 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)에 대해 와이드 피치가 설정된 제1 검출 모드에서 웨이퍼(3)의 하면에 형성된 마크(19)를 계측할 때의 콘트라스트 커브를 도시한 그래프이다. 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 종래의 이미지 오토포커스 계측의 피치보다 넓은 피치가 설정되는 제1 검출 모드에서 이미지 오토포커스 계측을 행함으로써, 마크(19)를 계측하기 위한 개략의 포커스 위치(72)를 신속하게 취득할 수 있다. 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 검출 모드를 검출 정밀도가 높은 제2 검출 모드로 전환해서 포커스 위치(72)로부터 이미지 오토포커스 계측을 개시한다. 이렇게 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)의 검출 모드를 전환해서 2단계 이미지 오토포커스 계측을 행함으로써, 마크(19)를 계측하기 위한 베스트 포커스 위치를 신속하게 취득할 수 있다. 도 18은 제1 검출 모드에서 구해진 포커스 위치(72)로부터 제2 검출 모드에서 이미지 오토포커스 계측을 행한 경우의 콘트라스트 커브를 도시하고, 베스트 포커스 위치(74)를 취득할 수 있음을 나타낸다.

[0056] [참고 예]

[0057] 제1 실시 형태에서는, 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)를 검출하기 위한 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16) 및 포커스 검출기(41)가 둘 다 웨이퍼(3)의 상면에 배치된다. 그러나, 웨이퍼(3)의 하면에 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16) 또는 포커스 검출기(41)를 배치하는 것이 가능할 경우에는, 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)와 포커스 검출기(41)

1)를 웨이퍼(3)의 상면과 하면에 분리해서 배치할 수도 있다. 도 19는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)와 포커스 검출기(41)의 배치 예를 도시한 도면이다. 도 19의 (A)는 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)와 포커스 검출기(41)를 둘 다 웨이퍼(3)의 상면에 배치한 제1 실시 형태에 따른 배치 예를 도시한다. 도 19의 (B)는 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)를 검출하기 위해서, 적외 광을 광원으로 이용해서 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 웨이퍼(3)의 상면에 배치하고, 가시 광을 광원으로 이용해서 포커스 검출기(41)를 웨이퍼(3)의 하면에 배치한 배치 예를 도시한다. 도 19의 (C)는 웨이퍼(3)의 하면의 마크(19)를 검출하기 위해서, 가시 광을 광원으로 이용해서 웨이퍼 얼라인먼트 검출기(16)를 웨이퍼(3)의 하면에 배치하고, 적외 광을 광원으로 이용해서 포커스 검출기(41)를 웨이퍼(3)의 상면에 배치한 배치 예를 도시한다.

[0058] [디바이스 제조 방법]

[0059] 다음에, 디바이스(예를 들어, 반도체 디바이스 또는 액정 표시 디바이스)의 제조 방법에 대해서 설명한다. 반도체 디바이스는 웨이퍼에 집적 회로를 형성하는 프리프로세스와, 프리프로세스에 의해 형성된 웨이퍼상의 집적 회로 칩을 제품으로서 완성시키는 포스트-프로세스에 의해 제조된다. 프리프로세스는 전술의 노광 장치를 사용해서 감광제가 도포된 웨이퍼를 노광하는 단계와, 웨이퍼를 현상하는 단계를 포함한다.

[0060] 포스트-프로세스는 어셈블리 단계(다이싱 및 본딩)와, 패키징 단계(봉입)를 포함한다. 액정 표시 디바이스는 투명 전극을 형성하는 단계에 의해 제조된다. 투명 전극을 형성하는 단계는, 투명 도전막이 피착된 글래스 기판에 감광제를 도포하는 단계와, 전술한 노광 장치를 사용해서 감광제가 도포된 글래스 기판을 노광하는 단계와, 글래스 기판을 현상하는 단계를 포함한다. 본 실시 형태에 따른 디바이스 제조 방법은 종래 기술에 의해 제조된 디바이스보다 고품위의 디바이스를 제조할 수 있다.

