



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0063210
(43) 공개일자 2020년06월04일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/20 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H01J 37/20 (2020.05)
H01J 2237/20292 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2020-7012683</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2018년10월01일
심사청구일자 2020년04월29일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2020년04월29일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2018/076571</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2019/068601
국제공개일자 2019년04월11일</p> <p>(30) 우선권주장
17194665.0 2017년10월04일
유럽특허청(EPO)(EP)</p> | <p>(71) 출원인
에이에스엠엘 네델란드 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324</p> <p>(72) 발명자
바겐, 마르셀, 콘라드, 마리
네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324
프릴, 바우더, 오노
네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324
반 데르 파스카, 엔겔베르투스, 안토니우스, 프란
치스코스
네덜란드, 5500 아하 벨트호벤, 피.오.박스 324</p> <p>(74) 대리인
특허법인(유)화우</p> |
|---|---|

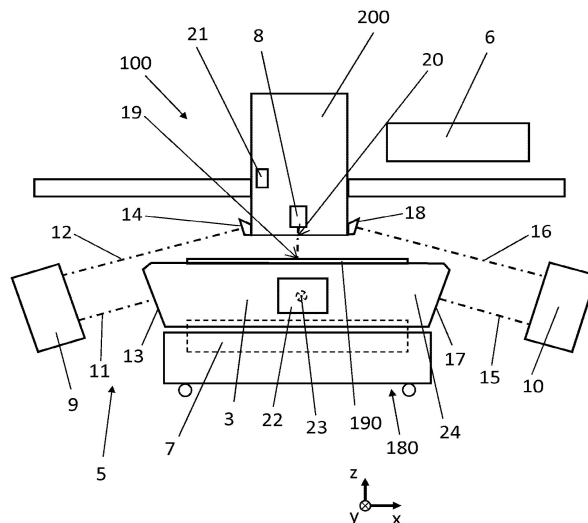
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **간접계 스테이지 위치설정 장치**

(57) 요약

e-빔 검사 장치를 위한 스테이지 장치가 개시되고, 이는: 지지 표면을 포함하는 대상물 테이블(3) -대상물 테이블은 지지 표면 상에 기관(190)을 지지하도록 구성됨- ; 대상물 테이블을 위치시키도록 구성되는 위치설정 디바이스(180); 제 1 축에 평행한 대상물 테이블의 높이 위치를 측정하도록 구성되는 위치 센서(8-10)를 포함하는 위치 측정 시스템(5) -제 1 축은 지지 표면에 실질적으로 수직이고, 위치 센서는 간접계 센서(9, 10, 22)를 갖는 간접계 측정 시스템을 포함함- 을 포함하며, 간접계 센서의 측정 빔(11, 15)은 측정 방향으로 대상물 테이블의 반사 표면(13, 17)을 조사하도록 구성되고, 측정 방향은 제 1 축에 평행한 제 1 성분 및 제 2 축에 평행한 제 2 성분을 가지며, 제 2 축은 제 1 축에 실질적으로 수직이다.

대표도 - 도5



명세서

청구범위

청구항 1

스테이지 장치로서,

지지 표면을 포함하는 대상물 테이블 -상기 대상물 테이블은 상기 지지 표면 상에 기관을 지지하도록 구성됨- ;

상기 대상물 테이블을 위치시키도록 구성되는 위치설정 디바이스;

제 1 축에 평행한 상기 대상물 테이블의 높이 위치를 측정하도록 구성되는 위치 센서를 포함하는 위치 측정 시스템 -상기 제 1 축은 상기 지지 표면에 실질적으로 수직이고, 상기 위치 센서는 간접계 센서를 갖는 간접계 측정 시스템을 포함함-

을 포함하며,

상기 간접계 센서의 측정 빔은 측정 방향으로 상기 대상물 테이블의 반사 표면을 조사(irradiate)하도록 구성되고, 상기 측정 방향은 상기 제 1 축에 평행한 제 1 성분 및 제 2 축에 평행한 제 2 성분을 가지며, 상기 제 2 축은 상기 제 1 축에 실질적으로 수직인 스테이지 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 위치 측정 시스템은:

상기 제 1 축에 평행한 상기 기관의 추가 높이 위치를 측정하도록 구성되는 제 2 위치 센서;

작동 신호를 제공하는 제어기; 및

적어도 부분적으로 상기 작동 신호에 기초하여 상기 대상물 테이블의 높이 위치를 조정하도록 구성되는 적어도 하나의 액추에이터를 더 포함하고,

상기 스테이지 장치는 상기 위치 센서의 측정 속도에 비해 낮은 측정 속도에서의 상기 제 2 위치 센서를 사용하여 상기 기관의 추가 높이 위치를 측정하도록 구성되며,

상기 제어기는 마스터 제어 루프 및 슬레이브 제어 루프를 갖는 마스터-슬레이브 구성을 포함하고, 사용 시 상기 슬레이브 제어 루프에서 상기 위치 센서는 상기 기관의 추가 높이 위치를 제어하는 데 사용되고, 사용 시 상기 마스터 제어 루프에서 상기 제 2 위치 센서는 상기 슬레이브 제어 루프를 위한 설정점(set-point)을 제공하는 데 사용되는 스테이지 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 반사 표면은 상기 간접계 센서의 측정 방향에 실질적으로 수직으로 배치되는 스테이지 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 측정 방향과 상기 제 2 축 사이의 각도는 2 내지 20 도인 스테이지 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 간접계 센서의 기준 빔의 기준 빔 방향은 상기 측정 빔에 실질적으로 평행이거나, 또는 상기 제 2 축에 실질적으로 평행인 스테이지 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 기관을 지지하지 않는 대상물 테이블의 표면인 상기 대상물 테이블의 측표면이 상기 대상물 테이블의 반사 표면을 형성하도록 구성되거나, 또는 상기 대상물 테이블의 측표면에 장착된 반사 표면 요소가 상기 대상물 테이블의 반사 표면을 형성하도록 구성되는 스테이지 장치.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 위치 측정 시스템 및/또는 제어기는 상기 대상물 테이블의 반사 표면의 상이한 위치들에서의 반사 거동들의 차이들을 보정하도록 구성되는 상기 대상물 테이블의 반사 표면의 보정 맵(correction map)을 포함하는 스테이지 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 간접계 측정 시스템은 제 2 간접계 센서를 포함하며, 상기 제 2 간접계 센서의 제 2 측정 빔은 제 2 측정 방향으로 상기 대상물 테이블의 제 2 반사 표면으로 지향되고, 상기 제 2 측정 방향은 상기 제 1 축에 평행한 제 3 성분 및 제 3 축에 평행한 제 4 성분을 가지며, 상기 제 3 축은 상기 제 1 축에 실질적으로 수직인 스테이지 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 반사 표면 및 상기 제 2 반사 표면은 상기 제 1 축에 대해 상기 대상물 테이블의 양측에 배치되고, 상기 측정 방향의 제 1 성분 및 상기 제 2 측정 방향의 제 3 성분은 동일한 방향을 갖고, 상기 측정 방향의 제 2 성분 및 상기 제 2 측정 방향의 제 4 성분은 반대 방향을 갖는 스테이지 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

기준 빔 및 상기 제 2 간접계 센서의 제 2 기준 빔은 실질적으로 동일한 길이를 갖는 스테이지 장치.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 측정 빔의 측정 방향 및 상기 제 2 측정 빔의 제 2 측정 방향은 상기 기관 상의 타겟 위치에서 교차하는 스테이지 장치.

청구항 12

입자 빔 장치로서,

기관에 입자 빔을 제공하도록 구성되는 입자 빔 발생기; 및

제 1 항에 따른 스테이지 장치

를 포함하고,

기준 빔에 의해 조사되도록 구성되는 간접계 센서의 반사 기준 표면은 상기 입자 빔 발생기에 배치되는 입자 빔 장치.

청구항 13

입자 빔 장치로서,

기관에 입자 빔을 제공하도록 구성되는 입자 빔 발생기; 및

제 1 항에 따른 스테이지 장치

를 포함하고,

반사 기준 표면은 상기 입자 빔 발생기를 지지하는 프레임에 배치되는 입자 빔 장치.

청구항 14

입자 빔 장치로서,

기관에 입자 빔을 제공하도록 구성되는 입자 빔 발생기; 및

제 8 항에 따른 스테이지 장치

를 포함하고,

기준 빔 방향 및 제 2 기준 빔의 제 2 기준 빔 방향은 상기 입자 빔 발생기 상의 제 2 타겟 위치에서 교차하는 입자 빔 장치.

청구항 15

제 1 항에 따른 스테이지 장치를 포함하는 장치로서,

상기 장치는 입자 빔 장치, e-빔 장치, e-빔 검사 장치, 리소그래피 장치, 메트롤로지 장치, 또는 진공 장치인 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2017년 10월 4일에 출원된 EP 출원 17194665.0의 우선권을 주장하며, 이는 본 명세서에서 그 전문이 인용참조된다.

[0002] 본 발명은 반도체 디바이스와 같은 견본(specimen)을 검사하도록 구성되는 전자 빔 검사 장치를 위한 스테이지 위치설정 디바이스에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 반도체 공정들에서는, 결함들이 불가피하게 발생된다. 이러한 결함들은 심지어 고장까지 디바이스 성능에 영향을 줄 수 있다. 따라서, 디바이스 수율이 영향을 받아, 비용 상승을 유도할 수 있다. 반도체 공정 수율을 제어하기 위해, 결함 모니터링이 중요하다. 결함 모니터링에 유용한 한가지 틀은 1 이상의 전자 빔을 사용하여 견본의 타겟부를 스캔하는 SEM(스캐닝 전자 현미경)이다.

[0004] 결함들을 확실하게 모니터링하기 위해, 타겟부 상의 1 이상의 전자 빔의 정확한 위치설정이 요구된다. 위치설정 조건들은 훨씬 더 작은 결함들을 모니터링하기 위해 더 향상되어야 할 수 있다. 동시에, 통상적으로 견본의 이동 속도뿐만 아니라 그 가속 및 감속을 증가시켜야 하는 높은 스루풋이 요구된다. 또한, 견본의 이동이 정지된 후에 검사 장치가 정착되게 할 수 있는 정착 시간이 감소될 필요가 있을 수 있다. 대체로, 상기 내용은 견본의 위치설정의 정확성 및 역학에 대한 조건들의 향상을 유도할 수 있다.

[0005] E-빔 검사 틀의 알려진 실시예에서, 광학 센서가 기관의 타겟 영역 또는 그 근처에서 대상물 테이블 상에 지지된 기관의 수직 높이 위치를 측정하기 위해 사용된다. 이 광학 센서는 높은 정확성으로 이 위치에서 기관의 높이 위치를 측정할 수 있다. 하지만, 광학 센서의 약 130 Hz의 제한된 측정 속도를 갖는다. 이는 광학 센서가 비교적 정확하지만 느린 측정 속도를 가짐을 의미한다.

