(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G03F 7/20
H01L 21/027

(45) 공고일자 2004년05월03일
(11) 등록번호 10-0381763
(24) 등록일자 2003년04월14일

(21) 출원번호 10-1994-0037710
(22) 출원일자 1994년12월28일

(65) 공개번호 10-1995-0019954
(43) 공개일자 1995년07월24일

(30) 우선권주장 93-335032 1993년12월28일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시키가이샤 니콘
일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 3쵸메 2방 3고

(72) 발명자 오꾸무라마사히꼬
일본국도오꾜도세다가야꾸오야마다이1죠메13반13고

(74) 대리인 조영원
특허법인코리아나

심사관 : 김현숙

(54) 경사조정장치,면위치조정장치,이면위치조정장치를구비한노광장치,및이들장치를이용하여제조된디바이스

요약

기판을 지지하는 테이블은 3 개의 지점을 통하여 포커싱 및 레벨링 스테이지상에 위치하고, 계산기는 간섭계에 의하여 계측된 테이블의 좌표값을 입력으로 수용하고, 웨이퍼의 표면과 기판상의 다수의 각 계측점에서 소정의 기준면 사이의 위치 편차량은 다중점 AF 센서에 의하여 계측되고, 웨이트 상수는 상기 다수의 각 계측점에서 위치 편차량으로 주어지므로, 상기 3 개의 각 지점에서 잔류 편차를 계산한다. 제어기는 PID 제어 시스템을 채택하고 상기 계산기에 의해 계산된 잔류 편차와, 잔류 편차의 적분값 및 잔류 편차의 미분값을 기초로 하여 상기 3 개 지점의 변위량을 제어한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제 1 도는 제 4 도의 투영 노광 장치의 포커싱 (focusing) 및 레벨링 (levelling) 기구의 구조를 도시하는 개략도.
제 2 도는 제 1 도의 웨이퍼 표면의 디포커스 (defocus) 량과 투영 광학 시스템의 시간 평면을 도시하는 도면.
제 3 도는 제 1 도의 z 축, 다중점의 AF 센서의 계측점 및 3 개의 지점 (fulcrum) 사이의 관계를 도시하는 사시도.
제 4 도는 본 발명의 실시예에 따른 스테이지 장치에 적용되는 투영 노광 장치를 도시하는 도면.
제 5 도는 제 4 도의 다중점 AF 센서에 의한 웨이퍼상에 포커스 위치의 분포예를 도시하는 도면.
제 6 도는 제 5 도의 A-A 선을 따라 취한 단면도.
제 7 도는 제 4 도의 하나의 지점의 구성예를 도시하는 도면.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명
2 : 제 1 릴레이 렌즈 4 : 제 2 릴레이 렌즈
5 : 거울 7 : 레티클
8 : 패턴 영역 9 : 레티클 스테이지
10 : 주 제어 시스템 12 : 웨이퍼
14 : 홀더 15 : 포커싱 및 레벨링 스테이지
17 : XY 스테이지 18 : 베이스
16A 내지 16C : 3 개의 지점 33 : 평면 위치 계산 시스템

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 물체의 경사를 보정하기 위한 스테이지 장치에 관한 것으로서, 특히, 예를 들면, 반도체 소자, 액정 디스플레이 소자, 박막 자기 헤드 등을 제조하기 위한 포토리소그래피 공정에 사용되는 노광 장치에 적합한, 마스크 패턴이 전사되는 감광 기판을 지지하여 경사지게 할 수 있는 틸팅 장치에 관한 것이다.
상기 리소그래피 공정에 사용되는 노광 장치에서, 마스크 또는 레티클의 패턴은 감광 기판 (포토레지스트가 도포되는 웨이퍼 또는 유리 기판등) 상에 전사된다. 이 경우, 감광기판의 표면의 전체 영역 또는 국소적인 영역을 기준인 평면에 평행하게 설정하는 작업, 소위 레벨링 (틸팅; tilting) 이 행하여진다. 예를 들면, 마스크와 감광 기판이 10 ㎛ 내지 300 ㎛ 정도의 갭으로 서로 근접하는 프록시미티 (proximity) 시스템에서, 마스크의 패턴 표면과 감광 기판의 표면은 이들의 전체 영역에 걸쳐서 서로 평행하게 된다. 또한, 마스크 또는 레티클의 패턴 이미지가 투영 광학 시스템을 통하여 감광 기판상에 결상되는 투영 시스템에서, 상기 투영 광 학 시스템의 이미지면 (image plane) 과 감광 기판의 표면은 서로 평행하게 된다.
상기 레벨링 작업은 마스크 또는 레티클의 패턴이 전사되는 감광 기판 표면의 전체 영역상에서 우수한 전사 이미지 품질 (상기 감광 기판상에 형성되는 패턴 프로파일의 품질) 을 얻기 위하여 이루어진다. 특히, 많은 수의 개구와 높은 해상력을 갖는 투영 노광 시스템을 구비한 투영형 노광 장치에서, 초점심도(焦点深度)는 상기 투영 광학 시스템의 투영 필드 (이미지 필드) 의 크기와 비교하여 매우 작다. 상기 초점심도 (△ F) 는 노광용 조명광의 파장 (λ) 과 투영 광학 시스템의 개구수 (NA) 에 의하여 $\triangle F = \lambda/(2NA^2)$ 으로 결정된다.
여기서, λ = 365[nm](수은램프의 i-line) 과 NA = 0.6 으로 가정하면, 실효적인 초점심도 (△ F) 는 최상의 포커스 위치에 대하여 약 0.5㎛ (투영 광학 시스템의 광축 방향의 폭에서 1㎛) 이 된다. 이에 대하여, 투영된 패턴 이미지의 크기는 노광 장치에 따라 다르지만, 통상적인 웨이퍼 스텝퍼 (stepper) 에서 15mm x 15mm 정도이다. 이것은 1m 의 정사각형의 플레이트 재료의 두께에 대하여만 고려하면, 단지 66.7㎛ 에 상당한다. 이와 같이 매우 작은 초점심도 때문에, 투영 노광 장치에서, 감광 기판의 표면의 국소적인 파형 (localized waviness) 등도 고려하여 정확히 레벨링을 행하여 투영 이미지면과의 평행도를 유지할 필요가 있다.
상기 레벨링을 효과적으로 하기 위해서는, 기준면 (fiducial plane) 으로부터 감광 기판 표면의 전체 또는 국소적인 영역의 경사량을 정확히 측정할 필요가 있다. 그러므로, 다양한 측정 시스템이 제안되어져 왔는데, 대표적으로, 일본 공개 공보 제 58-103136 호 (A)와, 미국 특허 제 4,084,903 호 (B), 미국 특허 제 4,558,949 호 (C) 및 미국 특허 제 4,383,757 호 (D)에 공지되어 있다.
상기 일본 공개 공보 제 58-103136호 (A)에는, 감광 기판상의 다수의 각점 (3 개 이상의 점) 의 높이 위치가 에어 마이크로미터 (air micrometer) 와 같은 갭 센서에 의하여 측정되고, 상기 측정된 값과 XY 평면의 각 계측값의 좌표값을 기초로 하여, 상기 감광 기판의 표면의 근사 평면식이 최소 자승법에 의하여 특정된 후, 기준면으로부터의 상기 근사 평면의 어긋남량은 감광 기판용 레벨링 기구의 3개의 구동점의 좌표 위치에 의하여 결정되고, 이들 각 구동점에서의 높이 방향의 어긋남량은 보정되는 시스템이 개시되어 있다.
미국 특허 제 4,084,903 호 (B) 에는, 에어 마이크로미터의 노즐이 투영 광학 시스템의 배럴의 하부 주위의 4 개 위치에 배치되고 상기 4 개의 노즐중 2 개는 x 축상에 배치되고 나머지 2 개는 Y 축상에 배치되고, 감광 기판의 표면과 배럴 사이의 거리 (갭) 는 각 노즐에 의하여 측정되고, Y 축에 대한 감광 기판의 경사량(α_Y) 은 X 축상의 2 개 노즐 사이의 배압(背壓) 차에 의하여 결정되고, X 축에 대한 감광 기판의 경사량 (α_X) 은 Y 축상의 2 개 노즐사이의 배압차에 의하여 결정되며, 이들 경사량 (α_X, α_Y) 을 사용하여 감광 기판용 홀더가 3 개의 압전 소자에 의하여 수직으로 움직임으로써 상기 경사를 보정하는 시스템을 개시한다.
미국 특허 제 4,558,949 호 (C) 에는, 투영 광학 시스템에 의해 투영된 이미지가 투사되는 감광 기판상의 국소 영역에 경사 방향으로부터 콜리메이트광을 조사 하고, 그 반사광(평행광빔)을 집광 렌즈를 통해 스폿 형상으로 집광하고, 그 스폿광을 4분할 광전 소자로 수광하고, 4분할 광전 소자상의 스폿광의 수광 위치의 변화로부터 감광 기판상의 국소 영역의 평균적인 경사량을 검출하는 시스템이 개시되어 있다. 미국 특허 제 4,383,757 호에는 광 스폿 (spot) 이 투영 광학 시스템을 통하여 감광 기판상의 다수의 각점상에 투영되고, 그 반사된 광이 투영 광학 시스템을 통하여 재결상되고 상기 재결상된 이미지의 콘트라스트의 변화로부터 상기 투영 광학 시스템 (z 방향) 의 광축 방향의 감광 기판의

각 광 스폿의 투영점에서의 포커스 에러가 검출되고, 상기 감광 기판을 유지하는 홀더는 포커스 에러가 각 투영점에서 거의 0 이 되도록 3 개의 구동 유닛 (서보 모터) 에 의하여 기울어지는 방식이 개시되어 있다.