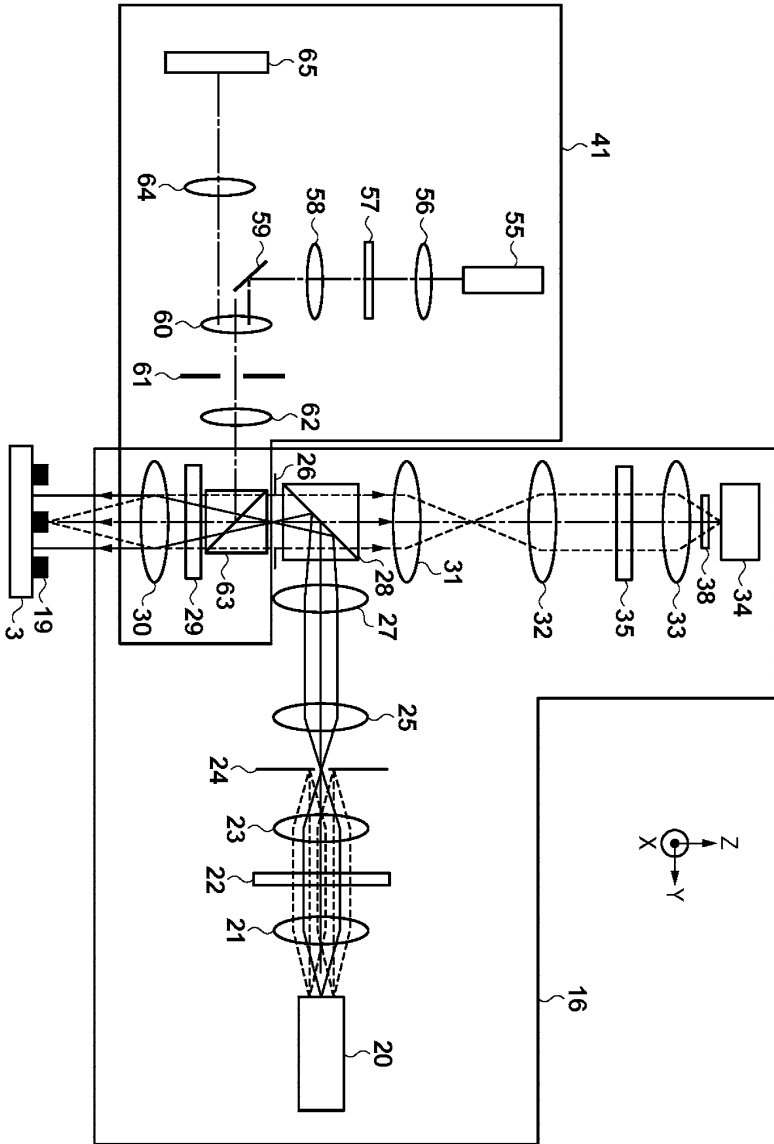
[0061] 본 발명은 예시적인 실시 형태들을 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시 형태들에 한정되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 하기의 청구항들의 범위는 그러한 변경 및 등가의 구조와 기능을 모두 포괄하도록 최광의의 해석에 따라야 한다.

부호의 설명

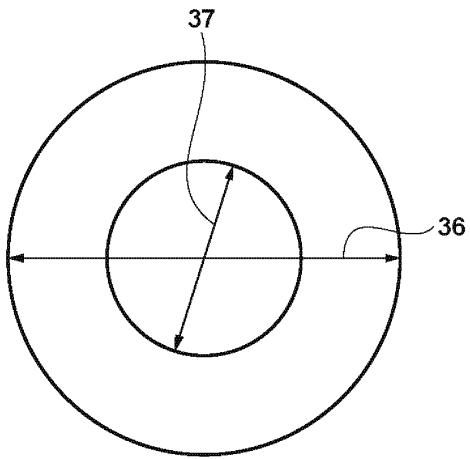
- [0062] 3: 웨이퍼
- 16: 웨이퍼 얼라인먼트 검출기
- 19: 마크
- 41: 포커스 검출기(AF 검출기)