[0006] e-빔 검사 틀의 성능에 대한 요구가 증가함에 따라, 위치설정 디바이스의 대역폭은 광학 센서의 이러한 성능에 의해 제한된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 e-빔 소스에 대한 대상물 테이블 상에 지지된 기관의 비교적 빠르고 충분히 정확한 위치설정을 허용하는 e-빔 검사 툴을 제공하는 것이다. 특히, 본 발명의 목적은 대상물 테이블 상에 지지된 기관의 높이 위치의 비교적 빠르고 충분히 정확한 결정을 허용하는 위치 측정 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 실시형태에 따르면:
- [0009] 지지 표면을 포함하는 대상물 테이블 -대상물 테이블은 지지 표면 상에 기관을 지지하도록 구성됨- ;
- [0010] 대상물 테이블을 위치시키도록 구성되는 위치설정 디바이스;
- [0011] 제 1 축에 평행한 대상물 테이블의 높이 위치를 측정하도록 구성되는 위치 센서를 포함하는 위치 측정 시스템 - 제 1 축은 지지 표면에 실질적으로 수직이고, 위치 센서는 간접계 센서를 갖는 간접계 측정 시스템을 포함함을 포함하는 스테이지 장치가 제공되며,
- [0012] 간접계 센서의 측정 빔은 측정 방향으로 대상물 테이블의 반사 표면을 조사(irradiate)하도록 구성되고, 측정 방향은 제 1 축에 평행한 제 1 성분 및 제 2 축에 평행한 제 2 성분을 가지며, 제 2 축은 제 1 축에 실질적으로 수직이다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 실시형태는 입자 빔 장치, e-빔 장치, e-빔 검사 장치, 리소그래피 장치, 메트롤로지 장치, 또는 진공 장치에 의해 구현될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 본 발명은 유사한 참조 번호들이 유사한 구조적 요소들을 나타내는 첨부된 도면들과 관련하여 다음의 상세한 설명에 의해 쉽게 이해될 것이다:
 - 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 e-빔 검사 툴의 개략적인 도면;
 - 도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에서 적용될 수 있는 전자 광학 시스템의 개략적인 도면;
 - 도 4는 본 발명에 따른 EBI 시스템의 가능한 제어 아키텍처를 개략적으로 도시하는 도면;
 - 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 e-빔 검사 툴의 제 1 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
 - 도 6은 본 발명에 따른 대상물 테이블 상에 지지된 기관의 높이를 제어하기 위한 제어 방식을 개략적으로 도시하는 도면;
 - 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 e-빔 검사 툴의 제 2 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
 - 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 e-빔 검사 툴의 제 3 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
 - 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 e-빔 검사 툴의 제 4 실시예를 개략적으로 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이제, 본 발명의 몇몇 예시적인 실시예들이 도시되는 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명의 다양한 예시적인 실시예들이 더 충분히 설명될 것이다. 도면들에서, 층들의 두께 및 구역들은 명확함을 위해 과장될 수 있다.
- [0016] 본 명세서에서 본 발명의 상세한 예시적인 실시예들이 개시된다. 하지만, 본 명세서에 개시된 특정한 구조적 및 기능적 세부사항들은 단지 본 발명의 예시적인 실시예들을 설명하기 위해 대표적인 것이다. 하지만, 본 발명은 많은 대안적인 형태들로 구현될 수 있으며, 본 명세서에 설명되는 실시예들에만 제한되는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0017] 따라서, 본 발명의 예시적인 실시예들은 다양한 변형예들 및 대안적인 형태들이 가능하지만, 그 실시예들이 도면들에서 예시로서 도시되어 있으며 본 명세서에서 상세하게 설명될 것이다. 하지만, 본 발명의 예시적인 실시예들을 개시된 특정 형태들로 제한하려는 의도는 없으며, 반대로 본 발명의 예시적인 실시예들은 본 발명의 범위 내에 속하는 모든 변형예, 균등물, 및 대안예를 포함하는 것으로 이해하여야 한다. 도면들의 설명 전체에 걸쳐 동일한 번호들은 동일한 요소들을 지칭한다.

- [0018] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "건본"이라는 용어는 일반적으로 관심있는 결합들(DOI)이 위치될 수 있는 웨이퍼 또는 여하한의 다른 건본을 지칭한다. "건본" 및 "샘플"이라는 용어들은 본 명세서에서 상호교환가능하게 사용되지만, 웨이퍼와 관련하여 본 명세서에 설명되는 실시예들은 여하한의 다른 건본(예를 들어, 레티클, 마스크 또는 포토마스크)에 대해 구성되고 및/또는 사용될 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0019] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "웨이퍼"라는 용어는 일반적으로 반도체 또는 비-반도체 재료로 형성된 기관들을 지칭한다. 이러한 반도체 또는 비-반도체 재료의 예시들은 단결정질 실리콘, 갈륨 비소 및 인듐 인화물을 포함하지만, 이에 제한되지는 않는다. 이러한 기관들은 반도체 제작 시설에서 보편적으로 발견 및/또는 처리될 수 있다.
- [0020] 본 발명에서, "축방향(axial)"은 "장치, 칼럼(column) 또는 디바이스, 예컨대 렌즈의 광학 축선 방향"을 의미하는 한편, "반경방향(radial)"은 "광학 축선에 수직인 방향"을 의미한다. 일반적으로, 광학 축선은 음극(cathode)에서 시작하고 건본에서 끝난다. 광학 축선은 모든 도면들에서 항상 z-축을 지칭한다.
- [0021] 크로스오버(crossover)라는 용어는 전자 빔이 포커스되는 지점을 지칭한다.
- [0022] 가상 소스라는 용어는, 음극으로부터 방출된 전자 빔이 "가상" 소스로 다시 추적될 수 있음을 의미한다.
- [0023] 본 발명에 따른 검사 틀은 하전 입자 소스, 특히 SEM, e-빔 검사 틀 또는 EBDW에 적용될 수 있는 e-빔 소스에 관한 것이다. 이 기술에서 e-빔 소스는 e-건(e-gun)(전자총)이라고도 칭해질 수 있다.
- [0024] 도면들과 관련하여, 도면은 실제 스케일로 도시되지 않음을 유의한다. 특히, 도면의 요소들 중 일부의 스케일은 요소의 특성을 강조하기 위해 크게 과장될 수 있다. 또한, 도면은 동일한 스케일로 도시되지 않음을 유의한다. 유사하게 구성될 수 있는 1보다 많은 도면에 나타난 요소들은 동일한 참조 번호를 사용하여 나타내었다.
- [0025] 도면들에서, 모든 구성요소 사이에서 및 각각의 구성요소의 상대 치수들은 명확함을 위해 과장될 수 있다. 도면들의 다음 설명 내에서, 동일하거나 유사한 참조 번호들은 동일하거나 유사한 구성요소를 또는 개체들을 지칭하고, 개별적인 실시예들에 대한 차이들만이 설명된다.
- [0026] 따라서, 본 발명의 예시적인 실시예들은 다양한 변형예들 및 대안적인 형태들이 가능하지만, 그 실시예들이 도면들에서 예시로서 도시되어 있으며 본 명세서에서 상세하게 설명될 것이다. 하지만, 본 발명의 예시적인 실시예들을 개시된 특정 형태들로 제한하려는 의도는 없으며, 반대로 본 발명의 예시적인 실시예들은 본 발명의 범위 내에 속하는 모든 변형예, 균등물, 및 대안예를 포함하는 것으로 이해하여야 한다.
- [0027] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 빔(e-빔) 검사(EBI) 시스템(100)의 평면도 및 단면도를 개략적으로 도시한다. 나타난 실시예는 인클로저(enclosure: 110), 검사될 대상물을 수용하고 검사된 대상물을 내보내기 위한 인터페이스로서 작용하는 한 쌍의 로드 포트(load port: 120)들을 포함한다. 나타난 실시예는 EFEM(equipment front end module)이라 칭하는 대상물 전달 시스템(130)을 더 포함하고, 이는 로드 포트들로부터 로드 포트들로부터 대상물들을 처리 및/또는 수송하도록 구성된다. 나타난 실시예에서, EFEM(130)은 EBI 시스템(100)의 로드 포트들과 로드 락(load lock: 150) 사이에서 대상물들을 수송하도록 구성되는 핸들러 로봇(handler robot: 140)을 포함한다. 로드 락(150)은 인클로저(110) 외부 및 EFEM에서 발생하는 분위기 조건들과, EBI 시스템(100)의 진공 챔버(160)에서 발생하는 진공 조건들 사이의 인터페이스이다. 나타난 실시예에서, 진공 챔버(160)는 검사될 대상물, 예를 들어 반도체 기관 또는 웨이퍼 상으로 e-빔을 투영하도록 구성되는 전자 광학기 시스템(170)을 포함한다. EBI 시스템(100)은 전자 광학기 시스템(170)에 의해 발생하는 e-빔에 대해 대상물(190)을 변위시키도록 구성되는 위치설정 디바이스(180)를 더 포함한다.
- [0028] 일 실시예에서, 위치설정 디바이스는 실질적으로 수평인 평면에서 대상물을 위치시키는 XY-스테이지, 및 수직 방향에서 대상물을 위치시키는 Z-스테이지와 같은 다수 위치설정기들의 캐스케이드 구성(cascaded arrangement)을 포함할 수 있다.
- [0029] 일 실시예에서, 위치설정 디바이스는 비교적 먼 거리에 걸쳐 대상물의 개략적인 위치설정을 제공하도록 구성되는 개략 위치설정기(coarse positioner) 및 비교적 짧은 거리에 걸쳐 대상물의 미세한 위치설정을 제공하도록 구성되는 미세 위치설정기(fine positioner)의 조합을 포함할 수 있다.
- [0030] 일 실시예에서, 위치설정 디바이스(180)는 EBI 시스템(100)에 의해 수행되는 검사 프로세스 동안 지지 표면에 대상물을 유지하는 대상물 테이블을 더 포함한다. 지지 표면은 버얼 테이블(burl table) 및/또는 클램프일 수 있다. 이러한 실시예에서, 대상물(190)은 정전기 클램프와 같은 클램프에 의해 대상물 테이블의 지지 표면

상에 클램핑될 수 있다. 이러한 클램프가 대상물 테이블에 통합될 수 있다.