상술한 종래의 (A) 내지 (D) 의 기술 이외에, 레벨링에 필요한 것은 구조적인 정확성과 레벨링 기구 자체의 안전성이고, 이것에 대한 종래 기술은 미국 특허 (D) 에 기재되어 있다. 상기 레벨링 기구로서, 미국 특허 제 4,770,531 호 (E) 에 기재된 시스템이 공지되어 있는데, 여기에서, z 방향의 구동점은 레벨링 테이블의 원주를 3 등분하는 위치에 배치되고, 각 구동점에서 상기 레벨링 테이블과 이것의 베이스는 도우넛 형상의 판스프링에 의하여 서로 연결되므로 상기 레벨링 테이블의 측방향 강성을 높인다.

또한 미국 특허 제 4,504,144 호 (F) 에는 포커스 에러가 마스크 또는 레티클의 패턴 이미지가 전사되는 감광 기판상의 국소 영역의 3 개의 각 점에서 측정되고, 상기 측정 결과로부터 한 개의 필드에서의 x 축 방향 및 y 축 방향의 경사량(θ_x , θ_y) 및 모든 포커스 에러량 (f) 이 아날로그 값으로 결정되고, 경사량 (θ_x , θ_y) 및 포커스 에러량 (f) 외에, 웨이퍼상의 필드의 좌표 위치 (아날로그 값)와 웨이퍼 레벨링 테이블상의 3개 구동점의 좌표 위치 (아날로그 값)를 이용하여, 3 개의 각 구동점에서의 서보 모터 이동량(z 방향 구동점의 보정량)이 아날로그 계산 회로에 의하여 계산되는 레벨링 제어 시스템이 개시되어 있다.

상술한 종래 기술에서, 상기(A)에 기재된 레벨링 제어 시스템은, 감광 기판상의 3 개 이상 계측점에서의 높이가 에어 마이크로미터와 같은 갭 센서에 의하여 측정되므로 높이 측정에 요구되는 시간이 길고 레벨링 동작의 응답성이 나쁘다는 단점이 있다. 상기 레벨링 동작의 응답성이 나쁜 제어 시스템에서는, 레티클과 감광 기판이 동시에 스캔되어 상기 감광 기판에 레티클의 패턴 이미지를 순차적으로 전사하는 스텝 앤드 스캔 시스템과 같은 스캐닝 시스템에 노광 장치를 적용시키는 것은 어렵다.

에어 마이크로미터를 사용하는 미국 특허 (B) 에 기재된 레벨링 제어 시스템은 응답성이 나쁜점에서는 상기 (A) 와 비슷하다. 또한 미국 특허 (B) 에서는, 두 축에 대한 경사각이 4 점의 포커스 위치로부터 먼저 계산되고, 상기 구동 소자의 구동량이 상기 경사각으로부터 새롭게 계산되어지므로, 이것은 계산 시간을 보다 더 길게 하고 응답성을 나쁘게 하는 단점을 가진다.

또한 미국특허 (C)에서, 단지 평균적인 경사각만이 측정되고 포커스 위치 (높이) 는 측정되지 않으므로, 이것은 포커스 위치를 검출하기 위한 센서가 별도로 필요하고 제어 기구가 복잡하게 된다는 단점을 갖는다. 미국 특허 (D) 에서는, 감광 기판의 각 점에서의 상기 포커스 위치가 투영 광학 시스템을 통하여 측정되고, 이것은 상기 시스템이 투영 광학 시스템을 사용하지 않는 노광 장치에는 적용될 수 없고 레티클에 조명광을 조사하기 위한 조명 광학 시스템 등이 복잡하게 되는 가능성이 있게 된다. 한편, 미국 특허 (E) 에 기재된 측방향 강성을 높이는 시스템은 특별한 단점을 갖지 않는다.

또한, 미국 특허 (F) 에 기재된 레벨링 제어 시스템에서는, 미국 특허 (B) 에서와 같이, 두 축에 대한 경사각과 포커스 위치가 3 점에서의 포커스 위치로부터 먼저 계산되고, 상기 구동 소자의 구동량이 이들 경사각과 포커스 위치로부터 새롭게 계산되는 2 개의 계산 스텝으로 이루어지므로, 상기 계산 시간 길게되고 응답성이 나쁘게 되는 단점을 가진다. 또한, 단지 3 점에서 포커스 위치가 측정되므로, 예를 들면 포커스 위치가 특별히 높거나 낮은 측정 위치가 있을 때, 기준면에 대한 감광 기판의 노광면의 경사각 및 포커스 위치의 에러가 커지게 된다.

이에 관련하여, 상기 레티클의 패턴 이미지가 감광 기판의 각 소트(shot) 영역에 전사될 때, 상기 공정에 의하여 요철 (단차; level difference) 가 각 쇼트 영역에서 때때로 발생된다. 다양한 선폭의 패턴은 레티클의 패턴 이미지에 혼합되게 포함되므로, 각 쇼트 영역의 전표면상에 선명한 이미지를 형성하기 위하여, 선폭에서 가장 좁은 레티클의 패턴 이미지중의 하나가 전사될 감광 기판상의 영역은 기준면으로 조정되는 것이 바람직하다. 그러나, 종래의 레벨링 제어 시스템에서, 기준면에 대한 감광 기판상의 소망의 영역을 중점적으로 조정하는 것은 불가능하 다.

본 발명의 목적은 기준면에 대한 기판의 표면을 조정하기 위하여 기판의 높이 위치 (기판 표면에 수직인 방향으로의 위치) 및/또는 경사각을 조정할 수 있는 스테이지 장치, 특히 예를 들면 고응답성이 요구되는 스텝 앤드 리피트형 또는 스텝 앤드 스캔형의 노광 장치에 적합한 스테이지 장치를 제공하는 것이다.

본 발명에 따른 스테이지 장치는, 기판을 유지하기 위한 테이블과, 테이블을 지지하고 소정면내에서 2 차원 이동가능한 스테이지와, 소정면에 수직인 방향으로 테이블의 3 개의 각 지점을 변위하기 위한 구동 부재와, 상기 소정면내에서의 테이블 위치를 검출하기 위한 제 1 검출기와, 상기 기판상의 3 개이상의 계측점 각각에서 소정면과 수직인 방향의 소정 기준면과 기판의 표면 사이의 편차를 검출하기 위한 제 2 검출기와, 상기 제 1 및 제 2 검출기에 의한 검출 결과를 기초로 하여 구동부재의 3 개의 각 지점에서 소정면과 수직인 방향의 임의의 잔류 편차를 계산하기 위한 계산기 및, 상기 계산된 잔류 편차와, 상기 잔류 편차의 적분값 및, 상기 잔류 편차의 미분값을 기초로 하여 구동부재의 3 개 지점의 변위량을 제어하기 위한 제어기를 포함한다. 이때에, 상기 기판상의 3 개이상의 각 계측점에서의 편차에 가중치 (W_1 내지 W_n) 가 부여되고, 상기 계산기는 상기 제 2 검출기에 의한 검출 결과에 부여된 가중치로 계산된 잔류 에러 성분이 최소가 되도록 구동 부재의 각 3 개 지점에서의 잔류 편차를 계산하는 것이 바람직하다.

본 발명의 계산기에서, 상기 제 2 검출기의 출력으로부터 구동부재의 각 지 점에서의 잔류 편차 (제어 편차) 를 구하는 동작은 다음의 원리를 기초로 한다.