도면

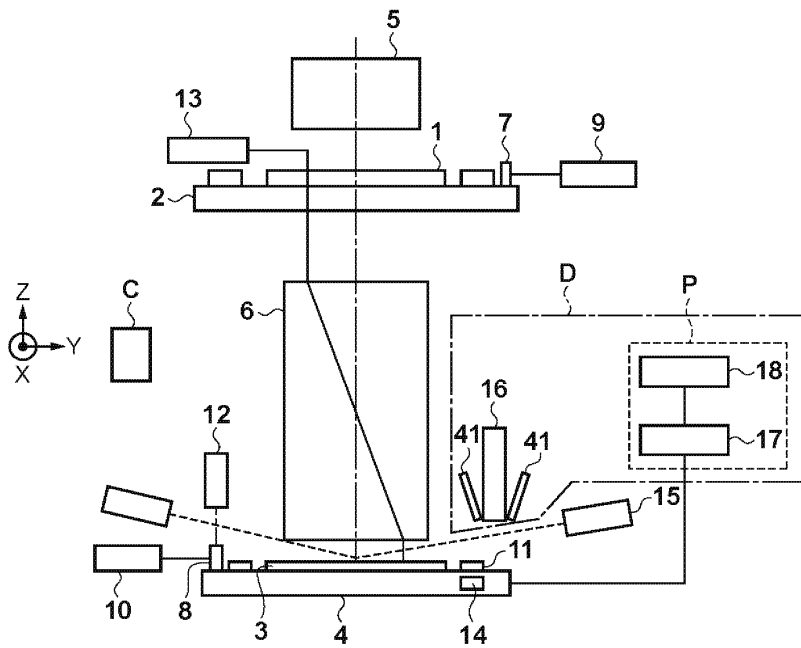
도면1



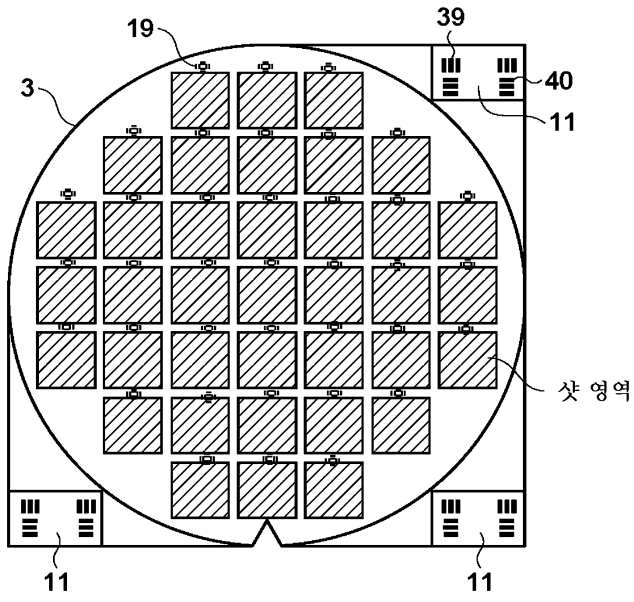
도면2



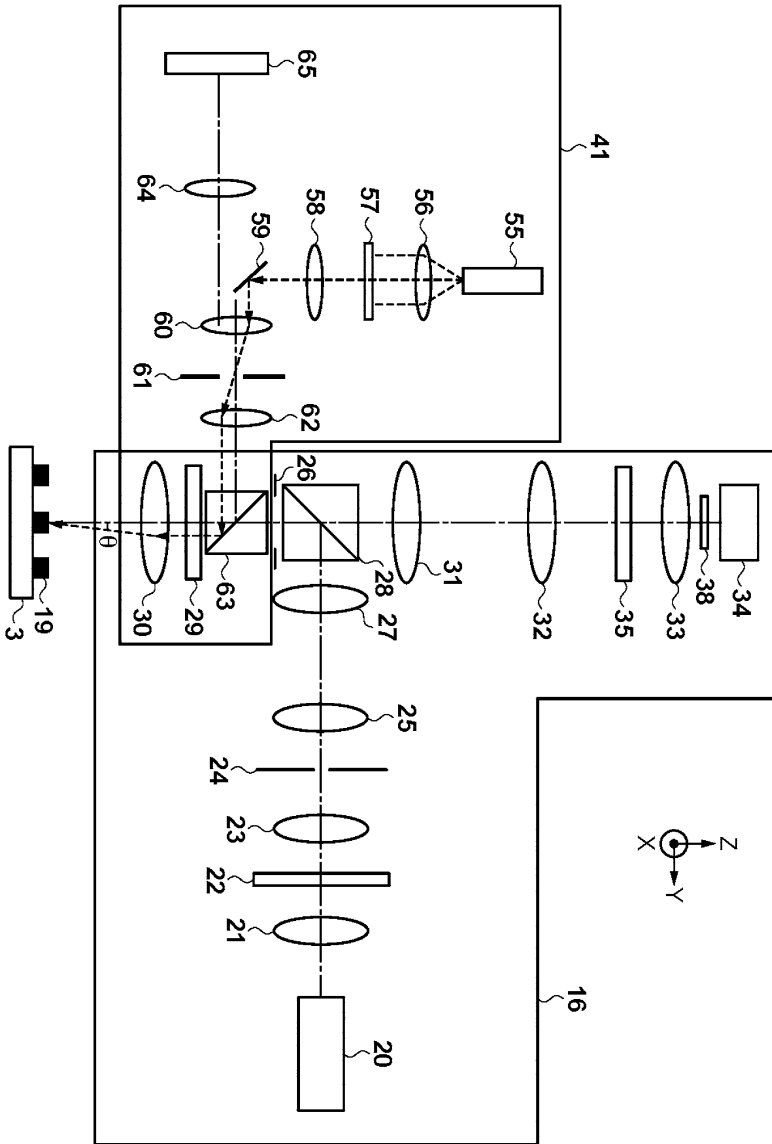
