



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년05월21일
(11) 등록번호 10-0898441
(24) 등록일자 2009년05월12일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0078871

(22) 출원일자 2007년08월07일

심사청구일자 2007년08월07일

(65) 공개번호 10-2008-0013772

(43) 공개일자 2008년02월13일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00216261 2006년08월08일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP15084189 A

JP15086498 A

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자

히라이 신이치로

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

모리 테츠야

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

전체 청구항 수 : 총 9 항

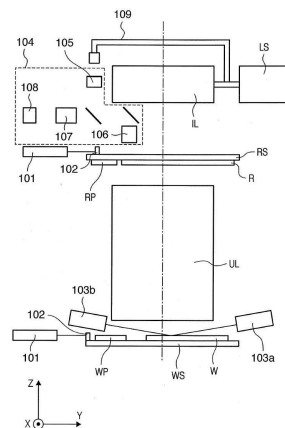
심사관 : 설관식

(54) 노광장치 및 디바이스의 제조방법

(57) 요약

본 발명에는 노광장치가 개시되어 있다. 상기 노광장치는 촬상소자, 계측광을 상기 투영광학계에 경사 입사시키고, 또한 상기 투영광학계로부터 돌아오는 계측광을 상기 촬상소자까지 안내하도록 구성된 계측 광학계, 및 상기 촬상소자로부터의 출력에 의거하여 기관의 면위치정보를 산출하도록 구성된 제어부를 구비하고 있다. 상기 제어부는 마크를 통과한 계측광에 의해 형성된, 원판스테이지 위에 배치된 마크의 화상과, 상기 마크에 의해 반사된 계측광에 의해 형성된 마크의 화상 사이의 간격에 의거하여 기관의 면위치정보를 산출한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

미우라 세이야

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2
고 캐논가부시끼가이샤나이

오사키 요시노리

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2
고 캐논가부시끼가이샤나이

특허청구의 범위

청구항 1

원판스테이지, 상기 원판스테이지에 의해 유지되는 원판을 조명하는 조명광학계, 기관스테이지, 및 상기 원판의 패턴을 상기 기관스테이지에 의해 유지되는 기관 위에 투영하는 투영광학계를 구비한 노광장치로서,

활상소자;

계측광을 상기 투영광학계에 경사 입사시키고, 또한 상기 투영광학계로부터 돌아오는 계측광을 상기 활상소자에 안내하는 계측광학계; 및

상기 활상소자로부터의 출력에 의거하여 상기 기관의 면위치 정보를 산출하도록 구성된 제어부

를 구비하고,

상기 활상소자는,

(i) 상기 계측광학계로부터 출사하고, 상기 원판스테이지에 배치된 마크에 경사 입사하여, 상기 마크 및 상기 투영광학계를 통과하고, 상기 기관스테이지에 의해 유지된 상기 기관 위에 입사하여, 상기 기관에 의해 반사되고, 상기 투영광학계를 통과하여, 상기 계측광학계로 다시 돌아오는 계측광에 의해 형성되는 상기 마크의 상, 및

(ii) 상기 계측광학계로부터 출사하고, 상기 원판스테이지에 의해 유지된 상기 마크에 경사 입사하여, 상기 마크에 의해 반사되고, 상기 계측광학계로 다시 돌아오는 계측광에 의해 형성되는 상기 마크의 상을 활상하고,

상기 제어부는 상기 마크를 통과한 계측광에 의해 형성되는 마크의 상과 상기 마크에 의해 반사된 계측광에 의해 형성되는 마크의 상 사이의 간격에 의거하여 상기 기관의 면위치정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 계측광학계는 상기 계측광학계의 광축으로부터 어긋난 위치에 개구부를 가진 개구조리개를 포함하고, 상기 개구조리개에 의해 상기 투영광학계에 경사 입사하는 계측광이 규정되는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 기관은 상기 투영광학계의 초점면으로부터 어긋난 위치에 있고,

상기 마크를 통과한 계측광은, 상기 투영광학계로부터 상기 계측광학계로 돌아오는 동안에, 상기 마크의 부근을 통과하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 마크에 대한 상기 기관의 면위치의 변화를 상기 면위치정보로서 산출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 기관스테이지를 이동시키면서 상기 활상소자로부터의 출력에 의거하여 상기 기관의 면위치정보를 산출함으로써 상기 기관의 면형상을 계측하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 투영광학계의 제1 위치에 계측광을 입사시킨 상태에서 상기 기관의 면형상을 계측하고, 상기 투영광학계의 제2 위치에 계측광을 입사시킨 상태에서 상기 기관의 면형상을 계측하여, 상기 2개의 계측결과에 의거하여 상기 투영광학계의 광축방향에 있어서의 상기 기관스테이지의 구동오차를 계측하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 계측광학계 및 상기 촬상소자를 각각 포함하는 제1 TTR(Through The Reticle)검출기 및 제2 TTR 검출기를 부가하여 구비하고,

상기 제1 TTR검출기에 의해 상기 제1 위치에 계측광을 입사시킨 상태에서 상기 기관의 면형상을 계측하고, 상기 제2 TTR검출기에 의해 상기 제2 위치에 계측광을 입사시킨 상태에서 상기 기관의 면형상을 계측하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 투영광학계 없이 상기 기관에 계측광을 입사시켜 안내하고 상기 기관에 의해 반사되는 광을 수광함으로써 상기 기관의 면위치 정보를 검출하는 면위치검출기를 부가하여 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 9

제1 항에 기재된 노광장치를 사용하여 기관을 노광하는 스텝; 및

상기 기관을 현상하는 스텝

을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은, 반도체 디바이스 등의 디바이스의 제조에 적합한 노광장치 및 이것을 사용한 디바이스의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 반도체 디바이스의 제조를 위해서 사용되는 노광장치는 원판의 패턴을 감광제가 도포된 기관 상에 투영광학계를 개재하여 투영하여 상기 감광제를 노광한다. 노광장치로서는 스텝 앤드 리피트 방식의 노광장치나 스텝 앤드 스캔 방식의 노광장치가 있다.

<3> 도 1은 노광장치의 개략 구성을 나타내는 도면이다. 이하에서는 도 1에 도시된 X-Y-Z 직교좌표계에 의거하여 설명한다. 노광장치에서는 원판(레티클)(R)과 기관(웨이퍼)(W)이 투영광학계(UL)를 개재하여 광학적으로 대략 공역인 위치에 배치되어 있다. 조명광학계(IL)에 의해 원판(R) 전체 중 원호형상의 영역 또는 X방향으로 긴 슬릿형상의 영역이 조명된다. 투영광학계(UL)의 광축(Z축)에 대하여 수직방향, 즉 Y방향으로 원판스테이지(RS) 및 기관스테이지(WS)를 투영광학계(UL)의 광학배율에 대응한 속도비로 구동한다. 광원(LS)에 의해 방출되는 노광광에 의해, 원판(R)의 패턴이 기관(W) 상에 전사된다.

<4> 원판스테이지(RS)의 위치를 계측하는 레이저간섭계(101)와 원판스테이지(RS)를 구동하는 액츄에이터를 포함하는 제어계에 의해, Y방향의 원판스테이지(RS)의 위치가 제어된다. 원판스테이지(RS)에는 원판(R) 이외에도 원판 기준플레이트(RP)가 배치되어 있다. 원판 기준플레이트(RP)의 패턴면의 높이는 원판(R)의 패턴면의 높이와 대략 일치한다. 원판 기준플레이트(RP)의 패턴면에는 Cr 등의 금속으로 이루어진 복수의 위치 계측용 마크가 형성되어 있다. 원판스테이지(RS)는 Z방향의 위치를 투영광학계(UL)에 대해서 일정하게 유지된 상태에서 구동된다. 원판스테이지(RS)에는 레이저간섭계(101)로부터 출사된 광빔을 반사하는 이동미러(102)가 고정되어 있다. 레이저간섭계(101)에 의해 원판스테이지(RS)의 위치 및 이동량이 계속적으로 계측된다. 원판스테이지(RS)는 Y방향뿐만

아니라, X방향 및 Z방향으로도 구동가능한 것이어도 된다. 이 경우에, 원판스테이지(RS)는 레이저 간섭계와 액츄에이터를 포함하는 제어계에 의해 X방향 및 Z방향의 위치가 제어된다.

