

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(51) . Int. Cl.<sup>7</sup>  
 G03F 7/20

(45) 공고일자 2005년10월26일  
 (11) 등록번호 10-0524266  
 (24) 등록일자 2005년10월20일

(21) 출원번호	10-2000-0011091	(65) 공개번호	10-2000-0076779
(22) 출원일자	2000년03월06일	(43) 공개일자	2000년12월26일

(30) 우선권주장	99200649.4	1999년03월08일	유럽특허청(EPO)(EP)
------------	------------	-------------	----------------

(73) 특허권자  
 에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.  
 네덜란드, 앤 엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501

(72) 발명자  
 야스퍼요하네스크리스티안마리아  
 네덜란드엔엘-5508에아벨트호펜스프로케스버그33  
 로프스트라에릭로엘로프  
 네덜란드엔엘-5591페요트헤제아틀라스7

모더만테오도루스마리누스  
 네덜란드엔엘-5671데에스누에넨프레데호프5

니메이여게르리트요하네스  
 네덜란드엔엘-5622페체아인트호펜보쉬디크414

반아스텐니콜라스안토니우스알레곤두스요하네스  
 네덜란드엔엘-4811익스하브레다카타리나스트라트20체

호이츠프레데릭테오도루스엘리사베스  
 네덜란드엔엘-5623하제트아인트호펜제네랄스테트만스트라트182

게멘야코부스  
 네덜란드엔엘-5506체에스벨트호펜데바겐마커2

두크로데용리차드요한헨드리크  
 네덜란드엔엘-5613에게아인트호펜로에클란16

본만마르쿠스에밀레요아네스  
 네덜란드엔엘-5508케아벨트호펜코에켈버그15

클린크하미야콥프레드릭프리소  
 네덜란드엔엘-2611엘에멜프트하우타크14

카스텐밀러토마스요세푸스마리아  
 네덜란드엔엘-5616베알아인드호펜소피아반부르템버그란48

(74) 대리인  
 송재현  
 한규환

심사관 : 신주철

---

## (54) 리소그래피 투영 장치

---

### 요약

오프-액시스(off-axis) 레벨링 공정에서, 기판의 높이 맵은 측정 스테이션에서 생성된다. 높이맵은 기판 테이블의 물리적 기준 표면에 기준된다. 물리적 기준 표면은 투과 이미지 센서가 삽입된 표면일 수 있다. 노광 스테이션에서 물리적 기준 표면의 높이는 투영 렌즈의 초점 평면에 관계되고 측정된다. 높이 맵은 노광 동안 최적의 초점으로 기판상에 노광 영역을 위치시키도록 기판의 최적 높이 및/또는 경사를 결정하는 데 사용된다. 동일한 원리가 (반사) 마스크에도 적용될 수 있다.

### 대표도

도 8

### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 리소그래피 투영 장치의 개략도이고;

도 2는 웨이퍼 높이가 레벨 센서와 Z간섭계에 의한 측정으로부터 어떻게 결정되는지를 나타내는 도이고;

도 3 내지 6은 본 발명에 따른 오프-액시스 레벨링 과정의 다양한 단계를 나타내는 도이고;

도 7은 본 발명에 따라 오프-액시스 레벨링 과정에 사용된 센서와 기준(fiducial)을 나타내는 기판 테이블의 평면도이고;

도 8은 본 발명의 제 2 실시예의 노광과 측정 스테이션의 측면도이고;

도 9는 본 발명의 제 2 실시예의 측정 스테이션에서 수행된 측정 공정의 다양한 단계를 나타내는 흐름도이고;

도 10은 본 발명의 제 2 실시예의 노광 스테이션에서 수행된 노광 공정의 다양한 단계를 나타내는 흐름도이고;

도 11은 본 발명의 높이 맵을 측정하는 데 사용될 수 있는 스캔 패턴을 도시하는 도이고;

도 12는 본 발명의 높이 맵을 측정하는 데 사용될 수 있는 대안적 스캔 패턴을 도시하는 도이고;

도 13은 본 발명의 제 2 실시예의 전체 레벨 윤곽 공정(global level contour process)을 도시하는 도이고;

도 14 및 도 14a 내지 도 14g는 본 발명에서 사용 가능한 레벨 센서의 현재 바람직한 실시예의 구조와 동작을 도시하는 도이고;

도 15는 도 14의 레벨 센서의 포획 스폽(capture spot)의 검출기 출력 대 기판 테이블 위치를 나타내는 그래프이고;

도 15a는 도 14의 레벨 센서의 포획 스폽의 검출기 세그먼트의 배치를 나타내는 그래프이고;

도 16 내지 17은 본 발명의 제 2 실시예에 사용 가능한 보증 센서의 현재 바람직한 실시예를 도시하는 도이고;

도 18은 도 16 내지 17의 보증 센서에 사용 가능한 빔 스플리터의 도이고;

도 19는 본 발명의 실시예들에 사용가능한 Z간섭계 측정 과정을 설명하는 데 사용되는 도이고;

도 20은 본 발명의 제 3 실시예에 따라 노광 케도 최적화 과정을 설명하는 데 사용되는 표시를 나타내는 도이며;

도 21은 본 발명의 제 5 실시예에 따른 리소그래피투영 장치의 개략도를 각각 나타낸다.

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 리소그래피 투영 장치에서 예를 들어 기판 및/또는 마스크의 높이 검출과 레벨링에 관한 것이다. 특히, 본 발명은,

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크홀더를 구비한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한 이동가능한 제 2 대물 테이블;

기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템; 및

상기 투영 시스템이 상기 기판상에 상기 마스크부를 묘화할 수 있는 노광 위치와 측정 위치사이로 상기 제 2 대물 테이블을 이동시키는 위치결정 시스템을 포함하는 리소그래피 투영 장치에서의 오프-액시스 레벨링 시스템에 관한 것이다.

간단히, 투영 시스템은 이후로 "렌즈"로 언급될 수 있다; 그러나, 이 용어는 예를 들어 굴절 광학기, 반사 광학기, 카타디오프트릭 시스템, 및 하전 입자 광학기를 포함하는 다양한 형태의 투영 시스템을 포함하는 것으로 넓게 이해될 수 있다. 방사선 시스템은 또한 투영 빔을 방향짓고, 성형하거나 제어하는 원리들 중 하나에 따라 동작하는 디바이스를 포함할 수 있고, 이들 디바이스는 "렌즈"로서 집합적으로 또는 단독으로 아래에서 언급될 수 있다. 게다가 제 1과 제 2 대물 테이블은 각각 "마스크 테이블"과 "기판 테이블"로 언급될 수 있다. 더욱이, 리소그래피 투영 장치는 두개 이상의 마스크 테이블 및/또는 두개 이상의 기판 테이블을 갖는 형태일 수 있다. 이와 같은 "다중 스테이지" 장치에서, 추가 테이블은 별별로 사용될 수 있거나, 예비 단계가 하나 이상의 다른 테이블이 노광용으로 사용되는 동안 하나 이상의 테이블이 실행될 수 있다.

리소그래피 투영 장치는, 예를 들면, 집적회로(ICs)의 제조에 사용될 수 있다. 그와 같은 경우, 마스크(레티클)는 집적회로의 각 층에 대응하는 회로패턴을 포함하고, 이 패턴은 이 후에 감광물질(레이저스트)층이 도포된 기판(실리콘 웨이퍼)위의 노광영역(다이) 위로 묘화될 수 있다. 대개 단일 웨이퍼는 레티클을 통해 한번에 하나씩 연속적으로 조사되는 인접한 다이들의 전체적인 네트워크를 갖는다. 일 형태의 리소그래피투영장치에서 전체 레티클 패턴을 다이 위로 한번에 노광함으로써 각 다이가 조사되며, 이러한 장치를 통상 웨이퍼 스템퍼(wafer stepper)라 칭한다. 이와 달리, 통상 스텝-앤파-스캔 장치(step-and-scan apparatus)로 불리워지는 대체장치에서는 투영 빔 하에서 소정의 기준방향("스캐닝" 방향)으로 레티클 패턴을 점진적으로 스캐닝하면서 상기 스캐닝 방향에 평행 또는 평행하지 않게 웨이퍼 테이블을 동기적으로 스캐닝함으로써 각 다이가 조사되며, 일반적으로 투영계는 배율인자(magnification factor:M)(대개<1)를 가지므로 웨이퍼테이블이 스캐닝되는 속도(v)는 레티클 테이블이 스캐닝되는 속도의 M배가 된다. 여기에서 설명된 리소그래피장치에 관한 상세한 정보는 국제특허출원 WO97/33205에서 찾을 수 있다.

최근까지, 이러한 형태의 장치는 단일 마스크테이블과 단일 기판테이블을 포함하였으나, 지금은 예를 들면 국제특허출원 WO98/28665 및 WO98/40791에 기술된 다중 스테이지장치와 같이 최소 2개의 독립적으로 이동가능한 기판테이블을 장착한 기계도 이용가능하다. 이러한 다중 스테이지장치의 기본적인 작동원리는, 제 1 기판테이블 상에 위치하는 제 1 기판의 노광을 허용하도록 제 1 기판테이블이 투영계 하부에 있는 동안 제 2 기판테이블은 로딩위치/loading position)로 이동 가능하고, 노광된 기판을 방출하고, 새로운 기판을 선택하여, 새 기판상에서 몇몇 초기 배열측정을 수행하고 나서, 제 1 기판의 노광이 완료하는 대로 투영계 하부의 노광위치로 이 새 기판을 이동시키기 위해 대기하며, 상기 싸이클이 반복된다. 이러한 방법으로, 기계의 스루풋을 높힘으로써 기계 소유주의 단가(cost)를 점차로 개선하는 것이 가능하다. 노광위치와 측정위치 사이에서 이동하는 하나의 기판테이블의 경우에도 동일한 원리가 이용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

예를 들어, 측정 위치에서 기판상에 수행될 측정은 기판("다이")상의 다양하게 고려된 노광 영역, 기판의 기준 마커와 기판 영역 외측의 기판 테이블에 위치한 적어도 하나의 기준 마커(예를 들면 기준(fiducial) 사이의 (X와 Y방향에서) 공간 관계의 결정을 포함한다. 이와 같은 정보는 후속하여 투영 빔에 관한 노광 영역의 빠르고 정확한 X와 Y 위치 결정을 수행하도록 노광위치에서 채용될 수 있다; 더 상세한 정보는 예를 들어 WO 99/32940 (P-0079)를 참조하라. 이 명세서는, 다양한 지점에서 기판 홀더의 기준 평면에 대한 기판 표면의 Z위치에 관한 높이 맵의 측정위치에서의 준비를 또한 기술한다. 그러나, 기준 평면은 측정위치에서 Z간섭계에 의하여 한정되고 노광위치에는 다른 Z간섭계가 사용된다. 그러므로, 두개의 Z간섭계의 원점(origin)사이의 관계를 정확하게 아는 것이 필수적이다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 두 간섭계의 원점을 연결할 필요를 없애고 노광 공정동안 노광 영역의 위치결정에 추가적인 향상을 가능케하는 리소그래피 투영 장치에서 기판의 오프-액시스 레벨링 시스템을 제공하는 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

본 발명에 따라서,

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크홀더를 구비한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한 이동가능한 제 2 대물 테이블;

기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템; 및

상기 투영 시스템이 상기 기판상에 상기 마스크부를 묘화할 수 있는 노광 스테이션과 측정 스테이션 사이로 상기 제 2 대물 대이블을 이동시키는 위치결정 시스템을 포함하고,

상기 제 2 대물 테이블은 그에 고정된 물리적 기준 표면을 갖고;

상기 측정 스테이션에 위치하고, 상기 물리적 기준 표면에 대하여 상기 기판 홀더상에 고정된 기판 표면상의 복수 지점의 높이를 측정하고 그 높이 맵을 생성하기 위하여 구성되고 배열되는 높이 맵핑 수단;

상기 노광 스테이션에 위치하고, 상기 제 2 대물 테이블의 이동 후, 상기 기판 표면에 실질적으로 수직한 제 1 방향으로의 상기 물리적 기준 표면의 위치를 측정하는 위치 측정 수단; 및

상기 높이 맵과 상기 위치 측정 수단에 의하여 측정된 상기 위치에 따라서, 상기 목표부의 노광동안, 적어도 상기 제 1 방향으로의 상기 제 2 대물 테이블의 위치를 제어하도록 구성되고 배열되는 제어수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치를 제공한다.

본 발명의 다른 측면에 따르면,

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한 이동가능한 제 2 대물 테이블; 및

노광 스테이션에서 기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템을 리소그래피 투영 장치를 사용하여 디바이스를 제조하는 방법에 있어서,

상기 제 1 대물 테이블에 패턴을 포함하는 상기 마스크를 제공하는 단계;

상기 제 2 대물 테이블에 방사선 감지층을 갖는 상기 기판을 제공하는 단계; 및

기판의 상기 목표부상에 마스크의 상기 조사부를 묘화하는 단계를 포함하고,

상기 묘화 단계 전에, 측정 스테이션에서 제 2 대물 테이블을 사용하여 상기 제 2 대물 테이블상의 물리적 기준 표면에 대하여 상기 기판 표면상의 복수 지점의 높이를 나타내는 높이 맵을 발생하는 단계;

상기 노광 스테이션으로 상기 제 2 대물 테이블을 이동시키고 상기 기판 표면에 실질적으로 수직한 제 1 방향으로의 상기 물리적 기준 표면의 위치를 측정하는 단계; 및

상기 묘화 단계 동안에, 상기 물리적 기준 표면의 상기 제 1 방향으로의 상기 측정위치와 상기 높이 맵을 참고하여 적어도 상기 제 1 방향으로 상기 제 2 대물 테이블을 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법을 제공한다.

본 발명에 따른 리소그래피 투영 장치를 사용하는 제조 공정에서, 마스크의 패턴은 에너지 감지 물질(레지스트)층에 의하여 적어도 부분적으로 도포된 기판상에 묘화된다. 이 묘화단계에 앞서, 기판은 준비작업(priming), 레지스트 코팅 및 소프트 베이크와 같은 다양한 공정을 거친다. 노광후에, 기판은 노광후 베이크 (PEB), 현상, 하드 베이크 및 묘화된 피처의 측정/검사와 같은 다른 공정을 거칠 수 있다. 공정의 이러한 배열은 예를 들어 IC와 같은 디바이스의 개별 층을 패턴화하는 기초로서 사용된다. 그와 같은 패턴화된 층은, 식각, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 화학-기계적 연마등 개별 층을 마무리하는 데 의도된 모든 다양한 공정을 거친다. 여러 층이 요구된다면, 전체 공정 또는 그 변형은 각 새로운 층에 반복되어야만 할 것이다. 결국, 디바이스의 배열이 기판(웨이퍼)에 존재할 것이다. 이들 디바이스는 캐리어에 장착되고 펀에 접속될 수 있다. 그와 같은 공정에 관한 추가 정보는 예를 들어, "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing (3판, 저자 Peter van Zant, 맥그로힐출판사, 1997, ISBN 0-07-067250-4)" 으로부터 얻을 수 있다.

본 발명에 따른 장치의 사용에 대해 본 명세서에서 접적회로의 제조에 대해서만 언급하였으나, 이러한 장치가 다른 곳에 적용될 수도 있음은 명백히 이해될 것이다. 예를 들어, 상기 장치는 접적 광학 시스템, 자기영역 메모리용의 유도 및 검출 패턴, 액정표시패널, 박막 자기헤드 등의 제조에도 이용될 수 있다. 당업자라면, 전술한 기타 응용분야들을 고려할 때, 본 명세서에서 사용된 "레티클", "웨이퍼" 또는 "다이"와 같은 용어가 "마스크", "기판" 및 "노광 영역" 등과 같은 좀 더 일반적인 용어로 각각 대체될 수 있음이 이해될 것이다.

본 명세서에서, "방사선"과 "빔"이라는 용어는 (특히, 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 또는 126nm의 파장인) 자외 방사선, 원자외 방사선(EUV), X선, 전자 및 이온을 포함하나 이에 제한되지 않고 전자기 방사선 또는 입자 플럭스의 모든 형태를 포함하는 것으로 사용된다. 또한, 본 명세서에서는 직교하는 X, Y 및 Z방향의 기준 시스템을 사용하여 기술되고 I방향에 평행한 축에 대한 회전은 Ri로 나타낸다. 더욱이, 본 명세서에서 특별히 요구되지 않으면, "수직"(Z)이라는 용어는 장치의 특정 배향을 암시하기 보다는 기판 또는 마스크 표면에 수직한 방향을 나타내는 것으로 한다.

(실시예 1)

도 1은 본 발명에 따른 리소그래피 투영 장치를 개략적으로 도시한다. 이 장치는

- (예를 들어, 자외선(UV) 또는 원자외선(EUV)) 방사선 투영 빔(PB)을 공급하는 방사선 시스템(LA, Ex, IN, CO);
- 마스크(예를 들어, 레티클)(MA)를 고정하는 마스크홀더를 구비하고 아이템(PL)에 대하여 마스크를 정확하게 위치시키는 제 1 위치결정 수단에 접속되는 제 1 대물 테이블(마스크 테이블)(MT);
- (예를 들어, 레지스트 도포된 실리콘 웨이퍼와 같은) 기판(W)을 고정하는 기판홀더가 구비하고, 아이템(PL)에 대하여 기판을 정확하게 위치시키는 제 2 위치 결정 수단에 접속되는 제 2 대물 테이블(기판 또는 웨이퍼 테이블)(WTa);
- (예를 들어, 레지스트 도포된 실리콘 웨이퍼와 같은) 기판(W)를 고정하는 기판 홀더를 구비하고, 아이템(PL)에 대하여 기판을 정확하게 위치시키는 제 3 위치 결정 수단에 접속되는 제 3 대물 테이블(기판 또는 웨이퍼 테이블)(WTb);

- 측정 스테이션에서 기판 테이블(WTa 또는 WTb)에 고정된 기판상에 측정(특성화) 공정을 수행하는 측정 시스템(MS);

- 노광 스테이션에서 기판 테이블(WTa 또는 WTb)에 고정된 기판(W)의 노광 영역(C)(다이)상에 마스크(MA)의 조사부를 묘사하는 투영 시스템("렌즈")(PL)(특히, 굴절 또는 카타디오프트릭 시스템, 미러군 또는 필드 편향기의 배열)을 포함한다.

여기서 도시된 것처럼, 이 장치는 투광형이다(즉, 투과성 마스크를 갖는다). 그러나, 일반적으로, 예를 들어 반사형일 수도 있다.

방사선 시스템은 방사선 빔을 생성하는 소스(LA)(특히, 수은 램프, 엑시머 레이저, 저장 링 또는 싱크로트론의 전자 빔의 경로주위에 제공되는 언듈레이터(undulator), 레이저 플라즈마 소스 또는 전자나 이온 빔 소스)를 포함한다. 이 빔은 조명 시스템 내에 포함된 다양한 광학 구성요소 -예를 들어, 빔 성형광학요소(beam shaping optics)(E<sub>x</sub>), 인터그레이터(IN) 및 콘텐서(CO) -를 따라 통과하여, 최종적인 빔(PB)은 그 단면에서 소망 형상 및 세기 분포를 갖는다.

그 후, 빔(PB)은 마스크 테이블(MT)위의 마스크 홀더에 고정되어 있는 마스크(MA)로 충돌한다. 마스크(MA)를 통과하여, 빔(PB)은 기판(W)의 노광영역(C) 위로 빔(PB)을 접속하는 렌즈(PL)를 통과한다. 간접계 변위 및 측정 수단(IF)의 도움으로, 예를 들면, 빔(PB)의 경로에 상이한 목표영역(C)이 위치되도록 기판 테이블(WTa, WTb)이 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정수단은, 예를 들어 마스크 라이브러리로부터 마스크(MA)를 기계적으로 회수한 후에, 빔(PB)의 경로에 대하여 마스크(MA)를 정확히 위치시키도록 사용될 수 있다. 일반적으로, 대물 테이블(MT, WTa, WTb)의 이동은, 도 1에 명확히 도시되지 않았지만 긴 스트로크 모듈(대략적인 위치결정)과 짧은 스트로크 모듈(미세한 위치 결정)의 도움으로 이루어진다. (스텝 앤 스캔 장치에 대조되는 것으로) 웨이퍼 스텝퍼의 경우에는, 마스크 배향과 위치에서의 미세한 조절을 하도록, 레티클 테이블은 짧은 스트로크 위치결정장치에만 접속될 수 있다.