- [0031] 본 발명에 따르면, 위치설정 디바이스(180)는 대상물 테이블을 위치시키는 제 1 위치설정기, 및 제 1 위치설정기와 대상물 테이블을 위치시키는 제 2 위치설정기를 포함한다.
- [0032] 본 발명에 적용되는 바와 같은 위치설정 디바이스(180)는 아래에서 더 상세하게 설명될 것이다.
- [0033] 도 2는 본 발명에 따른 e-빔 검사 툴 또는 시스템에 적용될 수 있는 전자 광학기 시스템(200)의 일 실시예를 개략적으로 도시한다. 전자 광학기 시스템(200)은 전자총(210)이라고 칭하는 e-빔 소스 및 이미징 시스템(240)을 포함한다.
- [0034] 전자총(210)은 전자 소스(212), 서프레서(suppressor: 214), 양극(anode: 216), 어퍼처(aperture)들의 세트(218), 및 콘덴서(220)를 포함한다. 전자 소스(212)는 쇼트키 방출기(Schottky emitter)일 수 있다. 더 구체적으로, 전자 소스(212)는 세라믹 기관, 2 개의 전극, 텅스텐 필라멘트, 및 텅스텐 핀을 포함한다. 2 개의 전극들은 세라믹 기관에 평행하게 고정되고, 2 개의 전극들의 다른 측들은 텅스텐 필라멘트의 2 개의 단부들에 각각 연결된다. 텅스텐은 약간 구부러져 텅스텐 핀을 배치하기 위한 팁(tip)을 형성한다. 다음으로, ZrO₂가 텅스텐 핀의 표면에 코팅되고, 1300 °C로 가열되어 용융되며, 텅스텐 핀을 덮지만 텅스텐 핀의 핀포인트(pinpoint)는 덮지 않는다. 용융된 ZrO₂는 텅스텐의 일 함수를 낮추게 하고, 방출된 전자의 에너지 장벽을 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 전자 빔(202)이 효율적으로 방출된다. 그 후, 서프레서(214)에 음전기를 인가함으로써 전자 빔(202)이 억제된다. 따라서, 큰 확산 각도를 갖는 전자 빔은 일차 전자 빔(202)에 대해 억제되며, 이에 따라 전자 빔(202)의 밝기가 향상된다. 양극(216)의 양전하에 의해, 전자 빔(202)이 추출될 수 있고, 그 후 전자 빔(202)의 쿨롱의 강제력은 어퍼처 외부의 불필요한 전자 빔을 제거하기 위해 상이한 어퍼처 크기들을 갖는 조절가능한 어퍼처(218)를 사용함으로써 제어될 수 있다. 전자 빔(202)을 모으기 위해, 콘덴서(220)가 전자 빔(202)에 적용되며, 이는 또한 배율을 제공한다. 도 2에 나타난 콘덴서(220)는 예를 들어 전자 빔(202)을 모을 수 있는 정전기 렌즈일 수 있다. 반면에, 콘덴서(220)는 자기 렌즈일 수도 있다.
- [0035] 도 3에 나타난 바와 같은 이미징 시스템(240)은 블랭커(blanker: 248), 어퍼처들의 세트(242), 검출기(244), 4 개의 디플렉터 세트(250, 252, 254, 및 256), 한 쌍의 코일들(262), 요크(yoke: 260), 필터(246), 및 전극(270)을 포함한다. 전극(270)은 전자 빔(202)을 지연시키고 편향시키기 위해 사용되며, 상부 극편(upper pole piece) 및 샘플(300)의 조합으로 인해 정전기 렌즈 기능을 더 갖는다. 또한, 코일(262) 및 요크(260)은 자기 대물 렌즈로 구성된다.
- [0036] 앞서 설명된 전자 빔(202)은 전자 핀을 가열하고 양극(216)에 전기장을 인가함으로써 생성되며, 전자 빔(202)을 안정화하기 위해서는 전자 핀을 가열하는 데 오랜 시간이 필요하다. 사용자 측에서, 이는 확실히 시간 소모적이고 불편하다. 따라서, 블랭커(248)는 전자 빔(202)을 끄기보다는 샘플로부터 멀어지게 일시적으로 편향시키기 위해 집광된 전자 빔(202)에 적용된다.
- [0037] 디플렉터들(250 및 256)은 전자 빔(202)을 큰 시야로 스캔하기 위해 적용되고, 디플렉터들(252 및 254)은 전자 빔(202)을 작은 시야로 스캔하기 위해 사용된다. 모든 디플렉터들(250, 252, 254 및 256)은 전자 빔(202)의 스캐닝 방향을 제어할 수 있다. 디플렉터들(250, 252, 254 및 256)은 정전기 디플렉터 또는 자기 디플렉터일 수 있다. 요크(260)의 개구부(opening)는 샘플(300)을 향하고, 이는 샘플(300) 내로 자기장을 침투시킨다. 반면에, 전극(270)은 요크(260)의 개구부 아래에 배치되므로, 샘플(300)이 손상되지 않을 것이다. 전자 빔(202)의 색수차를 보정하기 위해, 지연기(270), 샘플(300) 및 상부 극편은 렌즈를 형성하여 전자 빔(202)의 색수차를 제거한다.
- [0038] 또한, 전자 빔(202)이 샘플(300)에 충돌할 때, 이차 전자가 샘플(300)의 표면으로부터 나올 것이다. 다음에, 이차 전자는 필터(246)에 의해 검출기(244)로 지향된다.
- [0039] 도 4는 본 발명에 따른 EBI 시스템의 가능한 제어 아키텍처를 개략적으로 도시한다. 도 1에 나타난 바와 같이, EBI 시스템은 로드 락, 웨이퍼 전달 시스템, 로드/락, 전자 광학기 시스템, 및 예를 들어 z-스테이지와 x-y 스테이지를 포함한 위치설정 디바이스를 포함한다. 나타난 바와 같이, EBI 시스템의 이 다양한 구성요소들에는 각각의 제어기, 즉 웨이퍼 전달 시스템에 연결된 웨이퍼 수송기 시스템 제어기, 로드/락 제어기, 전자 광학기 제어기, 검출기 제어기, 스테이지 제어기가 구비될 수 있다. 이 제어기들은, 예를 들어 통신 버스를 통해, 예를 들어 시스템 제어기 컴퓨터 및 이미지 처리 컴퓨터에 통신 연결될 수 있다. 나타난 실시예에서, 시스템 제어기 컴퓨터 및 이미지 처리 컴퓨터는 워크 스테이션에 연결될 수 있다.
- [0040] 로드 포트는 EREM(130)과 같은 웨이퍼 전달 시스템에 웨이퍼를 로딩하고, 웨이퍼 전달 시스템 제어기는 로드 락

(150)과 같은 로드/락으로 웨이퍼를 전달하도록 웨이퍼 전달을 제어한다. 로드/락 제어기는 챔버에 대한 로드/락을 제어하여, 검사될 대상물 예를 들어 웨이퍼가 클램프, 예를 들어 e-척이라고도 하는 정전기 클램프에 고정될 수 있도록 한다. 위치설정 디바이스, 예를 들어 z-스테이지 및 xy-스테이지는 스테이지 제어기에 의해 웨이퍼가 이동할 수 있게 한다. 일 실시예에서, z-스테이지의 높이는 예를 들어 피에조 액추에이터와 같은 피에조 구성요소를 사용하여 조정될 수 있다. 전자 광학기 제어기는 전자 광학기 시스템의 모든 조건들을 제어할 수 있고, 검출기 제어기는 전자 광학기 시스템으로부터 전기 신호를 수신하여 이미지 신호로 변환할 수 있다. 시스템 제어기 컴퓨터는 대응하는 제어기로 명령을 보내기 위한 것이다. 이미지 신호를 수신한 후, 이미지 처리 컴퓨터는 이미지 신호를 처리하여 결함을 식별할 수 있다.

[0041] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 e-빔 검사 툴(100)의 일 실시예의 측면도를 개략적으로 도시한다. e-빔 검사 툴(100)은 전자 광학기 시스템(200)을 포함한다. 전자 광학기 시스템(200)은 도 2와 관련하여 설명된 바와 같이 전자총(210) 및 이미징 시스템(240)을 포함한다.

[0042] 전자 광학기 시스템(200)은 위치설정 디바이스(180)의 이동가능한 대상물 테이블(3) 위에 배치된다. 대상물 테이블(3)은 대상물, 특히 기관(190)을 지지하도록 배치된다. 대상물 테이블(3)은, 전자 광학기 시스템(200)으로부터의 전자 빔이 기관(190), 특히 그 상부면을 검사하는 데 사용될 수 있도록 전자 광학기 시스템(200)과 기관(190)의 타겟부를 정렬시키기 위해 x-방향, y-방향 및 z-방향으로 이동가능하다.

[0043] 전자 광학기 시스템(200)과 기관(190)의 타겟부를 적절히 정렬시키기 위해, 전자 광학기 시스템(200)에 대한 대상물 테이블(3)의 위치를 제어하도록 배치되는 위치 제어 시스템이 제공된다.

[0044] 위치 제어 시스템은 위치 측정 시스템(5), 제어기(6) 및 적어도 하나의 액추에이터(7)를 포함한다. 위치 측정 시스템(5)은 전자 광학기 시스템(200)에 대해 대상물 테이블(3) 상에 지지된 기관(190)의 위치를 결정하도록 배치된다. 위치 측정 시스템(5)은 기관(190)의 높이 위치를 측정하기 위한 제 1 위치 센서(8)를 포함한다. 제 1 위치 센서(8)는 전자 광학기 시스템(200)과 기관(190) 사이의 거리를 직접 측정하기 위해 전자 광학기 시스템(200) 상에 장착되는 광학 센서이다.

[0045] 제 1 위치 센서(8)는 전자 광학기 시스템(200)과 기관(190)의 상부면의 타겟부 사이의 거리를 직접 측정하기 때문에, 제 1 위치 센서(8)는 높은 정확성으로 전자 광학기 시스템(200)에 대한 기관(190)의 타겟부의 수직 위치를 결정할 수 있다. 하지만, 기관(190)의 상부면의 높이 위치의 이러한 직접 측정에 통상적으로 사용되는 광학 센서들은 비교적 낮은 측정 속도, 예를 들어 100 내지 150 Hz의 측정 주파수율을 갖는다.

[0046] 위치 측정 시스템은 제 1 간접계 센서(9) 및 제 2 간접계 센서(10)를 더 포함한다.

[0047] 제 1 간접계 센서(9)는 제 1 측정 빔(11) 및 제 1 기준 빔(12)을 제공한다. 제 1 측정 빔(11)은 제 1 측정 방향으로 대상물 테이블(3) 상의 제 1 반사 표면(13)으로 지향된다. 제 1 기준 빔(12)은 제 1 기준 빔 방향으로 전자 광학기 시스템(200)에 장착된 제 1 반사 요소 상에 제공된 제 1 반사 기준 표면(14)으로 지향된다. 제 1 측정 방향 및 제 1 기준 빔 방향은 서로 평행하다. 이는 제 1 간접계 센서(9)에 의한 위치 측정이 제 1 간접계 센서(9)의 변위에 민감하지 않게 한다. 제 1 기준 빔(12)이 제 1 반사 기준 표면(14)으로 지향되기 때문에, 제 1 간접계 센서(9)는 제 1 측정 방향에서 전자 광학기 시스템(200)과 대상물 테이블(3) 사이의 상대 변위를 직접 측정한다.