먼저, 첨부된 제 2 도에 도시된 바와 같이, 상기 기판이 이동되는 평면은 xy 평면으로 정의되고, 상기 xy 평면에 수직인 축은 z 축으로 정의된다. 상기 제 2 검출기 (16A 내지 16c) 는 z 축에 고정되고. 그 계측점 (P_1 내지 P_n) 의 좌표는 (x_i , y_i) (i=1 내지 n) 으로 정의되고, 상기 제 2 검출에 의한 계측값, 즉, 각 계측점 (P_i) 에서 z 축 방향으로의 소정의 기준면과 기판의 표면 사이의 편차 (이후로는 '디포커스량' 이라 함) 는 $\triangle f_i$ 로 정의된다. 또한, 예를 들면, 최소 자승법에 의하여 근사된 기판의 표면 (상기 근사 평면) 은 상수 A, B 및 C 를 사용하여 다음의 식으로 정의된다.

$$Z = A \cdot x + B \cdot y + C \qquad (1)$$

다음, 각 계측점 (P_i)에서의 계측값 ($\triangle f_i$) 에 가중 계수(W_i) 에 의한 가중을 행하여, 다음식과 같은 가중의 자승합에 의한 잔류 에러 성분 (S)을 정의한다.

$$S = \sum_{i=1}^{n} W_i (\Delta f_i - A \cdot x_i - B \cdot y_i - C)^2 \quad (2)$$

여기에서, 가중 계수 (W_i) 를 설정하는 방법으로서, 본 발명이 스텝퍼와 같은 일괄 노광형 노광 장치에 적용될 때, 예를 들면 마스크상의 가장 좁은 선폭의 패턴이 전사되는 기판 (웨이퍼) 의 영역 또는 그 근처에 계측점에 대한 가중 계수의 값은 크게 될 수 있다. 또한 본 발명이 스캔 노광형의 노광 장치에 적용될 때, 가중 계수 (W_i) 는 기판과 Z 축 (만약 투영 광학 시스템이 있다면, 그 광축) 을 유지하는 테이블 (14) 의 2 차원 축 (X, Y) 의 상대 좌표의 함수, 즉, W_i (X, Y)이다. 상기 가중이 행해지지 않는 경우, 상기 (2) 식의 W_i 은 Wi = 1 (i=1 내지 n) 이 될 수 있다.
잔류 에러 성분 (S) 이 최소가 되도록, 상기 근사 평면을 결정하는 계수 A, B, C 의 값이 결정된다. 즉, 계수 A, B, C 는 매트릭스 (Q) 와 가변성 벡터 (F : 이후에 설명됨) 를 사용하여 다음의 식으로 주어진다.

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = QF \quad (3)$$

여기서, 상기 매트릭스 (Q) 는 하기에 나타낸 바와 같이 3 행 x 3 열의 매트릭스이다.

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11}/q_0 & q_{12}/q_0 & q_{13}/q_0 \\ q_{21}/q_0 & q_{22}/q_0 & q_{23}/q_0 \\ q_{31}/q_0 & q_{32}/q_0 & q_{33}/q_0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

상기 매트릭스의 분자 (q_{11} 내지 q_{33}) 와 분모 (q_0) 는 좌표 (x_i, y_i) 및 가중 계수 (W_i) 를 사용하여 다음식으로 주어진다.

$$q_{11} = n \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i\right)^2$$

$$q_{22} = n \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i\right)^2$$

$$q_{33} = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i\right)^2$$

$$q_{12} = q_{21} = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i - n \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot y_i$$

$$q_{13} = q_{31} = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot y_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i^2$$

$$q_{23} = q_{32} = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot y_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i - \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i^2$$

$$\begin{aligned} q_0 = {} & n \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i^2 - n \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot y_i\right)^2 \\ & - \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i\right)^2 - \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i\right)^2 \\ & - 2 \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot y_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot y_i \end{aligned} \quad (5)$$

또한, (3) 식의 변수 벡터 (F) 는 다음의 식으로 주어진다.

$$F = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot \Delta f_i \cdot x_i \\ \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot \Delta f_i \cdot y_i \\ \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot \Delta f_i \end{pmatrix} \quad (6)$$

여기에서, 상기 제 2 검출기의 각 계측점 (P_i) 의 좌표 (x_i, y_i) 가 정수이고, 스텝퍼와 같은 상기 일괄 노광 시스템과 같이 상기 가중 계수 (W_i) 가 정수 인 경우에는, 상기 매트릭스 (Q)는 정수 매트릭스이다. 한편, 스캔 노광 시스템의 경우에는, 가중 계수 (W_i) 가 테이블의 2 차원 좌표 (X, Y) 의 함수이므로, 상기 매트릭스 또한 상기 좌표 (X, Y) 의 함수이다. 또한, 상기 변수 벡터 (F) 는 상기 제 2 검출기에 의하여 출력된 각 계측점 (P_i) 에서의 포커스량과 제 2 검출기의 각 계측점 (P_i) 의 좌표 위치 및 가중 계수 (W_i) 에 의하여 결정된다.
본 발명에서, 소정의 기준면 (즉, 투영 광학 시스템의 이미지면)을 Z=0 의 평면으로 하여, 상기 기판의 표면 (근사 평면) 은 레벨링 동작과 포커싱 동작에 의하여 기준면 (Z=0 의 면)과 일치시킨다. 즉, 구동부재 (15) 의 3 개 지점 (16A 내지 16C) 의 제어 편차는 각 지점의 위치에서의 상기 기판 표면의 근사 평면과 기준면 (Z=0 의 면) 사이의 Z 축 방향으로의 거리이므로, 상기 지점 (16A 내지 16C) 에서의 제어 편차 (잔류 편차; e, e_2, e_3) 는 다음식으로 주어진다.

$$\begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = RQF \quad (7)$$

여기에서 매트릭스 (R) 는 다음식으로 정의된다.

$$R=\begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

여기에서 (X_1, Y_1), (X_2, Y_2) 및 (X_3, Y_3) 는 첨부 도면의 제 3 도에 도시된 바와 같이, Z 축 (투영 광학 시스템이 있을 때, 그 광축)을 기준으로 했을때의 3개의 지점 (16A 내지 16C) 의 좌표 위치이다. 따라서, 상기 매트릭스 (R) 는 테이블 (14) 과 기판 (12) 의 이동에 따라 변화하는 매트릭스이다. 즉, 상기 기판 (12) 의 중심 (0W) 을 기준으로 했을때 3 개의 지점 (16A 내지 16C) 의 좌표가 (X_{10}, Y_{10}), (X_{20}, Y_{20}) 및, (X_{30}, Y_{30}) 로 정의될 때, 제 (8) 식의 매트릭스 (R) 는 다음과 같다 :

$$R=\begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} X_{10} & Y_{10} & 1 \\ X_{20} & Y_{20} & 1 \\ X_{30} & Y_{30} & 1 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} X & Y & 0 \\ X & Y & 0 \\ X & Y & 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

여기에서, (X, Y) 는 z 축을 기준으로 하는 기판 (12) 의 중심 (0W) 의 좌표이고, XY 평면의 테이블 (14) 좌표 위치를 측정하기 위한 제 1 검출기 (19X, 19Y, 20X, 20Y) 에 의하여 검출된다. 상기 방법에서, 제 2 검출기에 의하여 출력된 디포커스량 ($\triangle f_i$) 와 구동부재 (15) 의 3 개 지점 (19A 내지 16C) 의 제어 편차 사이의 관계가 얻어진다.

다음, 상기 방법에서의 제어 편차 (e_1, e_2 및 e_3) 는 0 이 되도록, 상기 지점(16A 내지 16C) 을 변위하기 위한 구동 속도 명령값 (u_1, u_2 및 u_3) 은 제어기 (22) 에 의하여 얻어진다. 비례, 적분 및 미분 제어인 소위 PID 제어 시스템이 적용되는 경우, 상기 구동 속도 명령값은 적분 게인 (k_1), 비례 게인 (k_P) 및 미분게인 (k_D) 을 사용하여 다음식으로 주어진다.

$$F=\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \int_{t0}^{t} e_1(t)dt & e_1(t) & de_1(t)/dt \\ \int_{t0}^{t} e_2(t)dt & e_2(t) & de_2(t)/dt \\ \int_{t0}^{t} e_3(t)dt & e_3(t) & de_3(t)/dt \end{pmatrix}\begin{pmatrix} k_1 \\ k_P \\ k_D \end{pmatrix} \quad (10)$$

상기 제어를 행함으로써, 상기 제어 편차 (e_1, e_2, e_3) 는 0 이 될 수 있다.

즉, (1) 식에 의한 기판 (12) 표면의 근사 평면은 Z=0 인 기준 평면과 일치한다. 상기 기판 (12) 의 표면의 근사 평면은 가중 계수 (W_i) 에 의하여 결정되므로, 디포커스량을 작게 억압하는 것이 특히 바람직한 기판 (12) 상의 영역내 또는, 그 근처에 설정된 제 2 검출기의 계측값 (P_i) 에 대한 가중 계수 (W_i) 가 큰값으로 설정된다면, 그것의 최적 제어가 실행될 것이다. 또한 상기 제어에서, 포커싱 동작과 레벨링 동작이 서로 구별되지 않고 동시에 수행되므로, 이들 동작이 연속적으로 (시간순서적으로) 실행되는 경우와 비교하여 제어가 고속으로 실행된다. 또한, 여기에 적용된 제어는 PID 제어이므로, 미분항 (differentiation term) 의 효과에 의한 고속의 응답성과 적분항의 효과에 의한 정상 편차가 0 이 되는 특성을 갖는다.