제 2와 제 3 위치결정 수단은 투영 시스템(PL)하의 노광 스테이션과 측정 시스템(MS)하의 측정 스테이션 모두를 포함하는 범위에 걸쳐 그들 각 기판 테이블(WTa, WTb)의 위치결정이 가능하도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 제 2와 제 3 위치결정수단은 각 노광 스테이션에서 기판 테이블을 위치시키는 별도의 노광 스테이션 및 측정 스테이션 위치 결정 시스템과 두 위치결정 시스템사이의 기판 테이블을 교환하는 테이블 교환 수단에 의하여 대체될 수 있다. 위에서 언급된 적절한 위치결정 시스템은 특히 WO98/28665와 WO98/40791에 기술되어 있다. 리소그래피 장치는 다수의 노광 스테이션 및/또는 다수의 측정 스테이션을 가질 수 있고, 측정 및 노광 스테이션의 수는 서로 상이하며, 스테이션들의 전체 수는 기판 테이블의 수와 같을 필요는 없다. 실제로, 별도 노광 및 측정 스테이션의 원리는 단일 기판 테이블을 가지고 있는 경우에도 채택될 수 있다.

예시된 장치는 두 개의 다른 모드로 이용될 수 있다:

1. 스텝 앤드 반복(스텝) 모드에서는, 마스크 테이블(MT)이 기본적으로 고정되어 있으며, 전체 마스크 이미지가 노광영역(C) 위로 한번(즉, 단일 "플래쉬")에 투영된다. 그 다음, 기판 테이블(WT)이 X 및/또는 Y 방향으로 이동하여 다른 노광영역(C)이 빔(PB)에 의해 조사될 수 있다;

2. 스텝 앤드 스캔(스캔) 모드에서는, 소정의 노광영역(C)이 단일 "플래쉬"에 노광되지 않는 것을 제외하고는 기본적으로 스텝모드와 동일한 방법이 적용된다. 대신에, 마스크 테이블(MT)이 소정방향(소위 "스캔 방향", 예를 들면 Y 방향)으로 속도(v)로 이동이 가능하기 때문에 투영 빔(PB)이 마스크 이미지를 스캔하게 된다; 이와 병행하여, 기판 테이블(WTa 또는 WTb))은 V = Mv 의 속도로 동일한 방향 혹은 반대 방향으로 동시에 이동하고, 이때의 M은 렌즈(PL)의 배율(일반적으로, M = 1/4 또는 1/5)이다. 이러한 방식으로, 비교적 큰 노광영역(C)이 해상도에 구애받지 않고 노광될 수 있다.

리소그래피 장치의 묘사 품질에 영향을 미치는 중요한 요소는 마스크 이미지가 기판상에 접속되는 정확성이다. 실제로, 투영 시스템(PL)의 초점 평면의 위치를 조절하는 범위가 제한되고 그 시스템의 초점 깊이가 작기 때문에, 이는 웨이퍼(기판)의 노광 영역이 투영 시스템(PL)의 초점 평면에 정확하게 위치되어야 한다는 것을 뜻한다. 이를 위하여, 물론 투영 시스템(PL)의 초점 평면의 위치와 웨이퍼의 상면의 위치 모두를 아는 것이 필수적이다. 웨이퍼는 매우 높은 정도의 평편도(degree of flatness)로 연마되나 그러함에도 불구하고 초점 정확성에 주목할만하게 영향을 주는 충분한 크기를 갖는, 완전 평편도로부터의 기판 표면의 편차("비평편도(unflatness)"로 지칭됨)가 발생할 수 있다. 비평편도는 예를 들어, 웨이퍼 두께의 변화, 웨이퍼 형태의 뒤틀림 또는 웨이퍼 홀더의 오염에 의하여 발생될 수 있다. 앞 공정 단계에 기인한 구조의 존

재도 또한 웨이퍼 높이(평편도)에 중요하게 영향을 미친다. 본 발명에서는, 비평편도의 원인은 거의 무관하다; 웨이퍼 상면의 높이만이 고려된다. 명세서가 요구하지 않는 한, "웨이퍼 표면"이라는 언급은 마스크 이미지가 투영될 웨이퍼의 상면을 지칭한다.

본 발명에 따라서, 기판 테이블에 웨이퍼를 로딩한 후, 기판 테이블의 물리적 기준 표면에 대한 웨이퍼 표면의 높이 ( $Z_{Wafer}$ )가 맵핑된다. 이 과정은, 복수 지점에서 웨이퍼 표면의 수직 위치( $Z_{LS}$ )와 물리적 기준 표면의 수직위치( $Z$ )를 측정하는 기준센서로서 지칭되는 제 1센서와, 동일 지점에서 기판 테이블의 수직 위치( $Z_{IF}$ )를 동시에 측정하는 예를 들어, Z간 섭계인 제 2센서를 사용하여 측정 스테이션에서 수행된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 표면 높이는  $Z_{Wafer} = Z_{LS} - Z_{IF}$ 로 결정된다. 웨이퍼를 이송하는 기판 테이블은 다음으로 노광 스테이션으로 이송되고 물리적 기준 표면의 수직 위치는 다시 결정된다. 높이 맵은 노광 과정동안 올바른 수직 위치에 웨이퍼를 위치결정하는 데 참조된다. 이 과정은 도 3 내지 도 6 을 참고하여 아래에서 상세히 설명된다.

도 3에 도시된 바와 같이, 기판 테이블은 우선 기판 테이블에 고정된 물리적 기준 표면이 레벨 센서(LS) 아래에 있도록 이동된다. 물리적 기준 표면은, 기판 테이블상의 X, Y 및 Z에서의 그 위치가 리소그래피 투영 장치내에서의 웨이퍼의 공정동안 가장 중요하게는 측정과 노광 스테이션사이에서의 기판 테이블의 이송시에 변하지 않는 어떤 편리한 표면이다. 물리적 기준 표면은 다른 정렬 마커를 포함하는 기준(fiducial)의 일부일 수 있고 그 수직 위치가 웨이퍼 표면의 수직 위치를 측정하는 동일한 센서에 의하여 측정되는 것과 같은 성질을 가져야한다. 현재 바람직한 실시예에서, 물리적 기준 표면은 소위 투과 이미지 센서(TIS)가 삽입되는 기준(fiducial)내의 반사 표면이다. TIS는 아래에서 추가로 설명된다.

레벨 센서는 예를 들어, (초점 에러 검출 시스템으로 지칭된) US 5,191,200(P-0039)로 기술된 것과 같은 광학 센서일 수 있다; 대안적으로, (예를 들어) 뉴매티ك(pneumatic) 또는 용량성 센서를 상정할 수 있다. 웨이퍼 표면에 의하여 반사된 투영 격자와 고정된 검출 격자의 이미지 사이에 형성된 모와레(Moire) 패턴을 이용한 바람직한 형태의 센서는, 본 발명의 제 2실시예와 관련하여 아래에서 기술된다. 레벨 센서는 복수 위치의 수직 위치를 동시에 측정할 수 있고, 각각에 대하여 높은 공간 주파수의 비평편도를 평균하여 작은 영역의 평균 높이를 측정할 수 있다.

레벨 센서(LS)에 의한 물리적 기준 표면의 수직 위치의 측정과 동시에 측정하여, 기판 테이블의 수직 위치( $Z_{IF}$ )는 Z간섭계를 사용하여 측정된다. 예를 들어, Z간섭계는 WO 99/28790(P-0077) 또는 WO 99/32940(P-0079)에 기술된 것과 같은 3, 5 또는 6축 간섭계 도량형(metrology) 시스템의 일부일 수 있다. Z 간섭계 시스템은, 바람직하게는 레벨 센서(LS)의 캘리브레이팅(calibrated) 측정 위치와 동일한 XY 평면내의 위치를 갖는 한 지점에서 기판 테이블의 수직 위치를 측정한다. 이는 레벨 센서의 측정 위치와 일치하는(in line with) 지점들에서 기판 테이블(WT)의 두개의 대향측의 수직 위치를 측정하고 그들 사이를 내삽(interpolating)/모델링 (modelling)하여 이루어질 수 있다. 이는, 웨이퍼 테이블이 XY평면에 대해 기울어질 경우에, Z간섭계 측정이 정확하게 레벨 센서 아래의 기판 테이블의 수직 위치를 나타내는 것을 보장한다.

바람직하게, 이 과정은 제 1물리적 기준 표면으로부터 특히, 대각선으로(diagnally) 이격된 적어도 제 2물리적 기준 표면으로 반복된다. 따라서 두개 이상의 위치로부터의 높이 측정은 기준 평면을 정의하는데 사용될 수 있다.

하나 이상의 물리적 기준 표면의 수직 위치와 기판 테이블의 수직 위치의 동시 측정은, 웨이퍼 높이가 맵핑되는 기준 평면을 결정하는 한 지점 또는 복수 지점을 설정한다. 위에서 언급된 형태의 Z간섭계는 절대 센서(absolute sensor)보다는 변위 센서(displacement sensor)가 효과적이고, 따라서 영점화(zeroing)가 요구되나, 넓은 범위에 걸쳐 고도의 선형 위치 측정을 제공한다. 한편, 적절한 레벨 센서, 특히 위에서 언급한 센서들은 외부에서 정의된 기준 평면(즉, 공칭 영점(nominal zero))에 대하여 다만 더 작은 범위에 걸쳐 절대 위치 측정을 제공할 수 있다. 그와 같은 센서가 사용되는 경우, 기준 평면(들)이 레벨 센서의 측정 범위의 중간의 공칭 영점에 위치될 때까지 레벨 센서아래의 기판 테이블을 수직으로 이동시키고 현재의 간섭계 Z 값을 독출하는 것이 편리하다. 물리적 기준 표면상의 하나 이상의 이들 측정은 높이 맵핑용 기준 평면을 설정할 것이다. Z간섭계는 기준 평면에 대하여 영점화된다. 이 방식으로 기준 평면은 기판 테이블상의 물리적 표면에 관계되고,  $Z_{Wafer}$  높이 맵은 측정 스테이션에서 Z간섭계의 초기 영점 위치와 기판 테이블이 이동되는 베이스 플레이트내의 어떤 비평편도와 같은 다른 국부적 요인과 독립적이게 된다. 추가적으로, 높이 맵은 레벨 센서의 영점 위치에서 어떤 드리프트와 독립적이게 된다.

도 4에 도시된 바와 같이, 일단 기준 평면이 설정되면, 기판 테이블은 이동되어 기판 표면이 높이 맵을 만들도록 레벨 센서 아래에서 스캔된다. 웨이퍼 표면의 수직 위치와 기판 테이블의 수직 위치는 알려진 XY위치의 복수 지점에서 측정되고 이 알려진 XY위치에서의 웨이퍼 높이를 알려주도록 서로 차감된다. 이들 웨이퍼 높이 값은 어떤 적절한 형태로 기록될 수 있는 웨이퍼 높이 맵을 형성한다. 예를 들어, 웨이퍼 높이 값과 XY 좌표는 소위 쪼갤 수 없는 쌍으로 함께 저장될 수 있다.

대안적으로, 웨이퍼 높이 값이 취해진 지점은, 특히 정해진 속도로 예정된 경로를 따라 웨이퍼를 스캐닝하고 정해진 간격으로 측정을 하여 미리 결정될 수 있어, (선택적으로 측정 패턴 및/또는 시작점을 한정하는 소수의 파라미터와 함께) 높이 값의 간단한 리스트 또는 배열이 높이 맵을 형성하는 데 공급될 수 있다.

높이 맵핑 스캔동안 기판 테이블의 이동은 크게 XY평면에서만 이루어진다. 그러나, 레벨 센서(LS)가 단지 신뢰성 있는 영점 독출을 제공하는 형태라면, 기판 테이블은 레벨 센서의 영점 위치에 웨이퍼 표면을 유지하도록 수직으로 또한 이동된다. 웨이퍼 높이는 기판 테이블의 Z이동으로부터 필수적으로 도출되고, Z 간섭계에 의하여 측정되므로, 레벨 센서에서 독출된 영점을 유지하는 것이 필요하다. 그러나, 그 출력이 웨이퍼 높이와 선형적으로 관련되거나, 선형화될 수 있는 평가 가능한 측정 범위를 갖는 레벨 센서를 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같은 측정 범위는 웨이퍼 높이의 예상된 또는 허용 가능한 최대 변동(variation)을 이상적으로 포함한다. 이와 같은 센서에 의하면, 스캔동안 기판 테이블의 수직 이동에 대한 필요는 줄어들거나 제거되어 스캔은 더 빨리 성취될 수 있는데, 그 이유는 삼차원으로 웨이퍼의 윤곽(contour)을 추적하는 짧은 스트로크 기판 테이블의 능력보다는 센서 응답 시간에 의하여 스캔 속도가 한정되기 때문이다. 또한, 평가 가능한 선형 범위를 갖는 센서는 복수 위치(특히, 스폷의 배열)에서 높이가 동시에 측정되게 허용될 수 있다.

다음으로, 웨이퍼 테이블은 노광 스테이션으로 이동되고, 도 5에 도시된 바와 같이, (물리적) 기준 표면은 투영 렌즈의 초점 평면에 대하여 그 수직 위치의 측정을 허용하도록 투영 렌즈아래에 위치된다. 바람직한 실시예에서, 이는, 그 검출기가 보다 이전의 측정에 사용된 기준 표면에 물리적으로 접속된 (아래에서 도시된) 하나 이상의 투과 이미지 센서를 사용하여 달성된다. 투과 이미지 센서(들)은 투영 렌즈 아래의 마스크로부터 투영된 이미지의 수직 초점 위치를 결정할 수 있다. 이를 측정으로, 기준 평면은 투영 렌즈의 초점 평면에 관계될 수 있고 최적 초점으로 웨이퍼 표면이 유지되는 삼차원 기판 테이블의 경로가 결정될 수 있다. 이것이 이루어질 수 있는 하나의 방법은 스캔 경로를 따라 일련의 점의 Z, Rx 및 Ry 설정점(set point)을 계산하는 것이다. 설정점은 웨이퍼 맵 데이터와 노광 슬릿 이미지의 초점 평면사이의 차이를 최소화하도록 최소자승법(least squares method)을 사용하여 결정된다. 계산의 편의상, 노광 슬릿 이미지와 웨이퍼의 상대적 이동은 정적 웨이퍼에 대하여 이동하는 슬릿으로 표현될 수 있다. 최소자승기준은 각 시간 t에 대하여:

### 수학식 1

$$LSQ(t) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{W} \int_{-s/2}^{s/2} \int_{-W/2}^{W/2} [w(x, y) - (Z(t) + x \cdot Ry(t) - y \cdot Rx(t))]^2 dx dy$$

의 최소값을 주는 Z(t), Rx(t), Ry(t)값을 발견하여 표현될 수 있다.

여기서, w(x,y)는 웨이퍼 높이 맵이고, 노광 슬릿 이미지는, Z(t), Rx(t) 및 Ry(t)으로 정의된 위치를 갖는 스캐닝 방향에 수직인 길이(W)와 스캐닝 방향의 폭(s)의 직사각형 평면이다. y<sub>0</sub>가 시작 위치이고 v가 스캐닝 속도인 경우 Y=y<sub>0</sub>+vt관계가 있기 때문에 설정점과 웨이퍼 궤도는 Y (스캐닝 방향에서 위치) 또는 t(시간)의 함수로 표현될 수 있다.

위에서 언급한 바와 같이, 물리적 기준 표면(들)은 투과 이미지 센서(TIS)가 삽입되는 표면이 바람직하다. 도 7에 도시된 바와 같이, 두개의 센서(TIS1, TIS2)는 웨이퍼(W)에 의하여 도포된 영역외측에 대각선인 대향위치에서 기판 테이블(WT, WTA 또는 WTb)의 상면에 장착되는 기준판(fiducial plate)상에 장착된다. 기준판은 매우 낮은 열적 팽창 계수를 갖는 매우 안정한 물질, 특히 인바(Invvar)로 이루어지고 정렬 공정에 사용된 마커를 이송할 수 있는 편평한 반사 상부 표면을 갖는다. TIS1과 TIS2는 투영 렌즈의 에어리얼 이미지의 수직(과 수평) 위치를 직접적으로 결정하는 데 사용되는 센서이다. 이들은, 노광 공정용으로 사용되는 방사선을 감지할 수 있는 광검출기가 그 뒤에 근접하게 놓여진 각 표면내의 어퍼처를 포함한다. 초점 평면의 위치를 결정하기 위하여, 투영 렌즈는, 마스크(MA)상에 구비되고 콘트라스트 명암 영역을 갖는 TIS 패턴(TIS-M)의 이미지를 공간으로 투영한다. 기판 스테이지는 수평(하나 또는 바람직하게는 두개의 방향) 및 수직으로 스캔되어 에어리얼 이미지가 예상되는 공간을 TIS의 어퍼처가 통과한다. TIS 어퍼처가 TIS 패턴의 이미지의 명암부를 관통함에 따라, 광검출기의 출력은 파동(fluctuate)칠 것이다. 광검출기 출력의 진폭 변화 비율이 최고인 수직 레벨은 TIS 패턴 이미지가 최대 콘트라스트를 갖는 레벨을 나타내고 결과적으로 최적 초점 평면을 나타낸다. 이러한 형태의 TIS에는 US 4,540,277에 더 상세히 기술되어 있다. TIS대신에, US 5,144,363에 기술된 것과 같은 반사 이미지 센서(RIS)가 또한 사용될 수 있다.

물리적 기준 표면으로 TIS 표면을 사용하는 것은, TIS 측정이 높이 맵용으로 사용되는 기준 평면을 투영 렌즈의 초점 평면에 직접적으로 관계시켜 높이 맵이 노광 공정동안 웨이퍼 스테이지용 높이 보정을 직접적으로 제공하도록 채용될 수 있는 장점을 갖는다. 이는, 기판 테이블(WT)이 Z 간섭계의 제어하에 높이 맵에 의하여 결정된 높이에 위치되어 웨이퍼 표면이 투영 렌즈(PL)하에 정확한 위치에 있음을 나타내는 도 6에 도시되어 있다.

TIS 표면은 기준 마커를 추가적으로 이송할 수 있고 그 위치는 기판 테이블이 마스크에 정렬하도록 스루-더-렌즈(TTL)(through-the-lens) 정렬 시스템을 사용하여 검출된다. 그와 같은 정렬 시스템은 예를 들어 EP 0 467 445 A(P-0032)에 기술되어 있다. 개별 노광 영역의 정렬도 또한 수행될 수 있거나, 웨이퍼 스테이지상의 기준 마커에 노광 영역을 정렬하도록 측정 스테이지에서 수행되는 정렬 과정에 의하여 생략될 수도 있다. 그와 같은 과정은 예를 들어 EP-0 906 590 A(P-0070)에 기술되어 있다.

생산 공정에서 투영 시스템(PL)에 위하여 투영된 마스크 이미지는 스텝-앤-리피트 모드와 스텝-앤-스캔 모드에서 단일 지점이 아닌 XY평면의 상당한 영역에 걸쳐 연장된다. 웨이퍼 높이는 이 영역에 걸쳐 상당히 다양하기 때문에, 단지 단일 지점에서보다 전체 투영 영역에 걸쳐 초점을 최적화하는 것이 바람직하다. 본 발명의 실시예에서, 이는 기판 테이블(WT)의 수직 위치뿐만 아니라 X와 Y축(Rx, Ry)에 관한 그 경사를 제어하여 달성될 수 있다. 의도한 노광 영역의 위치와 범위를 알게되면, 본 발명에 의하여 발생된 높이 맵은 각 노광용 기판 테이블용 최적 Z, Rx 및 Ry 위치 설정 점을 미리 계산하는 데 사용될 수 있다. 이는 웨이퍼가 투영 렌즈아래에 위치될 때 웨이퍼 높이만을 측정하는 공지된 장치에서 레벨링에 요구되는 시간을 피하여 그 결과 스루풋을 향상시킨다. 최적 Z, Rx 및 Ry 설정 점은 다양한 공지의 수학 기술, 예를 들어 LSQ(t), 즉 (웨이퍼 표면과 이상적인 초점 평면사이의 거리로서 정의된) 디포커스를 최소화하는 반복과정(iterative process)을 노광 영역에 걸쳐 적분하여 계산될 수 있다.