- <5> 기판스테이지(WS) 상에는 기판 기준플레이트(WP)가 배치되어 있다. 기판기준플레이트(WP)의 패턴면의 높이는 기판(W)의 표면의 높이와 대략 일치한다. 기판 기준플레이트(WP)의 패턴면에 Cr 등의 금속으로 구성된 복수의 위치 측정용 마크가 형성되어 있다. 제어계에 의해 기판스테이지(WS)가 Z방향 및 XY평면 내를 이동하도록 제어하고, 또한 θX 축, θY 축 및 θZ 축을 중심으로 미세한 회전이 가능하도록 제어한다. 원판스테이지(RS)와 마찬가지로, 기판스테이지(WS)에 레이저간섭계(101)로부터의 광빔을 반사하는 이동미러(102)가 고정되어 있다. 레이저간섭계(101)에 의해 기판스테이지(WS)의 X, Y 및 Z 방향에 있어서의 위치 및 그 이동량이 순차적으로 측정된다.
- <6> 다음에, 면위치검출기에 관해서 설명한다. 노광장치는 기판(W)상의 면위치를 검출하기 위해서 경사입사 방식의 면위치검출기(103)를 구비하고 있다. 면위치검출기(103)는 조명부(103a) 및 검출부(103b)를 포함한다. 조명부(103a)는 투영광학계(UL)에 의해 원판(R)의 패턴이 전사되는 기판(W)의 표면에 대해서 경사조명하는 복수의 광빔을 조사한다. 검출부(103b)는 기판(W)의 표면에 의해 반사된 복수의 광빔을 검출한다. 면위치검출기(103)의 검출부(103b)에는 복수의 광빔에 일대일 대응하여 복수의 수광소자가 배치되어 있다. 각 수광소자의 수광면은 기판(W)의 표면 상의 대응하는 광빔의 반사점과 대략 공역이 되도록 설정되어 있다. 면위치검출기(103)는 기판(W)의 Z방향의 위치 어긋남을 검출부(103b)의 수광소자에 인가되는 광빔의 위치 어긋남으로서 감지한다.
- <7> 기판스테이지(WS)를 수평방향으로 구동시킴으로써 면위치검출기(103)에 의해 면위치검출기(103)의 측정원점으로부터의 기판(W)(또는, 기판기준플레이트(WP)) 표면의 위치 어긋남을 측정한다. 이 위치 어긋남은 기판(W)(또는 기판기준플레이트(WP))의 "언듈레이션(undulation)" 또는 "휨(warp)" 등에 기인한다.
- <8> 이상적으로는, 투영광학계(UL)의 초점면과 면위치검출기(103)의 측정원점이 일치한다. 노광시에는 면위치검출기(103)의 측정원점으로부터의 기판(W)의 표면의 위치 어긋남, 즉 투영광학계(UL)의 초점면으로부터의 기판(W)의 표면의 위치 어긋남을 보정하기 위해서 기판스테이지(WS)를 Z방향으로 구동한다. 이 보정구동에 의해, 투영광학계(UL)의 초점면(FP)에 기판(W)의 표면을 맞춘 상태로 노광을 실시할 수 있다.
- <9> 그러나, 투영광학계(UL)가 노광광에 의해 발생하는 열을 흡수하거나 주위의 환경이 변동하거나 하면, 경사입사의 면위치검출기(103)의 측정원점과 투영광학계(UL)의 초점면 사이에 위치어긋남이 발생한다. 이 문제를 해결하기 위하여, 투영광학계(UL)를 개재하여 해당 위치어긋남을 측정하여 보정할 필요가 있다. 이 보정은 포커스 캘리브레이션으로 불린다. 포커스 캘리브레이션에는 화상검출방식의 TTR(Through The Reticle) 검출기가 이용될 수 있다.
- <10> TTR 검출기(104)는 확대광학계이다. 하나의 노광장치에는 하나 또는 복수의 TTR 검출기(104)가 탑재될 수 있다.
- <11> TTR 검출기(104)는 조명부(105), 대물렌즈(106), 릴레이렌즈(107), 촬상소자(108) 및 도광광학계(109)를 포함할 수 있다. 도광광학계(109)는 조명부(105)에 노광광을 도광한다. TTR 검출기(104)의 광원으로서의 반드시 노광광일 필요는 없고, 비노광광을 이용하여도 된다. TTR 검출기(104)는 원판측 기준마크(RM) 및 기판측 기준마크(WM)를 촬상하는 것이 가능하고, 이들 기준마크의 상호위치의 검출을 행하는 위치검출수단으로서의 기능도 한다. 이들 상호위치의 검출은 원판스테이지(RS)의 구동방향과 기판스테이지(WS)의 구동방향 간의 어긋남의 산출(X-Y캘리브레이션)에 사용된다. TTR 검출기(104)는 X 및 Y방향으로 이동가능해서, 투영광학계(UL)의 각 상 높이에 있어서 기준마크의 검출이 가능하다.
- <12> 기판스테이지(WS)는 Z방향에 대해서는 매우 고정밀도로 가공된 기판스테이지 정반 위를, 예를 들면, 에어베어링 등에 의해 비접촉 방식으로 지지를 받은 상태로 이동한다. 기판(W)의 대형화에 따라서 기판스테이지(WS)의 구동영역이 넓어진다. 전사해야 할 패턴의 미세화에 따라서 초점심도가 얇아진다. 이 때문에, 기판스테이지(WS)의 구동영역의 전체에 대해 충분히 큰 포커스 심도를 만족시키도록 기판스테이지 정반을 고정밀도로 가공을 하는 것은 매우 곤란하게 된다.
- <13> 기판스테이지(WS)의 구동에 의한 하중변동에 의해서도 기판스테이지 정반이 변형된다. 기판스테이지(WS)의 위치를 제어하기 위해서 레이저간섭계(101)가 참조하는 이동미러(102)의 반사면을 완전한 평면으로 가공하는 것도 곤란하다. 따라서, 노광장치에 탑재되어 있는 많은 이동미러(102)는 반사면이 요철을 가진다. 장기적인 관점으로부터, 이동미러(102)의 반사면의 형상은 노광장치 내의 환경변화, 또는 이동미러(102)의 유지상태에 의해서도 변화한다. 이러한 이유때문에, 기판스테이지(WS)를 수평방향으로 구동한 경우에도, 기판스테이지(WS)가 Z방향으로 어긋난다. 이에 의해 기판(W)의 표면이 Z방향으로 어긋난다.
- <14> 예를 들면, 면위치검출기(103)에 의해 기판(W)의 표면위치(Z_p)를 검출해서 노광시 기판스테이지(WS)를 Z_p 만큼

보정하여 구동한다고 상정한다. 이 경우에도, 기관스테이지(WS)의 위치어긋남에 의한 위치어긋남(Zd)에 의해 Zd만큼 기관(W)의 면위치가 투영광학계(UL)의 최적의 초점위치(FP)로부터 어긋난다. 이 문제를 방지하기 위해, 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 미리 예측하여 기관스테이지(WS)의 구동시에 이 위치어긋남을 보정함으로써 초점오차를 저감시킬 필요가 있다.

<15> 이러한 문제를 해결하기 위해, 종래의 노광장치는 기관스테이지(WS)의 구동 방향에 대해서 면위치검출기(103)의 검출영역을 2개소 배치함으로써 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 예측한다. 도 2를 참조하면서, 이 예측방법에 대해 설명한다. 면위치검출기(103)는 기관스테이지(WS)의 구동방향에 따라 2개의 검출 영역에 있어서의 기관(W)의 면위치를 각각 예측하는 제1 및 제2 검출기를 포함한다. 2개의 검출영역의 간격을 L_y 로 한다. 제1 및 제2 검출기는 각각 제1 및 제2 광빔(103-1) 및 (103-2)을 사용한다.

<16> 통상, 기관(W)은 표면에 요철을 가진다. 기관(W)이 $Y = y_0$ 의 위치에 있을 때에, 제1 검출기로 제1 광빔(103-1)에 의해 기관(W)의 A점의 면위치를 예측한다. 이 예측치를 $Z_p(y_0)$ 으로 정의한다. 기관스테이지(WS)를 Y방향으로 L_y 만큼 구동하고, 그 좌표가 $Y = y_0$ 로부터 $Y = y_1$ 이 되었다고 상정한다. 제2 검출기로 제2 광빔(103-2)에 의해 기관(W)의 A점의 면위치를 예측한다. 이 예측치를 $Z_p(y_1)$ 으로 정의한다. 제1 광빔(103-1)을 사용하는 제1 검출기와 제2 광빔(103-2)을 사용하는 제2 검출기는 동일한 위치점(A)을 예측한다. 이 때문에, 이들 예측치는 기관(W)의 표면의 요철에 관계없이 동일한 예측치가 되어야한다. 그러나, 기관스테이지(WS)를 구동할 때에, 기관(W)의 표면이 포커스 방향(Z방향)으로 Zd만큼 어긋났다고 가정하면, 검출된 예측치 $Z_p(y_1)$ 는 상기 예측치 $Z_p(y_0)$ 에 대해서 Zd만큼 어긋난다. 즉,

<17>
$$Z_p(y_1) = Z_p(y_0) + Z_d$$

<18> 의 식으로 된다. 여기서, $Z_p(y_0)$, $Z_p(y_1)$ 는, 제1 검출기 및 제2 검출기에 의해 얻어진 수 있는 예측치이다. 상기 관계식으로부터 위치 어긋남 Z_d 를 산출할 수 있다.

<19> 이상의 원리에 따라, 기관스테이지(WS)를 구동하면서 기관(W)의 전체면에 걸쳐서 제1 및 제2 검출기에 의해 기관(W)의 면위치를 검출한다, 이에 의해, 기관스테이지(WS)의 가동범위의 전체영역에 있어서 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 예측할 수 있다.

<20> 이와 같이 얻어진 예측 데이터는 기관스테이지(WS)의 좌표와 연관시켜서, 보정 테이블로서 메모리에 기억될 수 있다. 노광시에는, 상기 메모리 내에 기억된 보정 테이블을 사용하여 기관스테이지(WS)를 보정하고 구동한다. 이 보정구동에 의해 기관(W)의 표면을 투영광학계(UL)의 초점면(FP)에 정확하게 맞출 수 있다.

<21> 반도체 디바이스의 고집적화에 대처하기 위해서, 기관에 전사되는 패턴의 미세화, 즉, 고해상도화의 요구가 한층 높아지고 있다. 이러한 환경하에서, 노광과장의 단과장화에서는 한계에 이르고 있다. 오늘날에는 단과장화 이외에도, 투영광학계(UL)의 개구수(NA)를 종래의 0.6정도로부터 0.9 이상까지 증가시킴으로써 이 요구에 대응하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 게다가, 투영광학계(UL)와 기관(W) 사이의 공간의 적어도 일부를 굴절률이 1보다 큰 액체로 충전하여 개구수(NA)를 증가시켜서, 노광패턴의 미세화를 도모하는 액침형의 노광장치가 제안되어 있다.

<22> 액체노광장치에서는, 기관(W)과 투영광학계(UL)의 투영단측(상면측)을 구성하는 광학요소 사이의 공간에, 레지스트층의 굴절률에 가까운 굴절률을 가지는 액체가 충전된다. 이에 의해, 기관(W)측에서 본 투영광학계(UL)의 유효 NA가 증가하여, 해상도를 향상시킬 수 있다. 액침투영방법은 사용하는 액체를 최적으로 선택함으로써 양호한 결상성능을 획득할 수 있다고 기대되고 있다.

<23> 고NA형의 노광장치에서는, 투영광학계(UL)의 가장 기관(W)에 근접한 렌즈(최종렌즈)의 대형화를 억제하기 위해서, 투영광학계(UL)의 최종렌즈와 기관(W)을 서로 인접하여 배치할 필요가 있다. 액침노광장치는 투영광학계(UL)와 기관(W) 사이의 액체를 안정적으로 유지한다고 하는 관점으로부터, 투영광학계(UL)의 최종렌즈와 기관(W)을 서로 인접하여 배치할 필요가 있다. 이러한 구성에서는, 기관(W) 상의 노광영역과 면위치검출기(103)의 예측영역이 일치하도록 면위치검출기(103)를 투영광학계(UL)의 주변에 배치할 수 없다.

<24> 면위치검출기(103)의 검출광을 기관(W)의 면에 입사시키는 각도를 크게 하는 것이나 또는 검출광의 NA를 작게 하는 것 등의 광학 설계상의 개선이 대책이 될 수 있다. 그러나, 이 대책은 면위치검출기(103)의 소형화나 광량 부족이 검출 정밀도의 현저한 악화를 초래한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <25> 이러한 문제를 해결하기 위해서, 필요 정밀도를 유지 가능한 위치, 즉 투영광학계(UL)로부터 떨어진 위치에 먼 위치검출기(103)를 배치하여 기관(W) 상의 노광 영역과는 다른 위치를 먼위치검출기(103)의 계측영역으로 설정하는 것도 대책이 될 수 있다. 그러나, 이 방법에 의해 기관스테이지의 위치 어긋남의 보정 테이블을 작성한 경우에도, 보정 테이블 작성시에 레이저 간섭계가 참조하는 이동미러(102)의 위치는 노광시에 기관스테이지의 제어에 있어서 레이저 간섭계가 참조하는 이동미러(102)의 위치와 다르게 된다. 더욱이, 기관스테이지 정반상에 있어서의 기관스테이지(WS)의 위치도 보정테이블 작성시와 노광시는 다르게 된다. 이에 의해, 먼위치검출기(103)의 계측영역이 노광 영역에 존재하지 않는 상태에서 얻어진 보정 테이블에 의거하여 기관스테이지(WS)를 보정하여 구동하여도, 기관(W)을 투영광학계(UL)의 초점면(FP)에 정확하게 맞출 수 없다.
- <26> 본 발명은 상기의 과제를 고려하여 이루어진 것으로, 예를 들면 높은 NA의 노광장치 또는 액침노광장치 등에 적합한 먼위치 계측수단을 가지는 노광장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <27> 본 발명에 의하면, 원판스테이지, 상기 원판스테이지에 의해 유지되는 원판을 조명하는 조명광학계, 기관스테이지, 및 상기 원판의 패턴을 상기 기관스테이지위의 기관 위에 기관에 투영하는 투영광학계를 구비한 노광장치를 제공한다. 상기 장치는 촬상소자, 계측광을 상기 투영광학계에 경사 입사시키고, 또한 상기 투영광학계로부터 돌아오는 계측광을 상기 촬상소자에 안내하는 계측광학계, 및 상기 촬상소자로부터의 출력에 의거하여 상기 기관의 먼위치정보를 산출하도록 구성된 제어부를 구비하고 있다. 상기 촬상소자는, (i) 상기 계측광학계로부터 출사하고, 상기 원판스테이지에 배치된 마크에 경사 입사하여, 상기 마크 및 상기 투영광학계를 통과하고, 상기 기관스테이지 위의 기관 위에 입사하여, 상기 기관에 의해 반사되고, 상기 투영광학계를 통과하여, 상기 계측광학계로 다시 돌아오는 계측광에 의해 형성되는 상기 마크의 상, 및 (ii) 상기 계측광학계로부터 출사하고, 상기 원판스테이지에 배치된 상기 마크 위에 경사 입사하여, 상기 마크에 의해 반사되어, 상기 계측광학계로 다시 돌아오는 계측광에 의해 형성되는 상기 마크의 상을 촬상한다. 상기 제어부는 상기 마크를 통과한 계측광에 의해 형성되는 마크의 상과 상기 마크에 의해 반사된 계측광에 의해 형성되는 마크의 상 간의 간격에 의거하여, 상기 기관의 먼위치정보를 산출한다.