상술한 바와 같이, 본 발명에서, 구동부재의 3 개 지점은 레벨링 동작과 높이 조정 (포커싱 동작) 을 하기 위하여 변위되고, 상기 계산기에 의하여, 각 지점에 있는 잔류 편차는 제 2 검출기에 의하여 검출된 3 개이상의 편차로부터 직접 나온다. 그래서, 본 발명에 따라서 x 축과 y 축에 대한 회전각 및 높이를 계산하는 시스템과 비교하여, 상기 계산 시간은 짧아지고 3 개의 지점이 동시에 구동되므로, 상기 레벨링 동작과 높이 조정 (포커싱 동작) 은 동시에 실행되고, 상기 레벨링 및 높이 조정 공정의 효율은 향상된다.

또한, 본 발명에서, 각 지점의 동작은 PID 제어 시스템에 의하여 제어되므로, 제어 타켓의 어떠한 변화에도 응답성이 우수하고 정상 편차에 자유로운 서보시스템이 구성될 수 있고, 본 발명이 노광 장치의 포커싱 및 레벨링 스테이지로서 적 용될 때 높은 결상 성능이 얻어진다. 또한, 상기 제 2 검출기의 3 개 이상 계측점의 각각에 가중이 행해질때, 예를 들면 상기 기판상의 소정 위치 근처의 계측점의 가중치가 크게 될 때, 상기 계측점에서의 높이 편차 (디포커스 양) 는 작게 될 수 있으며, 즉, 상기 기판의 높이 편차의 최적화가 가능하게 된다.

이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 스테이지 장치가 설명된다. 이 실시예는 투영 노광 장치에서 웨이퍼의 레벨링 및 포커싱을 수행하기 위한 스테이지 장치에 적용되는 본 발명중의 하나이다.

제 4 도는 본 실시예에서 사용되는 투영 노광 장치의 구조를 도시한다. 제 4 도에서, 광원, 옵티컬 인테그레이터 (integrator) 및 구경 조리개 등을 포함하는 조명 장치로부터 사출된 노광광 (IL) 은 제 1 릴레이 렌즈 (2), 레티클 블라인드 (가변 시야 조리개: 3), 제 2 릴레이 렌즈 (4), 거울 (5) 및 콘덴서 렌즈 (condenser lens; 6) 를 거쳐서, 거의 균일한 조도로서 레티클 (7) 상의 패턴 영역 (8) 을 조명한다. 상기 레티클 블라인드 (3) 가 배치된 평면은 레티클 (7) 의 패턴 형성면과 공역(公役)이고, 상기 레티클 블라인드 (3) 의 개구 위치와 형상을 변화시킴으로써, 상기 레티클 (7) 상의 조사 영역의 위치 및 형상이 설정된다. 상기 조명 장치 (1) 의 광원으로서, 초고압 수은 램프, 엑시머 레이저 광원, YAG 레이저 고조파 발생 장치 등이 사용된다.

상기 레티클 (7) 상의 패턴 영역 (8) 을 통과한 광은 투영 광학 시스템 (PL) 에 들어가 포토레지스트가 도포되는 웨이퍼 (12) 상의 쇼트 영역 (13A) 상에 패턴 영역 (8) 의 패턴 이미지를 투영시킨다. 상기 z 축은 투영 광학 시스템 (PL) 의 광 축 (AX) 에 평행하게 취하며, 상기 x 축은 광축 (AX) 에 수직인 2 차원 평면으로 제 4 도의 지면에 평행한 방향으로 취하고, 상기 y 축은 제 4 도의 지면에 수직인 방향으로 취한다. 상기 레티클 (7) 은 레티클 스테이지 (9) 상에 유지되며, 상기 전체 장치의 동작을 제어하기 위한 주 제어 시스템 (10) 은 구동 시스템 (11) 을 통하여 레티클 스테이지 (9) 의 위치를 조정한다.

한편, 웨이퍼 (12) 는 테이블 (웨이퍼 홀더 ; 14) 상에 지지되며, 웨이퍼 홀더 (14) 는 z 축 방향으로 이동가능한 3 개의 지점 (16A 내지 16C) 를 통하여 포커싱 및 레벨링 스테이지 (15) 상에 위치한다. 상기 포커싱 및 레벨링 스테이지

(15) 는 베이스 (18) 상에 2 차원으로 이동가능한 XY 스테이지 (17) 상에 위치한다. 상기 포커싱 및 레벨링 스테이지 (15) 는 3 개의 지점 (16A 내지 16C) 을 통하여 z 축 방향으로 웨이퍼 홀더 (14) 상에 웨이퍼 (12) 의 위치 (포커스 위치) 를 조정하고, 상기 웨이퍼 (12) 의 경사각도 조정한다. 상기 XY 스테이지 (17) 는 포커싱 및 레벨링 스테이지 (15), 웨이퍼 홀더 (14), 웨이퍼 (12) 를 x 방향 및 y 방향으로 위치결정시킨다.

상기 웨이퍼 홀더 (14) 의 x 좌표는 웨이퍼 홀더 (14) 의 상단부에 고정된 이동가능한 거울 (19X) 과 외부 (예를 들면, 베이스 (18)) 에 배치된 레이저 간섭계 (20X) 에 의하여 항상 모니터되고, 제 1 도에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 홀더 (14) 의 y 좌표는 이동가능한 거울 (19Y) 및 외부 레이저 간섭계 (20Y) 에 의하여 항상 모니터되고, 이들 검출된 x 및 y 좌표는 상기 주 제어 시스템 (10) 과 이후에 설명하는 평면 위치 계산 시스템 (33) 에 제공된다.

제 4 도로 되돌아가서, 상기 주 제어 시스템 (10) 은 구동 시스템 (21) 을 통하여 XY 스테이지 (17) 의 동작을 제어한다. 또한, 상기 평면 위치 계산 시스템 (33) 에 의하여 계산된 잔류 편차 (제어 편차)를 기초로 하여, 소위 PID (비례, 적분, 미분) 제어형의 포커싱 및 레벨링 제어 시스템 (22) 은 증폭기 (23A 내지 23C) 를 통하여 상기 포커싱 및 레벨링 스테이지 (15) 의 3 개 지점 (16A 내지 16C) 의 z 방향으로의 이동량을 제어한다.

이하, z 방향으로의 웨이퍼 (12) 의 노광면 (즉, 전방면) 의 위치 (포커스 위치) 를 검출하기 위한 다중점의 포커스 위치 검출 시스템 (이후에는 AF 센서라 함)의 구조를 설명한다. 본 실시예에서, 다중점 AF 센서에 의한 웨이퍼 상의 포커스 위치의 계측점의 개수는 9 개다. 따라서, 제 4 도의 장치에서, 예를 들면 미국 특허 제 4,558,949 호 및 제 4,650,983 호에 기재된 동일한 구조의 9 개 AF 센서가 상기 다중점 AF 센서로서 배치되지만, 제 4 도에서는 상기 측부상의 단지 3 개의 AF 센서 (25A1, 25A2, 25A3) 만을 나타낸다. 먼저, 중앙 AF 센서(25A2) 에서, 광원 (26A2) 으로부터 사출된 포토레지스트에 대해 비감광성인 검출광이 송광 슬릿판 (27A2) 상의 슬릿 패턴을 조명하고, 상기 슬릿 패턴의 이미지가 대물렌즈 (28A2) 를 거쳐서 투영 광학 시스템 (PL) 의 광축 (AX) 에 경사진 웨이퍼(12) 상의 쇼트 영역 (13A) 의 중앙 (광학 축 (AX) 상) 계측점 (P2) 상에 투영된다. 상기 계측점 (P2) 으로부터 반사된 광은 집광 렌즈 (29A2) 를 거쳐서 진동 슬릿판 (30A2) 상에 집광되고, 상기 계측점 (P2) 상에 투영된 슬릿 패턴의 이미지는 진동 슬릿판 (30A2) 상에 재결상된다.