도면3



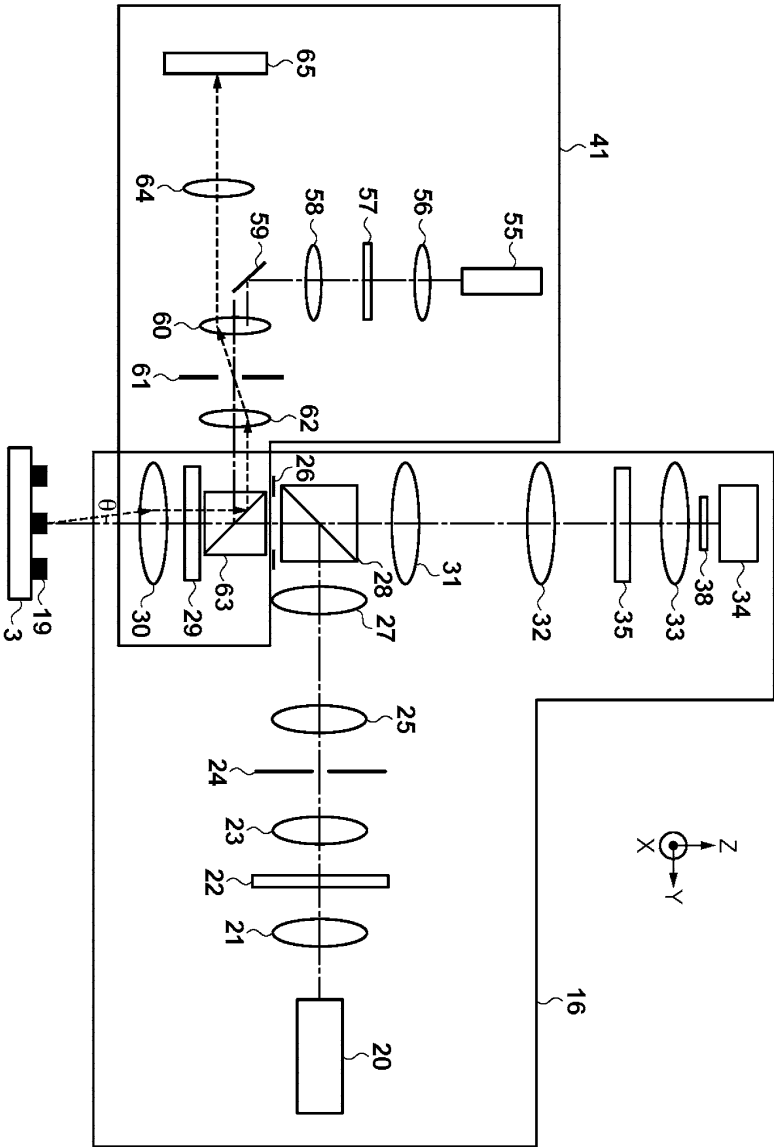
도면4



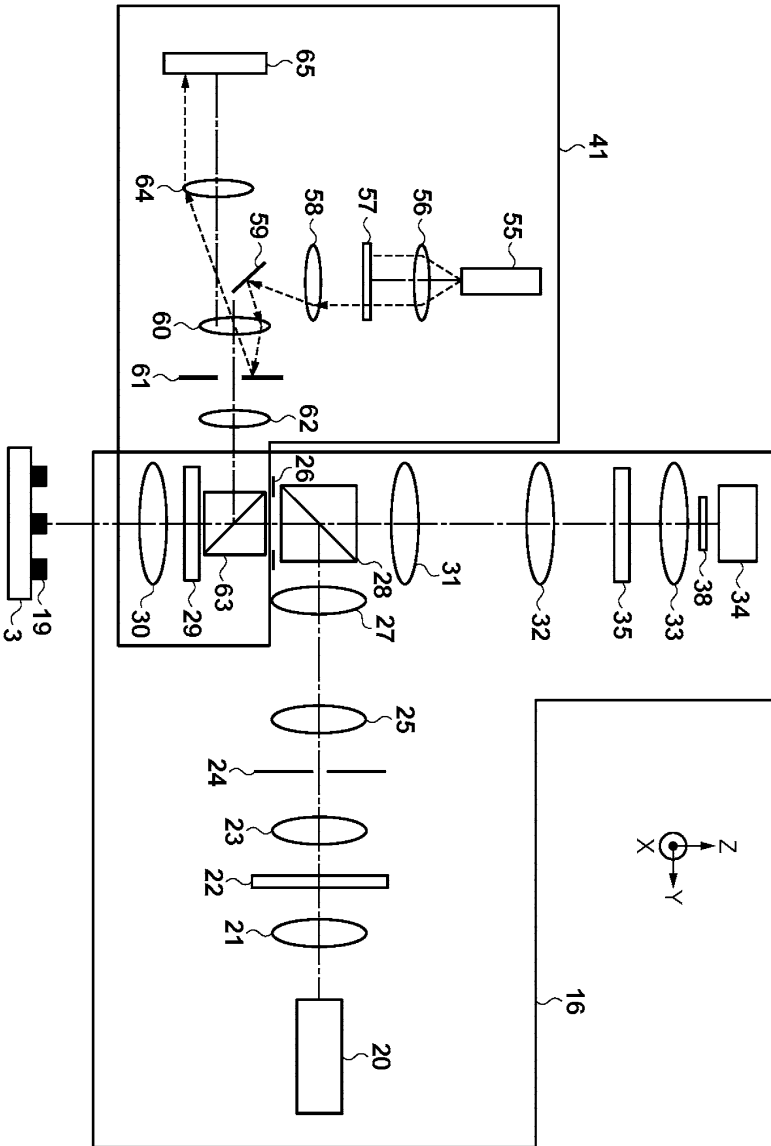
도면5