효 과

- <28> 본 발명에 의하면, 예를 들면, 높은 NA를 가지는 노광장치 또는 액침노광장치 등에 매우 적합한 먼위치 계측수단을 가지는 노광장치를 제공할 수 있다.
- <29> 본 발명의 다른 특징은 첨부된 도면을 참조한 다음의 전형적인 실시형태의 설명으로부터 명백해질 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <30> 이하, 첨부도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시형태를 설명한다.
- <31> [제1 실시형태]
- <32> 도 3은 본 발명의 제1 실시형태의 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면이다. 도 3에 도시된 노광장치는 투영광학계(UL)와 기관(웨이퍼)(W) 사이의 공간에 액체를 충전하지 않고 기관을 노광하는 노광장치와, 투영광학계(UL)와 기관(W) 사이의 공간에 액체를 충전하여 기관(W)을 노광하는 노광장치 양쪽 모두에 적용 가능하다. 제1 실시형태에서는, 적용예로서 주사형 노광장치에 대해 설명한다. 주사형 노광장치는 반도체 디바이스의 회로패턴이 형성된 원판(레티클)(R)을 사용하여, 스텝 앤드 리피트 방식에 의해 회로패턴을 기관(W) 위에 전사한다.
- <33> 노광장치는 원판스테이지(RS), 원판스테이지(RS)에 의해 유지되는 원판(R)을 조명하는 조명광학계(IL), 기관스테이지(WS), 및 원판(R)의 패턴을 기관스테이지(WS) 상의 기관(W) 위에 투영하는 투영광학계(UL)를 구비한다.
- <34> 이하의 설명에서는 도 3에 도시된 X-Y-Z 직교좌표계에 의거한다. X-Y-Z 직교좌표계는 X방향 및 Y방향에 의해 규정되는 면이 기관(W)의 면에 평행하게 되고, Z방향이 기관(W)의 면에 직교하도록 결정되어 있다. 도 3에 있어서 도 1에서의 구성요소와 동일한 구성요소에는 도 1과 동일한 부호를 부여하고, 그 설명을 생략 또는 간략화한다.
- <35> 도 3에 도시된 노광장치는 광원(LS)을 구비하고 있다. 광원(LS)의 바람직한 예로서는 193nm의 파장의 광을 발생

하는 ArF 엑시머레이저이다. 그러나, 광원(LS)은, 예를 들면, 수은램프, KrF 엑시머 레이저(248nm) 또는 EUV광원을 채택할 수도 있다. 노광광원(LS)에 의해 사출된 광속은 조명광학계(IL)에 입사한다. 설정된 형상, 간섭성, 편광상태로 변화된 후에, 상기 광빔은 원판(R)을 조명한다. 투영광학계(UL)에 의해, 원판(R)의 하면에 형성된 미세한 회로패턴에 의해 회절된 광을 기관스테이지(WS) 상에 배치된 기관(W) 상에 결상한다.

<36> TTR 검출기(104)에 의한 기관의 면위치 검출에 대해 설명한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 제1 실시형태에 의한 노광장치는 하나의 TTR 검출기(104)만을 포함하고 있다. 기관은 노광 대상의 웨이퍼 등의 기관, 또는 계측용의 기관이어도 된다.

<37> TTR 검출기(104)에 의한 기관(W)의 면위치 검출을 하기 위해서는, 도 4에 예시하는 바와 같이 면위치 계측용마크(301)를 사용한다. 면위치 계측용 마크(301)는 원판기준 플레이트(RP) 상에 형성되어 있고, 투과부(301a)와 반사부(301b)를 포함한다. 투과부(301a)는 계측광을 투과한다. 반사부(301b)는, 예를 들면, Cr 등의 금속막으로 이루어지고, 계측광을 반사한다. 도 4에 도시된 예에서는, 면위치 계측용 마크(301)는 X방향으로 긴 변을 가진 복수의 라인형상의 반사부(301b)를 포함한다. 원판기준 플레이트(RP) 상에는, 면위치 계측용마크(301) 이외에도, 원판기준 마크(RM) 등이 형성될 수 있다. 원판 기준마크(RM)는 면위치 계측용의 기능을 가지고 있어도 된다. 면위치 계측용마크(301)는 특별히 도 4에 도시된 형태에 한정되지 않고, 예를 들면, 라인 형상의 투과부를 포함하고 있어도 된다.

<38> TTR 검출기(104)는 계측광학계(120)와 수광기로서 기능을 하는 촬상소자(108)를 포함한다. 계측광학계(120)는 계측광을 안내하여 투영광학계(UL)에 경사 입사시켜서, 투영광학계(UL)로부터 다시 돌아오는 계측광을 수광한다. 상기 계측광은 투영광학계(UL)에 경사입사하여, 투영광학계(UL)를 통과한다. 다음에, 기관스테이지(WS) 상의 기관(W)에 입사하고 기관(W)에 의해 반사되어, 투영광학계(UL)를 다시 통과한다. 촬상소자(108)는 이 계측광을 촬상면에서 수광한다.

<39> 계측광학계는, 예를 들면, 조명부(105), 대물렌즈(106), 릴레이렌즈(107) 및 도광광학계(109)를 포함할 수 있다. 도광광학계(109)는, 예를 들면, 광파이버, 렌즈 및 미러를 포함한다. 광원(LS)에 의해 출사되는 광을 도광광학계(109)에 의해 TTR 검출기(104)의 조명부(105)에 부분적으로 도광한다.

<40> 경사입사 개구조리개(401)는 조명부(105)에 의해 출사된 광을 제한하여 투영광학계(UL)에 경사입사시켜야 할 계측광을 규정한다. 경사입사 개구조리개(401)는 투영광학계(UL)의 개구조리개면, 즉 소위 동공면과 대략 공역인 위치에 배치되는 것이 바람직하다. 도 5는 경사입사 조리개(401)의 배치를 모식적으로 나타내는 도면이다. 경사입사 조리개(401)는, 도 5에 예시한 바와 같이, TTR 검출기(104)의 광축 상에는 개구부를 가지지 않지만, 광축으로부터 Y방향으로 어긋난 위치에 슬릿형상의 개구부(401a)를 가지고 있다. 이 때문에, 대물렌즈(106)를 통과한 계측광은 개구부(401a) 위치(ad)에 대응한 입사각도로 면위치 계측용 마크(301)에 경사입사 된다. 개구부(401a)의 형상은 광축으로부터 Y방향으로 어긋난 위치에 배치되어 있으면, 특별히 슬릿형상에 한정되지 않고, 원형, 또는 직사각형이어도 된다. 도 5에 도시된 점선은 개구조리개 위치에 있어서의 광빔 유효직경을 나타낸다.

<41> TTR 검출기(104)는, 도 3에 도시되어 있지는 않지만, 예를 들면, 원판 기준마크(RM) 및 기관 기준마크(WM)의 XY방향의 위치를 계측하기 위한 원형 개구조리개 등도 경사입사 개구조리개(401)와 동일한 위치에 배치될 수 있다. 상기 원형 개구조리개와 경사입사 조리개(401)를 전환함으로써 기관 기준마크(WM)의 XY평면 내에 있어서의 위치계측 기능과 기관(W)의 면위치계측 기능을 전환하는 것이 가능하다. 액츄에이터에 의해 경사입사 조리개(401)와 원형 조리개 간의 전환이 가능하다. 경사입사 조리개(401)와 원형 개구조리개는 동일 플레이트에 구성되어 있거나, 다른 플레이트에 구성되어 있어도 된다.

<42> 제어부(200)는 기관(W)의 면위치 검출을 실시하기 전에, 예를 들면, TTR 검출기(104)의 릴레이렌즈(107) 등을 이동시켜서 TTR 검출기(104) 내의 촬상소자(108)의 촬상면에 원판 기준플레이트(RP)의 패턴면을 합조시킨다. 이 동작을 이하 원판 포커스 캘리브레이션이라고 부른다. 원판 포커스 캘리브레이션은 원형 개구조리개를 사용하거나 경사입사 조리개(401)를 사용하여도 된다. 또, 원판 포커스캘리브레이션에는 원판 기준마크(RM)나 또는 면위치 계측용 마크(301)를 사용하여도 된다.

<43> 원판 포커스캘리브레이션 후, 제어부(200)는 계측광의 광로에 경사입사 조리개(401)를 이동시킨다. 다음에, TTR 검출기(104)를 개재하여 면위치 계측용 마크(301)를 관찰할 수 있도록 원판스테이지(RS) 및 TTR 검출기(104)를 이동시킨다.

<44> 도 6에 예시한 바와 같이, 제어부(200)는 기관(W)을 투영광학계(UL)의 초점면(FP)으로부터 어긋나게 하기 위해

서 기관스테이지(WS)를 Z방향으로 구동한다. 기관스테이지(WS)의 구동방향은 +Z방향 또는 -Z방향으로 되어도 된다. 기관스테이지(WS)를 구동하는 양은 수 μ m 내지 수십 μ m 정도이다. 구동된 기관스테이지(WS)의 기준면 위치가 면위치 검출의 계측 원점(SP)이 된다.

<45> 기관스테이지(WS)의 기준면이 투영광학계(UL)의 초점면(FP) 상에 존재하는 것을 상정한다. 면위치 계측용마크(301)의 라인패턴을 투과한 계측광은 투영광학계(UL)를 통하여 기관(W)에 입사되고 기관(W)에 의해 반사된다. 다음에, 상기 계측광이 다시 투영광학계(UL)를 통하여 면위치 계측용마크(301)의 라인패턴 상에 결상 된다. 기관스테이지(WS)의 기준면은 기관스테이지(WS) 상의 기관(W)의 표면을 나타낸다.

<46> 그러나, 상기 설명은, 제어부(200)에 의해 상기 기관 스테이지를 구동함으로써, 기관스테이지(WS)의 기준면이 투영광학계(UL)의 초점면(FP)으로부터 Z방향으로 어긋난 위치에 있고, 또한 경사입사 조리개(401)를 사용하여 면위치 계측용마크(301)를 경사입사 조명하고 있는 경우에는 적용되지 않는다. 이 경우에, 도 7에 예시한 바와 같이, 기관(W)에 의해 반사된 계측광(이후, 기관 반사광(WR)으로 칭함)은 면위치 계측용마크(301)의 라인패턴 상에는 돌아오지 않지만, Z방향의 구동량 및 개구 위치(ad)에 따라서 Y방향으로 어긋난 위치에 결상된다. 상기 기관 반사광(WR)은 라인 패턴의 부근을 통과한다. 도 7은 기관스테이지(WS)를 Z방향으로 구동한 경우를 나타내고 있다.