진동 슬릿판 (30A2) 의 슬릿 개구를 통과한 광은 광전 검출기 (31A2) 에 의하여 수용되고, 상기 광전 검출기 (31A2) 로 부터의 광전 변환 신호는 증폭기(32A2) 로 공급된다. 상기 증폭기 (32A2) 는 진동 슬릿판 (30A2) 의 구동 신호에 의해 광전 검출기 (31A2) 로부터의 광전 변환 신호를 동기 검출하고, 상기 얻어진 신호를 증폭하여 상기 계측점 (P2) 에서 웨이퍼 표면의 포커스 위치에 대한 소정 범위내에서 거의 직선으로 변하는 포커스 신호 (S 곡선 신호) 를 발생시키며, 상기 포커스 신호를 평면 위치 결정 시스템 (33) 으로 공급한다.

이와 같이, 상기 AF 센서 (25A1) 는 계측점 (P2) 에 대한 x 방향측 (도면의 지면에서 볼 때 왼쪽) 상에 설정된 계측점 (P1) 에 슬릿 패턴의 이미지를 투영하고, 상기 계측점 (P1) 으로부터의 반사된 광은 광전 검출기 (31A1) 에 의해 수용되고, 상기 광전 검출기 (31A1) 로부터의 광전 변환 신호는 증폭기 (31A1) 에 공급된다. 상기 증폭기 (32A1) 는 계측점 (P1)에서의 웨이퍼 표면의 포커스 위치에 대응하는 포커스 신호를 상기 평면 위치 계산 시스템 (33) 에 제공한다. 마찬가지로, 상기 AF 센서 (25A3) 는 상기 계측점 (P2) 에 대하여 +X 방향측 (도면의 지면에서 볼 때 오른쪽) 에 설정된 계측점 (P3) 상에 슬릿 이미지를 투영하고, 상기 계측점 (P3) 으로부터 반사된 광은 광전 검출기 (31A3) 에 의하여 수용되고, 상기 광전 검출기 (31A3) 로부터의 광전 변환 신호는 증폭기 (32A3) 로 공급된다.

상기 증폭기 (32A3) 는 계측점 (P3) 에서의 웨이퍼 표면의 포커스 위치에 대응하는 포커스 신호를 평면 계산 시스템 (33) 으로 공급한다.

여기에서, 상기 증폭기 (32A1 내지 32A3) 로부터 출력된 포커스 신호의 세기(전압값) 가 상기 계측점 (P1 내지 P3) 에서 웨이퍼의 표면이 투영 광학 시스템(PL) 의 결상면 (P2; 레티클 패턴이 투영되는 표면) 과 일치될 때 0 이 되도록, 상기 AF 센서 (25A1 내지 25A3) 의 칼리브레이션이 행하여질 수 있다. 따라서, 각 포커스 신호의 세기는 계측점 (P1 내지 P3) 에서의 웨이퍼 표면과 투영 광학 시스템 (PL) 의 이미지면 사이의 z 방향 (광축 (AX) 방향) 편차량에 대응한다. 그러므로 i 번째 AF 센서 (25Ai) (i=1, 2, ... 9) 에 의하여 얻어진 포커스 신호의 세기에 대응하는 편차량은 디포커스량 ($\triangle f_i$) 가 된다.

제 5 도는 웨이퍼상에서 제 4 도의 다중점 AF 센서의 9 개 계측점의 분포를 도시한다. 제 5 도에서, 3 ×3 계측점 (P_1 내지 P_9) 은 x 방향과 y 방향으로 소정 피치로 상기 웨이퍼상의 쇼트 영역 (13A) 에 설정되고, 슬릿 패턴의 이미지는 각 계측점 (P_i) 에 대응하는 상기 AF 센서 (25Ai, 단 AF 센서 (25A1 내지 25A3)만이 제 4 도에 도시됨) 에 의하여 투영된다. 상기 AF 센서 (25Ai) 에 의해 계측된 각 계측점 (P_i)에서의 웨이퍼 표면 (쇼트 영역)의 디포커스량 ($\triangle f_i$; 포커스 신호) 은 제 4 도의 평면 위치 계산 시스템 (33) 으로 공급된다.

또한 본 실시예에서, 가중 계수 (W_i) 는 상기 다중점 AF 센서에 의하여 계측된 각 계측점 (P_i) 의 디포커스량 ($\triangle f_i$) 로 할당된다. 예를 들면, 쇼트 영역(13A) 으로 전사되는 상기 레티클의 패턴 이미지의 선폭은 모든 곳에서 거의 동일할 때, 상기 가중 계수 (Wi)의 값은 모두 1 이 될 수 있다. 또한, 예를 들면 가장 좁은 선 폭의 패턴 이미지가 상기 계측점 (P_4, P_6) 을 각각 둘러싸고 있는 영역 (33A, 34B) 으로 전사될 때, 상기 계측점 (P_4, P_6) 에서 디포커스량으로 할당되는 가중 계수 (W_4, W_6) 의 값은 1 보다 큰 값으로 설정될 수 있고, 중앙 계측점(P_5) 에서 디포커스량으로 할당되는 가중 계수 (W_5) 의 값은 1 보다 작은 값으로 설정될 수 있다. 나머지 6 개 계측점에서 디포커스량으로 할당되는 가중 계수의 값은 1 로 설정됨을 알 수 있다. 그래서 만약 제 5 도의 A-A 선을 따른 웨이퍼 표면이 제 6 도에 나타낸 바와 같이, 과장되게 기복을 이룬다 할지라도, 본 발명에 따른 포커싱 동작과 레벨링 동작이 실행될 때, 투영 광학 시스템 (PL) 의 이미지면은 2 개의 부분적인 영역 (34A, 34B) 의 표면에 비교적 근사한 평면 (46B) 으로 설정될 것이고, 가장 좁은 선폭의 패턴 이미지는 고해상도로 전사될 것이다.

이에 대하여, 상기 쇼트 영역 (13A) 이 제 6 도에 도시된 기복을 가질 때, 모든 가중 계수 (Wi) 의 값은 공통적으로 1 이 되고, 투영 광학 시스템 (PL) 의 이미지면이 쇼트 영역의 전체 표면상에서 평균 평면 (46A) 으로 설정되고, 상기

부분 영역 (34A) 으로 이송되는 가장 좁은 선폭의 패턴 이미지가 흐려지게 될 가능성이 발생한다. 즉, 본 실시예에서와 같이, 예를 들면, 패턴 이미지의 미세도(선폭, 피치 등) 에 순응하는 가중 계수 (W_i) 는 각 계측점 (Pi) 의 계측 데이터(디포커스량) 로 할당되어, 상기 레티클의 패턴 이미지는 높은 해상도로 쇼트 영역(13A) 의 전체 표면으로 이송될 수 있다.

이하, 제 7 도를 참조하여 본 실시예에서 사용되는 포커싱 및 레벨링 스테이지 (15) 의 3 개 지점 (16A 내지 16C) 의 구조를 설명할 것이다.

제 7 도는 상기 지점 (16A) 의 단면도이다. 제 7 도에서, 제 4 도의 포커싱 및 레벨링 스테이지 (15) 상에 하우징 (40) 이 고정되고, 이송 스크류 (41) 가 상기 하우징 (40) 내에 회전가능하게 부착된다. 회전 모터 (43) 는 커플링(42) 을 통하여 이송 스크류 (41) 의 왼쪽 단부에 연결되고, 회전각을 검출하기 위한 회전 엔코더 (45) 는 커플링 (44) 을 통하여 이송 스크류 (41) 의 오른쪽 단부에 연결된다. 너트 (39) 가 이송 스크류 (41) 와 나사 결합되고, 경사진 상단부를 가진 경사표면부 (36) 는 지주 (38) 를 통하여 너트 (39) 에 고정되고, 회전부재 (35A) 는 경사표면부 (36) 의 상단부와 접촉한다. 상기 회전 부재 (35A)는 제 4 도의 웨이퍼 홀더 (14) 의 내부에 회전 가능하지만 횡방향으로는 이동하지 않도록 내장된다.

또한, 상기 경사표면부 (32) 는 이송 스크류 (41) 에 평행한 방향으로 직선 안내부 (37) 를 따라 이동되도록 지지된다. 이 경우에, 제 4 도의 포커싱 및 레벨링 시스템 (22) 로부터의 구동 속도 명령값은 증폭기 (23A) 를 통하여 회전 모터 (43) 에 공급되고, 상기 회전 모터 (43) 는 지정된 구동 속도 (구동 회전각 속도)로 이송스크류 (41)를 회전한다. 그럼으로써, 상기 너트 (39)는 이송 스크류 (41) 를 따라 y 방향으로 이동되고 상기 경사표면부 (36) 또한 상기 이송 스크류 (41)를 따라 이동된다. 따라서, 상기 경사표면부 (36)의 상단부와 접촉하는 회전 부재 (35A) 는 회전하는 동안에 하우징 (40) 에 대하여 수직 방향(z 방향) 으로 변위된다. 또한 이송 스크류 (43) 의 회전각은 회전 엔코더(45) 에 의해 측정되므로, 회 전 부재 (35A) 의 수직 변위량이 검출된다. 다른 지점 (16B, 16C) 은 상술한 바와 같은 동일 구조를 가진다.