[0048] 대응하여, 제 2 간접계 센서(10)는 제 2 측정 빔(15) 및 제 2 기준 빔(16)을 제공한다. 제 2 측정 빔(15)은 제 2 측정 방향으로 대상물 테이블(3) 상의 제 2 반사 표면(17)으로 지향된다. 제 2 기준 빔(16)은 제 2 기준 빔 방향으로 전자 광학기 시스템(200)에 장착된 제 2 반사 요소 상에 제공된 제 2 반사 기준 표면(18)으로 지향된다. 제 2 측정 방향 및 제 2 기준 빔 방향은 서로 평행하다. 이는 제 2 간접계 센서(10)에 의한 위치 측정이 제 2 간접계 센서(10)의 변위에 민감하지 않게 한다. 제 2 기준 빔(16)이 제 2 반사 기준 표면(18)으로 지향되기 때문에, 제 2 간접계 센서(10)는 전자 광학기 시스템(200)과 대상물 테이블(3) 사이의 상대 변위를 직접 측정한다.

[0049] 제 1 반사 표면(13) 및 제 2 반사 표면(17)은 대상물 테이블의 양측에, 바람직하게는 대상물 테이블(3)의 수직 축(또한 제 1 축으로 더 나타냄)에 대해 대상물 테이블의 양측면에 배치될 수 있다.

[0050] 도 5의 실시예에서, 대상물 테이블(3)의 측표면들이 제 1 반사 표면(13) 및 제 2 반사 표면(17)으로서 사용된다. 대안적인 실시예들에서, 제 1 반사 표면 및/또는 제 2 반사 표면은 대상물 테이블(3)에 장착된 반사 표면 요소 상에 제공될 수 있다.

- [0051] 제 1 반사 기준 표면(14) 및 제 2 반사 기준 표면(18)은 전자 광학기 시스템(200), 특히 전자총(210)에 견고하게 연결되는 여하한의 적절한 위치에 제공될 수 있다. 상기 위치는 전자총(210), 이미징 시스템(240), 예를 들어 그 하우징 또는 프레임일 수 있다. 제 1 반사 기준 표면(14) 및 제 2 반사 기준 표면(18)은 이 위치에 직접 제공될 수 있거나, 또는 도 5에 나타난 바와 같이 각각의 위치에 장착된 별도의 반사 요소들 상에 제공될 수 있다.
- [0052] 나타난 실시예에서, 제 1 측정 방향은 (도 5에 나타난 x-방향으로의) 수평 성분 및 (도 5에 나타난 z-방향으로의) 수직 성분을 포함한다. 대응하여, 제 2 측정 방향은 (도 5에 나타난 x-방향으로의) 수평 성분 및 (도 5에 나타난 z-방향으로의) 수직 성분을 포함한다. 제 1 측정 방향 및 제 2 측정 방향의 수평 성분들은 서로 반대이며, 즉 양의 x-방향 및 음의 x-방향이다. 제 1 측정 방향 및 제 2 측정 방향의 수직 성분들은 둘 다 위를 향해 연장된다.
- [0053] 제 1 간섭계 센서(9) 및 제 2 간섭계 센서(10)의 간섭계 측정들의 사전정의되거나 캘리브레이션된 선형 조합들을 계산함으로써, x- 및 z-방향에서의 대상물 테이블(3)의 변위들이 결정될 수 있다. 도 5에 나타난 실시예에서, x-방향으로의 변위는 제 1 간섭계 센서(9) 및 제 2 간섭계 센서(10)의 간섭계 측정들의 차이에 비례하는 한편, z 변위는 제 1 간섭계 센서(9) 및 제 2 간섭계 센서(10)의 간섭계 측정들의 합에 비례한다. 이 실시예에서의 x 변위 측정은 전자 광학기 시스템(200)의 x-방향으로의 균질한 팽창으로 인한 측정 오차와 같은 제 1 간섭계 센서(9)와 제 2 간섭계 센서(10) 사이의 일부 공통 측정 오차들에 의해 영향을 받지 않는다.
- [0054] 제 1 기준 빔(12) 및 제 2 기준 빔(16)은 동일한 길이를 갖도록 배치될 수 있다. 이는 이 실시예에서의 x 변위 측정이 전자 광학기 시스템(200)의 x-방향으로의 균질한 팽창과 같은 동일한 크기 및 반대 부호를 갖는 반사 기준 표면들(14, 18)의 변위들에 민감하지 않게 한다.
- [0055] 제 1 측정 방향과 제 1 측정 방향의 수평 성분 사이의 각도는, 예를 들어 2 내지 20 도의 범위에 있을 수 있으며, 예를 들어 5 도일 수 있다. 또한, 제 2 측정 방향과 제 2 측정 방향의 수평 성분 사이의 각도는 2 내지 20 도의 범위에 있을 수 있으며, 예를 들어 5 도일 수 있다. 바람직하게는, 이 각도들은 동일하다. 제 1 반사 표면(13), 제 1 반사 기준 표면(14), 제 2 반사 표면(17), 및 제 2 반사 기준 표면(18)은 각각 제 1 측정 방향, 제 1 기준 빔 방향, 제 2 측정 방향 및 제 2 기준 빔 방향에 수직으로 배치된다.
- [0056] x-방향, y-방향 및/또는 z-방향으로의 대상물 테이블(3)의 이동은, 제 1 측정 빔(11)이 제 1 반사 표면(13)의 측정 범위 내의 또 다른 위치에서 반사되게 하고, 제 2 측정 빔(15)이 제 2 반사 표면(17)의 측정 범위의 또 다른 위치에서 반사되게 할 것임을 주목한다. 제 1 반사 표면(13) 및 제 2 반사 표면(17)의 측정 범위들은 직사각형일 수 있고 실질적인 치수를 가질 수 있다.
- [0057] 제 1 측정 빔(11)이 제 1 반사 표면(13)에서 반사되는 위치에 따라, 반사 거동이 상이할 수 있다. 제 1 반사 표면(13)의 측정 범위 내의 상이한 위치들 사이의 이러한 반사 거동의 차이를 고려하기 위해, 위치 측정 시스템(5) 및/또는 제어기(6)는 제 1 반사 표면(13)에 대한 보정 맵을 포함하여 제 1 반사 표면(13)의 상이한 위치들의 반사 거동의 차이들을 보정할 수 있다. 유사하게, 위치 측정 시스템(5) 및/또는 제어기(6)는 제 2 반사 표면(17)에 대한 보정 맵을 포함하여 제 2 반사 표면(17)의 상이한 위치들의 반사 거동의 차이들을 보정할 수 있다. 또한, 보정 맵들은 제 1 반사 표면(13) 및 제 2 반사 표면(17)의 조합에 대해 제공될 수 있다.
- [0058] 제 1 측정 빔(11)의 제 1 측정 방향 및 제 2 측정 빔(15)의 제 2 측정 방향은 기관(190) 상의 타겟 위치(19)에서 교차한다. 타겟부가 전자 광학기 시스템(200)에 대해 올바르게 위치되는 경우, 이 위치는 또한 크로스오버 위치, 즉 전자 빔이 포커스되는 지점이다. 이는 y-방향의 회전축을 중심으로 한 대상물 테이블(3)의 회전에 의해 야기되는 대상물 테이블(3)의 상이한 방위들을 보정할 필요없이 타겟 위치(19)의 x-위치의 정확한 결정을 가능하게 한다. 당업자는 이 측정을 '아베(Abbe)에서의 측정' 또는 '스몰 아베 아암(small Abbe arm)에서의 측정'이라고 지칭할 것이다.
- [0059] 하지만, 제 1 기준 빔 방향 및 제 2 기준 빔 방향은 전자 광학기 시스템(200)의 관심 위치(20) 위의 위치에서 교차한다. 그러므로, 전자 광학기 시스템(200)의 x-방향 및/또는 y-방향의 축을 중심으로 한 여하한의 회전이 제 1 간섭계 센서(9) 및 제 2 간섭계 센서(10)의 측정 시 아베 오차를 방지하도록 보상되는 것이 바람직하다. 가속도 센서(21)가 전자 광학기 시스템(200) 상에 장착되어 전자 광학기 시스템(200)의 가속도를 측정한다. 이 측정된 가속도에 기초하여, 전자 광학기 시스템(200)의 회전이 검출되고 보상될 수 있다. 전자 광학기 시스템(200)의 회전을 결정하기에 적절한 여하한의 다른 센서가 적용될 수도 있다.
- [0060] x-방향 및 z-방향에 수직인 제 3 측정 방향, 즉 y-방향에서의 대상물 테이블(3)의 위치를 제 3 측정 빔(23)으로

결정하기 위해 제 3 간섭계 센서(22)가 제공된다. 제 3 측정 빔(23)은 대상물 테이블(3) 상의 제 3 반사 표면(24)에서 반사된다. 제 3 반사 표면(24)은 x-z 평면에서, 즉 y-방향에 수직으로 연장된다. 제 3 간섭계 센서(22)는 y-방향으로 대상물 테이블(3)의 이동을 허용하도록 대상물 테이블(3)로부터 이격되어 배치된다. 제 3 간섭계 센서(22)는 여하한의 적절한 지지체, 예를 들어 진동 격리 지지 프레임 상에 장착될 수 있다.