<47> 상기 구동이 종료된 후, 제어부(200)는 TTR 검출기(104)에 면위치 계측용마크(301)를 조명시켜서, 면위치 계측용마크(301)에 의해 반사된 광(이후, 원판 반사광(RR)으로 칭함)과 기관 반사광(WR)을 촬상소자(108)에 촬상시킨다. 촬상소자(108)의 촬상면에는 원판 반사광(RR)과 기관 반사광(WR)에 의해 라인패턴(마크(301)의 상)을 형성한다. 도 8에는 얻어진 Y방향의 강도 프로파일을 예시한다. 도 8을 참조하면, "601a"는 원판 반사광(RR)의 강도 프로파일을 나타내며; "601b"는 기관 반사광(WR)의 강도 프로파일을 나타낸다. ΔY 는 경사입사 개구조리개의 개구위치(ad) 및 기관스테이지(WS)의 -Z방향의 구동량에 의존하는 값이다. 원판 반사광(RR)과 기관 반사광(WR) 간의 광량차이가 큰 경우, 라인패턴 상(像)의 콘트라스트는 변화된다. 이에 의해, 계측 정밀도가 저하할 가능성이 있다. 이 문제를 방지하기 위해서, 2개의 반사광의 광량이 동일해지도록 면위치 계측용마크(301)의 금속부의 반사율을 조정하는 것이 바람직하다.

<48> 제어부(200)는, TTR 검출기(104)에 면위치 계측용 마크(301)를 조명시키면서, 기관스테이지(WS)를 Y방향으로 스캔 이동시킨다. 일정 간격마다 원판 반사광(RR)과 기관 반사광(WR)을 촬상소자(108)에 의해 촬상시킨다. 또는, 제어부(200)는 기관스테이지(WS)를 Y방향으로 한 스텝씩 구동시켜서, 각 스텝마다 원판 반사광(RR)과 기관반사광(WR)을 촬상소자(108)에 촬상시켜도 된다.

<49> 기관(W)의 표면은 완전한 평면은 아니고 요철이 있다. 기관스테이지(WS)를 Y방향으로 구동시키면, TTR 검출기(104)의 계측점에 있어서의 기관(W)의 표면위치가 해당 요철에 따라 Z방향으로 ΔZ 만큼 미세하게 변화한다. 도 9에 도시된 바와 같이, 면위치 계측용마크(301)를 경사입사 조명하고 있으므로, 기관(W)의 표면 위치의 Z방향의 변화가 촬상소자(108)에 의해 그 촬상면에서 기관 반사광(WR)의 미세한 어긋남(ΔY_d)으로서 검출된다. 이때, 원판스테이지(RS)는 이동하고 있지 않기 때문에, 촬상소자(108)의 촬상면에서의 원판반사광(RR)의 어긋남은 발생하지 않는다. 따라서, 촬상소자(108)로부터의 출력에 의거하여 원판반사광(RR)에 대해서 상기 어긋남(ΔY_d)을 계측할 수 있다. 제어부(200)는 ΔY_d 에 의거하여 기관(W)의 면위치정보로서, TTR 검출기(104)의 계측원점(SP)으로부터의 기관(W)의 면위치의 미세한 변화(ΔZ)를 도출한다.

<50> 이러한 계측을 기관(W)의 전체면에 대해서 실시함으로써, 기관(W)의 표면형상을 계측할 수 있다.

<51> 제1 실시형태에서, 경사입사 조리개(401)는 광축으로부터 Y방향으로 어긋난 위치에 개구부(401a)를 가지고 있다. 그 대신에, 광축으로부터 X방향으로 어긋난 위치에 슬릿형상의 개구부를 형성하여도 된다.

<52> 노광 슬릿내에서 TTR 검출기(104)를 이동시킴으로써, 투영광학계(UL)의 각 상의 높이에 있어서 면위치 계측을 할 수 있다.

<53> [제2 실시 형태]

<54> 이 실시형태에서는, 제1 실시형태에서 설명한 TTR 검출기(104)에 의한 면위치 계측을 응용해서 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정 테이블을 작성한다. 본 실시형태에서 특히 언급하지 않는 상세에 대해서는, 제1 실시형태에 따를 수 있다.

<55> TTR 검출기(104)를 사용하여 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 계측하기 위해서는 기관스테이지(WS)에 노광대상의 기관을 배치하거나, 또는 계측용의 기관을 배치하여도 된다. 계측용의 기관의 바람직한 예로서는,

계측광에 대한 높은 반사율 및/또는 높은 평면도를 가지는 금속 등의 반사기판이다.

- <56> 도 10에 도시된 바와 같이, TTR 검출기(104)가 투영광학계(UL)의 주어진 상높이(제1 위치 : $Y_s=0$)에 있고, 기관스테이지(WS)가 위치 $Y_w = 0$ 에 있을 때, 제1 실시형태에서 설명한 방법에 따라서 기관(W) 상의 A점에 있어서의 면위치를 계측한다. 이 계측값을 $Z_p(y_0)$ 로서 정의한다.
- <57> 다음에, TTR 검출기(104)를 투영광학계(UL)의 제1 위치 $Y_s = 0$ 과는 다른 상높이(제2 위치 : $Y_s=y_{s1}$)로 이동시키고, 기관스테이지(WS)를 위치 $Y_w = y_{w1}$ 으로 이동시킨다. TTR 검출기(104)와 기관스테이지(WS)의 구동량은 투영광학계(UL)의 배율(M)에 의거하고 $y_{w1} = M \times y_{s1}$ 를 만족시킨다.
- <58> 구동된 TTR 검출기(104)의 계측위치도 기관(W) 상의 A점에 놓인다. 구동된 TTR 검출기(104)의 계측치를 $Z_p(y_1)$ 로 놓으면, 기관(W)의 표면의 요철에 관계없이 $Z_p(y_1)$ 와 $Z_p(y_0)$ 는 동일한 계측치가 되어야 한다. 그러나, 기관스테이지(WS)의 위치 $Y_w = 0$ 으로부터 위치 $Y_w = y_{w1}$ 까지 기관스테이지(WS)를 구동한 후에, 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남에 의해 기관스테이지(WS)의 Z방향의 면위치가 Z_d 만큼 어긋난다고 상정한다. 이 경우에, 상기 위치어긋남(Z_d)은
- <59> $Z_p(y_1) = Z_p(y_0) + Z_d$
- <60> 의 식에 의해 산출될 수 있다.
- <61> 여기서, $Z_p(y_0)$ 와 $Z_p(y_1)$ 는 TTR 검출기(104)에 의해 얻어지는 계측치이다. 면위치 계측용마크(301)는 원판 기준플레이트(RP) 상의 노광슬릿 내에서 위치 $Y_s = 0$ 및 위치 $Y_s = y_{s1}$ 에 1개씩 각각 설치할 수 있다. 또는, 원판 기준플레이트(RP) 상에는 면위치 계측용마크(301)를 1개만 배치하고, TTR 검출기(104)의 각각의 위치 $Y_s=0$ 및 $Y_s=y_{s1}$ 에 있어서 면위치 계측용마크(301)를 관찰할 수 있도록 원판스테이지(RS)가 이동되어도 된다.
- <62> 제어부(200)는 상기 계측을 기관(W)의 전면에 걸쳐서 실행한다. 상기 제어부(200)는 기관스테이지(WS)의 가동범위 전체 영역에 있어서의 Y방향 구동시의 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 계측한다. 그 계측결과에 의거하여, 상기 Z방향의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정 테이블을 작성한다. 보정 테이블은 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 상쇄하도록 기관스테이지(WS)를 X-Y위치에 따라서 Z방향으로 기관스테이지(WS)를 구동하기 위한 정보를 포함한다.
- <63> 마찬가지로의 방법을 사용하여 기관스테이지(WS)의 상기 Y방향 대신에 X방향 구동시의 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정 테이블을 작성할 수도 있다. 구체적으로는, TTR 검출기(104)가 투영광학계(UL)의 주어진 상높이($X_s=0$)에 있고, 기관스테이지(WS)가 상기 상높이 $X_w = 0$ 에 있는 상태에서 계측된 기관(W)의 면위치를 $Z_p(x_0)$ 로 상정한다. 또, TTR 검출기(104)가 투영광학계(UL)의 상높이 $X_s=0$ 과는 다른 상높이($X_s = x_{s1}$)에 있고, 기관스테이지(WS)가 상높이 $X_w = x_{w1}$ 에 있는 상태에서 계측된 기관(W)의 면위치를 $Z_p(x_1)$ 로 상정한다. 제어부(200)는 $Z_p(x_0)$ 및 $Z_p(x_1)$ 의 양 계측 결과에 의거하여 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 산출할 수 있다. Y방향과 마찬가지로, $X_{w1} = M \times x_{w1}$ 이다.
- <64> 기관스테이지(WS)가 $Y_w = 0$ 으로부터 $Y_w = y_{w1}$ ($y_{w1} > 0$)으로 이동할 때, 즉 기관스테이지(WS)가 +Y방향으로 구동될 때의 계측 방법을 위에서 예시하였다. 기관스테이지(WS)가 역방향으로 이동할 때는, 상기 산출된 Z_d 의 값을 부호를 반전하여도 되거나, 기관스테이지(WS)가 $Y_w = 0$ 및 $Y_w = -y_{w1}$ 에 있는 상태에서 상기 면위치를 새롭게 계측하여도 된다. 이와 같이 기관스테이지(WS)를 -Y방향으로 구동시키고 보정 테이블을 작성했을 경우에는, 주사 방향에 의존하여 Z방향으로 위치어긋남의 양이 변화하는 경우에도 대처할 수 있다.
- <65> 본 발명의 바람직한 실시형태에서, 기관(W)의 면위치는 촬상소자(108) 면상에 있어서의 원판 반사광(RR)의 위치에 대해 계측된다. 보정 테이블 작성을 위해, TTR 검출기(104) 및 면위치 계측용마크(301)를 수평방향으로 이동시킨 것을 상정한다. TTR 검출기(104) 및 면위치 계측용마크(301)가 광축방향으로 어긋나면, 촬상소자면(108)상의 원판 반사광(RR)의 위치가 변화한다. 이에 의해, 정확하게 기관(W)의 면위치 계측을 실시할 수 없다. 이 문제를 방지하기 위해서는, TTR 검출기(104) 및 면위치 계측용마크(301)의 구동 후에 다시 원판(R)측 포커스 캘리브레이션을 실시하여 면위치 계측용마크(301)를 촬상소자(108)에 정확하게 합초시키면 된다. 또는, TTR 검출기(104) 및 면위치 계측용 마크(301)를 수평방향으로 이동시켰을 때에 발생된 기관스테이지(WS)의 Z방향의 위치어긋남을 별도 계측하여 면위치 계측시에 보정을 행하여도 된다.
- <66> [제3 실시 형태]
- <67> 이 제3 실시형태에서, 면위치검출기(103) 및 TTR 검출기(104)를 사용하여 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정테이블을 작성한다. 특히 언급하지 않는 사항에 대해서는, 제1 및 제2 실시형태에 따를 수 있

다.