다른 장점은 스텝-앤드-스캔 모드에서 가능하다. 이 모드에서, 투영 렌즈는 노광 영역의 대응부상에 마스크 패턴의 일부만의 이미지를 투영한다. 마스크와 기판은 투영 시스템(PL)의 이미지 초점 평면과 대상물을 통하여 동시에 스캔되어, 전체 마스크 패턴이 전체 노광 영역상에 묘사된다. 실제로 투영 렌즈가 고정되고 마스크와 기판이 이동될지라도, 웨이퍼 표면에 걸쳐 이동하는 이미지 슬릿의 견지에서 이 과정을 고려하는 것이 종종 편리하다. 높이 맵이 본 발명에 의하여 미리 결정되어, XY 스캔 경로에 맞추어진 일련의 Z, Rx 및 Ry 설정 점을 계산하는 것이 가능하다(보통, 스캐닝은 일방향, 특히 Y방향에서만 일어난다). 이들 설정 점은 예를 들어 스루풋을 줄이거나 바람직하지 않은 진동을 유발하는 수직 가속도 또는 경사 이동을 최소화하는 추가 기준에 따라 최적화될 수 있다. 일련의 이격된 설정 점이 주어지면, 노광용 스캐닝 궤도는 다항(polynomial) 또는 스플라인 피팅(spline fitting) 과정을 사용하여 계산될 수 있다.

본 발명이 주어진 노광용 Z, Rx 및 Ry의 최적 위치에 웨이퍼를 위치시키는 것을 목적으로 하는 반면, 노광 영역에 걸쳐 웨이퍼 표면 높이의 변동으로 인하여 웨이퍼가 전 영역에 걸쳐 적절한 초점을 주어지도록 위치될 수 없는 경우가 있을 수 있다. 이와 같은 소위 초점 스폷은 노광 실패를 유발한다. 그러나, 본 발명에 의하면 이와 같은 실패는 미리 예상될 수 있으며 치유 조치가 취해질 수 있다. 예를 들어, 나쁘게 노광된 웨이퍼를 추가로 처리함으로 인한 해로운 영향이 없도록 웨이퍼가 스트립(strip)되거나 재코팅될 수 있다. 대안적으로, 다른 것이 수용가능한 반면 예상된 실패가 웨이퍼 상의 하나 또는 약간의 디바이스에만 영향을 미치는 경우에는, 결합 디바이스를 유발할 것으로 미리 예상될 수 있는 노광을 생략(skip)하여 스루풋을 높일 수 있다.

초점-스폿 검출의 추가 장점은 취해진 높이 맵의 분석으로부터 유추할 수 있다. 하나의 전체(global) 웨이퍼 평면으로부터의 큰 편차가 웨이퍼 높이 맵에 존재할 때, 이는 기판 비편평도 또는 공정 영향에 기인한 초점 스폷을 나타낼 수 있다. 여러 웨이퍼로부터의 웨이퍼 높이 맵을 비교하는 것은 기판 테이블의 비평편도 또는 오염에 기인한 초점 스폷을 나타낼 수 있다. 초점 스폷이 다른 웨이퍼에 대해 동일 또는 동일하게 근접한 위치에 나타나는 경우, 이는 기판 홀더 오염(소위 "Chuck-spots")에 의하여 대부분 유발될 것이다. 하나의 웨이퍼 높이 맵으로부터, 반복된 노광 영역(다이)로부터의 높이 맵(지형(topology))을 또한 비교할 수 있다. 평균 높이 맵에 대하여 소정의 다이에서 큰 차이가 발생하면, 웨이퍼 프로세싱 또는 기판 테이블로 인한 초점 스폷을 예상할 수 있다. 웨이퍼 높이 맵을 비교하는 대신에, 동일 비교가 다이당 유도된 노광 경로, 또는 디포커스 파라미터(MA, MSD 또는 아래에서 설명될 이동 포커스)에 대해 또한 이루어질 수 있다. 어떤 다이 또는 웨이퍼가 평균 노광 경로 또는 디포커스 파라미터로부터 많이 벗어나는 경우, 초점 스폷이 또한 검출될 수 있다.

언급한 모든 분석은 웨이퍼가 노광되기 전에 이루어질 수 있고, 웨이퍼 반려(처리 영향) 또는 기판 홀더 세정(Chuck 스폷)과 같은 치유 조치가 취해질 수 있다. 이러한 방법으로, 초점 스폷은 레벨 센서(10)의 측정 스폷의 크기로 국부화될 수 있다. 이는 초점 스폷 검출의 앞 방법보다 더 높은 해상도(resolution)를 갖는다는 것을 암시한다.

(실시예 2)

본 발명의 제 2 실시예는 노광 및 측정 스테이션과 아래에서 논의되는 것과 관계되는 구성요소만을 나타내는 도 8에 도시된다. 제 2 실시예는 아래에서 설명되는 몇몇 개량과 함께, 위에서 설명된 본 발명의 레벨링 원리를 이용한다.

노광 스테이션에서, 도 8의 왼쪽에 투영 렌즈(PL)은 도량형 프레임(MF)(metrology frame)에 장착되어 웨이퍼 테이블(WT)에 장착된 센서(TIS)에 마스크(MA)상의 TIS 마커(TIS-M)의 이미지를 투영하도록 도시된다. 도량형 프레임은 장치의 다른 부분의 진동의 전달로부터 격리되고 그 위에는 미세 계측과 정렬 감지용으로 사용되는 수동 구성요소만 장착된다. 전체 도량형 프레임은 인바(Invar)와 같은 매우 낮은 열적 팽창 계수를 갖는 물질로 이루어져, 장치의 가장 민감한 측정 장치에 대하여 매우 안정한 플랫폼을 제공한다. 도량형 프레임(MF)상에 장착된 구성요소는 Z간섭계( $Z_{IF}$ )의 측정 빔이 웨이퍼 테이블(WT)의 측면에 장착된  $45^{\circ}$  미러(31)로 향해지도록 하는 미러(34와 35)를 포함한다. 기판 테이블의 Z위치가 X 방향으로의 이동 범위 전체를 통하여 측정될 수 있다는 것을 보장하기 위하여, 미러(34, 35)는 X 방향으로 대응하여 길게 연장된다. Z위치가 Y 이동범위 전체를 통해 측정될 수 있다는 것을 보장하기 위하여 미러(31)는 웨이퍼 테이블의 전체 길이를 커버한다. 또한 아래에서 추가적으로 설명되는 보증 센서(20a)(confidence sensor)의 빔 생성 및 수용부(21a, 22a)가 도량형 프레임(MF)에 장착된다.

(도 8의 오른 쪽의) 측정 스테이션에서, 동일 도량형 프레임(MF)은 노광 스테이션에서 미러(34, 35)와 동일한 기능을 하는 미러(33과 32)를 갖는다; 또한 미러(32, 33)는, 기판 테이블(WT)을 이동하는데 요구되는 범위를 수용하는, 노광 스테이션에서와 같은 크기의 X방향으로의 범위를 가질 것이다. 빔 생성부(11) 및 검출부(12)를 포함하는 레벨 센서(10)는 도량형 프레임(MF)상에 또한 장착된다. 추가적으로, 노광 위치에서 보증 센서(20a)와 본질적으로 동일한 보증 센서(20b)가 제공된다. 다른 측정 장치, 예를 들어 정렬 모듈이 또한 제공될 수도 있다.

위에서 논의된 바와 같이, (이 실시예에서 다시 TIS의 상부 표면에 의하여 제공된) 물리적 기준 표면의 사용은, 웨이퍼 높이 맵을 웨이퍼 스테이지에 관계시키고 두개의 Z간섭계의 영점 위치와 웨이퍼 테이블이 이동하는 베이스 플레이트(석재)(BP)의 비평편도와 같은 어떤 국부 요인에 독립적이게 만든다. 그러나, 웨이퍼 높이 맵은 측정 스테이션에서 Z간섭계를 사용하여 생성되고 기판 테이블 위치는 제공된 다른 Z간섭계를 사용하여 노광 스테이션에서 제어되기 때문에, 두 Z간섭계 사이의 XY위치의 함수로서의 어떤 차이는 웨이퍼 표면이 초점 평면에 위치되는 정확성에 영향을 미칠 수 있다. 본 발명에 사용된 형태의 간섭계 시스템에서 이들 변동의 주요 원인은 미러(32, 33, 34, 35)의 비평편도이다.  $45^{\circ}$ 미러(31)는 웨이퍼 테이블(WT)에 부착되어, 웨이퍼 테이블과 함께 노광과 측정 스테이션 사이를 교환(swap)하는 것처럼 주행한다. 그리하여 이들 미러의 비평편도는 노광 스테이션에서 위치결정하는 데 측정 스테이션에서와 같은 효과를 갖고, 대부분 상쇄된다. 그러나, 도량형 프레임(MF)상에 장착된 미러(32, 33, 34 및 35)는 그들 각 간섭계와 함께 유지되고 따라서 대응 쌍(32, 34 및 33, 35)의 표면 윤곽에서의 어떤 차이가 기판 테이블(WT)의 수직 위치결정 정확성에 악영향을 미칠 수 있다.

보증 센서(20a와 20b)는 장치의 초기 셋업에 사용되고, 그후 요구되는 때에 주기적으로 측정과 노광 스테이션에서의 Z간섭계들 사이의 차이를 캘리브레이팅하는 데 사용된다. 보증 센서는 기판 테이블이 그 아래에 스캔됨에 따라 하나 이상의 지점에서 웨이퍼의 상부 표면의 수직 위치를 측정할 수 있는 센서이다. 보증 센서(20a와 20b)는 설계상 레벨 센서(10)와 유사할 수 있으나 반드시 그럴 필요는 없다; 이들은 오직 셋업시(와 비정기적인 재캘리브레이션(recalibration))시 그리고 생산 웨이퍼보다는 기준 웨이퍼와 함께 사용되기 때문에, 설계 기준은 덜 부담스럽고 이것을 이용하여 더 간단한 센서를 설계할 수 있다. 바꿔 말하면, 노광 스테이션에서 투영 렌즈(PL)의 존재로 인하여 그 스테이션에서 보증 센서에 대한 이용 가능한 물리적 위치가 제한될 것이고, 이는 또한 각 보증 센서의 설계 또는 선택에 고려될 필요가 있다. 캘리브레이션이 매 노광의 질에 영향을 미치기 때문에 보증 센서는 고정확도를 필요로 한다.

보증 센서(들)을 사용하는 캘리브레이션 공정에서, 기준 웨이퍼는 기판 테이블상에 실려진다. 기준 웨이퍼는 베어 실리콘 웨이퍼(bare silicon wafer)가 바람직하다. 이것이 정상 베어 실리콘 웨이퍼보다 더 편평할 필요는 없으나 (반사도의 측면에서) 그 표면 마무리는 보증 센서용으로 최적화되는 것이 바람직하다. 본 발명의 바람직한 실시예에서, 기준 웨이퍼는 그 반사도를 최대화하고 비평편도를 최소화하도록 연마되는 것이 바람직하다.

캘리브레이션 공정에서, (보통 물리적 기준 표면에 기준되는) 기준 웨이퍼의 부분 높이 맵은 레벨 센서(10)대신에 보증 센서(20b)를 사용하여 측정 스테이션에서 생성된다. 이는 레벨 센서(10)와 동일한 방식으로 이루어진다: 물리적 기준 표면(TIS)은 Z간섭계를 영점화하도록 보증 센서의 영점에 위치되고, 웨이퍼는 보증 센서아래에서 스캔되며, 높이 맵은 보증 센서와 Z간섭계 독출값사이의 차이로부터 생성된다. 높이 맵은 측정 스테이션 높이 맵과 동일한 지점에서 보증 센서(20a)를

사용하여 노광 스테이션에서 또한 생성된다. 이 캘리브레이션을 위하여 높이 맵이 웨이퍼의 완전한 스캐닝일 필요는 없다; 이들은 미러(32-35)에 걸쳐 Z간섭계 범의 이동에 대응하는 스트립(strip)을 커버하기만 하면 된다. (양쪽이 생성되는 동안 웨이퍼가 기판 테이블상에 안정된다면, 맵이 발생된 순서는 중요하지 않다.)

높이 맵들은 동일 웨이퍼를 나타내기 때문에, 이들 사이의 어떤 차이는 이들을 생성하는 데 사용된 측정 시스템사이의 차이에 의하여 유발될 것이다. 두개의 보증 센서는 정적(static)이므로, 이들이 높이 맵에 미치는 효과는 위치 종속적이지 않으므로 두개의 높이 맵을 정규화 및/또는 정적 옵셋(static offset)을 감산하여 제거될 수 있다. 어떤 잔류 차이는 위치 종속적일 수 있는데, 두개의 높이 맵이 감산됨으로써 노광 스테이션 Z간섭계를 측정 스테이션 Z간섭계에 관계시키는 보정 테이블(미러 맵)(correction map)이 생성될 수 있다. 이들 보정 테이블은 도량형 프레임(MF)에 부착된 미러(33, 35와 32, 34)사이의 차이에 기인할 수 있고, 생산 공정에서 발생된 웨이퍼 높이 맵에 적용되거나, 또는 맵을 생성시키거나 노광동안 기판 테이블을 위치결정하는 데 사용되는 Z간섭계중의 하나를 보정하는 데 사용될 수 있다. Z간섭계, 특히 도량형 프레임 미러와 기판 테이블 미러의 정확한 구성에 종속하기 때문에, 각 간섭계 시스템내의 미러의 비평편도에 의하여 유발된 Z위치의 차이는 하나 이상의 자유도(Rx, Ry, Rz)에 종속하여 또한 경사질 수 있다. 이 경사 종속성을 제거하기 위하여, 다양한 다른 경사의 웨이퍼 스테이지로 수 개의 높이 맵을 생성하도록 보증 센서를 사용하여 필요에 따라 이로부터 다른 다수의 보정 테이블(미러 맵)이 도출되는 것이 필요할 수도 있다.

오프-액시스 레벨링 과정의 원리를 설명하였으므로, 제 2 실시예에서 채용된 약간의 추가 개량 사항과 생산 공정에서 어떻게 통합되는지를 설명할 것이다. 도 9와 10은 측정 스테이션과 노광 스테이션에서 실행된 단계를 각각 지칭하고 나타낸다. 두개의 웨이퍼 테이블을 사용한 리소그래피 장치에서, 이들이 교환(swap)되기 전에 두번째 테이블이 도 10의 단계를 거침과 동시에 하나의 테이블은 도 9의 단계를 거칠 것이다. 아래의 설명에서, 단일 웨이퍼의 "생명(life)"은 측정 스테이션(도 9)으로부터 노광 스테이션(도 10)으로 및 그 역으로 이어진다.

도 9의 단계 S1에서 시작하여, 광감지 레지스트로 도포된 웨이퍼는 기판 테이블(WT)에 로딩된다. (이는, 기판 테이블이 간섭계 시스템(IF)의 범위밖인 측정 스테이션으로부터 분리된 로딩 스테이션에서 일반적으로 발생되는 것임을 주목하라.) 기판 테이블은 하나 이상의 위치 감지 디바이스장치(PSD)의 포획(capture)범위(들)로 이동되어, 간섭계 도량형 시스템의 초기 개략적인 영점화(coarse zeroing)가 수행된다(단계 S2). 초기 개략적인 영점화 후, 간섭계 시스템의 미세 초기화/영점화가 단계 S3과 S4로 이어진다. 이들 두 단계는, 그것에 대한 웨이퍼 높이 맵이 측정되는(웨이퍼 테이블에 고정된) 기준 평면을 정의하는(두개 이상의) 물리적 기준 표면상의 ("LS"로 나타낸) 레벨 센서 측정을 포함한다. 또한, ("AA"로 나타낸) 두개의 정렬 측정은 동일한 물리적 표면상에 위치한 마커들에 대해 이루어져, 웨이퍼 테이블에 고정된 수평 기준 위치를 한정한다. 단계 S3과 S4에서의 이들 측정은 모든 자유도에서 간섭계 시스템을 효과적으로 영점화한다.

레벨링 과정의 다음 단계는 전체 레벨 윤곽(GLC)(global level contour)으로 지칭되는 단계 S5이다. 아래에서 추가로 설명되는 이 단계에서, 웨이퍼 포획과 레벨 센서로의 웨이퍼의 초기 스캔은, 후속하는 상세한 스캔이 웨이퍼로 또는 웨이퍼에서 떨어지도록 이동하는 지점에서의 대략적인 높이뿐만 아니라 그 전체 높이와 경사가 결정되도록 한다. 이 정보는 웨이퍼 높이 맵용 기판 테이블 케도가 형성되도록 하게 한다.

단계 S6에서, 웨이퍼의 전체 정렬(global alignment)이 이루어진다. 웨이퍼상의 적어도 두개의 정렬 마커가 측정되어(W1과 W2), 그들 XY위치가 TIS 기준(fiducial)상의 기준 마커에 대하여 결정된다는 것을 뜻한다. 이는 웨이퍼가 어느 정도로 스캔 방향(y)에 대하여 수평적으로 회전되고(Rz), 웨이퍼 높이 맵 스캔이 노광 영역 축에 평행하게 이루어지도록(즉, "노광 영역에 걸쳐 직선으로 가도록") 웨이퍼 회전을 보정할 수 있게 이루어진다.

그 후에, 레벨링 과정은 공정 종속적 보정(PDC)(process dependent correction)에 필요한 측정을 계속한다. 공정 종속적 보정에는 레벨 센서의 몇몇 형태가 필요하고 이후에 설명될 것이다.

웨이퍼 높이 맵은 웨이퍼가 노광된 각 시간마다 취해져야 한다. 웨이퍼가 이미 하나 이상의 공정 단계를 거친 경우, 표면 층은 더 이상 순수한 연마된 실리콘이 아니고 웨이퍼상에 이미 발생된 피처를 나타내는 구조 또는 토폴로지(topology)일 수 있다. 다른 표면 층과 구조가 레벨 센서 독출에 영향을 미칠 수 있고 특히 그 선형성을 변경할 수 있다. 레벨 센서가 광학인 경우, 이들 효과는 예를 들어 표면 구조 또는 표면 반사율의 파장 종속성에 의하여 유발된 회절 효과에 기인할 수 있어서 항상 예측될 수는 없다. 요구된 공정 종속적 보정을 결정하기 위하여, 노광 영역 또는 다이는, 레벨 센서(10)의 선형 또는 선형화된 범위를 걸치는(spanning) 여러 개의 다른 수직 위치에 설정된 기판 테이블(WT)로 레벨 센서 아래에서 스캔된다. 웨이퍼 높이, 즉 웨이퍼 표면과 기준 평면사이의 물리적 거리는 기판 테이블의 수직 위치에 따라 변경되지 않아야 한다; 이는 레벨 센서와 Z간섭계의 측정을 차감하여 얻어진다:  $Z_{Wafer} = Z_{LS} - Z_{IF}$ . 그러므로  $Z_{Wafer}$ 의 결정 값이 기판 테이블의 수직 위치에 따라 변경되는 경우, 이는 레벨 센서 및/또는 Z간섭계가 선형적이지 않거나 동일하게 스캐일링되지 않은 것을

나타낸다. Z간섭계는 웨이퍼 테이블 및 도량형 프레임상의 미러를 응시하기 때문에 선형적인 것으로 간주된다; 또한 일단 적어도 보증 센서의 사용으로 결정된 보정이 적용되면, Z간섭계는 실제로 웨이퍼 높이 맵에 대한 요구 정확도보다 더 큰 정도로 선형적이다. 그러므로, 웨이퍼 높이 값에서 어떤 차이는 레벨 센서의 비선형성 또는 잘못된 스케일링에 기인한 것으로 여겨진다. 이들과 이들이 관찰된 레벨 센서 독출값을 아는 것은 레벨 센서의 출력을 보정하는 데 사용될 수 있다. 간단한 이득 보정이면 충분하나, 레벨 센서의 본 바람직한 실시예에서는 다른 센서에 대해서 더 복잡한 보정이 요구될 수 있다는 것이 발견되었다.