- [0061] 제 3 간섭계 센서(22)가 대상물 테이블(3)과 전자 광학기 시스템(200) 사이의 상대 변위를 직접 측정하도록, 제 3 간섭계 센서(22)의 기준 빔이 전자 광학기 시스템(200) 상의 제 3 반사 기준 표면으로 지향되고 반사될 수 있음을 주목한다.
- [0062] 제 1 간섭계 센서(9), 제 2 간섭계 센서(10) 및 제 3 간섭계 센서(22)는 3 자유도, 즉 x-방향, y-방향 및 z-방향에서 대상물 테이블(3)의 위치를 결정하도록 충분한 측정 데이터를 제공한다. 원하는 경우, x-방향, y-방향 및/또는 z-방향으로 연장되는 축선을 중심으로 한 대상물 테이블(3)의 회전을 측정하기 위해 추가 간섭계 센서들 또는 다른 센서 디바이스들이 제공될 수 있다. 바람직하게는, 위치 측정 시스템(5)은 6 자유도 모두에서 대상물 테이블(3)의 위치 및 회전을 결정하기 위해 적어도 6 개의 간섭계 센서들을 포함한다.
- [0063] 간섭계 센서들(9, 10, 22)은 대상물 테이블(3) 상에 지지된 기관(190)의 높이 레벨을 직접 측정하는 데 사용되는 제 1 위치 센서(8)의 측정 속도와 비교하여 비교적 빠른 측정 속도로 대상물 테이블(3)의 위치를 결정할 수 있다. 그러나 간섭계 센서들(9, 10)은 대상물 테이블(3) 상의 기관(190)의 높이 위치를 간접적으로 측정하며, 즉 간섭계 센서들(9, 10)은 대상물 테이블(3)의 상대적인 높이 변위를 측정하고 이 측정에 기초하여 기관의 높이 위치가 계산된다. 하지만, 기관(190)의 두께 또는 평탄하지 않음으로 인한 높이 차이와 같은 기관(190)의 소정 국부적 특성들이 간섭계 센서들(9, 10)에 의해 측정될 수 없으므로, 기관(190)의 높이 위치가 간섭계 센서들(9, 10)의 측정에만 기초하여 결정되는 경우에 고려되지 않을 것이다. 하지만, 제 1 위치 센서(8)는 기관(190)의 상부면의 높이를 직접 측정하기 때문에, 기관(190)의 이 국부적 특성들이 제 1 위치 센서(8)의 측정 시 고려된다.
- [0064] 그러므로, 본 발명에 따르면, 제 1 위치 센서(8) 및 간섭계 센서들(9, 10, 22) 모두의 측정 결과들이 전자 광학기 시스템(200)에 대해 대상물 테이블(3) 상에 지지된 기관(190)을 적절히 정렬시키기 위해 위치 제어 시스템에서 사용된다.
- [0065] 도 6은 전자 광학기 시스템(200)에 의해 방출된 전자 빔이 기관(190)을 검사하기 위해 기관(190)의 상부면에 포커스될 수 있도록 전자 광학기 시스템(200)에 대한 기관(190)의 타겟부의 위치를 제어하기 위한 제어 방식을 나타낸다. 제어 방식은 마스터 제어 루프(50) 및 슬레이브 제어 루프(51)를 포함한다. 제어기(6)는 마스터 제어 루프(50)에 배치되는 마스터 제어기(52) 및 슬레이브 제어 루프(51)에 배치되는 슬레이브 제어기(53)를 포함한다.
- [0066] 설정점 생성기(set-point generator: 54)가 전자 광학기 시스템(200)에 대한 기관(190)의 높이 위치, 즉 기관(190), 특히 그 타겟부의 원하는 높이 위치에 대한 설정점(sp)을 제공한다. 설정점(sp)은 제 1 위치 센서(8)에 의해 측정된 바와 같은 높이 위치(h1)와 비교된다. 이 비교에 기초하여, 마스터 제어기(52)는 슬레이브 제어 루프(51)에 대한 입력 신호로서 슬레이브 설정점 신호(ssp)를 제공한다. 슬레이브 제어 루프(51)에서, 슬레이브 설정점 신호(ssp)는 제 1 간섭계 센서(9) 및 제 2 간섭계 센서(10)의 측정들에 기초하여 결정된 기관(190)의 수직 위치와 비교된다.
- [0067] 슬레이브 제어기(53)는 대상물 테이블(3)을 원하는 높이 위치(h)로 이동시키기 위해 적어도 하나의 액추에이터(7)를 작동시키는 데 사용되는 작동 신호(a)를 제공한다.
- [0068] 따라서, 슬레이브 제어 루프(51)에서, 대상물 테이블(3)의 높이 위치의 비교적 빠른 측정이 기관(190)의 높이 위치(h)를 제어하는 데 사용된다. 제 1 및 제 2 간섭계 센서들(9, 10)의 빠른 측정 속도로 인해, 슬레이브 제어 루프의 대역폭은 높으며, 예를 들어 300 Hz보다 높다.
- [0069] 동시에, 제 1 위치 센서(8)의 직접적이지만 덜 빠른 측정들은 마스터 제어기(52)에서, 슬레이브 제어 루프(51)에 대한 입력으로서 사용되는 슬레이브 설정점(ssp)을 업데이트하는 데 사용된다.
- [0070] 도 6에 나타난 바와 같은 마스터-슬레이브 구성은 제 1 위치 센서(8) 및 제 1 및 제 2 간섭계 센서들(9, 10) 모두의 특성들이 유리하게 사용되는, 전자 광학기 시스템(200)에 대한 기관(190)의 높이 위치를 제어하는 유리한 방식을 제공하는 것으로 밝혀졌다.
- [0071] 도 7은 특히 간섭계 센서들의 구성에서의 위치 측정 시스템(5)의 대안적인 실시예를 나타낸다. 위치 측정 시스

템(5)은 제 1 간섭계 센서(28) 및 제 2 간섭계 센서(29)를 포함한다. 제 1 간섭계 센서(28)는 제 1 반사 표면(13)과 제 1 간섭계 센서(28) 사이의 상대 변위를 측정하기 위해 제 1 측정 빔(11)을 제공한다. 대응하여, 제 2 간섭계 센서(29)는 제 2 반사 표면(17)과 제 2 간섭계 센서(29) 사이의 상대 변위를 측정하기 위해 제 2 측정 빔(15)을 제공한다. 도 7에 나타난 위치 측정 시스템(5)에서, 제 1 간섭계 센서(28) 및 제 2 간섭계 센서(29)의 반사 기준 표면들은 각각 제 1 간섭계 센서(28) 및 제 2 간섭계 센서(29)에 통합된다. 결과로서, 제 1 간섭계 센서(28) 및 제 2 간섭계 센서(29)는 대상물 테이블(3)과 전자 광학기 시스템(200) 사이의 상대 변위가 아니라, 대상물 테이블과 각각의 제 1 간섭계 센서(28) 또는 제 2 간섭계 센서(29) 사이의 상대 변위를 직접 측정한다.

[0072] 전자 광학기 시스템(200)의 위치를 결정하기 위해, 제 1 추가 간섭계 센서(30) 및 제 2 추가 간섭계 센서(31)가 제공된다. 제 1 추가 간섭계 센서(30)는 전자 광학기 시스템(200)의 제 1 반사 기준 표면(714)에 수직으로 지향되는 제 1 추가 측정 빔(712)을 제공한다. 제 2 추가 간섭계 센서(31)는 전자 광학기 시스템(200)의 제 2 반사 기준 표면(718)에 수직으로 지향되는 제 2 추가 측정 빔(716)을 제공한다. 제 1 간섭계 센서(28), 제 2 간섭계 센서(29), 제 1 추가 간섭계 센서(30) 및 제 2 추가 간섭계 센서(31)는 바람직하게는 간섭계 센서들(28, 29, 30, 31)의 상대 위치들이 동일하게 유지되도록 동일한 프레임 상에 장착된다.

[0073] 제 1 간섭계 센서(28), 제 2 간섭계 센서(29), 제 1 추가 간섭계 센서(30) 및 제 2 추가 간섭계 센서(31)의 조합은 위치 측정 시스템(5)이 x-방향 및 z-방향에서 전자 광학기 시스템(200)에 대한 대상물 테이블(3)의 위치를 결정할 수 있게 한다. 이 측정된 위치는 도 6에 나타난 바와 같은 슬레이브 제어 루프(51)에서 사용될 수 있다.

[0074] 제 1 추가 측정 빔(712) 및 제 2 추가 측정 빔(716)은 실질적으로 동일한 길이를 갖도록 배치될 수 있다. 이는 이 실시예에서의 x 변위 측정이 전자 광학기 시스템(200)의 x-방향으로의 균질한 팽창과 같은 동일한 크기 및 반대 부호를 갖는 반사 기준 표면들(714, 718)의 변위들에 민감하지 않게 한다.

[0075] 도 7의 실시예의 중요한 이점은, 제 1 추가 측정 빔(712) 및 제 2 추가 측정 빔(716)의 측정 방향들이 전자 광학기 시스템(200)의 관심 위치(20)에서 교차한다는 것이다. 결과로서, 위치 측정은 도 5의 실시예에 대해 앞서 설명된 바와 같은 아베 오차의 보상을 필요로 하지 않을 수 있다. 하지만, 위치 측정 시스템(5)은 전자 광학기 시스템(200)의 위치를 측정하기 위해 추가적인 간섭계 센서들(30, 31)을 필요로 한다.

[0076] 도 8은 특히 간섭계 센서들의 구성에서의 위치 측정 시스템(5)의 또 다른 대안적인 실시예를 나타낸다. 제 1 간섭계 센서(809)는 제 1 측정 빔(11) 및 제 1 기준 빔(812)을 제공한다. 제 1 측정 빔(11)은 제 1 측정 방향으로 대상물 테이블(3) 상의 제 1 반사 표면(13)으로 지향된다. 제 1 기준 빔(812)은, 바람직하게는 수평면에 평행한 제 1 기준 빔 방향으로 메트롤로지 프레임(300)에 장착된 제 1 반사 요소 상에 제공된 제 1 반사 기준 표면(814)으로 지향된다.

[0077] 제 2 간섭계 센서(810)는 제 2 측정 빔(15) 및 제 2 기준 빔(816)을 제공한다. 제 2 측정 빔(15)은 제 2 측정 방향으로 대상물 테이블(3) 상의 제 2 반사 표면(17)으로 지향된다. 제 2 기준 빔(816)은, 바람직하게는 수평면에 평행한 제 2 기준 빔 방향으로 메트롤로지 프레임(300)에 장착된 제 2 반사 요소 상에 제공된 제 2 반사 기준 표면(818)으로 지향된다.

[0078] 제 1 기준 빔(812) 및 제 2 기준 빔(816)은 실질적으로 동일한 길이를 갖도록 배치될 수 있다. 이는 이 실시예에서의 x 변위 측정이 기준 빔(300)의 x-방향으로의 균질한 팽창과 같은 동일한 크기 및 반대 부호를 갖는 반사 기준 표면들(814, 818)의 변위들에 민감하지 않게 한다.

[0079] 도 9는 특히 간섭계 센서들의 구성에서의 위치 측정 시스템(5)의 또 다른 대안적인 실시예를 나타낸다. 제 1 간섭계 센서(909)는 제 1 측정 빔(11) 및 제 1 기준 빔(912)을 제공한다. 제 1 측정 빔(11)은 제 1 측정 방향으로 대상물 테이블(3) 상의 제 1 반사 표면(13)으로 지향된다. 제 1 기준 빔(912)은 제 1 기준 빔 방향으로 메트롤로지 프레임(300)에 장착된 제 1 반사 요소 상에 제공된 제 1 반사 기준 표면(914)으로 지향된다. 제 1 측정 방향 및 제 1 기준 빔 방향은 서로 평행하다. 이는 제 1 간섭계 센서(909)에 의한 위치 측정이 제 1 간섭계 센서(909)의 변위에 민감하지 않게 한다.

[0080] 제 2 간섭계 센서(910)는 제 2 측정 빔(15) 및 제 2 기준 빔(916)을 제공한다. 제 2 측정 빔(15)은 제 2 측정 방향으로 대상물 테이블(3) 상의 제 2 반사 표면(17)으로 지향된다. 제 2 기준 빔(916)은 제 2 기준 빔 방향으로 메트롤로지 프레임(300)에 장착된 제 2 반사 요소 상에 제공된 제 2 반사 기준 표면(918)으로 지향된다. 제 2 측정 방향 및 제 2 기준 빔 방향은 서로 평행하다. 이는 제 2 간섭계 센서(910)에 의한 위치 측정이 제 2 간

접계 센서(910)의 변위에 민감하지 않게 한다.