- <68> 면위치검출기(103)는 투영광학계(UL) 없이 기관(W)에 계측광을 경사 입사시키고, 기관(W)에 의해 반사광을 수광하여 기관(W)의 면위치정보를 검출한다. 면위치검출기(103)는 전형적으로 노광영역과 다른 영역인 계측영역을 사용한다.
- <69> 기관스테이지(WS)가 유지하고 있는 기관(바람직하게는, 계측용 반사기관)(W)이 면위치 계측기(103)의 계측범위에 있는 상태에서, 제어부(200)는 기관스테이지(WS)를 수평방향으로 구동시킨다. 면위치검출기(103)에 의해 기관(W)의 면위치 계측을 실시한다. 제어부(200)는 이 계측결과로부터 상술한 방법에 의해 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 계측한다. 제어부(200)는 기관(W)의 면위치 계측치로부터 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 감산하여 기관(W)의 면형상을 산출한다.
- <70> 제어부(200)는 기관스테이지(WS)를 노광위치로 구동시킨다. 투영광학계(UL)의 주어진 상높이의 위치에 TTR 검출기(104)가 배치된 상태에서, 제1 실시형태에서 설명한 순서에 의거하여 기관(W)의 면위치 계측을 실시한다. 이 면위치 계측결과는 기관(W)의 면형상 및 기관스테이지(WS)의 위치어긋남에 기인하는 기관(W)의 면위치의 어긋남을 포함한다. TTR 검출기(104)에 의해 얻은 면위치 계측 결과로부터 산출된 기관(W)의 면형상을 나타내는 값을 감산함으로써, 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 산출할 수 있다.
- <71> 제3 실시형태에서, 미리 면위치검출기(103)에 의해 기관(W)의 면형상을 계측 하면, 기관스테이지(WS)의 위치어긋남의 계측시에, TTR 검출기(104)를 수평방향으로 구동할 필요가 없다. 이 때문에, 노광장치 내에서의 TTR 검출기(104)의 하중중심이 전혀 변화하지 않는다. 이에 의해, TTR 검출기(104)의 수평방향 및 Z방향의 구동 오차에 의한 면위치 계측정밀도가 저하하는 것이 방지된다.
- <72> 제3 실시형태는 예를 들면, 트윈 스테이지형의 노광장치에도 유리하다. 트윈 스테이지형의 노광장치는 계측스테이션 및 노광스테이션을 구비한다. 상기 계측스테이션은 기관(W)을 유지하기 위한 2개의 기관스테이지(WS) 구비하고, 기관(W)의 면형상 및 기관스테이지(WS)에서의 기관(W)의 위치를 계측하는 데 사용된다. 상기 노광스테이션은 투영광학계(UL)를 구비하고, 기관(W)을 노광하는 데 사용된다.
- <73> 면위치검출기(103)가 계측스테이션에 배치된다. 기관스테이지(WS)를 노광시와 동일한 방식으로 구동함으로써, 면위치검출기(103)에 의해 기관(W)의 면위치 계측을 실시한다. 이 계측결과로부터, 상술한 방법에 따라서 계측스테이션에서의 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 계측한다. 다음에, 제어부(20)에 의해 기관(W)의 면위치 계측치로부터 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 감산하여 기관(W)의 면형상을 산출한다.
- <74> 이상의 처리를 종료한 후에, 제어부(200)는 기관스테이지(WS)를 노광스테이션으로 이동시킨다. 투영광학계(UL)의 주어진 상높이에 있어서 TTR 검출기(104)가 배치된 상태에서, 제1 실시형태에서 설명한 순서에 의거하여 기관(W)의 면위치의 계측을 실시한다. 이 면위치 계측결과는 기관(W)의 면형상 및 노광스테이션에서의 기관스테이지(WS)의 위치어긋남에 의한 기관(W)의 면위치의 어긋남을 포함한다.
- <75> TTR 검출기(104)에 의해 얻어진 면위치 계측결과로부터 계측스테이션에 대해 산출한 기관(W)의 면형상치를 감산함으로써, 노광스테이션에서의 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 산출할 수 있다. TTR 검출기(104) 및 면위치검출기(103)에 의해 면위치 계측치의 차이를 검출한 경우에는, 형상이 공지된 기관(W)을 상기 TTR 검출기(104) 및 면위치검출기(103)에 의해 계측한다. 이들 계측치에 의거하여 검출기(104) 및 (103)의 면위치 계측치가 서로 일치하도록 캘리브레이션을 실시하면 충분하다.
- <76> 트윈 스테이지형의 노광장치에 있어서도, 미리 면위치검출기(103)에 의해 기관(W)의 면형상을 계측하면, 기관스테이지(WS)의 위치어긋남의 계측시에 TTR 검출기(104)를 수평방향으로 구동시킬 필요가 없다. 이 때문에, 노광장치 내에서의 TTR 검출기(104)의 하중 중심이 전혀 변화하지 않는다. 이에 의해, TTR 검출기(104)의 수평 방향 및 Z방향의 구동오차에 의해 면위치 계측정밀도가 저하하는 것이 방지된다.
- <77> [제4 실시 형태]
- <78> 제4 실시형태는 노광장치에 TTR 검출기(104)를 적어도 2대 구비하고, 이 2대의 TTR 검출기(104)를 사용하여 기관스테이지(WS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정 테이블을 작성하는 기술을 제공한다.
- <79> 도 11은 본 발명의 제4 실시형태의 노광장치의 개략 구성을 나타내는 도면이다. 도 11에서 도 1과 동일한 구성 요소에는 도 1과 동일한 부호로 나타내고, 그 설명을 생략하거나 간략화한다. 도 12는 2대의 TTR 검출기(104a)(제1 TTR 검출기) 및 (104b)(제2 TTR 검출기)의 계측영역(R104a) 및 (R104b)의 배치를 모식적으로 나타내는 도

면이다.

- <80> TTR 검출기(104a) 및 (104b)의 계측영역(R104a) 및 (R104b)은 스캔노광을 위한 노광슬릿(1001) 내에 있어서, 예를 들면, Y축에 대해 대칭으로 2대 구성되어 있다.
- <81> 제4 실시형태의 노광장치에서, 2대의 TTR 검출기(104a) 및 (104b)에 의해 투영광학계(UL)의 다른 상높이에서 원판 기준마크(RM) 및 기판 기준마크(WM)를 검출하는 것이 가능하고, 기판의 면위치의 검출도 가능하다.
- <82> 도 12에 예시한 바와 같이, 2대의 TTR 검출기(104a) 및 (104b)의 계측 영역간의 간격이 d인 경우에, $X = -d/2$ (제1 위치)에 TTR검출기(104a)(제1 TTR 검출기)의 계측 영역(R104a)이 배치되고, $X = d/2$ (제2 위치)에 TTR검출기(104b)(제2 TTR 검출기)의 계측영역(R104b)이 배치되어 있다($d > 0$). TTR검출기(104b)에 의해 기판(W) 상의 A점의 면위치를 계측한 후, 간격 d와 투영광학계(UL)의 배율 M을 승산하여 얻은 양(즉, $d \times M$)만큼 기판스테이지(WS)를 +X방향으로 구동시킨다. 기판스테이지(WS)의 구동 후에, 기판스테이지(WS)의 구동 전에 TTR검출기(104b)에 의해 계측된 A점에서의 면위치를 TTR검출기(104a)에 의해 계측할 수 있다. 즉, TTR 검출기(104a) 및 (104b)의 X방향의 구동을 하지 않고, 제1 실시형태에서 설명한 계측방법과 마찬가지로, X방향에 있어서의 기판스테이지(WS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정 테이블을 작성할 수 있다. Y방향에 있어서의 기판스테이지(WS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정 테이블을 작성하기 위해서는, 2대의 TTR 검출기(104a) 및 (104b)를 Y방향으로 나란히 배치하면 된다.
- <83> 이상 설명한 바와 같이, 제4 실시형태에 의하면, TTR 검출기(104)를 수평방향으로 구동할 필요가 없다. 이에 의해, 기판스테이지(WS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정테이블을 작성하는 시간을 단축할 수 있다. 또, 노광장치 내에 있어서의 TTR 검출기(104)의 하중중심이 전혀 변화하지 않는다. 이에 의해, TTR검출기(104)의 수평방향 및 Z방향의 구동오차에 의해 면위치 계측정밀도가 저하하는 것을 방지할 수 있다.
- <84> [제5 실시형태]
- <85> 제5 실시형태에서, TTR 검출기(104)의 조명부 내에서 원판 기준마크(RM)와 공역 관계에 있는 조명시야 조리개(112)에 도 4에 예시하는 바와 같은 면위치 계측용마크(301)를 형성한 구성을 제공한다. 조명시야 조리개(112)는 릴레이 렌즈(110) 및 (111)의 사이에 배치될 수 있다. 도 13은 본 발명의 제5 실시형태에 의한 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면이다. 면위치 계측용마크(301)는 계측광에 대해 투과성 또는 흡수성을 가지는 복수의 라인 패턴에 의해 구성될 수 있다. 조명 시야조리개(112)에 면위치 계측용마크(301)를 배치함으로써, 원판 기준플레이트(RP)에 면위치 계측용마크(301)를 형성할 필요가 없어진다.
- <86> 제5 실시형태에 있어서의 면위치 계측용마크(301)의 배치에 대해서도, 기판(W)의 면위치를 계측할 수 있고, 기판스테이지(WS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정테이블을 작성할 수 있다. 제5 실시형태에 의하면, 기판스테이지(WS)를 고정하면서 원판스테이지(RS)를 수평방향으로 이동시킨다. 이에 의해, 원판 기준플레이트(RP)의 면위치를 계측할 수 있고, 원판스테이지(RS)의 위치어긋남을 보정하기 위한 보정테이블을 작성할 수 있다.
- <87> [응용예]
- <88> 다음에 상기의 노광장치를 사용한 디바이스의 제조방법을 설명한다. 도 14는 반도체 디바이스의 전체적인 제조 프로세스의 순서를 나타내는 흐름도이다. 스텝 1(회로설계)에서는 반도체 디바이스의 회로를 설계한다. 스텝 2(레티클 제작)에서는 설계한 회로패턴에 의거하여 레티클(원판 또는 마스크라고도 함)을 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는 실리콘 등의 재료를 사용하여 웨이퍼(기판이라고도 함)를 제조한다. 전공정으로 부르는 스텝 4(웨이퍼 프로세스)에서는 상기의 레티클과 웨이퍼를 사용하여 리소그래피에 의해 웨이퍼 상에 실제의 회로를 형성한다. 후공정으로 부르는 스텝 5(조립)에서는 스텝 4에서 제작된 웨이퍼를 사용하여 반도체칩을 형성하는 공정이다. 이 공정은 어셈블리공정(다이싱, 본딩), 패키징공정(칩 밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는 스텝 5에서 제작된 반도체 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트 등의 검사를 실시한다. 이들 공정을 거쳐 반도체 디바이스가 완성되어, 출하(스텝 7)한다.
- <89> 도 15는 상기 웨이퍼 프로세스의 상세한 순서를 나타내는 흐름도이다. 스텝 11(산화)에서는 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 12(CVD)에서는 웨이퍼 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극 형성)에서는 웨이퍼 상에 전극을 증착에 의해 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(CMP)에서는 웨이퍼 상의 표면층을 CMP에 의해 평탄화한다. 스텝 16(레지스트 처리)에서는 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 17(노광)에서는 상기의 노광장치를 사용하여, 회로패턴이 형성된 마스크를 개재하여 감광제가 도포된 웨이퍼를 노광하여 레지스트에 잠상패턴을 형성한다. 스텝 18(현상)에서는 웨이퍼에 전사된 레지스트를 현상하여 레지스트 패턴을 형성한다. 스텝 19(에칭)에서는 레지스트 패턴이 개구한 부분을 통하여 레지스트 패턴 아래에 있는

층 또는 기판을 에칭한다. 스텝 20(레지스트 박리)에서는 에칭이 끝나 불필요하게 남겨진 레지스트를 제거한다. 이들 스텝을 반복함으로써, 웨이퍼 상에 회로패턴의 다층화된 구조를 형성한다.