상기 지점 (16A 내지 16C) 각각은, 예를 들면, 제 7 도에 도시된 바와 같이, 회전 모터를 사용하는 형태 이외에, 압전 소자 또는 음성 코일 모터로 구성될 수 있다. 예를 들면, 상기 지점 (16A 내지 16C) 각각이 압전 소자를 포함하는 경우, 구동 속도 명령값이 아닌, 예를 들면 상기 포커싱 및 레벨링 제어 시스템(22)으로부터 제공된 변위량을 지시하는 구동 명령값이 될 수 있도록 설계될 수 있다.

이하, 제 1 도를 참조하여 본 실시예의 상기 포커싱 및 레벨링 동작예를 설명한다. 제 1 도는, 제 4 도의 투영 노광 장치에서, 투영 광학 시스템 (PL)이 생략되고 n 개의 AF 센서 (25A1 내지 25An) (제 5 도의 경우 n=9)가 간략하게 도시되는 도면이다. 제 1 도에서 상기 AF 센서 (25A1 내지 25An) 에 의해, 상기 AF 센서에 대응하는 계측점 (P_1 내지 P_n) 에서의 상기 웨이퍼 (12) 의 표면과 투영 광학 시스템(PL) 의 이미지면 사이의 z 방향으로의 위치 편차량, 즉, 디포커스량 ($\triangle f_1$ 내지 $\triangle$ fn) 이 검출되어, 이들 디포커스량은 상기 평면 위치 계산 시스템(33) 에 대한 포커스 신호로서 공급된다. 웨이퍼 (12) 중앙의 좌표 (X, Y) 는 x 축용 레이저 간섭계 (20X) 에 의해 계측되고 y 축용 레이저 간섭계 (20Y) 는 또한 평면 위치 계산 시스템 (33) 에 제공된다.

또한 주 제어 시스템 (10) 은 다중점 AF 센서의 계측점 (P_1 내지 P_n) 에서의 웨이퍼 (12) 표면의 포커스 위치 (디포커스량) 으로 주어진 가중 계수 (W_1 내지 W_n) 로서 평면 위치 계산 시스템 (33) 에 공급한다. 상기 투영 광학 시스템 (PL)의 광축 (AX) 이 Z 축일 경우, 상기 주 제어 시스템 (10) 은 n 개의 계측점 (P_i) 의 좌표값 (xi, yi) 을 가진 평면 위치 결정 시스템 (33) 에 미리 공급하고, 웨이퍼(12) 의 중심을 기준으로 하는 경우, 3 개 지점 (16A 내지 16C) 의 좌표값 (X_{10}, Y_{10}), (X_{20}, Y_{20}) 및 (X_{30}, Y_{30}) 이 주 제어 시스템 (10) 으로부터 평면 위치 계산 시스템 (33) 으로 미리 공급된다.

그래서, 상기 평면 위치 계산 시스템 (33) 은 (4) 식과 (5) 식으로부터 매트릭스 (Q) 를 구하고, (6) 식으로부터 변수 벡터 (F) 를 구하며, (9) 식으로부터 매트릭스 (R) 를 구한 다음, (6) 식으로부터 3 개 지점 (16A 내지 16C) 의 제어 편차 (디포커스량 ; e_1, e_2, e_3) 를 각각 구한다. 상기 경우, 가중 계수 (W_i) 는 상기 공정에 대응하는 동작에 의해서 자유롭게 설정될 수 있지만, 예를 들면 가중 계수 (W_i)값은 디포커스량을 작게 억제하는 것이 바람직한 부분 영역에 대해서는 크게 하고, 역으로 디포커스량의 허용값이 크게되는 부분 영역용에 대해서는 작게 설정한다. 스텝퍼와 같은 일괄 노광 시스템에서, 가중 계수 (W_i)는 노광 전에 웨이퍼 (12)에 대하여 일단 설정된 후에 일정한 값이 된다. 그러나 스캐닝 노광 시스템에서, 다중점 AF 센서 (25A1 내지 25An)의 계측점 (P_1 내지 P_n)과 쇼트 영역사이의 상대 위치 관계는 스캐닝 노광시 변하므로, 가중 계수 (W_i)는 XY 스테이지(17)의 위치와 의존하여 변화한다.

평면 위치 계산 시스템 (33)에 의하여 계산된 제어 편차 (e1, e2, e3)는 PID 제어형의 포커싱 및 레벨링 제어 시스템 (22)으로 제공되고, 3 개 지점(16A 내지 16C)의 각 회전모터(예를 들면, 제 7 도의 회전 모터 (43))의 구동 속도 명령값(u_1, u_2, u_3)은 (10)식에 따라 구해진다. 동시에, (10) 식의 적분게인 (k_1), 비례게인 (k_P) 및 미분게인 (k_D) 은 소정값으로 미리 설정된다. 상기 구동 속도 명령값 (u_1, u_2, u_3) 은 증폭기 (23A, 23B, 23C) 를 통하여 지점 (16A, 16B, 16C)의 각 회전 모터에 제공된다.

상술한 제어 시스템이 동작됨으로써, 웨이퍼 (12)상의 쇼트 영역 (13A)의 표면은 전체에 걸쳐서 투영 광학 시스템 (PL) 의 이미지면과 일치하므로, 즉, 쇼트 영역 (13A) 의 전체 표면이 투영 광학 시스템 (PL) 의 초점심도내에 설정되므로, 포커싱 및 레벨링 동작은 종결된다. 그다음, 상기 레티클 (7)의 패턴 이미지는 쇼트 영역 (13A) 으로 전사되고, 포커싱 및 레벨링 동작이 수행된 후 레티클 (7) 의 패턴 이미지 또한 쇼트 영역 (13B, 13C, ...) 으로 전사된다.

상술한 바와 같이 본 실시예에서, 지점 (16A 내지 16C) 의 제어 편차는 AF 센서 (25A1 내지 25An) 에 의하여 계측된 디포커스량으로부터 직접 계산되므로, 상기 계산 시간은 단축된다. 따라서, 스캐닝 노광 시스템과 같이 높은 응답 속도가 요구되는 경우에도, XY 스테이지 장치 (17) 의 스캐닝에 추종하여 매우 높은 정확성으로 상기 포커싱 및 레벨링이 수행될 수 있다. 또한 가중 계수 (W_i) 를 사용함으 로써, 웨이퍼 (12) 쇼트 영역의 소정의 부분 영역은 중점적

으로 투영 광학 시스템 (PL)의 이미지면내로 우수하게 조정될 수 있으므로, 레벨 단차, 기복 등과 같은 것이 웨이퍼 (12) 의 노광면상에 발생될지라도, 레티클의 패턴 이미지는 높은 해상도로 쇼트 영역의 전체 표면상에 노광될 수 있다. 상술한 실시예에서, n 개의 AF 센서가 다중점 AF 센서를 구성하기 위하여 결합되었지만, 예를 들면 본 출원인의 미국 특허 출원 제 003,451 호 (1993 년 1월 12 일) 에 기재된 다중점 AF 센서로 구성될 수 있고, 여기에서 슬릿판은 광전달 시스템에 배치된 다수의 개구와 웨이퍼상에 투영되는 다수의 슬릿 패턴 이미지를 가지며, 웨이퍼로부터 반사된 광은 집속되어 다수의 슬릿 패턴 이미지를 재결상하고 상기 패턴 이미지는 서로 독립적으로 광전 검출된다. 또한 상기 실시예는 투영 광학 시스템을 가진 노광 장치에 적용되는 본 발명중의 하나이지만, 본 발명의 스테이지 장치는 투영 광학 시스템을 사용하지 않는 프록시미티형의 노광 장치의 높이 조정 및 레벨링용 스테이지로서 또한 적용될 수 있다. 그래서, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 구조를 가질 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
기판의 경사를 조정하기 위한 장치에 있어서,
상기 기판을 유지하기 위한 테이블과,
상기 테이블을 지지하고 소정면내에서 2차원 이동가능한 스테이지와,
상기 소정면에 수직인 방향으로 상기 테이블을 지지하는 3개의 각 지점을 변위하기 위한 구동부재와,
상기 소정면에서의 테이블의 위치를 검출하기 위한 제 1 검출기와,
상기 기판상의 3개 이상의 계측점 각각에서, 상기 기판의 표면과 소정의 기준면의, 상기 소정면에 수직인 방향의 편차를 검출하기 위한 제 2 검출기와,
상기 제 1 및 제 2 검출기에 의한 검출결과를 기초로 하여, 상기 3개의 각 지점에서 상기 소정면과 수직인 방향의 잔류편차를 계산하기 위한 계산기, 및
상기 계산된 잔류편차, 상기 잔류편차의 적분값, 및 상기 잔류편차의 미분값을 기초로 하여, 상기 3개의 지점의 변위량을 제어하기 위한 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 경사 조정 장치.