처리될 웨이퍼가 다른 공정들이 수행되어야 할 노광 영역을 갖는 경우, 웨이퍼상의 노광 영역의 각 다른 형태에 대하여 공정 종속적 보정이 결정된다. 반대로, 동일 또는 유사한 공정들이 수행되는 노광 영역을 갖는 웨이퍼의 배치(batch)가 노광되려면, 노광 영역의 각 형태에 대하여 배치당 한번 공정 종속적 보정을 측정하는 것만이 필요할 수 있다. 그 보정은 그 형태의 노광 영역이 배치내에서 높이 맵핑되는 각 시간마다 적용될 수 있다.

많은 IC 제조에서, 광감지 레지스트는 웨이퍼가 리소그래피 장치로 로딩되기 바로 전에 웨이퍼에 가해진다. 이것 및 다른 이유 때문에, 웨이퍼는 로딩되고 제자리에 클램프될 때 기판 테이블과는 다른 온도로 있을 수 있다. 웨이퍼가 기판 테이블과 동일 온도로 냉각(또는 가열)되는 경우, 웨이퍼가 진공 흡입을 사용하여 매우 강성적으로(rigidly) 클램프되기 때문에 열적 응력이 설정될 수 있다. 이들은 웨이퍼의 바람직하지 못한 왜곡(distortion)을 일으킬 수 있다. 열적 평형은 단계 S2 내지 S7가 완수되는 시간이 지나서야 도달될 가능성이 많다. 그러므로, 단계 S8에서, 웨이퍼의 열적 응력을 완화시키도록, 웨이퍼를 기판 테이블에 클램핑하는 전공이이 해제되고, 다시 가해진다. 이 완화는 웨이퍼의 위치 및/또는 경사에서 작은 시프트를 일으킬 수 있으나 단계 S2 내지 S4 가 웨이퍼와 독립적이고 S5와 S6이 대략적인 측정만이기 때문에 이들은 수용 가능하다. 이 스테이지에서 웨이퍼 위치의 어떤 시프트도 공정 종속적 보정에 영향을 미치지 않는다. 왜냐하면, 이는 웨이퍼의 측정보다는 레벨 센서의 캘리브레이션이기 때문이다.

진공이 다시 가해진 후에, Z 맵은 단계 S9에서 수행되고, 이로부터 노광 공정이 끝날 때까지 진공이 다시 해제되지 않는다. Z맵에 요구되는 스캔은 웨이퍼가 소정의 정확도로 노광동안 위치될 수 있기에 충분한 지점들의 높이를 측정해야 한다. 측정 지점들은 웨이퍼가 노광되는 실제 영역을 커버하는 것이 중요하다; 스크라이브 레인(scribe lane)과 소위 마우스 바이트(mouse bites)과 같은 비노광 영역에 걸친 측정은 잘못된 결과를 낳는다. 따라서, 높이 맵핑 스캔은 가까이에 있는(at hand) 웨이퍼상의 노광 영역의 특정 패턴으로 최적화되어 한다; 이는 아래에서 추가로 기술된다.

일단 Z맵이 완성되면, 기판 테이블이 단계 S11에서 노광위치로 교환되기 전에 사전 정렬 공정(advance alignment process)이 단계 S10에서 수행된다. 사전 정렬 공정에서, 기판 테이블에 고정된 (물리적 기준 표면) TIS 기준상에 위치한 기준 마커(F)에 대한 웨이퍼상의 다수의 정렬 마커의 위치가 정확하게 결정된다. 이 공정은 본 발명과 특별히 관계없으므로, 여기서 추가로 설명되지 않는다.

교환 과정에서, 높이 맵핑된 웨이퍼를 지니는(carrying) 기판 테이블은 노광스테이션에 도착한다(도 10의 단계 S13). 기판 테이블의 개략적인 위치 결정이 단계 S14에서 이루어지고, 필요한 경우, 새로운 마스크(MA)가 마스크 테이블(MT)로 로딩된다(단계 15). 마스크 로딩 공정은 마스크 테이블 교환과 동시에 수행되거나 적어도 이전에 시작된다. 일단 마스크가 위치하고 대략적인 위치 결정인 단계 S14가 이루어지면, 제 1 TIS 스캔은 단계 S16에서 센서(TIS1)을 사용하여 수행된다. TIS 스캔은 초점 평면 기준을 생성하면서, 위에 설명한 것처럼, TIS가 투영 렌즈의 에어리얼 이미지 초점에 위치되는 기판 테이블의 수직과 수평 위치를 측정한다. 도 9의 단계 S9에서 생성된 높이 맵은 TIS가 위치되어 있는 물리적 표면에 기준되어(referenced) 있기 때문에, 상이한 노광 영역에 대해 초점 평면내에 웨이퍼 표면을 놓기 위해서 필요한 기판 테이블의 수직위치는 직접 도출된다. TIS2를 사용하여 2번째 TIS 스캔인 단계 S17이 또한 수행되어, 초점평면 기준을 위한 2 번째 지점이 산출된다.

일단 TIS 스캔이 완성되고 초점 평면이 결정되면, 선택적으로 단계 S19에서 어떤 필요한 시스템 캘리브레이션(특히 렌즈 가열 효과를 보정하는 조절)후에, 노광 공정(S18)이 수행된다. 노광 공정은 하나 이상의 마스크를 사용하는 다중 노광 영역의 노광을 일반적으로 포함할 것이다. 마스크 교환(S20)후, 다중 마스크가 사용되는 경우, 하나의 TIS 스캔(S17)은 어떤 초점 평면 변화를 개신하도록 반복될 수 있다. 몇몇 또는 모든 노광 사이에, 시스템 캘리브레이션 단계 S19는 또한 반복될 수 있다. 모든 노광이 완수된 후, 노광된 웨이퍼를 지니는 기판 테이블은, 그 동안에 도 9의 단계 S1 내지 S10를 거친 웨이퍼를 지니는 기판 테이블에 대하여 단계 13에서 교환된다. 노광된 웨이퍼를 지니는 기판 테이블은 로딩 스테이션으로 이동되고, 새로운 웨이퍼가 로딩되고 사이클이 재시작되도록 노광된 웨이퍼가 꺼내어진다(taken out).

도 9의 웨이퍼 높이 맵핑 스캔을 설명하기 위하여, 도 11은 실리콘 영역을 최선으로 사용되도록 웨이퍼상에 배치된 다양한 형태와 크기의 노광 영역(C)의 패턴의 예시를 도시한다. 다른 노광 영역(C)은 스크라이브 레인(SL)에 의하여 분리되고 "마우스 바이트(mouse-bite)"로 알려진 일반적으로 삼각형의 사용되지 않는 영역이 직각 노광 영역과 웨이퍼의 곡선 에지

사이에 피할 수 없게 남게 된다. 스크라이브 레인은 일단 모든 생산 공정이 완수되면 (다른 디바이스를 분리시키도록) 웨이퍼가 잘려지는 곳이고, 몇몇 커팅 기술은 일방향으로 스크라이브 레인이 웨이퍼의 전체 폭을 모두 걸치는 것을 요구할 수 있다; 이러한 경우, 장치가 스텝-앤드-스캔 모드로 사용되는 경우 스캐닝 방향(예를 들어 Y방향)에 평행하게 이들 전체 웨이퍼 폭 스크라이브 레인을 방향짓는 것이 편리하다. 스크라이브 레인과 마우스 바이트는 노광되지 않고, 따라서 웨이퍼의 약간의 공정 단계 또는 층의 증착이 수행된 후에는, 노광 영역(C)과는 매우 다른 높이와 표면 특성을 가질 수 있다. 따라서, 노광되지 않을 것이기 때문에 이들 영역에서의 어떠한 높이 측정도 무시하는 것이 중요하다.

레벨 센서의 현재 바람직한 실시예는 예를 들어, 9개 점(영역)의 높이를 동시에 측정하도록 스캐닝 방향에 수직하게 배열된 9개의 광학 스폿의 선형 배열을 사용한다. (Z간섭계 데이터는 대응 레벨 센서 지점의 배열에서 기판 테이블의 대응 Z위치 데이터를 제공하도록 또한 삽입될 수 있다는 것을 주목하라.) 스폿의 배열은 장치에서 노광될 수 있는 가장 넓은 노광 영역의 폭을 커버하기에 충분한 크기이다.

현재 바람직한 스캐닝 방식은, 배열의 중앙 스폿이 노광 영역의 각 칼럼의 중간라인(midline)을 따라 통과하는 것과 같은 사형 경로(meandering path)로 스폿 배열을 스캔하는 것이다; 이 중간라인은 노광 공정에서 조명된 슬릿의 중간라인에 대응한다. 이리하여 발생된 데이터는 최소의 재배열 또는 계산으로 노광 스캔에 직접적으로 관련될 수 있다. 이 방법은, 측정과 노광 스테이션 모두에서 기판 테이블에 부착된 미러(31)상에서 동일 위치를 가리키는 Z간섭계 범으로 스캔이 수행되기 때문에 미러 비평편도 영향의 일부를 또한 제거한다. 다이의 칼럼이 레벨 센서의 스폿 배열보다 좁다면, 노광 영역내에 전적으로 놓여있지 않은 스폿으로부터 얻은 데이터는 무시된다. 레벨 센서의 다른 실시예에서는 노광 영역의 폭에 매칭되도록 스폿 배열의 폭을 조절하는 것이 가능하다.

웨이퍼가, 중심선(center line)이 나머지 부분으로부터 스캐닝 방향에 수직한 방향으로 옵셋된, 몇몇 노광 영역을 갖는 경우, 변경된 스캐닝 방식이 사용되는 것이 유리할 수 있다. 이 상황은 그 중심선이 나머지 다이(D)로부터 옵셋된 한 행(row)의 다이(E)를 나타내는 도 12에 도시되어 있다. 그와 같은 경우에, 맵은 두개의 사형 경로를 스캐닝함으로써 기판 테이블에 대해 더 작은 가속도로 또한 더 빠르게 생성될 수 있다. 도 12에서 52로 지칭된 하나의 경로는 한 세트의 노광 영역(D)에 미치고, 53으로 지칭된 다른 경로는 다른 노광 영역(E)에 미친다. 물론, 노광 영역의 다른 배열은 스캐닝 방식에 추가 변경을 요구할 수 있다.

레벨 센서가 제한된 선형 또는 선형화된 범위를 갖는 경우, 기판 테이블(WT)은, 그 범위로 웨이퍼 표면을 가져오는 수직 위치 그 아래에서 스캔되어야 한다. 일단 웨이퍼 표면이 발견되면, 기판 테이블 위치 결정 시스템에 대한 레벨 센서 독출의 폐쇄 피드백 루프에 의하여, 기판 테이블(WT)의 수직 위치를 조정하여 선형 또는 선형화된 범위로 웨이퍼 표면을 유지하는 것은 간단한 문제이나, 레벨 센서가 웨이퍼 외측으로부터 노광 영역으로 처음 이동할 때 웨이퍼 표면을 발견하는 것은 그리 간단하지 않다. 사형 경로에는 도 11에서 사형 경로(meandering path)상의 화살표에 의하여 지시되고 51조 참조된 다수의 그러한 내부점(in-point)이 있어 문제를 더욱 복잡하게 한다.

내부점(internal point)에서 웨이퍼 표면을 발견하도록 주 레벨 센서 스폿 배열에 앞선 포획 스폿을 제공하는 것이 가능하다. 웨이퍼 상의 포획 스폿의 반사는 주 스폿에 대한 경우보다 더 넓은 포획 범위를 갖는 검출기로 향하게 된다. 그러나, 이는 추가 하드웨어를 요구한다: 주 스폿(전/후)의 양측면상에 포획 스폿 또는 일방향만으로의 스캐닝에 대한 제한. 추가 하드웨어를 필수적으로 요구하지 않는 대안은, 각 내부점에 근접하게 기판 테이블을 정지시키고, 웨이퍼 포획을 수행하고 내부점에서 웨이퍼 표면 위치를 근사화하도록 레벨 센서의 선형 또는 선형화된 범위로 웨이퍼 표면을 측정하는 것이다. 그러나, 이는 측정 공정을 상당히 중요하게 느리게 하여, 스루풋에 있어서 바람직하지 못한 결과를 가져오게 한다.

본 발명의 이 실시예에서 이들 문제는, 웨이퍼 표면이 포획된 후 상기에서 언급한 전체 레벨 윤곽 스캔을 수행하여(도 9에서 단계 S5) 회피된다. 전체 레벨 윤곽 스캔은 도 13을 참고하여 추가로 설명된다.

전체 레벨 윤곽 스캔에 대하여 기판 테이블은 노광 영역(C)내 (바람직하게는 예지 근방)의 편리한 지점이 단일 포획 스폿과 레벨 센서(스포트 배열)의 주 스폿 아래에 있도록 먼저 위치된다. 예를 들어, 웨이퍼 표면이 포획되고 주 스폿의 선형 또는 선형화된 범위내에 올 때까지 수직으로 기판 테이블을 스캐닝함으로써 웨이퍼 표면이 발견되고, 그리고 나서 기판 테이블은 중앙 스폿(41)이 전체 노광 영역의 주변의 내측 주위의 경로(60)를 경유하도록 스캔된다. 포획 과정은 아래에서 추가로 설명된다. 웨이퍼 표면 높이의 측정은 스캔 근방의 설정된 위치에서 행해진다. 배열의 다른 스폿과 중앙 스폿이 웨이퍼(의 노광 영역)위에 떨어진 경우에, 중앙 스폿 뿐만 아니라 이들 스폿으로부터의 측정이 또한 행해질 수 있다. 그러나, 측정은 노광 영역외측에 떨어진 스폿으로부터 행해지지 않아야 한다. 도시된 바와 같이, 전체 레벨 윤곽 경로(60)는 꽤 근접하게 노광 영역의 예지를 따르는 감겨진 경로이다; 그러나 더 매끄러운 경로가 채용될 수 있고, 특히 웨이퍼가 노광 영역으로 잘

체워진 경우 원형 코스(61)이면 충분하고 더 편리한 것이 당연하다. 전체 레벨 윤곽은 마우스 바이트위를 지나가는 원으로 또한 배열될 수 있어, 그 경우에 측정은 마우스 바이트에 대해서 행해지지 않거나, 마우스 바이트상에 행해진 어떤 측정 데이터도 전체 높이와 웨이퍼의 경사의 계산에 무시된다.

전체 레벨 윤곽내에서 수집된 데이터는 두가지 목적으로 사용된다. 우선 후에 수행될 높이 맵 스캔의 내부점(51)(도 11을 보라)의 근방에서 웨이퍼 높이에 관계된 데이터는 내부점(51)에서의 웨이퍼 높이를 예상하는 데 사용되어, 기판 테이블은 웨이퍼 표면위치를 맵핑 스캔동안 선형 또는 선형화된 레벨 센서 범위로 있도록 정확한 높이로 오게 된다. 대부분의 경우에 몇 개의 데이터 점만이 이를 위하여 필요하고, 웨이퍼 높이의 충분히 정확한 예측을 내삽(interpolation) 또는 외삽(extrapolation)에 의하여 결정되도록 내부점에 특히 근접할 필요는 없다. 레벨 센서가 (바람직하게) 모두가 선형 또는 선형화된 범위내로 올 필요가 있는 X방향의 스폿 배열을 갖기 때문에, 높이 맵핑 스캔용 내부점(51)에 국부 Ry경사를 아는 것이 또한 바람직하다. 전체 레벨 윤곽 스캔이 어떤 내부점의 근방에서 Y방향에 평행하거나 거의 평행한 경우, Ry경사는 단일 스폿에서만 얻어진 데이터를 사용하여 정확하게 결정될 수 없다. 아래에서 설명하는 것과 같이, X방향에서 이격된 측정 스폿의 배열을 갖는 레벨 센서가 사용되는 경우, 다중 스폿으로부터의 데이터는 국부 Ry 경사를 결정하는 데 사용될 수 있다. 물론, 배열의 일부가 그 영역 외측에 떨어지는 경우라면 노광 영역 내에 놓여진 스폿으로부터의 데이터가 선택된다.

전체 레벨 윤곽 데이터의 2차적 사용은 전체 웨이퍼의 전체 또는 평균 높이와 (2개의 축에 대한) 경사를 결정하는 것이다. 이는 공지된 수학적 기술, 특히 최소자승법에 의하여 이루어져, 수집된 웨이퍼 높이 데이터에 가장 적합한 평면을 결정한다. (종종 "웨지"로서 지칭되는) 전체 경사가 소정 양보다 큰 경우, 이는 부정확한 로딩 과정을 나타내는 것이 당연하다. 그 경우에 웨이퍼는 언로드되고 재시도를 위해 다시 로딩되며 계속 실패하는 경우에는 거부될 수 있다. 전체 높이와 경사 정보는 도 9의 단계 S10에서 사용된 사전 정렬 센서를 초점화하는 데 사용되어 웨이퍼상의 정렬 마커의 공간적 관계를 기관 스테이지의 기준 마커에 대해 정확하게 결정한다. 사전 정렬 센서와 공정은 WO 98/39689(P-0070)에 더 상세히 설명되어 있다.

웨이퍼 맵 스캔동안에, 레벨 센서(10)는 기판 테이블에 연속적으로 Z과 Ry 피드백 신호를 제공하여 선형 또는 선형화된 범위로 레벨 센서(10)를 유지한다. 이 피드 백 루프가 멈추면 (레벨 센서(10)가 정확한 숫자를 제공하지 않으면), 테이블은 (전체 Rx에 따른 Z프로파일인) 전체 웨이퍼 웨지에 대응한 경로를 따르게 하여 제어된다.

레벨 센서(10)의 현재 바람직한 실시예는 도 14에 도시되고 센서의 동작 양상을 나타내는 도 14A 내지 도 14G를 참조하여 추가적으로 아래에서 설명될 것이다.

레벨 센서(10)는 웨이퍼(W) (또는 그 수직 위치가 측정되는 경우 물리적 기준 평면 또는 어떤 반사 표면) 상에 측정 빔( $b_{LS}$ )를 향하게 하는 빔 생성 브랜치(11)와 웨이퍼 표면의 수직 위치에 종속된 반사 빔의 위치를 측정하는 검출 브랜치(12)를 포함한다.

빔 생성 브랜치에서 측정 빔은, 광 방출 배열 또는 레이저 다이오드일 수 있는 광원(111)에 의하여 생성되거나, 또는 다른 곳에서 발생되어 광섬유에 의하여 "일루미네이터"(111)로 통과된다. 광원(111)에 의하여 방출된 빔은, 특히 몇몇 공정 단계가 완수된 후, 웨이퍼 표면에서 간섭효과의 어떤 파장 종속성을 평균하도록 약 600 nm 내지 1050nm의 파장의 광대역을 포함하는 것이 바람직하다. 렌즈와 미러의 어떤 적절한 조합을 포함할 수 있는 조명 광학기(112)는 광원(111)에서 방출된 광선을 수집하고 투영 격자(113)을 균일하게 조명한다. 투영 격자(113)는 도 14A에서 더 상세히 도시되어 있는데, 축에 평행한 격자 라인을 가지고 개별/이산 스폿의 배열을 생성하도록 나눠질 수 있는 긴 격자(113a)(elongate grating)와 웨이퍼상의 주 검출 스폿 배열앞에 포획 스폿을 형성하는 추가 어퍼처(113b)로 구성된다. 격자의 주기는 웨이퍼 표면 위치가 측정될 수 있는 정확성에 의해 부분적으로 결정될 것이고 예를 들어 대략 30  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 투영 격자는 웨이퍼상에 투영된 격자 라인이 어떠한 웨이퍼 좌표축에 평행하지 않도록 광학 축주위로 조금 회전되어 위치되고, 이에 의해 x 또는 y방향을 따른 웨이퍼상의 구조체와의 간섭을 피하게 된다. 투영 렌즈(114)는 웨이퍼(W)상에 투영 격자(113)의 이미지를 투영하는 텔리센트릭(telecentric) 시스템이다. 투영 렌즈(114)는 본질적으로 반사 광학 요소만 포함하여 투영된 이미지에서 크로마틱 수차를 최소화하거나 피할 수 있는 것이 바람직하다.; 투영 빔은 광대역이기 때문에, 이들은 굴절 광학 시스템으로 쉽게 보상되거나 제거될 수 없다. 폴딩 미러(115, 116)(folding mirror)는, 투영 빔( $b_{LS}$ )을 투영 렌즈(114)내로 들어오게 하거나 밖으로 나가게 하고 빔 생성 브랜치의 구성 요소의 편리한 배치를 허용하도록 하는데 사용된다.