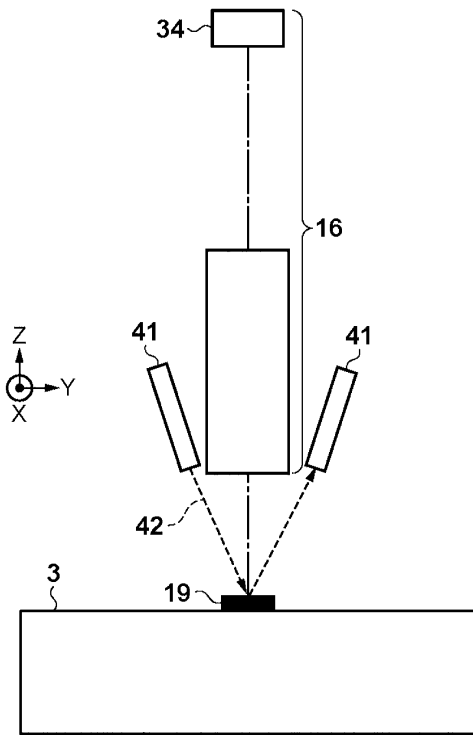
도면6



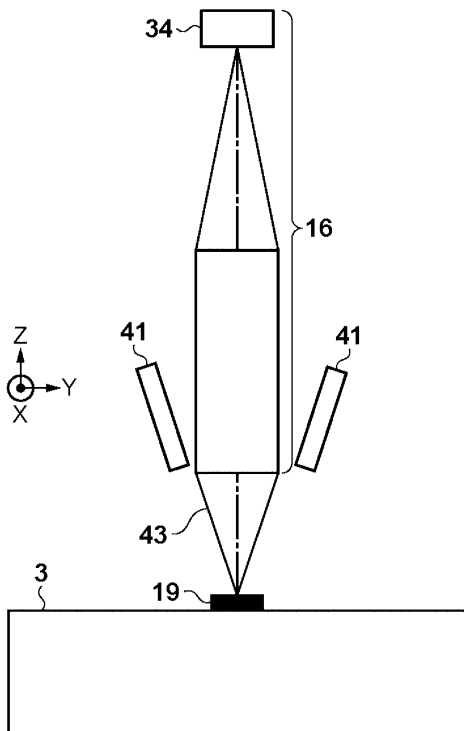
도면7



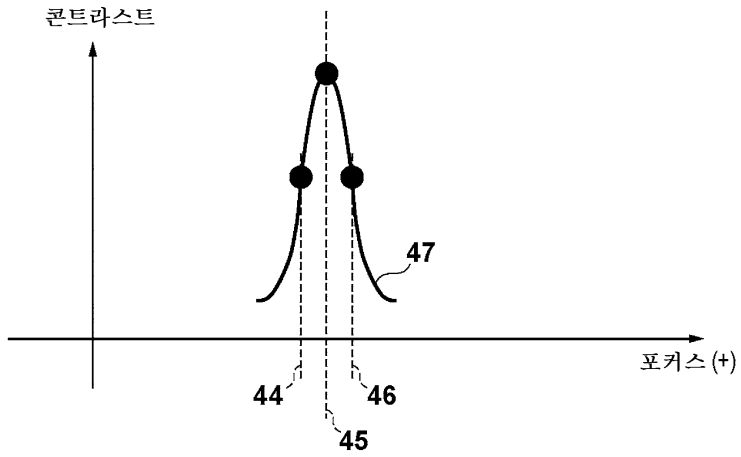