청구항 2.
제 1 항에 있어서,
상기 테이블은 서로에 대하여 직각인 2개의 반사면을 가진 거울을 포함하고, 상기 제 1 검출기는 상기 2개의 반사면상에 광범을 투영하기 위한 광파 간섭계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 경사 조정 장치.

청구항 3.
제 1 항에 있어서,
상기 제 2 검출기는 기판상의 다수의 각 계측점에 광빔을 인가하고 상기 기판에 의해 반사된 광을 수용하며 상기 편차에 순응하는 광전신호를 출력하는 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 경사 조정 장치.

청구항 4.
제 1 항에 있어서,
상기 제어기는 제 2 검출기에 의해 계측된 기판상의 3개 이상의 각 계측점에서의 편차에 가중을 행하고, 상기 계산기는 상기 가중된 편차를 사용하여 3개의 각 지점의 잔류편차를 계산하는 것을 특징으로 하는 기판 경사 조정 장치.

청구항 5.
제 1 항에 있어서,
상기 테이블은 그 위에 감광기판을 유지하고,
상기 장치는 감광기판의 마스크상에 패턴 이미지를 투영하기 위한 투영광학 시스템을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 경사 조정 장치.

청구항 6.
제 5 항에 있어서,
상기 제 2 검출기는, 상기 감광기판상에 광빔을 인가하고 상기 기판으로부터 반사된 광을 수용함으로써, 상기 투영광학시스템의 이미지면과 상기 감광기판의 표면 사이에서 투영광학시스템의 광축 방향으로의 편차를 검출하는 센서를 포함하고, 상기 제어기는, 3개의 각 지점의 변위량을 제어함으로써 투영광학시스템의 이미지면과 감광기판의 표면이 서로 일치하도록 하는 것을 특징으로 하는 기판 경사 조정장치.

청구항 7.
물체의 경사를 조정하기 위한 장치에 있어서,
상기 물체를 유지하기 위한 테이블과,
상기 테이블을 지지하고 소정면내에서 2차원 이동가능한 스테이지와,
상기 소정면내에서의 테이블의 위치를 검출하기 위한 제 1 검출기와,
상기 물체상의 3개 이상의 계측점 각각에서, 상기 물체의 표면과 소정의 기준면의, 상기 소정면과 수직인 방향의 편차를 검출하는 제 2 검출기와,
상기 제 1 및 제 2 검출기에 의한 검출결과를 기초로 하여, 상기 테이블을 지지하는 3개의 각 지점에서의 상기 소정면과 수직인 방향의 잔류 편차를 계산하기 위한 계산기와,

상기 계산된 잔류편차, 상기 잔류편차의 적분값, 및 상기 잔류편차의 미분값을 기초로 하여, 상기 3개의 각 지점을 상기 소정면에 수직인 방향으로 변위시키기 위한 구동장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 물체 경사 조정 장치.

청구항 8.

물체의 경사를 조정하기 위한 장치에 있어서,
상기 물체를 유지하기 위한 테이블과,
상기 테이블을 지지하고 소정면내에서 2차원 이동가능한 스테이지와,
상기 소정면에서의 테이블의 위치를 검출하기 위한 제 1 검출기와,
상기 물체상의 3개 이상의 계측점 각각에서, 상기 물체의 표면과 소정의 기준면의, 상기 소정면에 수직인 방향으로 편차를 검출하기 위한 제 2 검출기와,
상기 제 1 및 제 2 검출기에 의한 검출결과로부터 결정된 3개의 각 지점에서의 상기 소정면과 수직인 방향의 잔류편차, 상기 잔류편차의 적분값, 및 상기 잔류 편차의 미분값을 기초로 하여, 상기 소정면에 수직인 방향으로 테이블을 지지하는 3개의 각 지점을 변위시키기 위한 구동장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 물체 경사 조정 장치.

청구항 9.

기판의 면위치를 조정하는 장치에 있어서,
상기 기판을 유지함과 동시에, 상기 기판의 면위치를 조정할 수 있는 유지부재와,
소정의 기준면에 대한 상기 기판의 면위치 정보를 검출하는 검출기와,
상기 검출기로부터의 검출신호에 기초하여, 상기 유지부재를 PID 제어함으로써, 상기 기판의 면위치를 조정하는 제어계를 포함하는 것을 특징으로 하는 면위치 조정 장치.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,
상기 면위치 조정 장치는, 상기 기판을 노광하는 노광장치에 설치되어 있고, 상기 제어계는 상기 기판의 노광중에 상기 기판의 면위치를 조정하는 것을 특징으 로 하는 면위치 조정 장치.

청구항 11.

마스크의 패턴을 기판상에 투영함으로써 상기 기판을 노광하는 노광장치로서, 제 9 항에 기재된 면위치 조정장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 12.

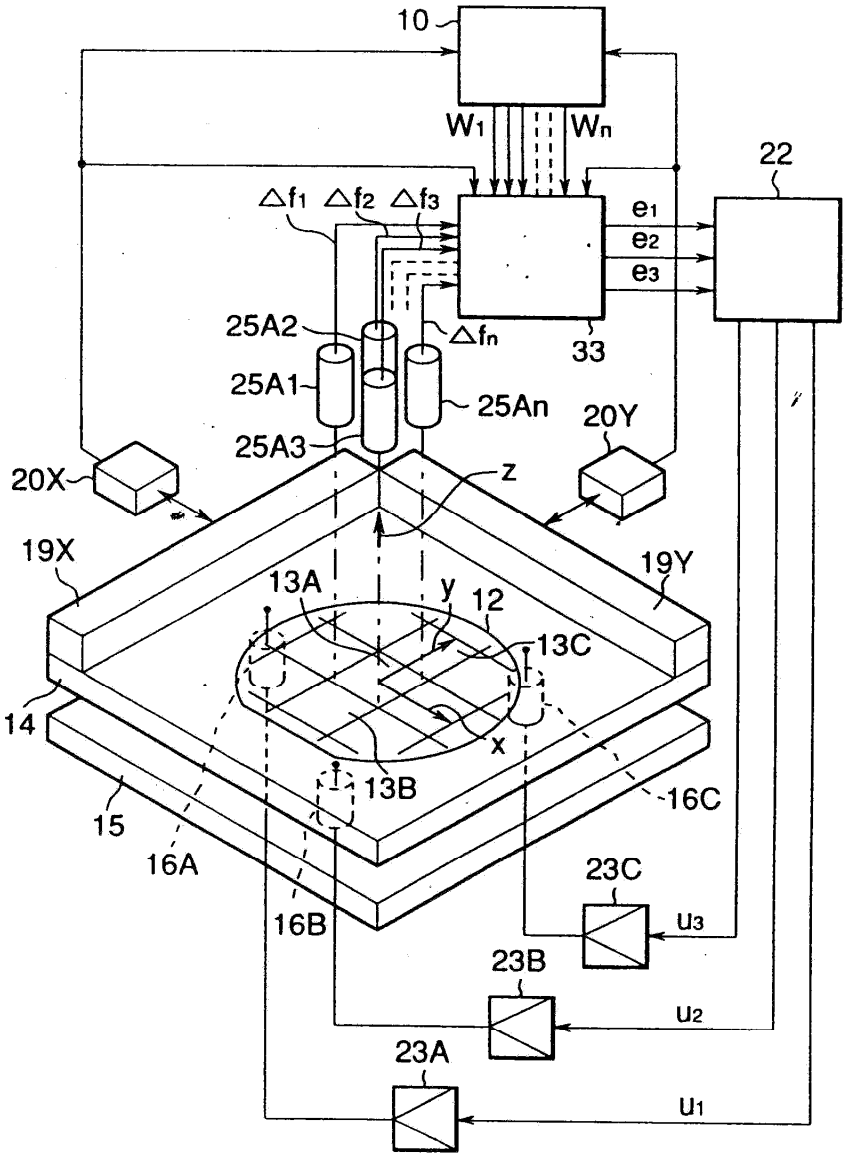
제 11 항에 있어서,
상기 노광장치는 상기 기판을 주사노광하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 13.

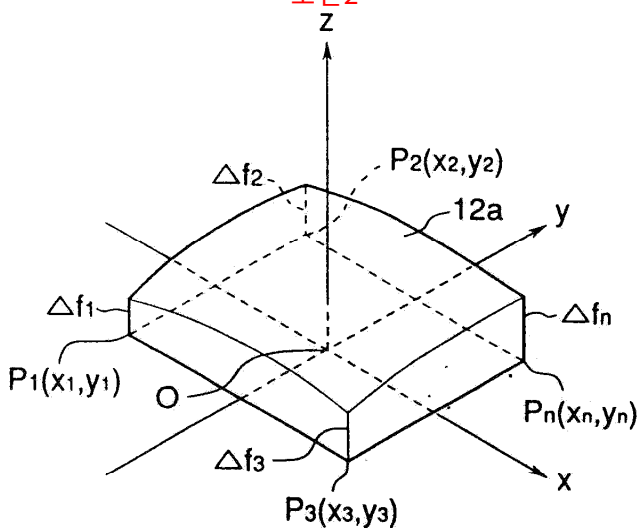
제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재된 장치를 이용하여 제조된 것을 특징으로 하는 디바이스.