투영 빔( $b_{LS}$ )은 법선에 대하여 상당히 큰 각( $\alpha$ ), 특히  $60^\circ$ 내지  $80^\circ$  범위로, 웨이퍼상에 입사하고 검출 브랜치(12)로 반사된다. 도 14B에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 표면(WS)이 거리  $\Delta h$ 만큼의 위치(WS')로 시프트되는 경우, 반사 빔( $r'$ )은 웨이퍼 표면의 시프트에 앞서, 거리  $2\Delta h \cdot \sin(\alpha)$  만큼 빔( $r$ )에 대하여 시프트될 것이다. 도 14B는 또한 웨이퍼 표면상의 이미지의 모습을 나타낸다; 입사각이 크므로 이미지는 격자선(grating line)에 수직으로 퍼진다.

반사 빔은 검출 광학기(121)에 의하여 수집되고, 본질적으로 투영 격자(113)의 사본이고 스폿 배열 패턴에 대응하게 서브 분할된 검출 격자(126)상에 포커싱된다. 검출 광학기(121)는 투영 광학기(114)에 직접 상보적이고(complementary) 크로마틱 수차를 최소화하도록 본질적으로 반사 요소만으로 이루어질 것이다. 다시 폴딩 미러(122, 123)가 구성요소의 편리한 배치를 가능하게 하는 데 사용될 수 있다. 검출 광학기(121)와 검출 격자(126)사이에  $45^\circ$ 로 광선을 편광하는 선형 편광기(124)와, 광선의 수평과 수직 편광 성분사이의 격자 주기와 동일한 크기의 격자선에 수직한 전단(shear)을 일으키는 복굴절(birefringent) 크리스탈(125)이 위치된다. 도 14C는 복굴절 크리스탈이 없는 검출 격자(126)에 있는 빔을 나타낸다; 이는,  $45^\circ$ 로 편광된 밝은 밴드를 갖는 일련의 교번 명암 밴드이다. 복굴절 크리스탈(125)은 수평과 수직 편광 상태를 시프트하여 수평 편광 성분의 밝은 밴드가 수직 편광 성분의 어두운 밴드를 채운다. 그리하여, 도 14D에 도시된 바와 같이, 검출 격자(126)에서 조명은 균일한 회색이나 교번 편광상태의 줄무늬(stripe)를 갖는다. 도 14E는 이 패턴상에 오버레이된 검출 격자(126)을 나타내는데, 이는 웨이퍼 표면의 수직 위치에 종속된다; 웨이퍼가 공칭 영점 수직 위치에 있는 경우, 검출 격자(126)는 하나의 편광 상태, 예를 들어 수직인 밝은 밴드의 반과 다른 상태의 반을 오버레이시키고 차단할 것이다.

검출 격자(126)에 의하여 통과된 광선은 변조 광학기(127)에 의하여 수집되고 검출기(128)에 포커싱된다. 변조 광학기는 특히 약 50kHz의 교번 신호로 구동되는 편광 변조 장치를 포함하여, 두개의 편광 상태를 번갈아 통과시킨다. 그리하여 검출기(128)에 의하여 보여진 이미지는 도 14F에 도시된 두개의 상태사이를 교번한다. 검출기(128)은 스폿 배열에 대응한 다수의 영역으로 나뉘어져, 그 높이가 측정될 수 있다. 검출기(128)의 영역의 출력은 도 14G로 도시된다. 이는 변조 광학기와 동등한 주기를 갖는 교번 신호이고, 발진진폭은 검출 격자상의 투영 격자의 반사된 이미지의 정렬도, 따라서 웨이퍼 표면의 수직 위치를 나타내는 것이다. 위에서 언급한 바와 같이, 웨이퍼 표면은 공칭 영점 위치에 있는 경우, 검출 격자(126)은 수직 편광 상태의 반과 수평 편광 상태의 반을 차단하여 측정 세기가 동일하고 검출 영역에 의하여 출력된 발진하는 신호의 진폭이 영이 될 것이다. 웨이퍼 표면의 수직 위치가 영점 위치에서 멀어지도록 이동함에 따라, 검출 격자(126)은 수평으로 편광된 밴드를 더 많이 통과시키고 수직으로 편광된 밴드를 더 많이 차단시킬 것이다. 발진 진폭은 증가할 것이다. 웨이퍼 표면의 수직 위치의 측정값인 발진 진폭은, 나노미터급으로 웨이퍼 표면의 수직 위치에 직접 선형적으로 관련되지는 않는다. 그러나, 보정 테이블 또는 공식은, 캘리브레이팅된 Z간섭계와 캘리브레이팅되지 않은 레벨 센서(10)을 사용하여 기판 테이블의 여러 상이한 수직 위치에서 베어 실리콘 웨이퍼의 표면의 일정한 높이를 측정함으로써, 장치의 초기 설정에 대해 쉽게 결정될 (또 필요한 경우 주기적으로 재캘리브레이팅될) 수 있다.

레벨 센서와 Z간섭계의 측정이 동시에 행해지는 것이 보장되도록, 동기화 버스가 제공된다. 동기화 버스는 장치의 마스터 클록에서 발생된 매우 안정된 주파수 클록 신호를 전송한다. 레벨 센서와 Z간섭계 모두 동기화 버스에 접속되고 동기화 버스로부터의 클록 신호를 사용하여 그들 검출기의 샘플링 지점을 결정한다.

투영 격자(113)에 의하여 통과된 포획 스폿(113b)은 검출 격자(113)를 통과하고, 도 15A에 도시된 바와 같이 두개(131, 133)는 높게 설정되고 하나(132)는 낮게 설정되는 세개의 별도 검출 영역에 입사된다. 낮은 검출영역으로부터의 출력은 높은 영역의 출력에서 차감된다. 포획 스폿 검출 영역은, 웨이퍼 표면이 영점 위치에 있는 경우, 포획 스폿이 높고 낮은 검출 영역에 동등하게 멀어지고 차감된 출력은 영이 되도록 배열된다. 영점 위치에서 멀어져서는, 다른 것보다 더 많은 포획 스폿이 검출 영역중 하나에 멀어지고 차감된 출력은 웨이퍼가 너무 높거나 너무 낮은지를 나타내는 부호(sign)을 가지고 그 크기가 증가될 것이다. 기판 테이블 위치( $Z_{TF}$ )상에 차감된 검출기 출력( $d_{cap}$ )의 종속성은 도 15에 도시된다. 이러한 형태의 검출기 출력은 통상적인 서보 피드 백보다 더 빠른 영점 포획법을 허용한다. "무브 언틸(move-until)"이라고 지칭되는 개량된 방법에 따라, 포획 스폿 검출기가 웨이퍼 표면이 너무 높거나 너무 낮다는 것을 나타내는 경우, 기판 테이블의 Z 위치 작동기는 적절한 방향으로 스테이지를 이동하도록 지시받아 웨이퍼 표면을 주 레벨 센서 배열의 선형 또는 선형화된 범위로 오게한다. 웨이퍼 스테이지의 이동은 포획 스폿 검출기( $d_{cap}$ )의 출력이 주행하는 방향을 따라 트리거 레벨( $t_h$  또는  $t_l$ )을 통과할 때까지 계속된다. 트리거 레벨을 교차하면 장치 제어는 브레이킹 과정을 시작하도록 Z위치 작동기에 명령을 내린다. 트리거 레벨은, 응답 시간과 스테이지 이동을 제동하는 데 걸리는 시간이 지나면, 스테이지가 영점 위치로 이동하거나 근접하도록 설정된다. 이후로, 스테이지는 더 정확한 주 레벨 센서 스폿의 제어하에 영점 위치에 올 수 있다. 트리거

지점은 스테이지의 동역학에 따라 결정되고 영점 검출기 출력에 대하여 대칭적으로 이격될 필요가 없다. 이 "무브 언틸" 제어 전략은 선형 측정 시스템을 필요로 하지 않으면서도 빠르고 강한 영점 포획을 가능하게 하고 또한 다른 상황에서도 사용될 수 있다.

위에서 설명된 레벨 센서는 그 성능을 개선시키도록 추가로 최적화될 수 있다. 스캔(Y)방향에서의 정확도의 개선은 적절한 신호 필터링에 의하여 효과적으로 이루어지고, 이는 부분적으로 처리된 웨이퍼상에 관찰되는 특정 공정 층에 적용될 수 있다. 모든 방향에서 (특정 공정 층에 대한) 추가 개선은, ( 투영 격자(113)상의 조명 광선의 균일성 및/또는 각도 분포를 조절하도록) 조명 광학기(112)를 변경하거나, 투영 격자(113)을 변경시키거나, 검출 시스템(검출기와 다수의 검출기의 크기, 위치 및/또는 각(angular) 해상도)을 조절하여 조절될 수 있는 측정 스폿 기하학(geometry)의 최적화에 의하여 얻어질 수 있다.

보증 센서(20a, 20b)의 현재 바람직한 형태는 도 16과 도 17에 도시된다. 빔 생성 브랜치(21)은 제한된 밴드 폭의 광선을 방출하는 광원(211)(특히, 고체(solid) 레이저 다이오드 또는 초형광(super-luminescent) 다이오드)를 포함한다. 이는 도량형 프레임으로부터 멀리 위치하는 것이 편리하고 그 출력은 광섬유(212)에 의하여 소정의 지점에 오게된다. 광선은 광섬유 단자(fiber terminator)로부터 출력되고 집속(collimating) 광학기(214)에 의하여 빔 스플리터(215)로 향해진다. 빔 스플리터(215)는 텔리센트릭 투영 광학기(216)에 의하여 웨이퍼(W)상에 각 스폿(23)을 균일하게 조명하도록 포커싱되는 두개의 평행한 측정 빔( $b_{cs1}$ ,  $b_{cs2}$ )를 생성한다. 보증 센서의 측정 빔은 제한된 밴드폭을 갖기 때문에, 투영 광학기(216)는 편리하게 굴절 요소를 채용할 수 있다. 검출 광학기(221)는 반사 빔을 모으고 검출기(223, 224)와 검출 광학기(221)사이에 위치된 검출 프리즘(222)의 애지에 이들을 포커싱시킨다. 검출 프리즘(222)과 검출기(223)의 측면도인 도 17에 도시된 바와 같이, 측정 빔은 검출 프리즘(222)의 후방에 입사되고 경사진 면(222a, 222b)을 통하여 나온다. 검출기(223)는, 검출 프리즘(222)의 면(222a)으로부터 나온 광선이 검출기 요소(223a)에 도달하고 면(222b)으로부터 나온 광선이 검출기 요소(223b)에 도달하도록 위치된 두개의 검출기 요소(223a, 223b)로 구성된다. 검출기(224)도 유사하다. 검출기 요소(223a와 223b)의 출력은 세기 스케일링되고(intencity-scaled) 차감된다. 웨이퍼 표면이 영점 위치에 있는 경우, 측정 빔은 검출 프리즘(222)의 면(222a와 222b)에 대칭적으로 떨어지고 광선의 동일 양이 검출기 요소(223a, 223b)로 향하게 될 것이다. 이들은 동등한 출력을 주고 차감된 출력은 영이 될 것이다. 웨이퍼 표면이 영점 위치에서 떨어지도록 이동함에 따라, 반사 빔의 위치는 위 또는 아래로 이동하고 면 (222a, 222b)중의 하나에 다른 면보다 더 많이 떨어지게하여 더 많은 광선이 각 검출기 요소로 향하게 되어 차감된 출력이 비례적으로 변화될 것이다. 웨이퍼의 경사는 검출기(223과 224)의 출력을 비교하여 결정될 수 있다.

이 형태는 본 발명의 제 2 실시예뿐만 아니라 다른 적용에도 보증 센서로서 사용될 수 있는 간단하면서도 강력한 높이 및 레벨 검출기를 제공한다. 보증 센서는 주로 초기 설정과 측정 및 노광 스테이션의 Z간섭계의 주기적, 예를 들어 월간 재캘리브레이션용으로 이용된다. 그러나, 위에서 설명한 보증 센서는, 기판 테이블(WT)에 대한 투영 렌즈(PL)의 초점 평면의 위치를 정확히 결정하는 데 사용되는 TIS보다 더 빠른 응답과 더 넓은 포획 구역을 갖는다. 따라서, 보증 센서(20a)는, 기판 테이블이 노광 스케이션에 대해 먼저 교환되는 경우, TIS의 수직 위치의 개략적인 결정을 하도록 유리하게 사용될 수 있다. 보증 센서에 의하여 측정된 높이는 앞서 측정된 최상 초점 위치(들)에 관계되고 최상 초점 평면의 예상 위치 근방에 TIS 스캔에 대한 시작 지점과 범위를 예측하는 데 사용된다. 이는 위에서 설명한 TIS스캔이 더 짧고 빠르게 이루어져 스루 풋을 개선할 수 있는 것을 뜻한다.

보증 센서에 사용될 수 있는 빔 스플리터(215)는 도 18에서 도시되어 있다. 빔 스플리터는 동일 유리로부터 그리고 바람직하게는 동일 두께의 다스의 프리즘으로 구성된다. 기본 동작 원리는 3개의 프리즘(51, 52, 53)으로 구성된 빔 스플리터를 사용하여 설명된다. 프리즘(51)은 그 단면이 사다리꼴이고 입력 빔(54)이 일측 근방의 상면(55)에 수직으로 입사한다. 입력 빔(54)의 위치는 상면(55)에 45°인 제 1 프리즘(51)의 일측면(56)을 만나게 된다. 제 2 프리즘(52)은 제 1 프리즘(51)의 측면(56)상에 결합되고 그 결합은 코팅되어 (본 실시예의 중간에) 입력 빔의 소정 비율이 제 2 프리즘(52)내로 계속하여 빔(57)을 형성하는 반면 나머지는 제 1 프리즘(51)내로 수평하게 반사되어 빔(58)을 형성한다. 제 1 프리즘(51)에서 반사된 빔(58)은 제 1 측면(56)에 평행한 그 프리즘의 제 2 측면(59)을 만나고, 제 1 프리즘(51)의 하면밖으로 또한 제 1 프리즘(51)의 상면(55)에 평행한 제 3 프리즘(53)의 상부와 바닥면을 통하여 아래로 반사된다. 제 2 측면(59)은 필요에 따라 코팅되어 빔(58)의 전체 내부 반사를 보장한다. 제 2 프리즘(52)내로 통과되는 빔(57)은 제 1 프리즘(51)의 측면(56)에 수직한 제 2프리즘(52)의 두개의 평행한 면에 의하여 내부적으로 반사되고, 제 1 프리즘(51)의 상면(55)에 평행한 제 2 프리즘(52)의 바닥면으로부터 나온다. 빔(57과 58)는 이리하여 평행하게 출력되나 변위된다. 빔(57, 58)사이의 간격은 프리즘(51과 52)의 크기에 의하여 결정된다. 프리즘(53)은 빔(57, 58)의 광학 경로 길이를 균등하게 하도록(equalize) 제공되어 양 빔의 묘화 광학기는 동일할 수 있다. 프리즘(53)은 또한 도시된 바와 같이 프리즘(52)을 지지하나 이는 몇몇 적용에 필수적이지 않다. 프리즘(52와 53)이 만나는 표면에서 빔(57)의 반사를 높이기 위하여 공동(void)이 남겨지거나 적절한 코팅이 제공될 수 있다.

빔 스플리터(50)은 간단하고, 강력하며 구성하기 쉽다. 이는 (종래의 큐빅 빔 스플리터가 수직 빔을 제공하는 데 반하여) 평행하고 동일한 경로 길이를 갖는 출력빔을 제공한다. 스플리팅 표면은 선택적 편광으로 만들 수도 있고, 편광이 아닌 경우에는 입력 빔 세기를 원하는 대로 균일 또는 불균일하게 나눌 수도 있다.

웨이퍼 표면(WS)과 레벨 센서(10)의 측정 스폿의 초점 평면의 교차에 의하여 형성된 Z방향에 수직한 축에 관한 웨이퍼 스테이지의 경사에 둔감한 것이 위에서 설명한 레벨과 보증 센서뿐만 아니라 다른 광학 높이 센서의 특징이다. 이는 센서가 스폿의 초점축에 외삽된 측정 스폿의 영역위에서 높이를 측정한다는 사실에 기인한다. 경사 둔감성은 Z간섭계와 XY평면에 서로를 향한 광학 센서를 캘리브레이팅하는데 사용될 수 있다. 그와 같은 캘리브레이션 과정은 도 19와 레벨 센서를 참조하여 설명되나, 유사한 과정에 보증 센서 또는 다른 어떤 유사한 광학 센서가 사용될 수 있다.

기판 테이블의 위치결정 시스템은 다축 간섭계 시스템에 연결되고 Z간섭계는 그 일부이며 이격된 Z작동기를 사용하여 XY평면내의 선택 축에 대한 회전을 적용하는 데 설정될 수 있다. 레벨 센서 측정 스폿으로 Z간섭계 측정위치를 정렬하기 위하여, 위치결정 시스템은 Z간섭계 측정위치를 관통하고 예를 들어 Y축에 평행한 축에 대하여 스테이지를 회전시키는데 사용된다. Z간섭계에 의하여 측정된 것과 같은 테이블의 Z위치는 이 경사동안 변경되지 않고 남을 것이다. 레벨 센서와 Z간섭계가 정확히 정렬된다면, 웨이퍼 표면 위치는 또한 변경되지 않고 남을 것이다. 그러나, 레벨 센서 측정 위치가 도 19에 도시된 바와 같이 Z간섭계 위치로부터  $\delta X$  만큼 옵셋되는 경우, 이 도면에서 일점쇄선(phantom)으로 나타낸 위치로 기판 테이블(WT)이 기우는 것은 레벨 센서 출력에서  $\delta W_{LS}$  만큼의 변화를 일으킨다. 옵셋  $\delta X$  와 Y방향에서의 옵셋  $\delta Y$ 는, Z간섭계 위치를 관통한 두개의, 바람직하게는 수직인, 축에 대한 경사를 가지고 레벨 센서 출력의 어떤 변화를 검출하여 빠르게 결정될 수 있다. 간섭계 시스템 또는 레벨 센서(10)의 파라미터는 Z간섭계 측정 위치가 레벨 센서 측정위치와 정확하게 대향하는 것을 보장하게 조절될 수 있다.

레벨 센서가 측정 스폿의 배열을 사용하는 경우, 이는 스폿이 정확하게 정렬되는 것을 항상 보장할 수는 없다. 그리하여 상기 기술은 Z간섭계 위치에 대한 공칭 위치(nominal position)로부터 개별 스폿의 어떤 옵셋을 결정하는 데 사용될 수 있다. 이 정보는 높이 맵 또는 레벨 센서 출력을 보정하는 데 사용될 수 있다.

### (실시예 3)

제 3 실시예는 제 1 실시예의 레밸링 원리를 채용하고 아래에서 설명하는 것을 제외하고는 제 1 실시예와 동일하다. 제 3 실시예는 또한 위에서 설명한 제 2 실시예의 하드웨어와 개량을 이용할 수 있다. 그러나, 제 3 실시예는 노광 경로의 최적화를 위한 개선된 방법을 이용한다. 이는 도 20을 참조하여 아래에서 설명된다.