도면8



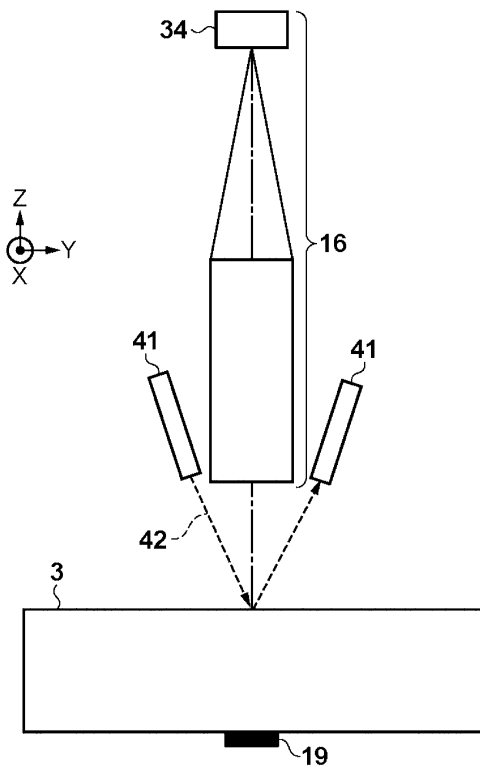
도면9



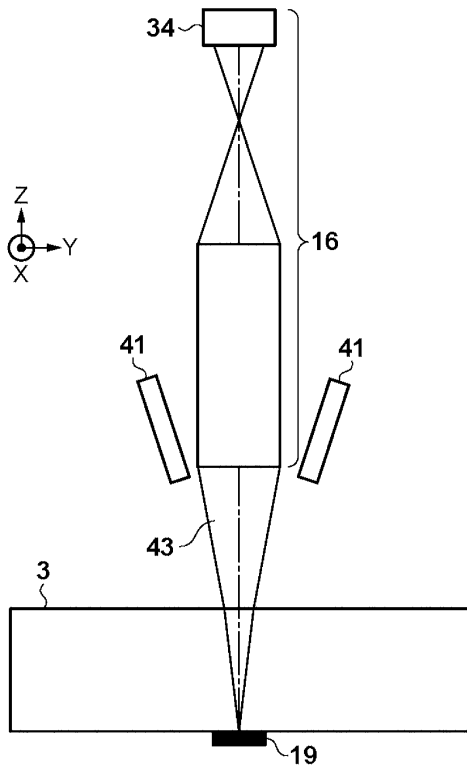
도면10