도면

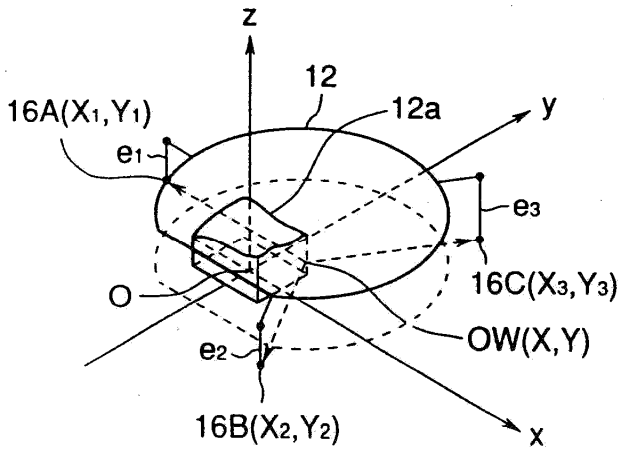
도면1


10
W1
Wn
22
△f1 △f2 △f3
e1
e2
e3
25A2
△fn
33
25A1
25An
20Y
25A3
20X
z
19X
19Y
13A
y
12
13C
14
x
13B
16C
15
16A
16B
23C
u3
23B
u2
23A
u1

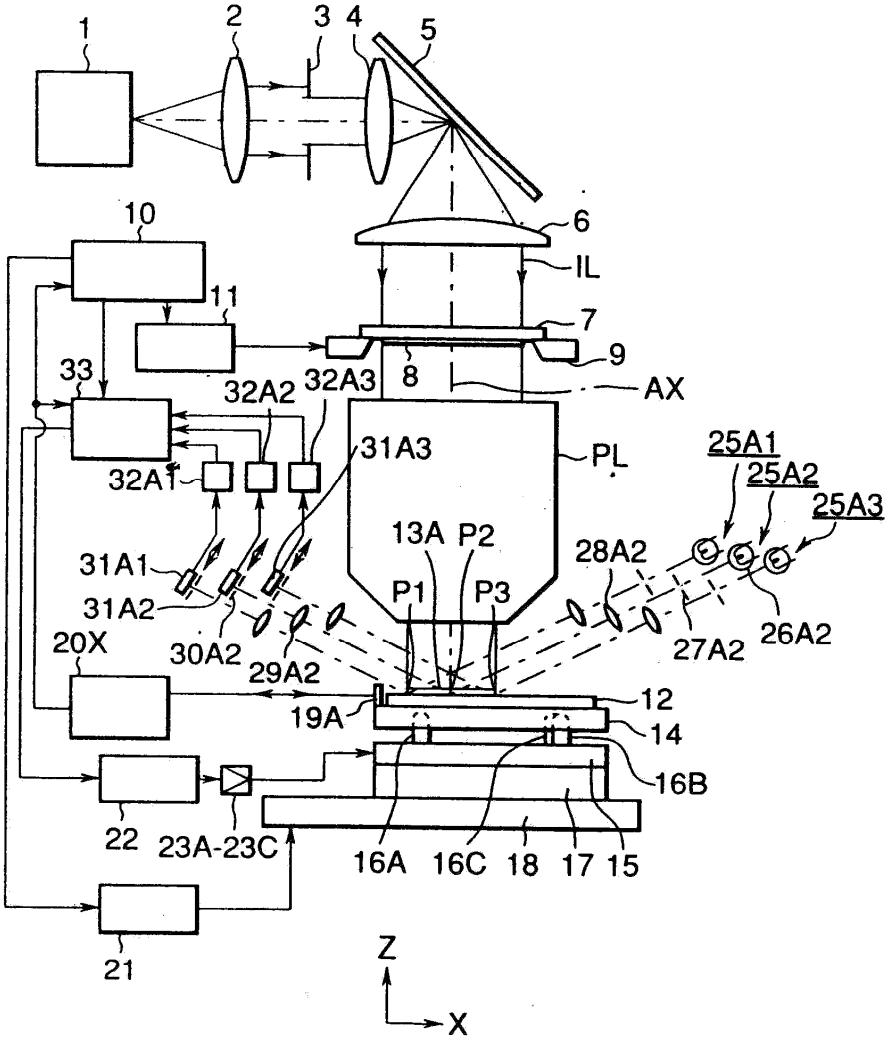
도면2


z
△f2
P2(x2,y2)
12a
y
△f1
△fn
P1(x1,y1)
O
Pn(xn,yn)
△f3
x
P3(x3,y3)

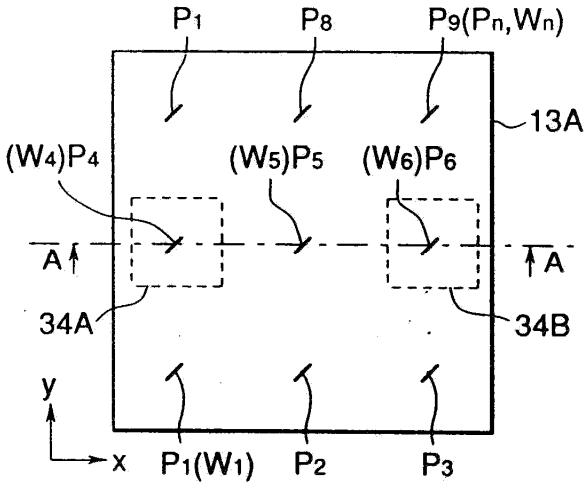
도면3


z
12
16A(X1,Y1)
12a
y
e1
e3
16C(X3,Y3)
O
OW(X,Y)
e2
16B(X2,Y2)
x

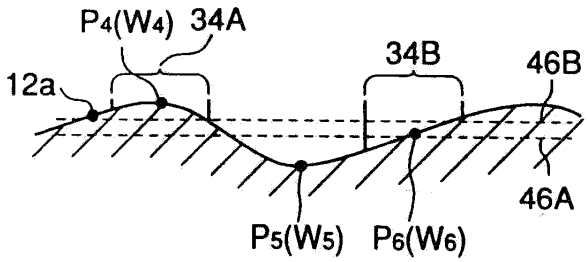
도면4


1
2
3
4
5
10
6
IL
11
7
9
33
32A2
32A3
8
AX
31A3
PL
25A1
25A2
25A3
32A1
13A
P2
28A2
31A1
P1
P3
31A2
20X
30A2
29A2
27A2
26A2
12
19A
14
16B
22
23A-23C
16A
16C
18
17
15
21
Z
X

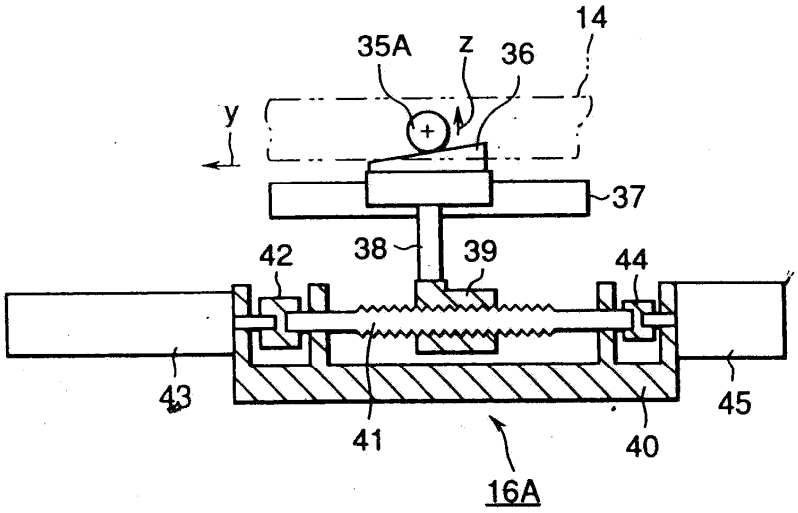
도면5


P1
P8
P9(Pn,Wn)
13A
(W4)P4
(W5)P5
(W6)P6
A
A
34A
34B
y
x
P1(W1)
P2
P3

도면6


P4(W4)
34A
34B
46B
12a
46A
P5(W5)
P6(W6)

도면7


14
35A
z
36
y
37
42
38
39
44
43
45
41
40
16A