위에서 논의된 바와 같이, 실제로 웨이퍼가 이동할 지라도, 기판 테이블이 고정되고 노광 슬릿 이미지가 이동하는 것으로 생각하는 것이 편하고 유효하다. 아래의 설명은 이러한 관점에서 주어진 것이다.

도 20은 아래에서 사용된 기호를 나타낸다. 도 20에는 슬릿 이미지(SI)가 웨이퍼 표면으로부터 이격되어 명료하게 도시될 지라도, 최적화 과정의 목적은 노광동안 슬릿 이미지의 초점 평면이 웨이퍼 표면에 가능한 한 일치하는 것을 보장하는 것이다. 슬릿 이미지(SI)와 그 표면이  $w(y)$ 로 정의되는 일차원 웨이퍼를 고려하는 경우 웨이퍼상의 좌표계에 대응하는 (시간에 따른) 이동 평균 디포커스 MA(y)가

### 수학식 2

$$MA(y) = \frac{1}{s} \int_{-s/2}^{s/2} [w(y) - [z(y+v) - v.Rx(y+v)]] dv$$

로부터 계산될 수 있다. 여기서 적분은 스캔 방향에서 슬릿 크기s에 대해서 행해지고 피적분자  $w(y) - [z(y+v) - v.Rx(y+v)]$ 는 시간상 어느 순간에 웨이퍼의 일 지점상의 초점 에러이다. 유사하게, 웨이퍼상의 일 지점에 대한 이동 표준 편차(moving standard deviation)는 웨이퍼상의 그 점의 실제 노광동안 시간상 디포커스 편차(variation)인

### 수학식 3

$$MSD^2(y) = \frac{1}{s} \int_{-s/2}^{s/2} [w(y) - [z(y+v) - uRx(y+v)] - MA(y)]^2 dv$$

로 정의될 수 있다. 노광 슬릿 이미지의 평면과 웨이퍼사이의 차이를 최소화하기 위하여, 다음과 같이 정의되는 이차 디포커스 항(quadratic defocus term)이 사용된다:

### 수학식 4

$$MF^2(y) = \frac{1}{s} \int_{-s/2}^{s/2} [w(y) - [z(y+v) - uRx(y+v)]]^2 dv$$

여기서 MF(y)는 이동 초점(moving focus)으로 부른다. MF(y)는 MA(y)과 MSD(Y)항으로 또한 다음과 같이 또한 쓸 수 있다.

### 수학식 5

$$MF^2(y) = MA^2(y) + MSD^2(y)$$

이는 노광 경로의 최적화와 노광 영역위의 이동 초점의 최소화에서 이동 평균과 이동 표준 편차 모두가, 제 1 실시예의 간단한 최소 자승 최적화에 대비하여, 시간 적분과 따라서 스캐닝 적분을 무시하면서 고려되어진다. 수학식 3과 4는 Ry(t) 종속성을 추가하고 W가 X방향에서 슬릿의 폭인 경우, -W/2에서 W/2까지 X에 대해 MF를 적분하여 2차원으로 쉽게 확장될 수 있다. 최적화를 계산하기 위하여 주파수 도메인 표시를 사용하는 것이 편리하다. 주파수 도메인에서의 계산은, 어떤 또는 모든 자유도에서 잉여 기판 스테이지 가속도가 될 설정점에서의 고주파수 편차를 또한 필터링되게 하여, 노광 경로가 기판 테이블 위치결정 시스템의 성능을 위하여 최적화된다.

상기 논의에서, 노광 슬릿 이미지의 최적 초점은 평면에 일치한다고 가정되었다; 하지만 이것은 본 케이스에 필수적인 것은 아니다: 최적 초점은 사실 임의의 표면에 놓여져, 소위 초점 평면 편차(FPD)를 일으킨다. 노광 슬릿 영역위의 그 표면의 윤곽이 초점 맵 f(x, y)를 생성하도록 TIS를 사용하여 측정되거나 계산되는 경우, 결과 데이터 또는 수학식이 상기 수학식에 추가되어 웨이퍼 이동이 실제 최적 초점 표면에 대하여 최적화된다.

제 3 실시예의 최적화 기술은 스캐닝 시스템에 대해 더 좋게 초점화되고 더 매끄러운 기판 스테이지 궤도를 갖게하여, 스루풋과 수율을 증가시킨다.

(실시예 4)

제 4실시예에서 레벨 센서는, 레지스트 충의 상부 표면에 의하여 반사된 빔과 레지스트 충으로 굴절되고 그 바닥 표면에 의하여 반사된 빔사이의 간섭에 의하여 일어나는 웨이퍼 표면 위치의 측정 에러를 상쇄하는 추가적인 특징을 구비한다. 그러지 않다면, 제 4 실시예는 위에서 설명한 제 1내지 제 3 실시예중 어느 하나와 동일할 것이다.

상기 상부 및 바닥 표면으로부터 반사된 빔의 간섭은 레지스트 특성과 웨이퍼 표면 특성뿐만 아니라 측정 빔의 입사 광학 파장과 각도에도 크게 종속된다. 광 대역 광원과 검출기가 단일 파장 간섭 효과를 평균하는 데 흔히 사용된다. 웨이퍼 표면 위치가 스펙트럼 분석된 방식으로 측정되는 경우 이 평균화 원리의 개선이 실현될 수 있고, 이에 의해 광대역 측정 빔에서 다수의 파장에 대하여 분명한 측정이 수행된다. 이를 달성하기 위하여, 웨이퍼 표면 위치를 측정하기 위한 순간적 또는 공간적으로 분리된 파장(컬러) 시스템을 만드는 것이 필수적이다. 이는 레벨 센서의 측정 원리에서 다음과 같은 변화가 필요하다.

레벨 센서에서 제 1 가능한 변화는 연속 광대역 광원을 다른 파장 범위(컬러들)의 광선 빔을 선택적으로 발생할 수 있는 것에 의하여 대체될 수 있다. 이는 예를 들어 여러 독립적인 선택 가능한 광원을 사용하거나, 파장-튜닝 가능한 광원을 사용하거나, 작은 광대역 빔내에 위치한 회전/진동 프리즘으로부터 선택된 빔 부분을 사용하거나, 레벨 센서의 조명 시스템의 적절한 지점에 (예를 들어, 카루셀(carousel)에) 선택적으로 다른 컬러 필터를 개재함으로써 달성될 수 있다. 레벨 센서는 측정 빔내의 다른 파장들의 광선을 사용하여 각 점에 웨이퍼 표면의 여러 측정을 행하는 데 사용된다.

다른 옵션은 광대역 검출기를 다른 파장 범위(컬러들)의 광선을 선택적으로 검출하는 것으로 대체하는 것이다. 이는, 예를 들어 검출기 앞에 검출 광학기내의 컬러 필터를 놓거나, 프리즘을 사용하여 다른 파장에 대하여 측정 빔을 공간적으로 분리시키고 나서 개별적인 검출기상에서 다른 파장 빔을 검출하거나, 웨이퍼 표면 위치를 측정하도록 광대역 반사 빔을 스펙트럼 분석하는 어떤 다른 방식으로 달성될 수 있다.

당연하게, 조합된 접근법을 사용하는 것도 또한 가능하고, 이에 의해 스펙트럼 분석을 달성하는 데 투영 시스템과 검출 시스템 모두가 개조된다.

간접 효과의 부재로 (각 파장에 대하여) 각 측정은 동일한 결과를 주어야 한다; 결과적으로, 다른 결과가 그와 같은 측정에서 얻어지는 경우, 이는 앞 문단에서 언급된 효과의 존재를 나타낸다. 개선된 웨이퍼 표면 위치 측정은 다양한 기술을 사용하여 유도될 수 있다. 예를 들어, 불일치한 결과는 보정되거나 버려질 수 있다. 다수결 기술(majority voting technique)이 또한 사용될 수 있다. 대안적으로, 웨이퍼 표면 위치의 스펙트럼 측정에 기초하여, 레지스트의 스펙트럼 응답과 웨이퍼 표면 특성을 설명하는 모델에 의하여 실제 위치를 유도할 수도 있다.

설명된 간접 효과는 또한 웨이퍼 표면상의 측정 빔의 입사각에 종속되므로, 효과를 평가하고 이를 정정하도록 이 입사각을 변화시키는 것을 원할 수도 있다. 따라서, 레벨 센서에서 추가 가능한 변화는, 웨이퍼 표면 위치가 다른 입사각의 측정 빔을 사용하여 만들어지도록 이를 개조하는 것이다. 이를 달성하는 한 방법은, 웨이퍼상에 동일 스포트에 대한 다른 입사각을 갖는 다중 측정 빔, 그러나 개별적인 투영 및 검출 광학기 시스템을 정의하는 것이다. 대안적으로, 동일한 투영 및 검출 시스템이 다양한 측정 빔에 관계된 다른 광축을 포함하도록 광학 시스템을 변경할 수 있다. 시간적으로 변화하는 입사각을 발생시키는 다른 옵션은 레벨 센서의 광학 시스템내의 회전하고/변화하는 폴딩 미러 (또는 다른 가동 구성요소)를 사용하는 것이다.

간접효과의 부재에서는, 위에서 설명한 파장 종속성 때문에 다른 입사각에서의 측정은 동일한 결과를 주어야한다. 그러므로, 어떤 불일치(입사각의 변동)가 피하여지거나 보상되거나 동일한 방식으로 모델링될 수 있다.

위에서 언급한 추가 특징과 개선들은 물론 함께 또는 개별적으로, 또한 여기서 설명한 것외의 다른 광학 센서에도 사용될 수 있다.

#### (실시예 5)

본 발명의 제 5 실시예는 도 21에 도시되어 있다. 본 발명의 제 5 실시예는 노광 방사로서 예를 들어 9내지 16nm 파장의 극자외선(EUV) 방사선과 반사 마스크(MA)를 채용한 리소그래피 장치이다. 기능적으로는 적어도 제 5 실시예의 구성 요소는 일반적으로 제 1 실시예와 동일하나, 그들은 사용된 노광 방사선 파장에 따라 개조되고 그들 형태는 반사 마스크의 사용에 의하여 필연적으로 동반되는 빔 경로를 수용하게 조절된다. 필수적인 특정 개조는 노광 방사선의 파장에 조명과 투영 광학기(IL', PL')를 최적화하는 것을 포함한다; 이는 일반적으로 굴절 광학요소보다 반사관학요소를 사용하는 것과 관계된다. EUV 방사선을 사용하는 조명 광학 시스템(IL')의 예는 유럽 특허 출원 00300784.6(P-0129)에 기술되어 있다.

반사 마스크를 사용하는 리소그래피 장치와 투과 마스크를 사용하는 리소그래피 장치사이의 중요한 차이는, 반사 마스크를 이용하면 마스크의 비평편도는 하류 광학 시스템, 예를 들어 투영 렌즈(PL)의 광학 경로 거리에 의하여 배가되는 웨이퍼상의 위치 에러를 일으킨다. 이는 마스크의 높이 및/또는 경사 편차가 마스크상의 조명 빔의 유효 입사각을 국부적으로 변화시켜 웨이퍼상의 이미지 피처의 XY위치를 변화시킨다.

본 발명의 제 5 실시예에 따라, 마스크의 비평편도의 효과는 노광에 앞서 마스크의 높이 맵을 만들고 노광동안 Z, Rx 및 Ry중 적어도 하나의 마스크 위치를 제어함으로써 피해지거나 완화된다. 높이 맵은 위에서 설명한 것과 유사한 방식(즉, 측정 스테이션에서 마스크의 오프-액시스 레밸링)으로 생성될 수 있다; 그러나, 이는 노광 스테이션에서 마스크를 이용하여 생성될 수 있는데, 이에 의해 높이 맵을 물리적 기준 표면에 관계시킬 필요가 없어진다. 노광 또는 노광 스캔(노광 경로)동

안 마스크의 최적 위치(들)의 계산은 위에서 설명한 것과 동등할 수 있으나, 이는 또한 웨이퍼 및 마스크 노광 경로들의 결합된 최적화일 수 있다. 그러나, 마스크에 대해서는 웨이퍼의 위치에 대한 더 큰 효과를 미치기 때문에 경사 편차의 최적화 계산에 더 큰 비중을 두는 것이 유리하다.

본 발명에 따른 리소그래피 투영 장치가 두개(이상) 기판 테이블 및/또는 두개(이상) 마스크 테이블을 포함하는 것이 명백하게 주목되어야 한다. 그와 같은 방식으로 제 2 기판 테이블상의 제 2 기판이 노광 스테이션에서 동시에 노광받는 동안 제 1 기판 테이블상의 제 1 기판이 측정 스테이션에서 높이 맵핑을 받는 것이 가능하다; 또한 다중 마스크 테이블의 경우와 유사하다. 그와 같은 구성은 스루풋을 크게 증가시킬 수 있다.

본원 발명이 기판 레벨링에 단독으로, 마스크 레벨링에 단독으로, 또는 기판 레벨링과 마스크 레벨링 조합에 적용될 수 있다는 것에 또한 명백하게 주목해야 한다.

본 발명의 특정 실시예를 위에서 설명하였지만 본 발명은 설명한 것외에도 실시될 수 있다는 것을 이해해야 할 것이다. 발명의 상세한 설명은 본 발명을 제한하는 것이 아니다.

### **발명의 효과**

본 발명에 의한 리소그래피 투영 장치는 오프-액시스 레벨링 과정을 채용하여 두 간섭계의 원점을 연결할 필요를 없애고 노광 공정동안 노광 영역의 위치결정에 추가적인 향상을 가능케하는 우수한 효과를 갖는다.

### **(57) 청구의 범위**

#### **청구항 1.**

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한, 이동가능한 제 2 대물 테이블;

기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템; 및

상기 투영 시스템이 상기 기판상에 상기 마스크부를 묘화할 수 있는 노광 위치와 측정 위치사이로 상기 제 2 대물 테이블을 이동시키는 위치결정 시스템을 포함하고,

상기 제 2 대물 테이블은 그에 고정된 물리적 기준 표면을 갖고;

상기 측정 스테이션에 위치하고, 상기 물리적 기준 표면에 대하여 상기 기판 홀더상에 고정된 기판 표면상의 복수 지점의 높이를 측정하고 그 높이 맵을 생성하기 위하여 구성되고 배열되는 높이 맵핑 수단;

상기 노광 스테이션으로의 상기 제 2 대물 테이블의 이동후, 상기 기판 표면에 수직한 제 1 방향으로의 상기 물리적 기준 표면의 위치를 측정하는 상기 노광 스테이션에 위치하는 위치 측정 수단; 및

상기 높이 맵과 상기 위치 측정 수단에 의하여 측정된 상기 위치에 따라서, 상기 목표부의 노광동안, 적어도 상기 제 1 방향으로의 상기 제 2 대물 테이블의 위치를 제어하도록 구성되고 배열되는 제어수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### **청구항 2.**

제 1항에 있어서,

상기 제어 수단은 또한 상기 높이 맵에 따라 상기 제 1 방향에 수직한 적어도 하나의 축에 대하여 상기 제 2 대물 테이블의 경사를 제어하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

### 청구항 3.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 높이 맵핑 수단은, 선형 배열 지점의 상기 제 1 방향으로의 위치를 동시에 측정하도록 구성되고 배열된 레벨 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

### 청구항 4.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 높이 맵핑 수단은, 상기 제 1 방향으로의 위치가 측정될 표면에 의하여 반사된 측정 빔의 위치를 측정하도록 구성되고 배열된 레벨 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

### 청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 레벨 센서는,

투영 격자;

상기 제 1 방향으로의 위치가 측정되는 표면상에 상기 투영 격자의 이미지를 투영하는 투영 광학기;

검출 격자;

상기 투영 격자의 이미지를 상기 검출 격자에 형성하도록 상기 표면에 의하여 반사된 광선을 포커싱하는 검출 광학기; 및

상기 검출 격자상에 상기 투영 격자의 상기 이미지의 오버레이에 의하여 형성된 모와레 패턴을 검출하는 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

### 청구항 6.

제 5항에 있어서,

상기 레벨 센서는 다중 크로매틱 방사선으로 상기 투영 격자를 조명하도록 구성되고 배열되는 방사선원을 더 포함하고, 상기 투영 광학기 및 상기 검출 광학기는 본질적으로 반사형 광학요소로 이루어지는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

### 청구항 7.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 높이 맵핑 수단은, 상기 복수 지점에서 상기 기판 표면의 상기 제 1 방향으로의 위치를 검출하는 레벨 센서와, 상기 레벨 센서에 의한 측정과 동시에 상기 제 2 대물 테이블의 상기 제 1 방향으로의 위치를 검출하는 위치 검출 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### 청구항 8.

제 7항에 있어서,

상기 위치 검출 수단은 간섭계를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### 청구항 9.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 위치 측정 수단은 상기 제 2 대물 테이블에 장착된 이미지 센서를 포함하고, 상기 물리적 기준 표면은 상기 이미지 센서의 상부 표면을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### 청구항 10.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 위치 측정 수단은 상기 투영 시스템의 초점 평면에 대한 상기 물리적 기준 표면의 위치를 측정하도록 구성되고 배열되는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### 청구항 11.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제 2 대물 테이블은 복수의 이격된 물리적 기준 표면을 갖고;

상기 높이 맵핑 수단은 상기 복수의 물리적 기준 표면에 의하여 정의된 기준 평면에 대하여 상기 복수 지점의 높이를 측정하도록 구성되고 배열되는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### 청구항 12.

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 노광 스테이션에 위치하고, 상기 물리적 기준 표면에 대하여 상기 기판 홀더상에 고정된 기판의 표면상의 복수 지점의 높이를 측정하고 그 높이 맵을 생성하도록 구성 및 배치되는 제 2 높이 맵핑 수단; 및

상기 측정 및 노광 스테이션에 구비된 개별적인 위치 검출 시스템들에 대한 상대적 캘리브레이션을 유도하기 위하여 상기 제 1과 제 2 높이 맵핑 수단의 각각에 의하여 준비된 단일 기판의 높이맵을 비교하도록 구성되고 배열되는 측정 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

#### 청구항 13.

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한 제 1대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한, 이동가능한 제 2 대물 테이블; 및

노광 스테이션에서 기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영 장치를 사용하여 디바이스를 제조하는 방법에 있어서,

상기 제 1 대물 테이블에 패턴을 포함하는 마스크를 제공하는 단계;

상기 제 2 대물 테이블에 방사선 감지층을 갖는 기판을 제공하는 단계; 및

기판의 상기 목표부상에 마스크의 상기 조사부를 묘화하는 단계를 포함하고,

상기 묘화 단계 전에, 측정 스테이션에서 상기 제 2 대물 테이블로, 상기 제 2 대물 테이블상의 물리적 기준 표면에 대하여 기판 표면상의 복수 지점의 높이를 나타내는 높이 맵을 생성하는 단계;

상기 노광 스테이션으로 상기 제 2 대물 테이블을 이동시키고, 상기 기판 표면에 수직한 제 1 방향으로의 상기 물리적 기준 표면의 위치를 측정하는 단계; 및

상기 묘화 단계 동안에, 상기 물리적 기준 표면의 상기 제 1 방향으로의 상기 측정 위치와 상기 높이 맵을 참조하여 적어도 상기 제 1 방향으로 상기 제 2 대물 테이블을 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

#### 청구항 14.

제 13항에 있어서,

상기 묘화 단계동안에, 상기 제 2 대물 테이블은 상기 높이 맵을 참조하여 상기 제 1 방향에 수직한 하나 이상의 축에 대하여 배향되는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

#### 청구항 15.

제 13항 또는 제 14항에 있어서,

상기 제 2 대물 테이블은 상기 묘화 단계동안에 상기 목표부 영역에 걸쳐 적분된 제곱 디포커스(squared defocus)를 최소화하도록 위치되고, 상기 디포커스는 상기 투영 렌즈의 초점 표면과 상기 기판 표면사이의 상기 제 1 방향으로의 거리를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

#### 청구항 16.

제 13항 또는 제 14항에 있어서,

상기 묘화 단계는 상기 기판상에 슬릿 이미지를 스캔 묘화하는 단계를 포함하고, 상기 제 2 대물 테이블은 상기 묘화 단계 동안에 상기 슬릿 이미지의 영역 및 상기 스캐닝 노광의 기간에 걸쳐 적분된 제곱 디포커스를 최소화하도록 위치되고, 상기 디포커스는 상기 투영 렌즈의 초점 표면과 상기 기판 표면사이의 상기 제 1 방향으로의 거리를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 17.