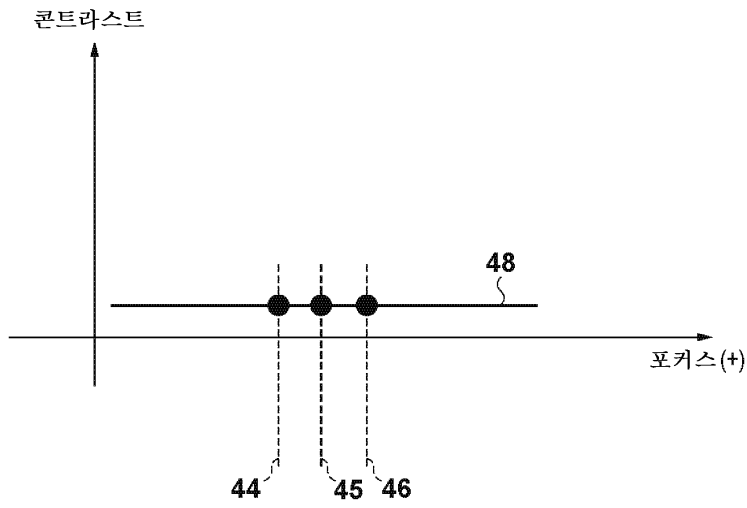
도면11



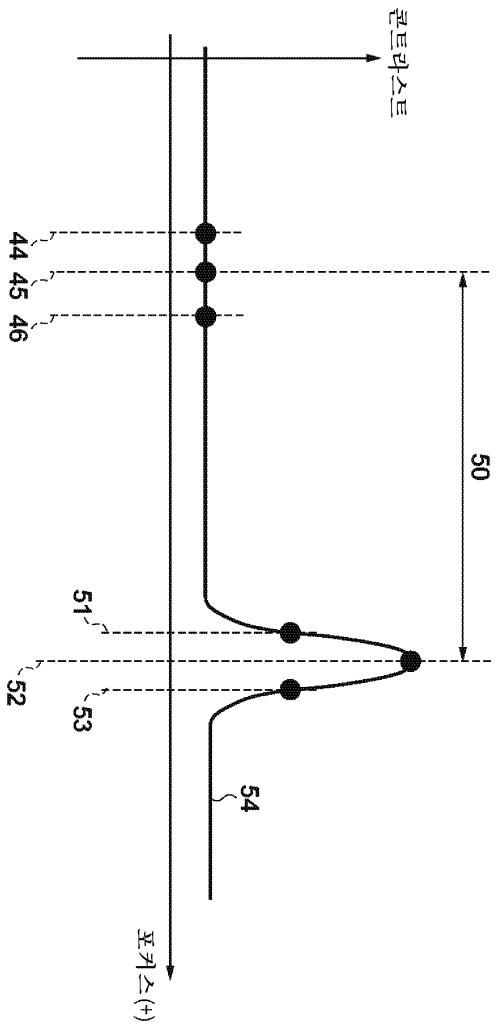
도면12



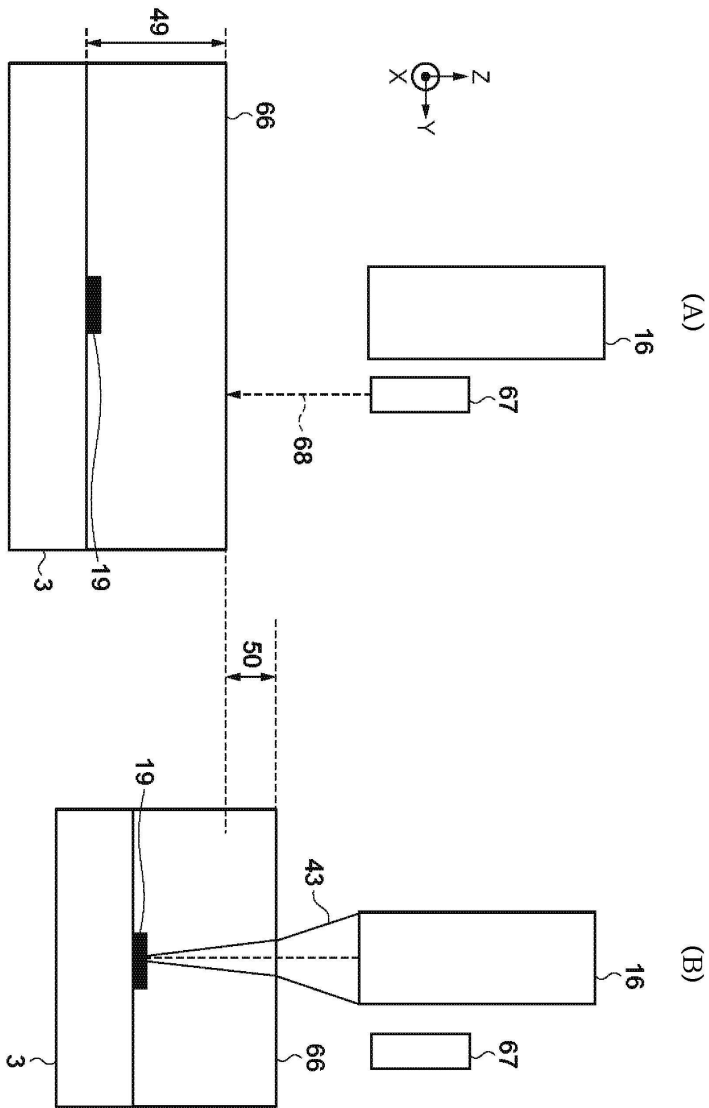