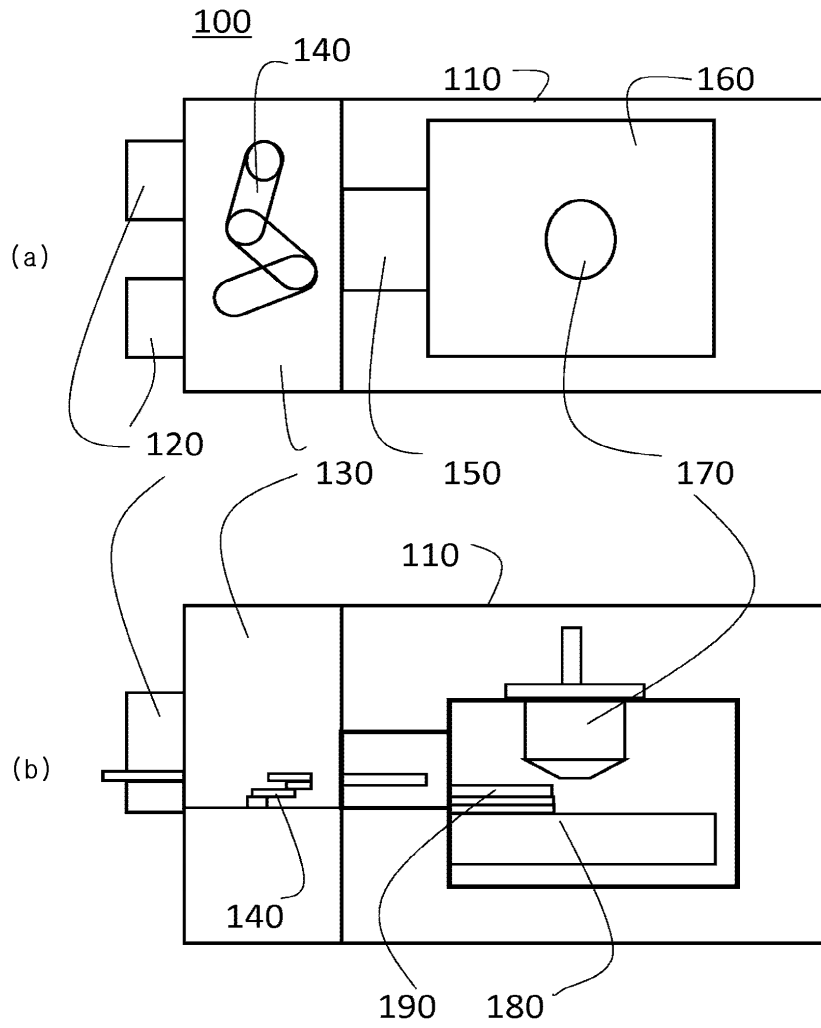
- [0081] 제 1 기준 빔(912) 및 제 2 기준 빔(916)은 실질적으로 동일한 길이를 갖도록 배치될 수 있다. 이는 이 실시예에서의 x 변위 측정이 기준 빔(300)의 x-방향으로의 균질한 팽창과 같은 동일한 크기 및 반대 부호를 갖는 반사 기준 표면들(914, 918)의 변위들에 민감하지 않게 한다.
- [0082] 또 다른 대안적인 실시예에서, 제 1 및 제 2 간섭계 센서들은 제 1 및 제 2 측정 빔이 도 7의 제 1 및 제 2 추가 간섭계 센서(30, 31)와 유사한 수직 하향 성분을 갖도록 제 1 반사 표면 및 제 2 반사 표면보다 높은 높이 레벨에 배치될 수 있다는 것을 주목한다. 이러한 실시예에서, 제 1 및 제 2 간섭계 센서들의 기준 빔들은 대상물 테이블(3)과 전자 광학기 시스템(200) 사이의 상대 변위를 직접 측정하도록 전자 광학기 시스템(200) 상의 제 1 및 제 2 반사 기준 표면들로 지향되고 반사될 수 있다. 대안적으로, 제 1 간섭계 센서 및 제 1 추가 간섭계가 장착되는 제 1 기준 프레임, 및 제 2 간섭계 센서 및 제 2 추가 간섭계가 장착되는 제 2 기준 프레임에 대한 전자 광학기 시스템(200)의 상대 변위를 측정하기 위해 추가적인 간섭계 센서들이 제공될 수 있다.
- [0083] 추가 실시예들이 다음 항목들에서 설명될 수 있다:
- [0084] 1. 스테이지 장치에 있어서,
- [0085] 지지 표면을 포함하는 대상물 테이블 -대상물 테이블은 지지 표면 상에 기관을 지지하도록 구성됨 ;
- [0086] 대상물 테이블을 위치시키도록 구성되는 위치설정 디바이스;
- [0087] 제 1 축에 평행한 대상물 테이블의 높이 위치를 측정하도록 구성되는 위치 센서를 포함하는 위치 측정 시스템 - 제 1 축은 지지 표면에 실질적으로 수직이고, 위치 센서는 간섭계 센서를 갖는 간섭계 측정 시스템을 포함함을 포함하며,
- [0088] 간섭계 센서의 측정 빔은 측정 방향으로 대상물 테이블의 반사 표면을 조사하도록 구성되고, 측정 방향은 제 1 축에 평행한 제 1 성분 및 제 2 축에 평행한 제 2 성분을 가지며, 제 2 축은 제 1 축에 실질적으로 수직인 스테이지 장치.
- [0089] 2. 1 항에 있어서, 위치 측정 시스템은 제 1 축에 평행한 기관의 추가 높이 위치를 측정하도록 구성되는 제 2 위치 센서를 더 포함하는 스테이지 장치.
- [0090] 3. 2 항에 있어서, 제 2 위치 센서는 기관에서 직접 추가 높이 위치를 측정하도록 구성되는 스테이지 장치.
- [0091] 4. 2 항 또는 3 항에 있어서, 스테이지 장치는 위치 센서의 측정 속도에 비해 낮은 측정 속도에서의 제 2 위치 센서를 사용하여 기관의 추가 높이 위치를 측정하도록 구성되는 스테이지 장치.
- [0092] 5. 2 항 내지 4 항 중 어느 하나에 있어서, 스테이지 장치는 위치 센서의 측정 정확성에 비해 높은 측정 정확성에서의 제 2 위치 센서를 사용하여 기관의 추가 높이 위치를 측정하도록 구성되는 스테이지 장치.
- [0093] 6. 2 항 내지 5 항 중 어느 하나에 있어서,
- [0094] 작동 신호를 제공하는 제어기; 및
- [0095] 작동 신호에 기초하여 대상물 테이블의 높이 위치를 조정하도록 구성되는 적어도 하나의 액추에이터를 더 포함하고,
- [0096] 제어기는 마스터 제어 루프 및 슬레이브 제어 루프를 갖는 마스터-슬레이브 구성을 포함하며, 사용 시 슬레이브 제어 루프에서 위치 센서는 기관의 추가 높이 위치를 제어하는 데 사용되고, 사용 시 마스터 제어 루프에서 제 2 위치 센서는 슬레이브 제어 루프를 위한 설정점을 제공하는 데 사용되는 스테이지 장치.
- [0097] 7. 1 항 내지 6 항 중 어느 하나에 있어서, 반사 표면은 간섭계 센서의 측정 방향에 실질적으로 수직으로 배치되는 스테이지 장치.
- [0098] 8. 1 항 내지 7 항 중 어느 하나에 있어서, 측정 방향 및 간섭계 센서의 기준 빔의 기준 빔 방향은 서로 실질적으로 평행인 스테이지 장치.
- [0099] 9. 1 항 내지 8 항 중 어느 하나에 있어서, 기관을 지지하지 않는 대상물 테이블의 표면인 대상물 테이블의 측 표면이 대상물 테이블의 반사 표면을 형성하도록 구성되거나, 또는 대상물 테이블의 측표면에 장착된 반사 표면 요소가 대상물 테이블의 반사 표면을 형성하도록 구성되는 스테이지 장치.

- [0100] 10. 1 항 내지 9 항 중 어느 하나에 있어서, 위치 측정 시스템 및/또는 제어기는 대상물 테이블의 반사 표면의 상이한 위치들에서의 반사 거동들의 차이들을 보정하도록 구성되는 대상물 테이블의 반사 표면의 보정 맵을 포함하는 스테이지 장치.
- [0101] 11. 1 항 내지 10 항 중 어느 하나에 있어서, 측정 방향의 제 1 성분은 제 1 축에 평행한 대상물 테이블로부터 기관으로의 제 1 방향으로 지향되거나, 또는 측정 방향의 제 1 성분은 제 1 축에 평행한 기관으로부터 대상물 테이블로의 제 2 방향으로 지향되는 스테이지 장치.
- [0102] 12. 1 항 내지 11 항 중 어느 하나에 있어서, 측정 방향과 제 2 축 사이의 각도는 2 내지 20 도인 스테이지 장치.
- [0103] 13. 1 항 내지 12 항 중 어느 하나에 있어서, 기준 빔은 제 2 축에 실질적으로 평행인 스테이지 장치.
- [0104] 14. 1 항 내지 13 항 중 어느 하나에 있어서, 간접계 측정 시스템은 제 2 간접계 센서를 포함하며, 제 2 간접계 센서의 제 2 측정 빔은 제 2 측정 방향으로 대상물 테이블의 제 2 반사 표면으로 지향되고, 제 2 측정 방향은 제 1 축에 평행한 제 3 성분 및 제 3 축에 평행한 제 4 성분을 가지며, 제 3 축은 제 1 축에 실질적으로 수직인 스테이지 장치.
- [0105] 15. 14 항에 있어서, 반사 표면 및 제 2 반사 표면은 대상물 테이블의 양측에 배치되는 스테이지 장치.
- [0106] 16. 15 항에 있어서, 반사 표면 및 제 2 반사 표면은 제 1 축에 대해 대상물 테이블의 양측에 배치되는 스테이지 장치.
- [0107] 17. 14 항 내지 16 항 중 어느 하나에 있어서, 기준 빔 및 제 2 간접계 센서의 제 2 기준 빔은 실질적으로 동일한 길이를 갖는 스테이지 장치.
- [0108] 18. 14 항 내지 17 항 중 어느 하나에 있어서, 제 3 축은 제 2 축인 스테이지 장치.
- [0109] 19. 14 항 내지 18 항 중 어느 하나에 있어서, 측정 방향의 제 1 성분 및 제 2 측정 방향의 제 3 성분은 동일한 방향을 갖고, 측정 방향의 제 2 성분 및 제 2 측정 방향의 제 4 성분은 반대 방향을 갖는 스테이지 장치.
- [0110] 20. 14 항 내지 19 항 중 어느 하나에 있어서, 측정 빔의 측정 방향 및 제 2 측정 빔의 제 2 측정 방향은 기관상의 타겟 위치에서 교차하는 스테이지 장치.
- [0111] 21. 14 항 내지 20 항 중 어느 하나에 있어서, 위치 측정 시스템은 제 3 간접계 센서를 포함하며, 제 3 간접계 센서의 제 3 측정 빔은 제 3 측정 방향으로 대상물 테이블의 제 3 반사 표면으로 지향되고, 제 3 측정 방향은 제 4 축에 평행한 제 5 성분만을 가지며, 제 4 축은 제 1 축 및 제 3 축에 수직인 스테이지 장치.
- [0112] 22. 2 항 내지 21 항 중 어느 하나에 있어서, 제 2 위치 센서는 광학 센서인 스테이지 장치.
- [0113] 23. 1 항 내지 22 항 중 어느 하나에 있어서, 위치 측정 시스템은 6 자유도에서 대상물 테이블의 위치를 결정하도록 구성되는 스테이지 장치.
- [0114] 24. 입자 빔 장치에 있어서,
- [0115] 기관에 입자 빔을 제공하도록 구성되는 입자 빔 발생기; 및
- [0116] 1 항 내지 23 항 중 어느 하나에 따른 스테이지 장치를 포함하는 입자 빔 장치.
- [0117] 25. 24 항에 있어서, 기준 빔에 의해 조사되도록 구성되는 간접계 센서의 반사 기준 표면은 입자 빔 발생기에 배치되는 입자 빔 장치.
- [0118] 26. 24 항에 있어서, 반사 기준 표면은 입자 빔 발생기를 지지하는 프레임에 배치되는 입자 빔 장치.
- [0119] 27. 24 항 내지 26 항 중 어느 하나에 있어서, 기준 빔 방향 및 제 2 기준 빔의 제 2 기준 빔 방향은 입자 빔 발생기 상의 제 2 타겟 위치에서 교차하는 입자 빔 장치.
- [0120] 28. 24 항 내지 27 항 중 어느 하나에 있어서, 광학 센서는 입자 빔 발생기 또는 입자 빔 발생기를 지지하는 프레임에 장착되는 입자 빔 장치.
- [0121] 29. 24 항 내지 28 항 중 어느 하나에 있어서, 입자 빔 장치는 e-빔 장치이고, 입자 빔은 전자 빔인 입자 빔 장치.