제 13항 또는 제 14항에 있어서,

상기 높이 맵을 생성하는 단계는

상기 기판 표면 상에 상기 복수 지점 각각의 상기 제 1 방향으로의 위치를 측정하는 단계;

상기 기판 표면상의 한 지점의 위치의 각 측정과 동시에, 상기 제 2 대물 테이블의 상기 제 1 방향으로의 위치를 측정하는 단계; 및

상기 높이 맵을 생성하도록 상기 기판 표면의 대응 측정 위치로부터 상기 제 2 대물 테이블의 각 측정 위치를 차감하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 18.

제 17항에 있어서,

상기 높이 맵을 생성하는 단계는, 상기 물리적 기준 표면의 상기 제 1 방향으로의 위치와 동시에 상기 제 2 대물 테이블의 상기 제 1 방향으로의 위치를 측정하는 초기 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 19.

제 13항 또는 제 14항에 있어서,

상기 높이 맵을 생성하는 단계전에,

노광될 상기 기판상의 영역의 주변에 이웃한 상기 웨이퍼 표면상의 복수 지점의 높이를 측정하는 단계, 및

측정된 높이로부터 그 높이가 맵핑되는 상기 기판 표면의 어느 영역에서의 국부 높이 또는 경사값 및/또는 상기 기판에 대한 전체 높이와 경사를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 20.

제 13항 또는 제 14항에 있어서,

상기 높이 맵을 생성하는 단계 전에,

복수 측정 중 상이한 측정들에 대해 상이한 수직 위치에 상기 제 2 대물 테이블을 위치시켜서 상기 기판 표면상에 적어도 하나의 소정 지점의 수직 위치의 상기 복수 측정을 하도록 레벨 센서를 사용함으로써, 상기 높이 맵을 생성하는 데 사용되는 상기 레벨 센서를 캘리브레이팅하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 21.

제 20항에 있어서,

상기 캘리브레이팅하는 단계는 상기 기판상의 복수의 다른 노광 영역에 대하여 수행되고, 결과적으로 각 캘리브레이션 보정은 캘리브레이션이 수행된 노광영역에 형태상 대응하는 노광영역용 높이 맵을 생성하는 데 적용되는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 22.

제 13항 또는 제 14항에 따라 제조된 디바이스.

## 청구항 23.

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한, 이동가능한 제 2 대물 테이블; 및

측정 스테이션에서 상기 제 2 대물 테이블의 위치를 측정하는 제 1 위치 검출 시스템을 구비하는 상기 측정 스테이션;

기판의 목표부상에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템과 노광 스테이션에서 상기 제 2 대물 테이블의 위치를 측정하는 제 2 위치 검출 시스템을 구비하는 상기 노광 스테이션을 포함하는 리소그래피 투영 장치의 캘리브레이팅 방법에 있어서,

상기 제 2 대물 테이블에 상기 기판을 공급하는 단계;

상기 측정 스테이션에서, 상기 기판의 표면에 수직한 제 1 방향으로의 상기 기판 표면상의 복수 지점의 위치를 측정하고 동시에 상기 제 1 위치 검출 시스템을 사용하여 상기 제 2 대물 테이블의 위치를 측정하여 상기 기판의 제 1 높이 맵을 생성하는 단계

상기 노광 스테이션에서, 상기 제 1 방향으로의 상기 기판 표면상의 상기 복수 지점의 위치를 측정하고 동시에 상기 제 2 위치 검출 시스템을 사용하여 상기 제 2 대물 테이블의 위치를 측정하여 상기 기판의 제 2 높이 맵을 생성하는 단계; 및

상기 제 1과 제 2 위치 검출 시스템을 캘리브레이팅하도록 상기 제 1과 제 2 높이 맵을 비교하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 캘리브레이팅 방법.

## 청구항 24.

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한, 이동가능한 제 2 대물 테이블; 및

기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영 장치를 사용하는 디바이스 제조 방법에 있어서,

상기 제 1 대물 테이블에 패턴을 포함하는 상기 마스크를 제공하는 단계;

상기 제 2 대물 테이블에 방사선 감지층을 갖는 상기 기판을 제공하는 단계; 및

기판의 상기 목표부상에 마스크의 상기 조사부를 묘화하는 단계를 포함하고,

복수의 기판을 노광하기 위하여 기판을 제공하고 묘화하는 상기 단계가 반복되는 단계를 포함하고,

상기 제 2 대물 테이블에 구비된 각 기판에 대하여, 상기 기판 표면상의 복수 지점의 높이를 나타내는 높이 맵을 생성하는 단계; 및

연속하여 제공된 상기 기판의 높이 맵을 비교하여 상기 제 2 대물 테이블의 오염 또는 시스템적 오류를 나타낼 수 있는 어려운 비평편도의 위치에서의 상관관계(correlation)를 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 청구항 25.

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한, 이동가능한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한 제 2 대물 테이블; 및

기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영 장치에 있어서,

상기 마스크 홀더상에 고정된 반사 마스크의 평면상의 복수 지점의 기준 표면에 대한 높이를 측정하고 그 높이 맵을 생성하기 위하여 구성되고 배열되는 높이 매핑 수단; 및

상기 높이 맵에 따라서, 상기 목표부의 노광동안, 적어도 제 1 방향으로의 상기 제 1 대물 테이블의 위치를 제어하도록 구성되고 배열되는 제어수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영 장치.

## 청구항 26.

방사선 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

마스크를 고정하는 마스크 홀더를 구비한, 이동가능한 제 1 대물 테이블;

기판을 고정하는 기판 홀더를 구비한 제 2 대물 테이블; 및

기판의 목표부에 마스크의 조사부를 묘화하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영 장치를 사용하여 디바이스를 제조하는 방법에 있어서,

상기 제 1 대물 테이블에 패턴을 포함하는 반사 마스크를 제공하는 단계;

상기 제 2 대물 테이블에 방사선 감지층을 갖는 상기 기판을 제공하는 단계; 및

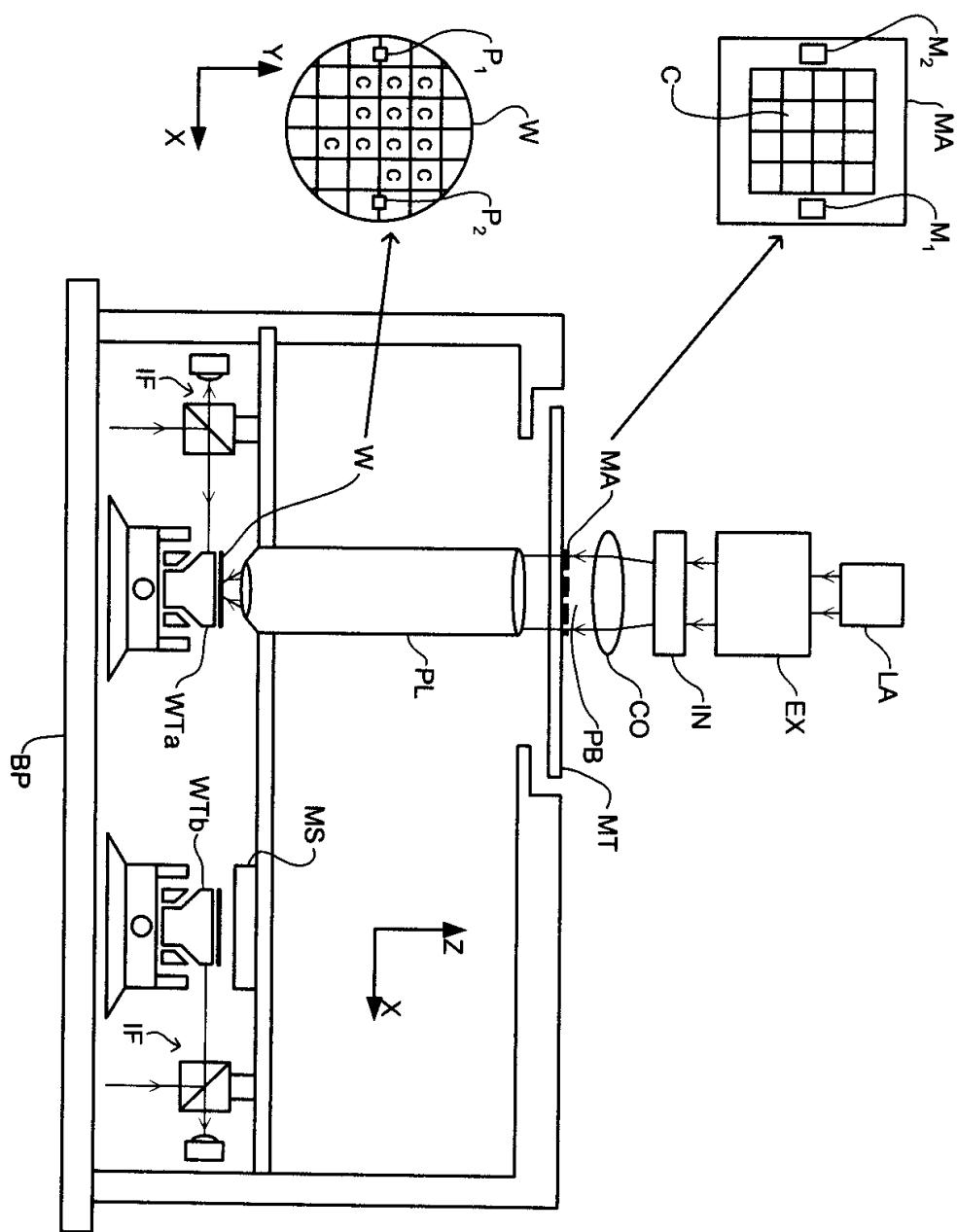
기판의 상기 목표부상에 마스크의 상기 조사부를 묘화하는 단계를 포함하고,

상기 묘화 단계 전에, 상기 제 1 대물 테이블상의 기준 평면에 대하여 마스크 표면상의 복수 지점의 높이를 나타내는 높이 맵을 생성하는 단계; 및

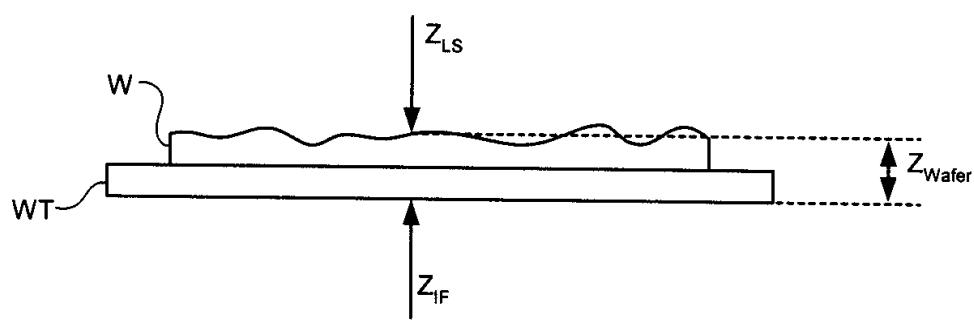
상기 묘화 단계 동안에, 상기 높이 맵을 참조하여 적어도 제 1 방향으로 상기 제 1 대물 테이블을 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법.