<90> 본 발명은 전형적인 실시형태에 대해서 설명되었지만, 본 발명은 상기 개시된 전형적인 실시형태에 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다. 다음의 특허청구범위는 이러한 모든 변경 및 등가의 구성 및 기능을 망라하도록 가장 넓게 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

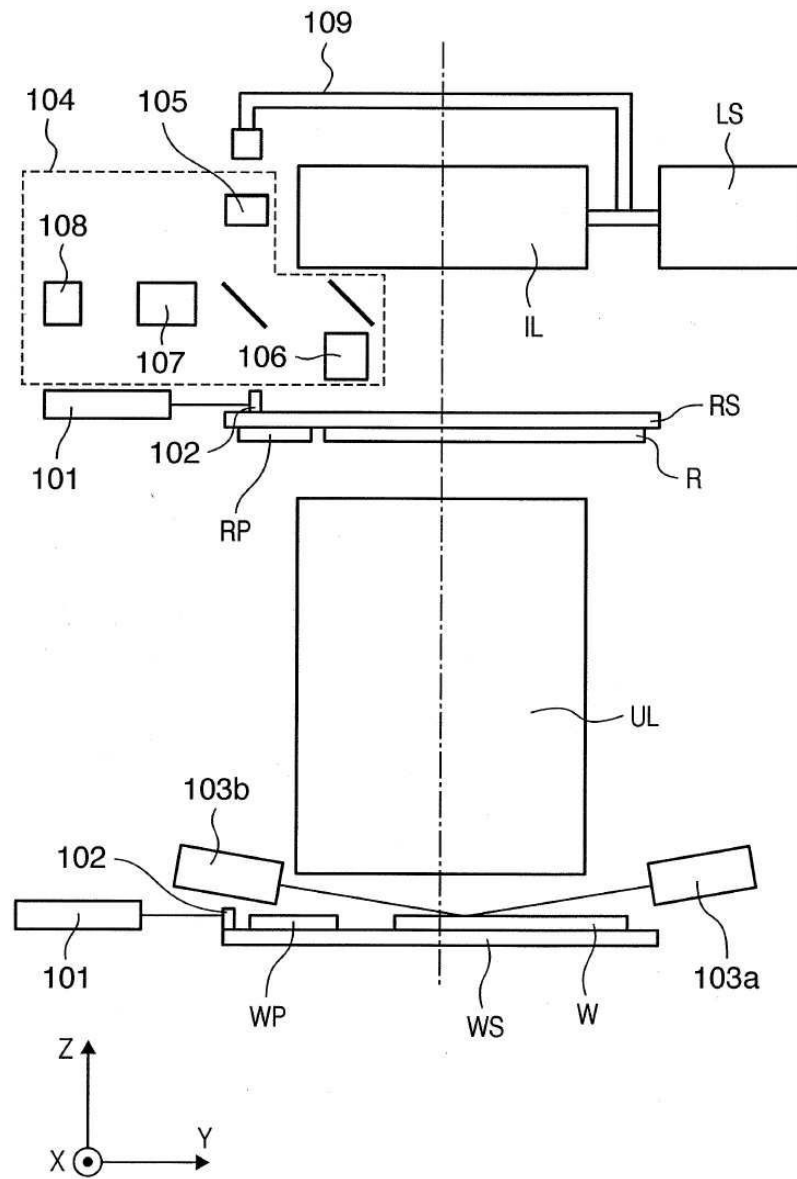
- <91> 도 1은 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면;
- <92> 도 2는 면위치검출기에 의해 기관스테이지의 위치 어긋남을 계측하는 상태를 나타내는 도면;
- <93> 도 3은 본 발명의 제1 실시형태의 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면;
- <94> 도 4는 TTR 검출기에 의한 면위치 계측시에 사용하는 면위치 계측용 마크를 예시하는 도면;
- <95> 도 5는 TTR 검출기에 의한 면위치 계측시에 사용하는 경사입사 개구조리개를 예시하는 도면;
- <96> 도 6은 TTR 검출기에 의한 면위치 계측시의 광로를 예시하는 도면;
- <97> 도 7은 TTR 검출기에 의한 면위치 계측시의 다른 광로를 예시하는 도면;
- <98> 도 8은 TTR 검출기에 의한 면위치 계측시의 촬상소자면 상에서의 강도 프로파일을 나타내는 그래프;
- <99> 도 9는 TTR 검출기에 의한 면위치 계측시의 촬상소자면 상에서의 다른 강도 프로파일을 나타내는 그래프;
- <100> 도 10은 TTR 검출기에 의한 기관스테이지의 위치어긋남을 계측하는 상태를 나타내는 도면;
- <101> 도 11은 본 발명의 제4 실시형태의 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면;
- <102> 도 12는 TTR 검출기의 배치를 예시하는 도면;
- <103> 도 13은 본 발명의 제5 실시형태의 노광장치의 개략 구성을 나타내는 도면;
- <104> 도 14는 반도체 디바이스의 전체적인 제조프로세스의 순서를 나타내는 흐름도;
- <105> 도 15는 반도체 디바이스의 전체적인 제조프로세스의 순서를 나타내는 흐름도.

[도면의 주요부분에 대한 부호의 설명]

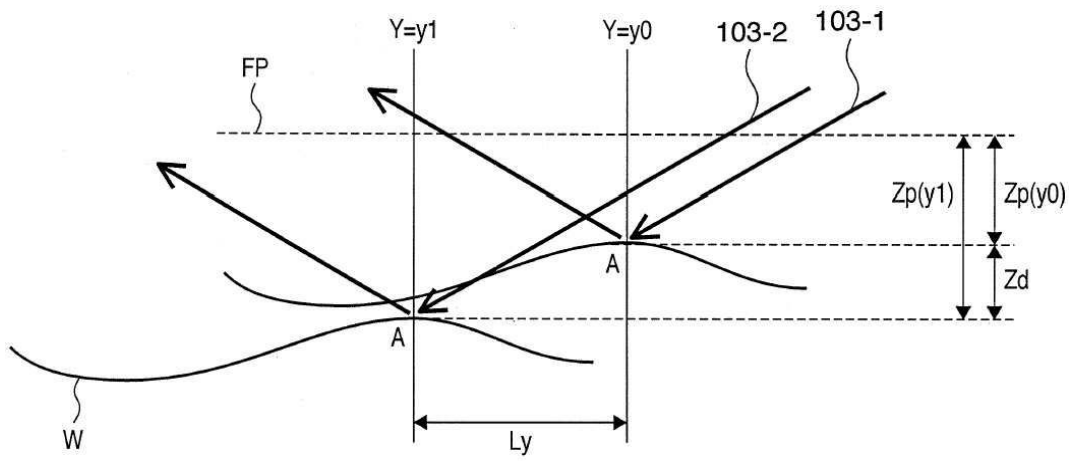
- | | |
|---------------------|----------------|
| <107> 101: 레이저간섭계 | 102: 이동미러 |
| <108> 103: 면위치검출기 | 103a: 조명부 |
| <109> 103b: 검출부 | 104: TTR 검출기 |
| <110> 105: 조명부 | 106: 대물렌즈 |
| <111> 107: 릴레이 렌즈 | 108: 촬상소자 |
| <112> 109: 도광광학계 | 120: 계측광학계 |
| <113> 200: 제어부 | 301: 면위치 계측용마크 |
| <114> 301a: 투과부 | 301b: 반사부 |
| <115> 401: 조리개 | FP: 초점면 |
| <116> R: 원판(레티클) | W: 기관(웨이퍼) |
| <117> IL: 조명광학계 | UL: 투영광학계 |
| <118> RS: 원판스테이지 | WS: 기관스테이지 |
| <119> RP: 원판 기준플레이트 | WP: 기관 기준플레이트 |
| <120> RR: 원판 반사광 | WR: 기관 반사광 |