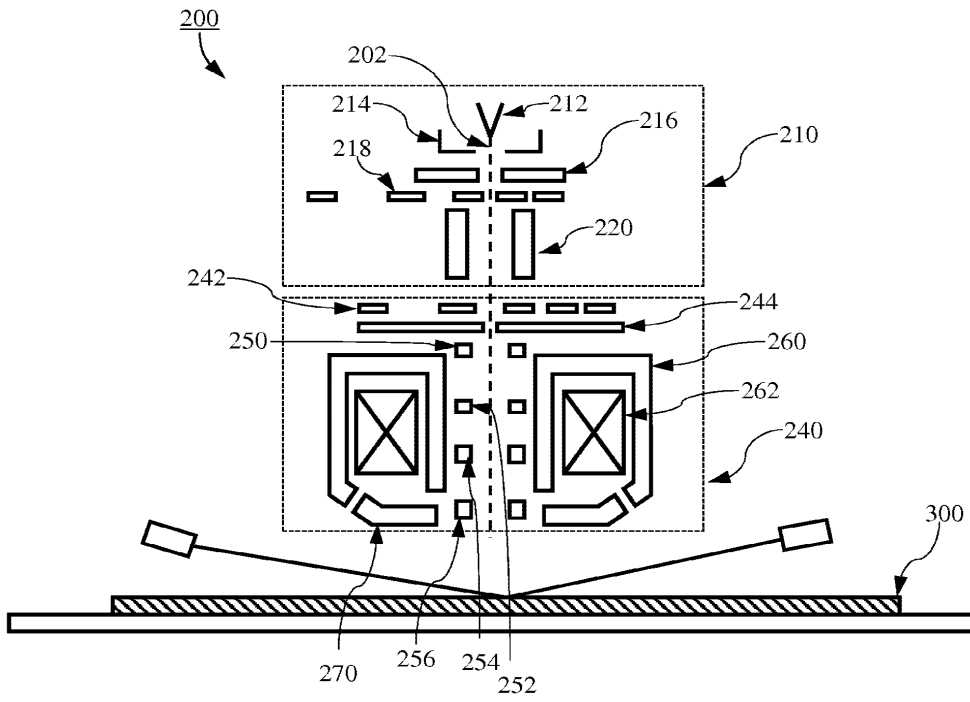
- [0122] 30. 29 항에 따른 e-빔 장치에 있어서, e-빔 장치는 e-빔 검사 장치인 e-빔 장치.
- [0123] 31. 1 항 내지 23 항 중 어느 하나에 따른 스테이지 장치, 24 항 내지 29 항 중 어느 하나에 따른 입자 빔 장치, 또는 30 항에 따른 e-빔 장치를 포함하는 장치에 있어서, 진공 챔버를 더 포함하는 장치.
- [0124] 32. 1 항 내지 23 항 중 어느 하나에 따른 스테이지 장치를 포함하는 장치에 있어서,
- [0125] 리소그래피 장치 또는 메트롤로지 장치인 장치.
- [0126] 33. 32 항에 있어서, 투영 광학 시스템을 더 포함하고, 기준 빔에 의해 조사되도록 구성되는 간섭계 센서의 반사 기준 표면은 투영 광학 시스템에 배치되는 장치.
- [0127] 34. 32 항에 있어서, 투영 광학 시스템을 더 포함하고, 기준 빔에 의해 조사되도록 구성되는 간섭계 센서의 반사 기준 표면은 투영 광학 시스템을 지지하는 프레임에 배치되는 장치.
- [0128] 35. 32 항 또는 34 항에 있어서, 기준 빔 방향 및 제 2 기준 빔의 제 2 기준 빔 방향은 투영 광학 시스템 상의 제 2 타겟 위치에서 교차하는 장치.
- [0129] 36. 32 항 내지 35 항 중 어느 하나에 있어서, 광학 센서는 투영 광학 시스템 또는 투영 광학 시스템을 지지하는 프레임에 장착되는 장치.
- [0130] 이상, 다양한 실시예들에 따른 전자 빔 검사 장치를 개별적으로 설명된다. 하지만, 다양한 실시예들의 조합이 단일 전자 빔 검사 장치로 조합될 수 있다.
- [0131] 본 명세서에 설명된 실시예들은 주로 e-빔 검사 툴 또는 장치와 관련되지만, 본 발명의 적용은 이러한 특정 실시예들에 제한되지 않을 수 있다. 본 발명은 e-빔 검사 툴뿐만 아니라, CD-SEM, EBDW(E-Beam Direct Writer), EPL(E-beam Projection Lithography) 및 E-빔 결함 검증 툴과 같은 여하한 다른 종류의 e-빔 툴들, 진공 챔버를 갖는 여하한 종류의 툴들, 리소그래피 장치, 및 메트롤로지 장치에도 적용될 수 있다.
- [0132] 본 발명은 그 바람직한 실시예에 관하여 설명되었지만, 이후 청구되는 바와 같은 본 발명의 범위 및 기술사상을 벗어나지 않고 다른 수정 및 변형이 행해질 수도 있음을 이해하여야 한다.