도면13



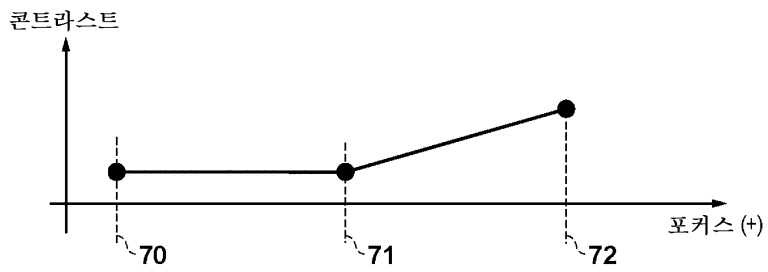
도면15



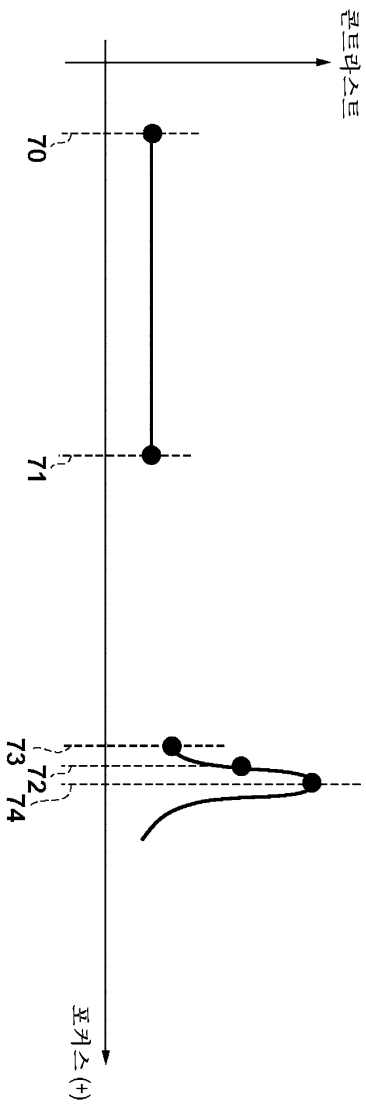
도면16



도면17



도면18



도면19