도면

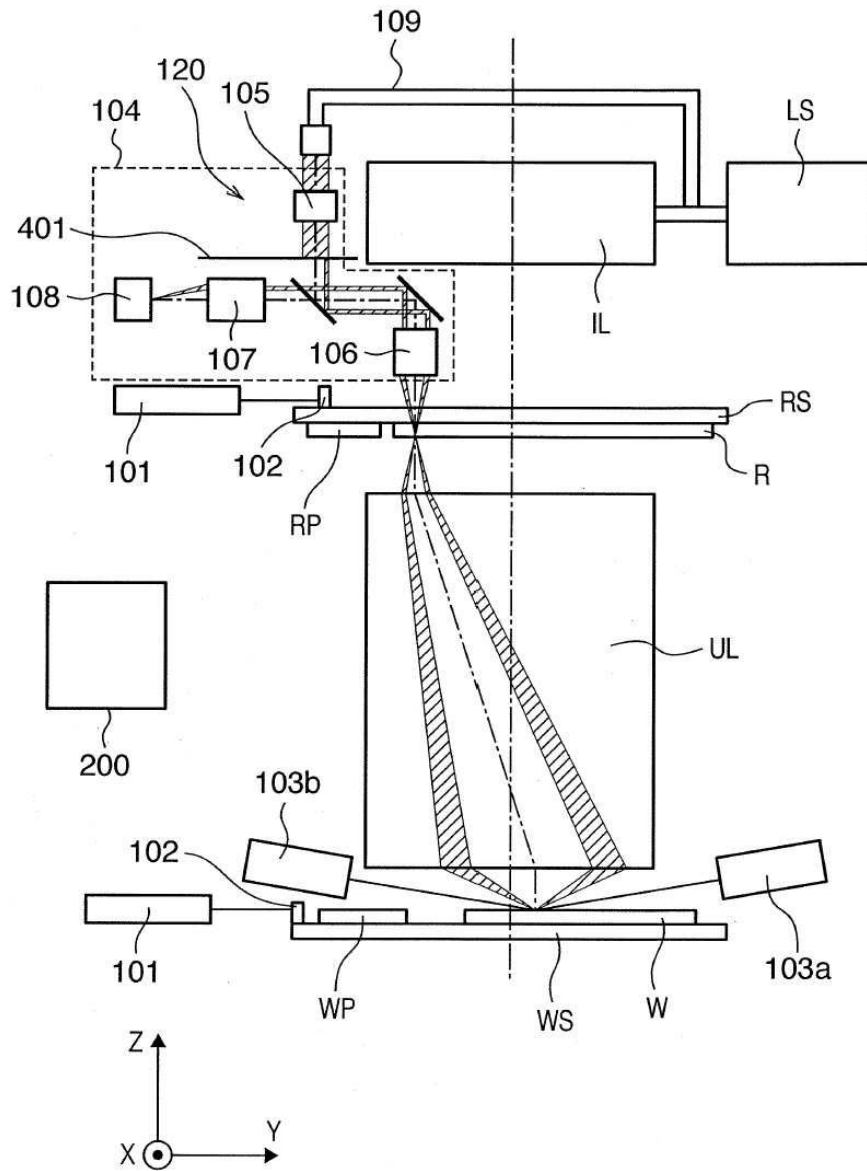
도면1



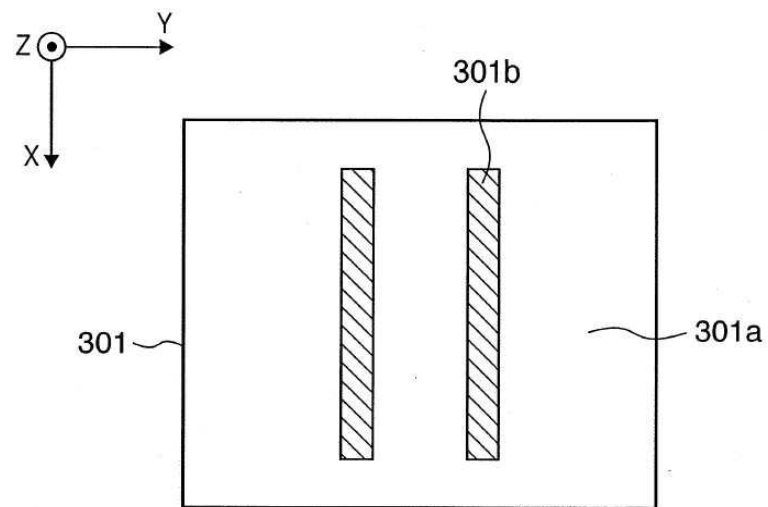
도면2



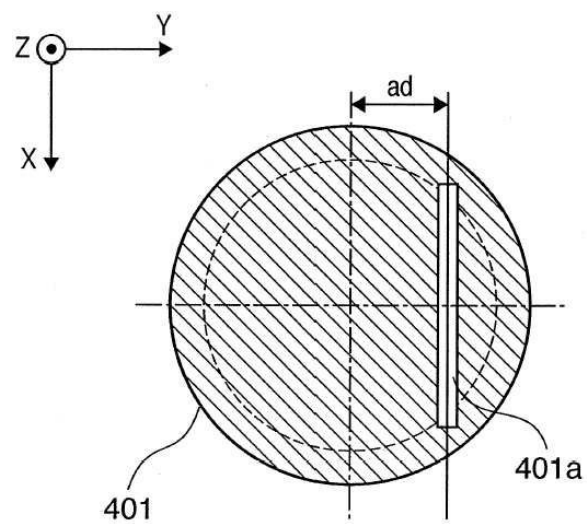
도면3



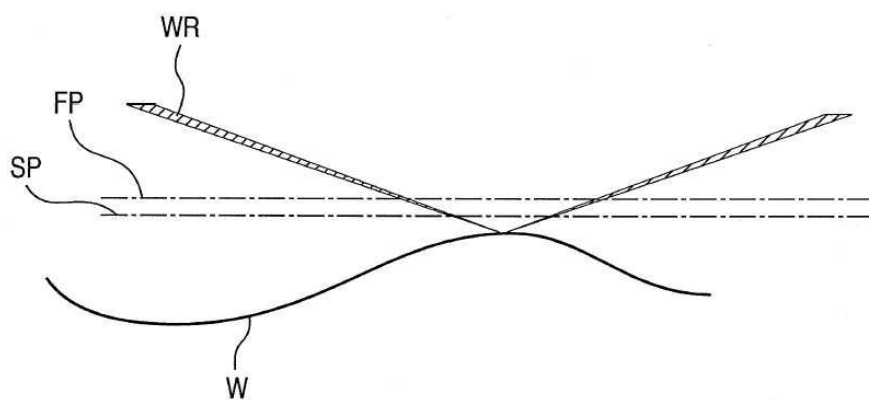
도면4



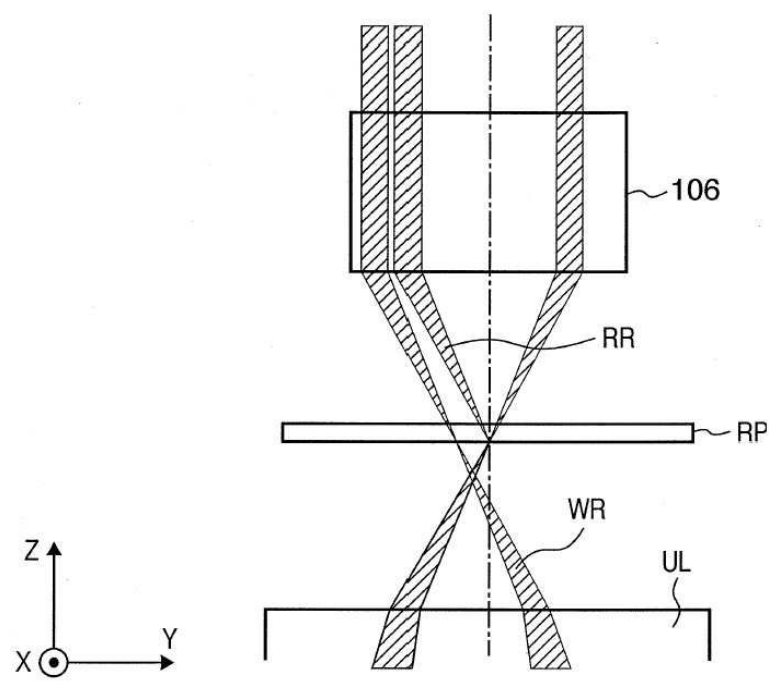
도면5



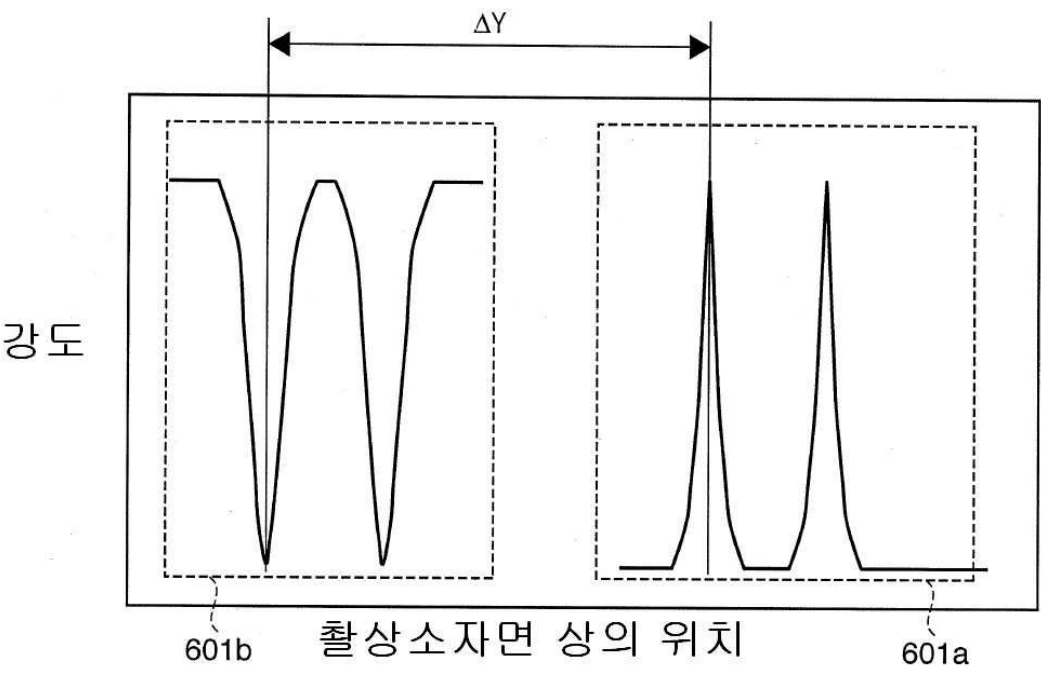
도면6