## 도면

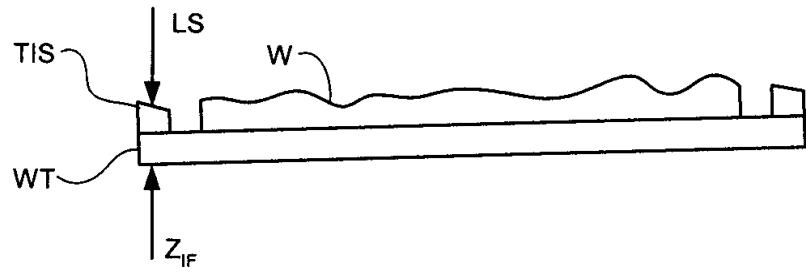
도면1



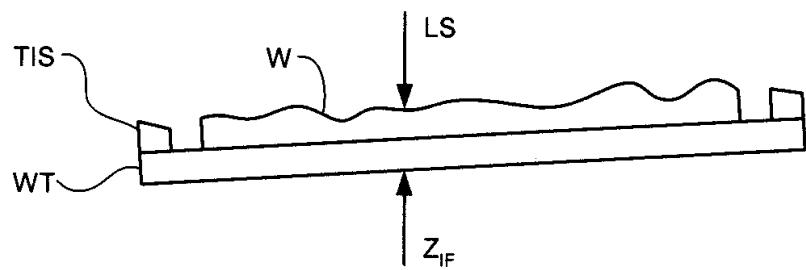
도면2



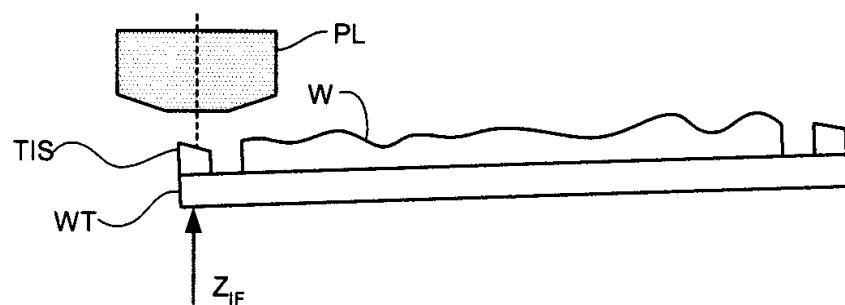
도면3



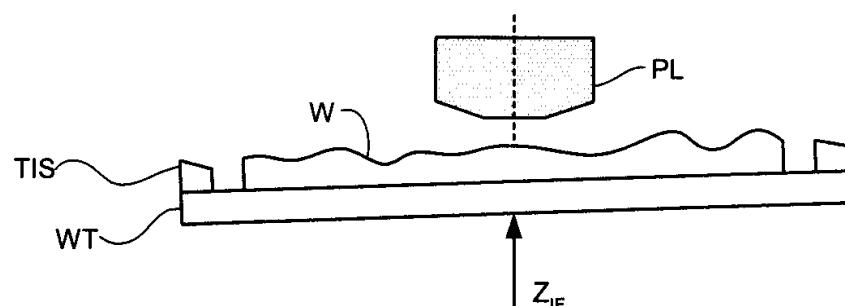
도면4



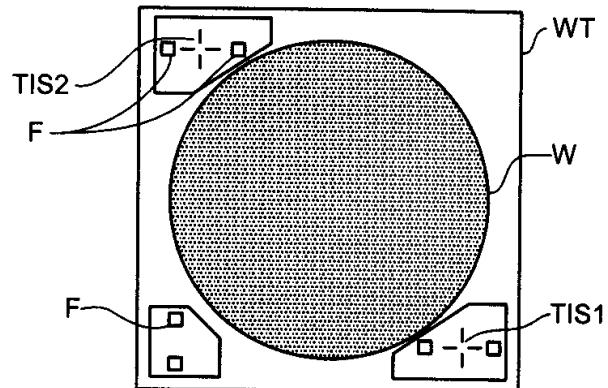
도면5



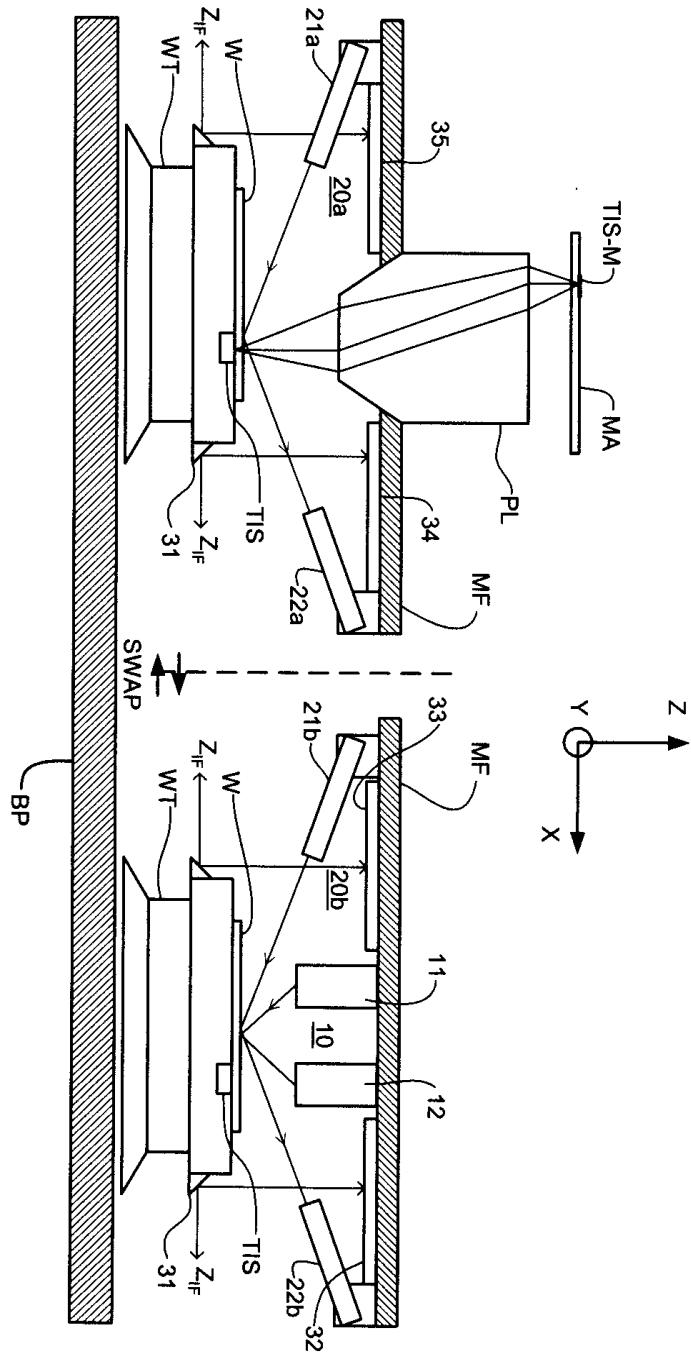
도면6



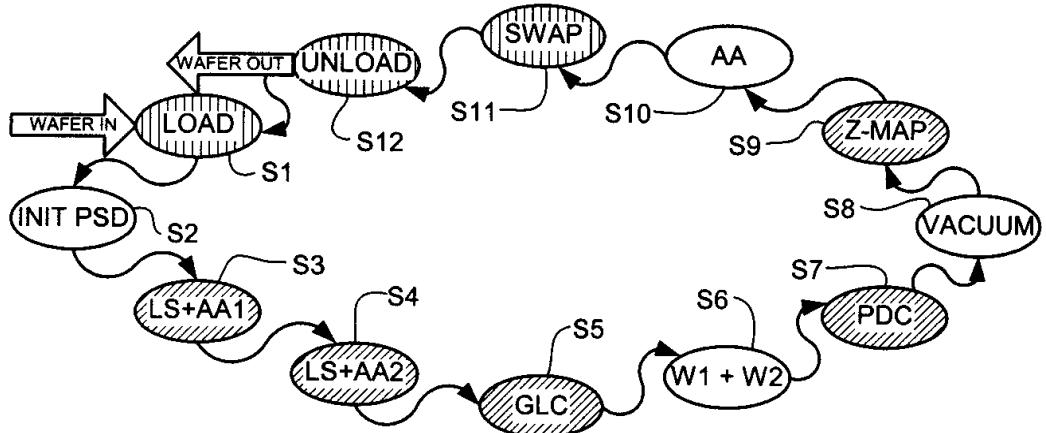
도면7



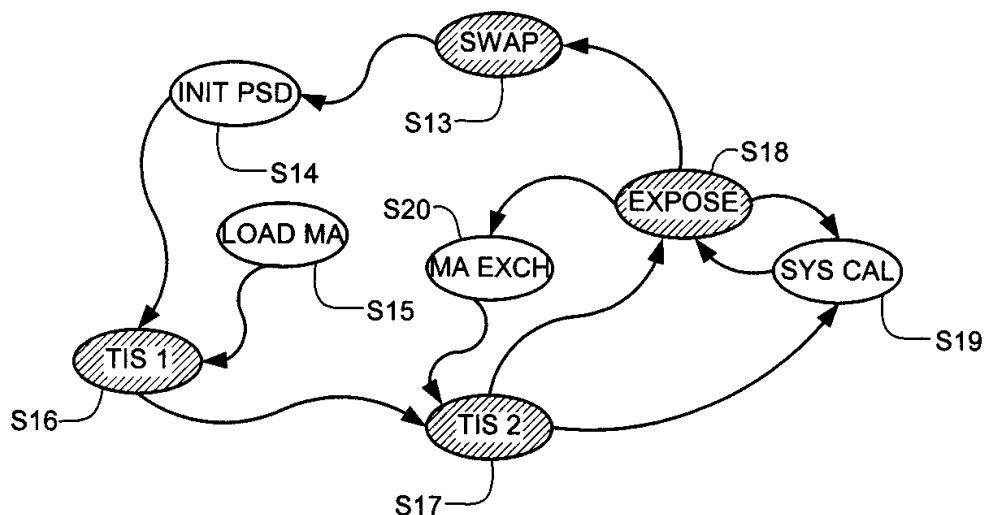
도면8



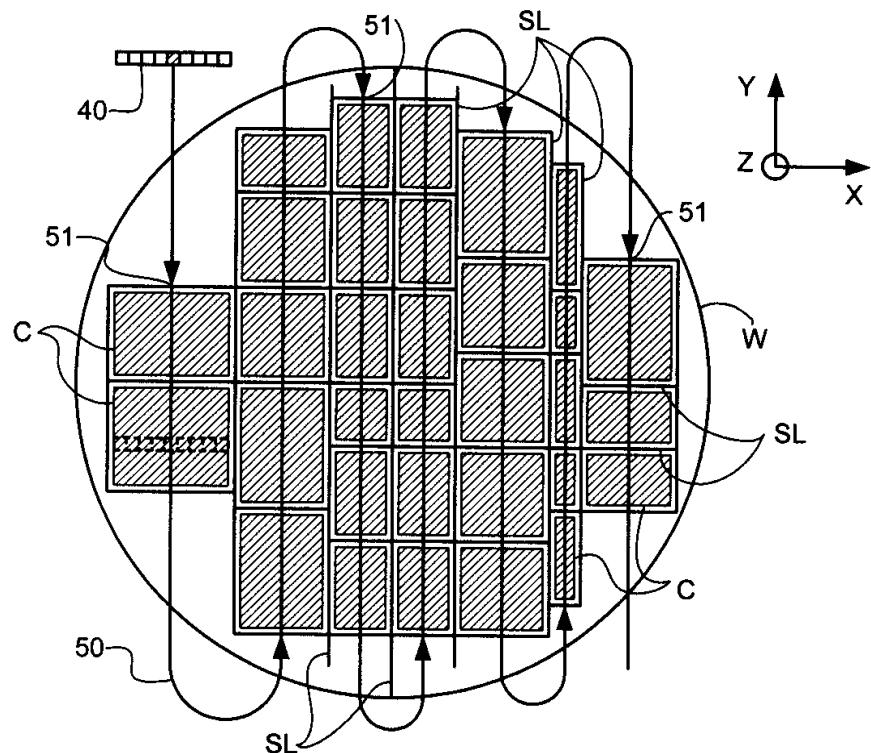
도면9



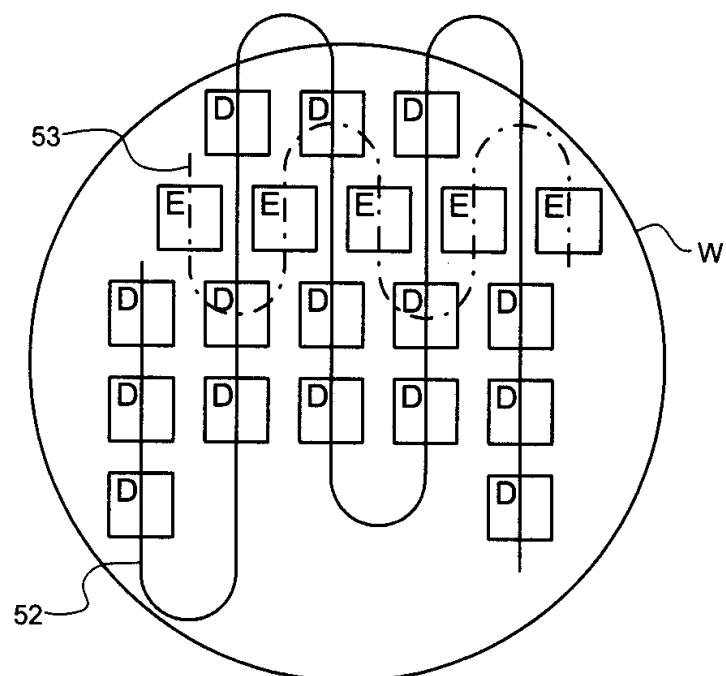
도면10



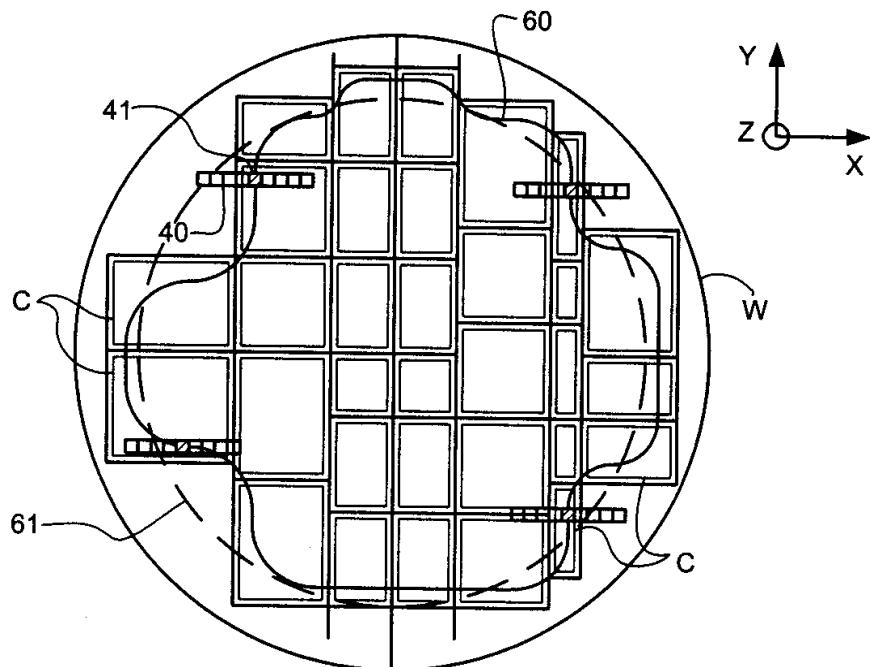
도면11



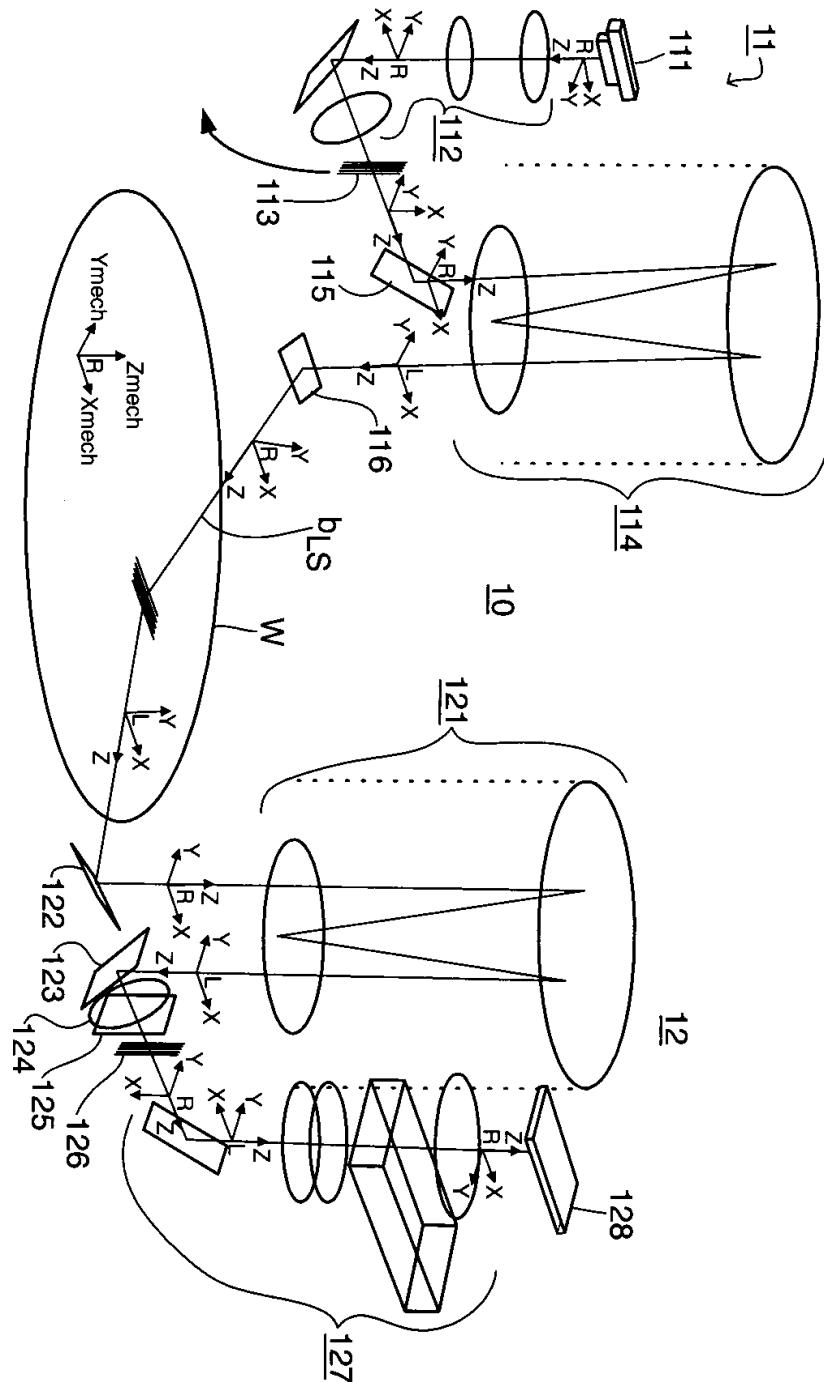
도면12



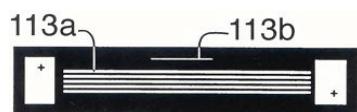
도면13



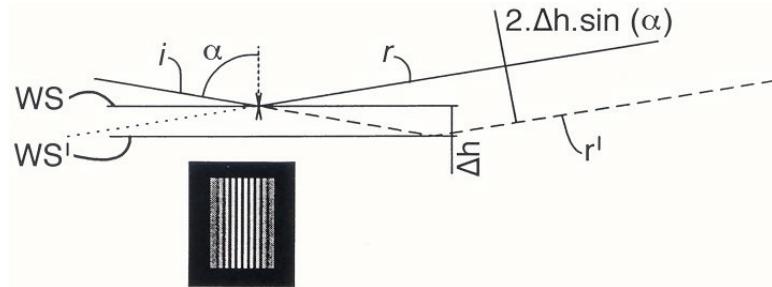
도면14



### 도면14a



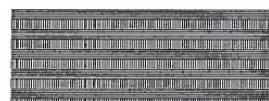
도면14b



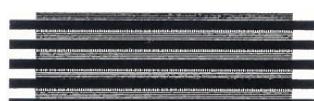
도면14c



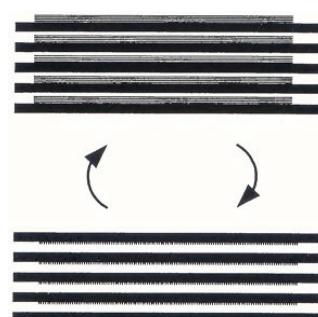
도면14d



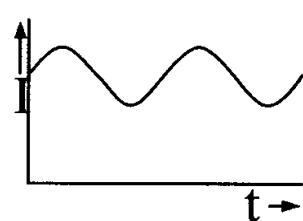
도면14e



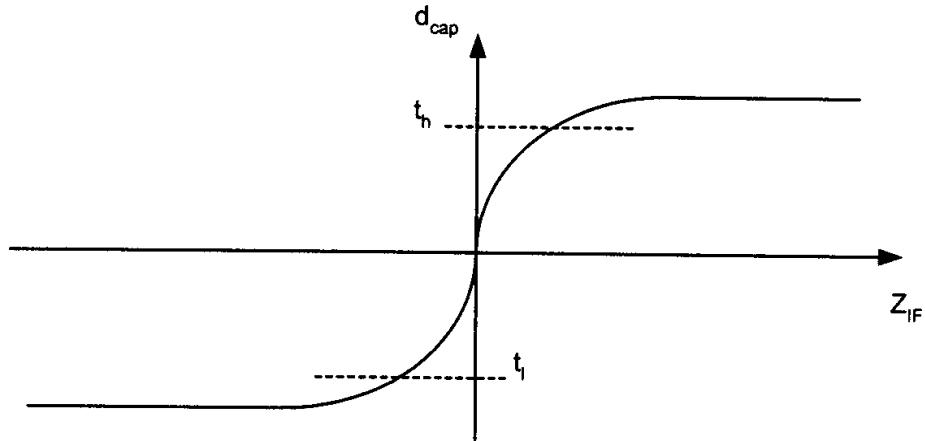
도면14f



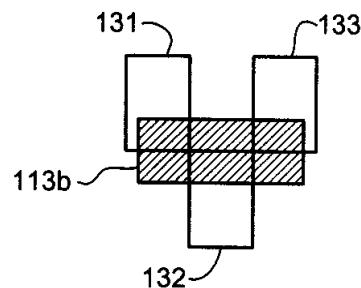
도면14g



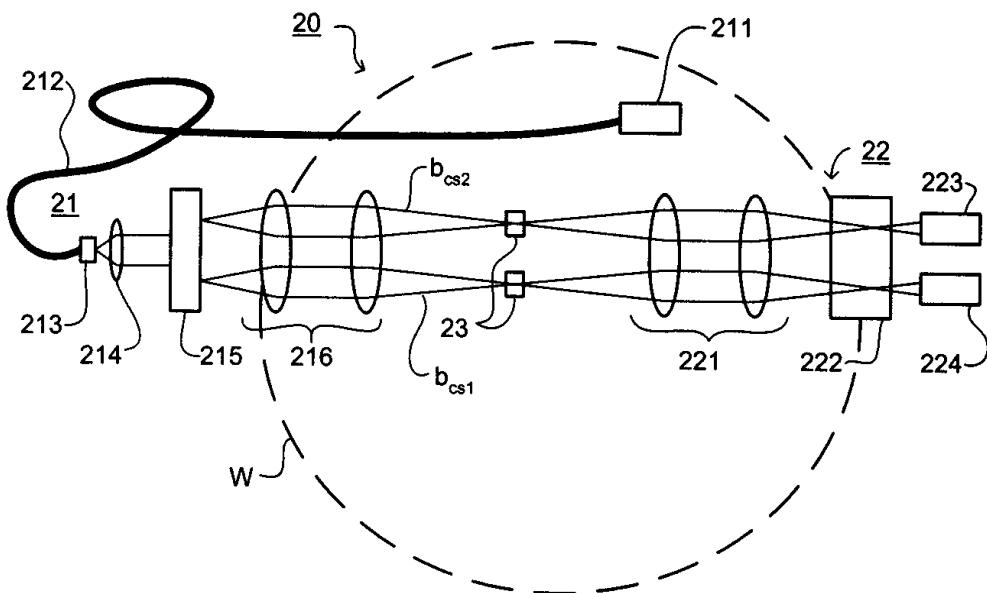
도면15



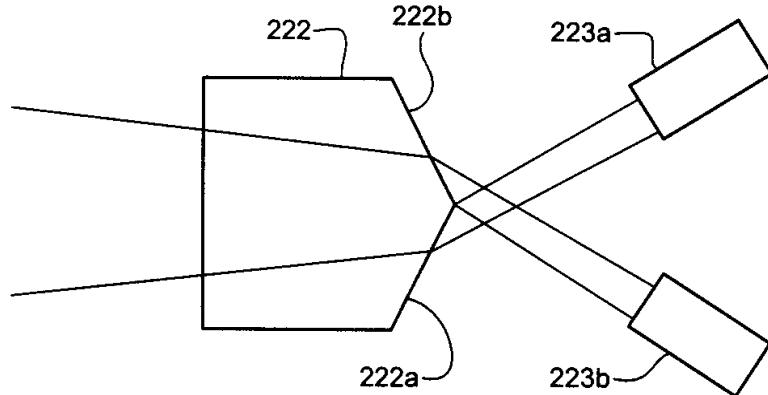
도면15a



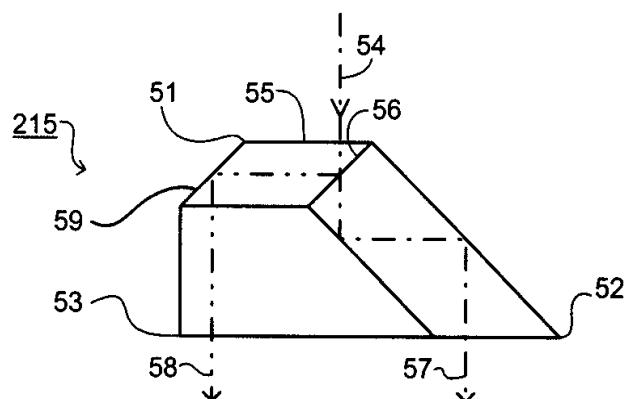
도면16



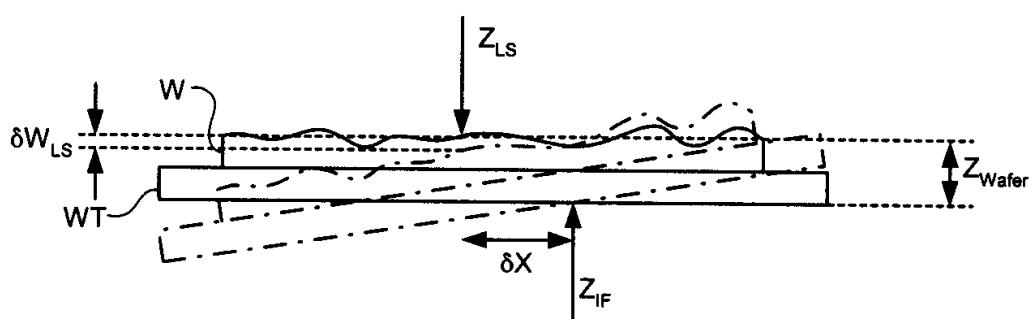
도면17



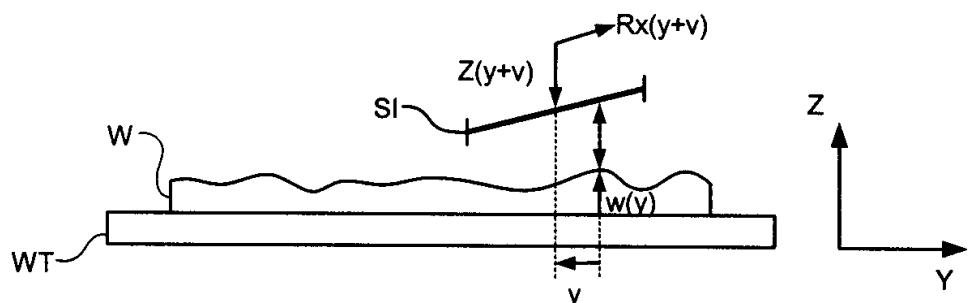
도면18



도면19



도면20



도면21