도면

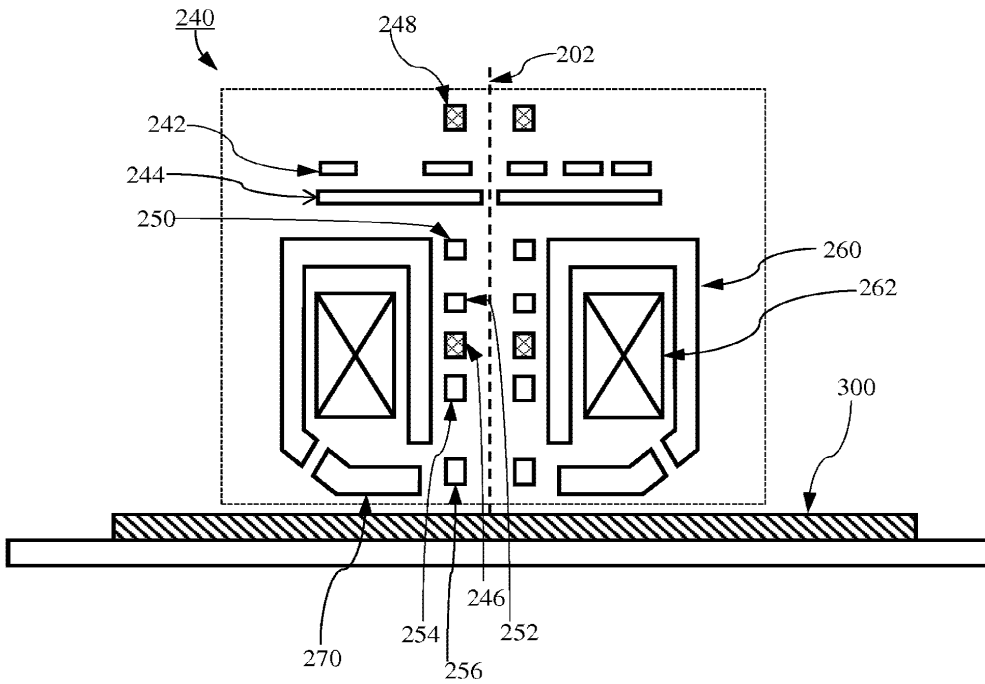
도면1



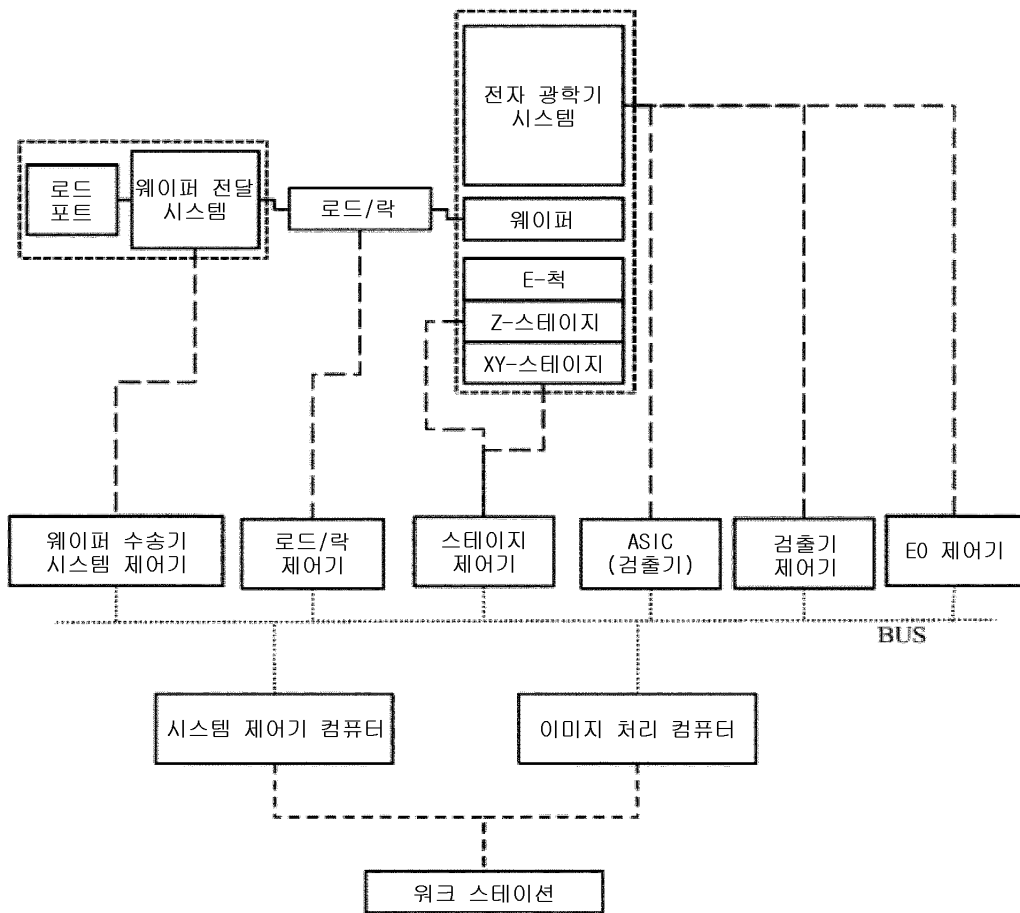
도면2



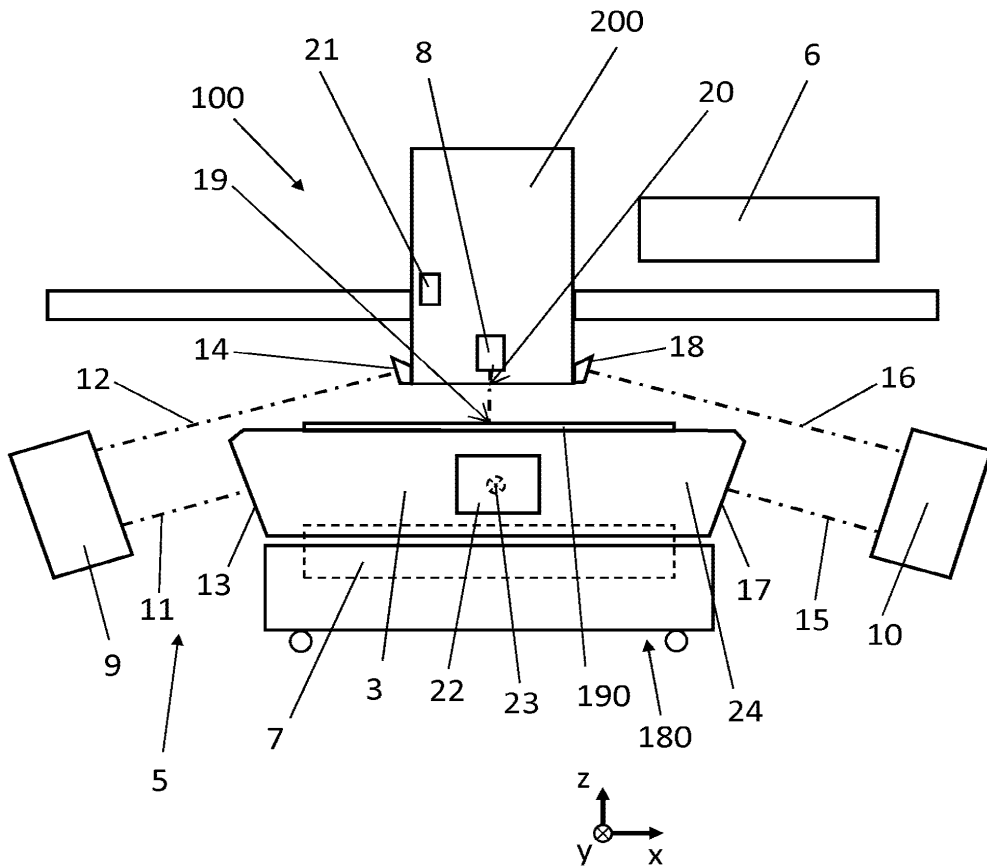
도면3



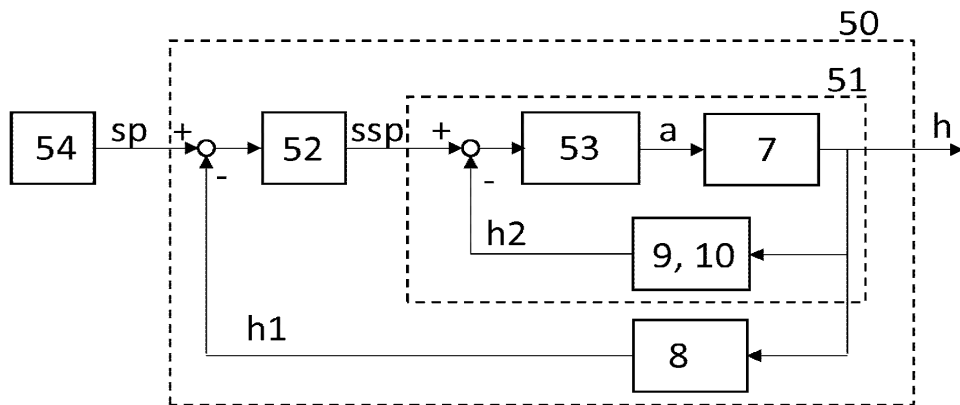
도면4



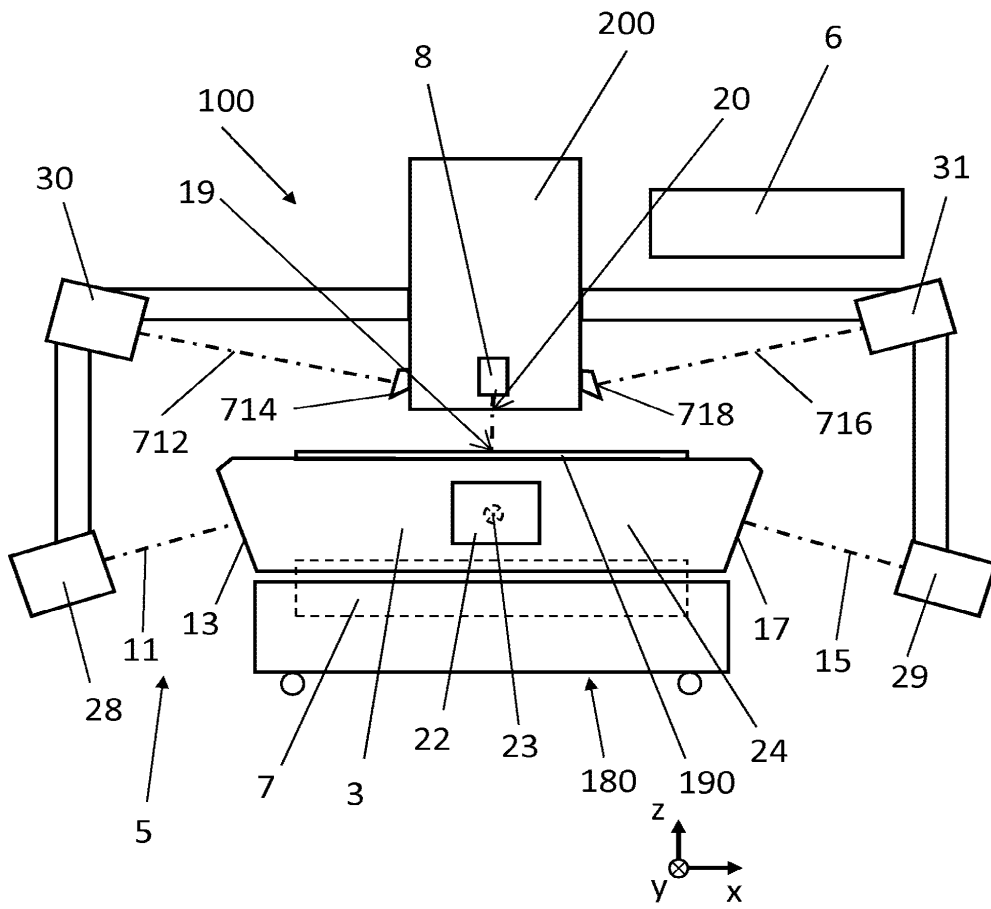
도면5



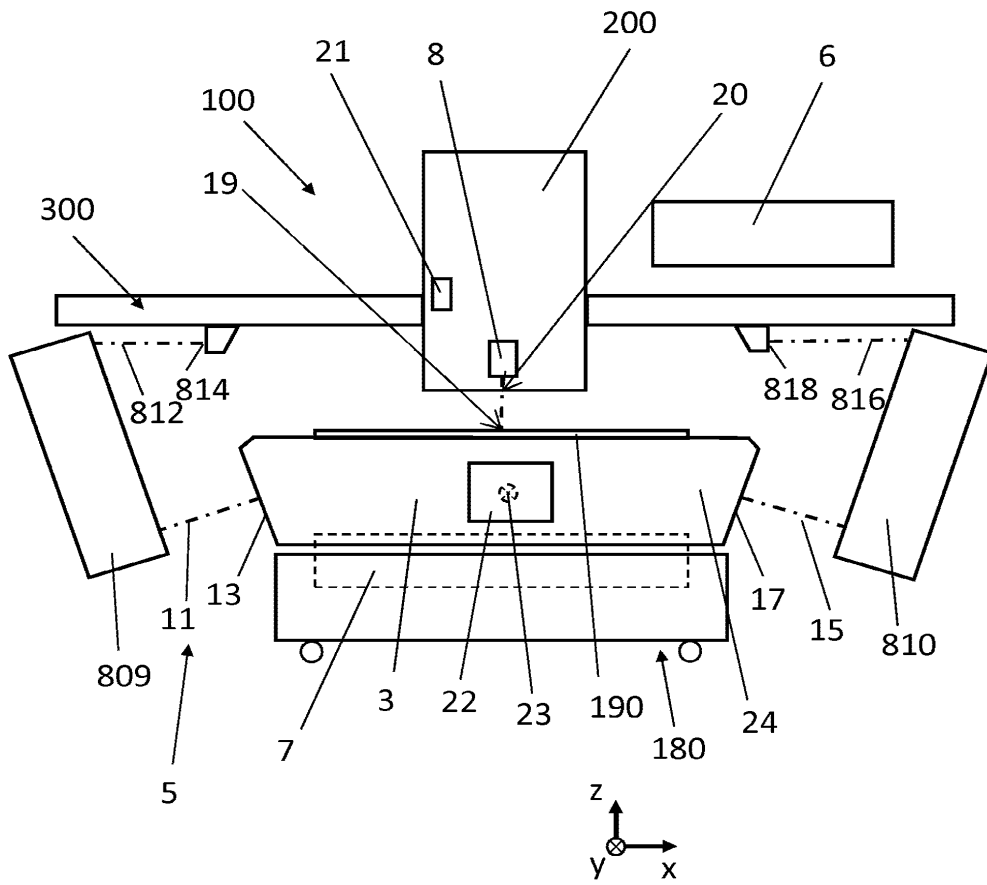
도면6



도면7



도면8



도면9