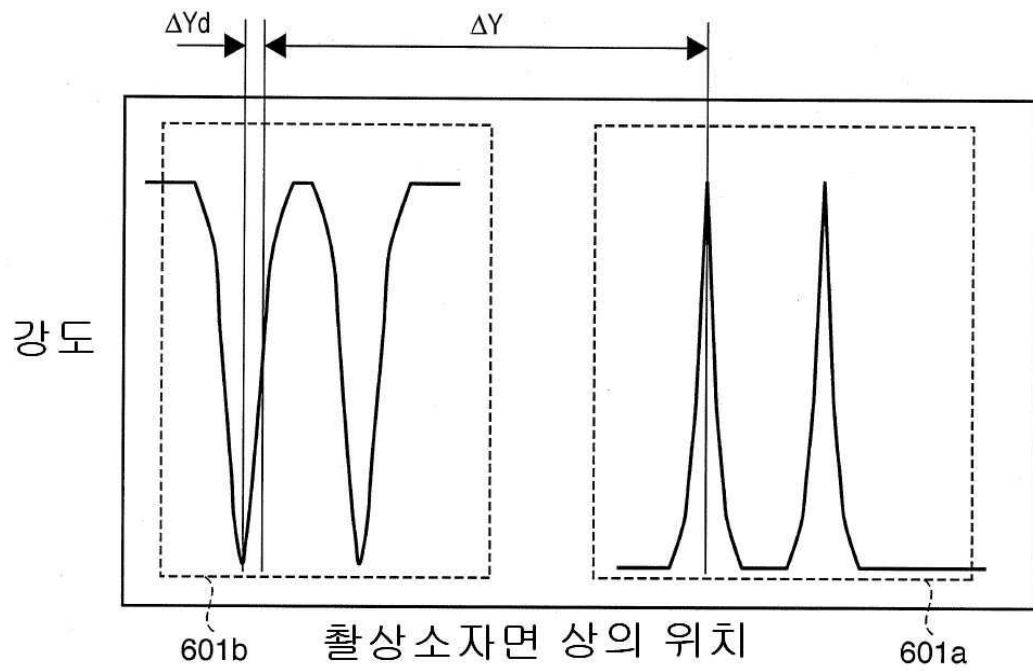
도면7



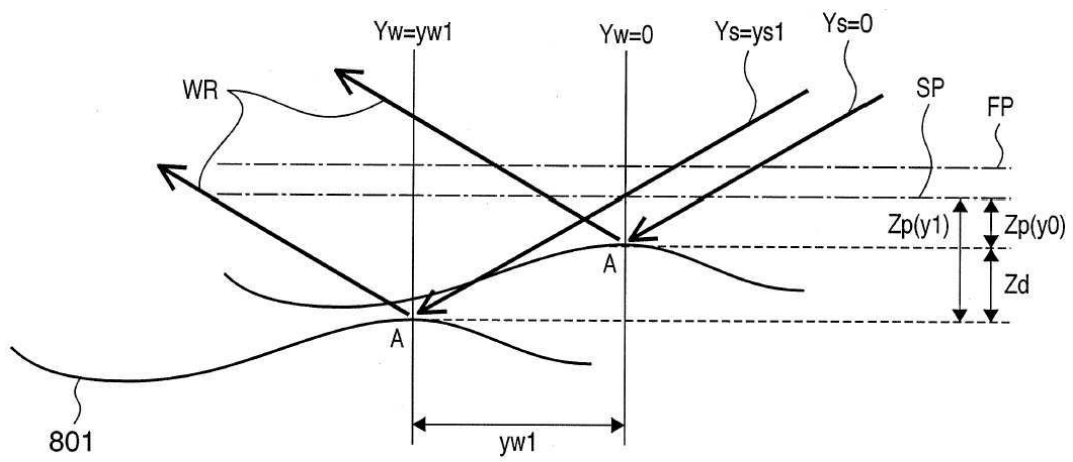
도면8



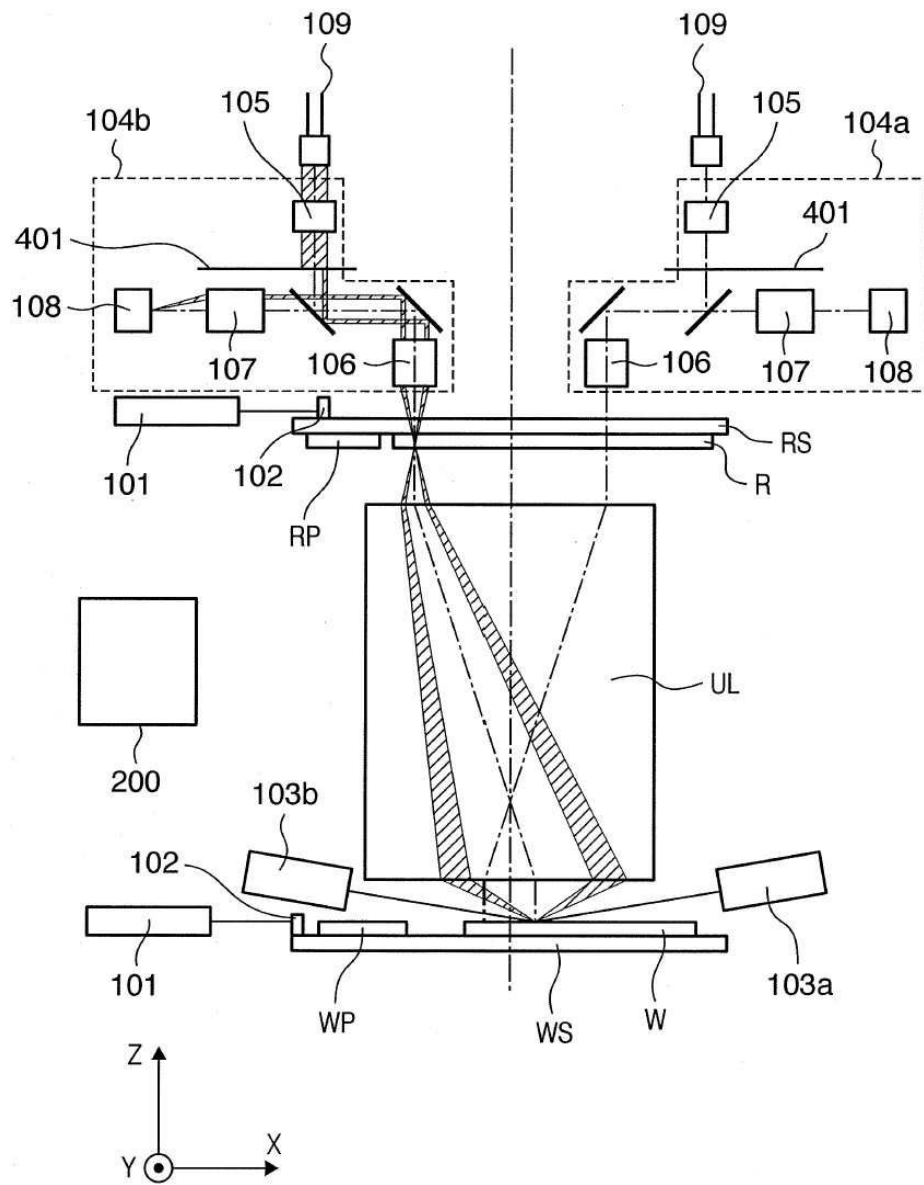
도면9



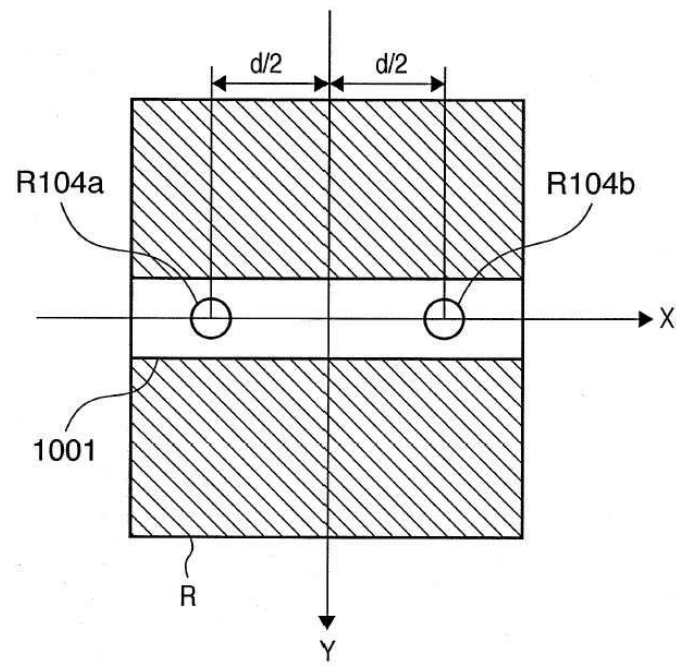
도면10



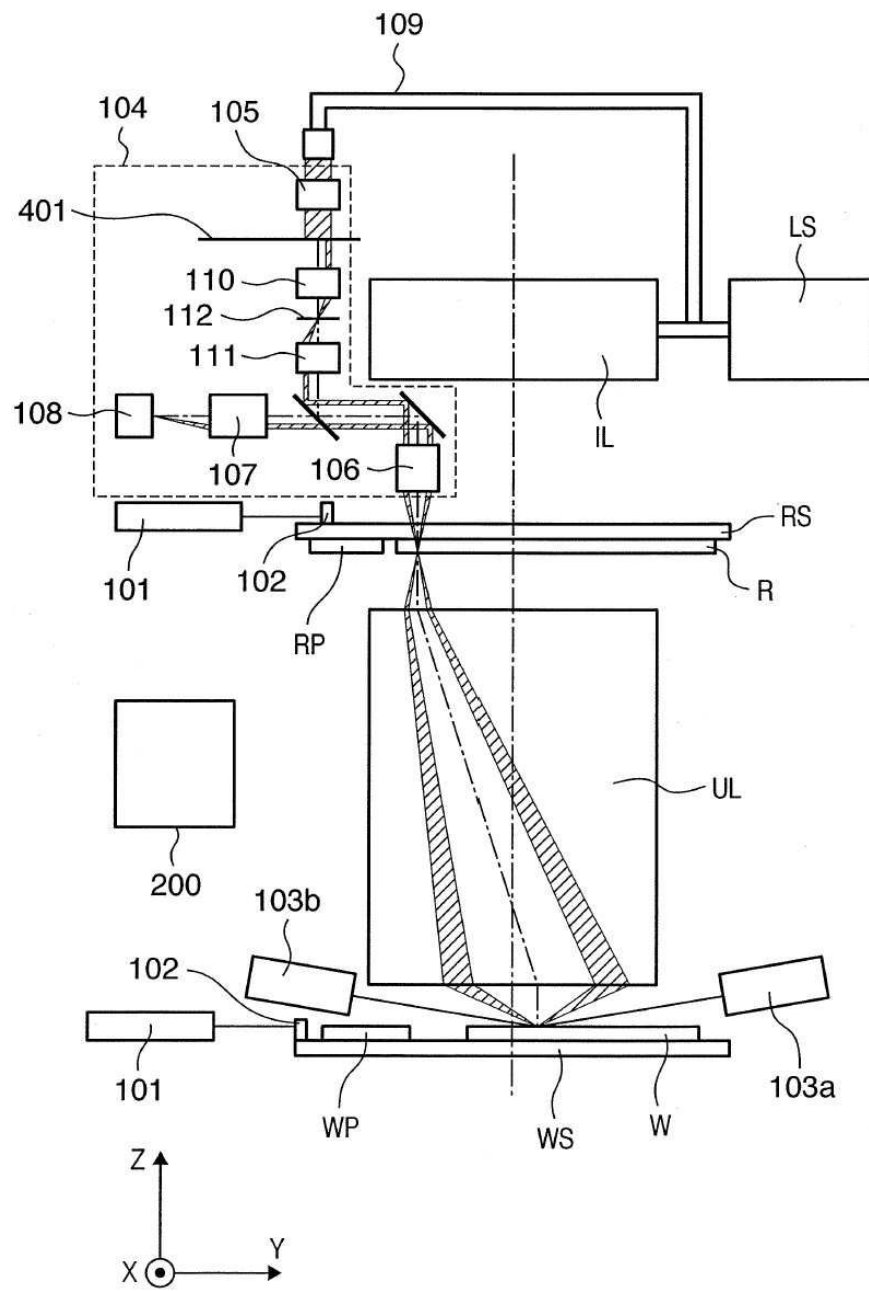
도면11



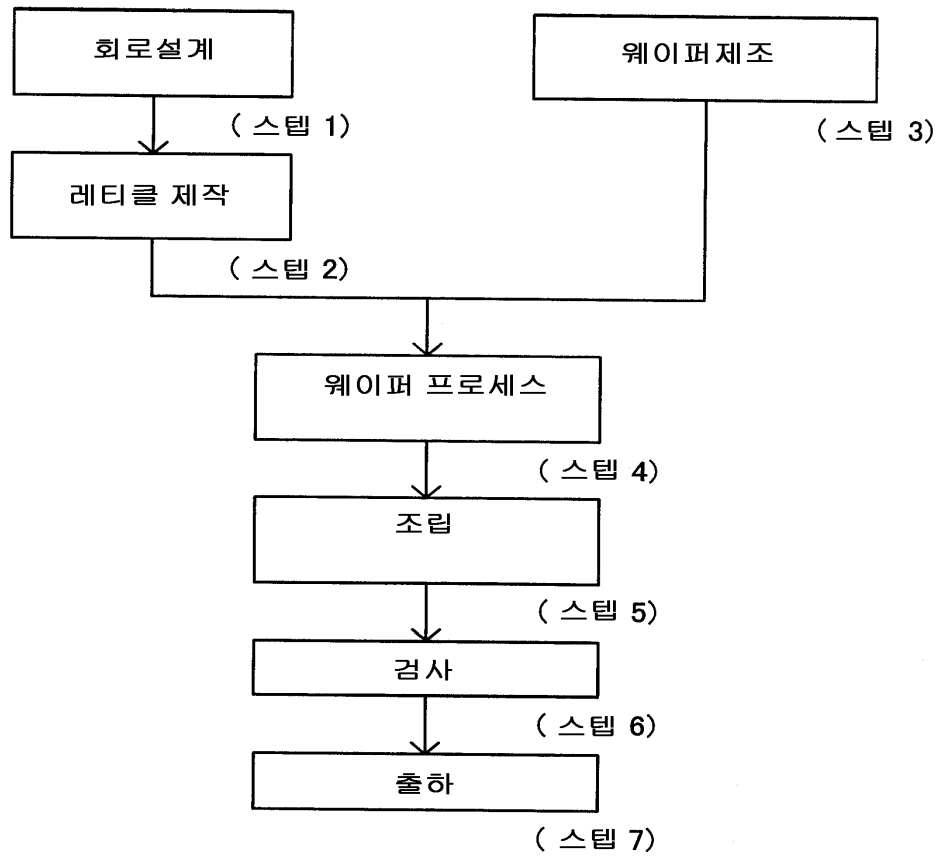
도면12



도면13



도면14



도면15

