

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷ (11) 공개번호 10-2005-0085026
H01L 21/027 (43) 공개일자 2005년08월29일

(21) 출원번호 10-2005-7008871
(22) 출원일자 2005년05월17일
 번역문 제출일자 2005년05월17일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/015780 (87) 국제공개번호 WO 2004/053959
 국제출원일자 2003년12월10일 국제공개일자 2004년06월24일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00357641 2002년12월10일 일본(JP)

(71) 출원인 가부시킴가이샤 니콘
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3초메 2방 3고

(72) 발명자 시라이 다케시
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3초메 2방 3고 가부시킴가이샤니콘
나이

(74) 대리인 특허법인코리아나

심사청구 : 없음

(54) 광학 소자 및 그 광학 소자를 사용한 투영 노광 장치

요약

액침 노광 장치는 패턴의 이미지를 기관 (W) 에 투영하는 투영 광학계 (PL) 와, 투영 광학계 (PL) 의 말단의 광학 소자 (4) 와 기관 (W) 사이에 액체 (7) 를 공급하는 장치 (5) 를 구비한다. 액체 (7) 에 의한 침식을 방지하기 위해서, 광학 소자 (4) 의 표면에는 산화물로 형성된 내침식성 막이 형성되어 있다. 스텝 앤드 리피트 방식과 같은 일괄 노광이나 스텝 앤드 스캔 방식과 같은 주사형 노광이 액침 상태에서 행해지더라도, 투영 광학계의 원하는 성능을 장기간에 걸쳐 유지할 수 있다.

대표도

도 1

색인어

광학 소자, 노광 장치

명세서

기술분야

본 발명은 예를 들어, 반도체 소자, 촬상 소자 (CCD 등), 액정 표시 소자, 또는 박막 자기 헤드 등의 디바이스를 제조하기 위한 리소그래피 공정에서 마스크 패턴을 감광성의 기판 상에 전사하기 위해서 사용되는 투영 노광 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 액침법을 사용한 투영 노광 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 해당 투영 노광 장치에 사용되는 광학 소자에 관한 것이다.

배경기술

반도체 소자 등의 제조에 있어서, 마스크로서의 레티클의 패턴 이미지를, 투영 광학계를 통해, 감광성의 기판으로서의 레지스트가 도포된 웨이퍼 (또는 유리 플레이트 등) 위의 각 쇼트 영역에 전사하는 투영 노광 장치가 사용되고 있다. 종래, 투영 노광 장치로서 스텝 앤드 리피트 방식의 축소 투영형의 노광 장치 (스테퍼) 가 많이 사용되고 있지만, 최근에는 레티클과 웨이퍼를 동기 주사하여 노광을 행하는 스텝 앤드 스캔 방식의 투영 노광 장치도 주목받고 있다.

투영 노광 장치에 탑재되어 있는 투영 광학계의 해상도는 사용하는 노광 파장이 짧아질수록, 또한 투영 광학계의 개구수가 많을수록 높아진다. 그 때문에, 집적 회로의, 미세화에 수반되어 투영 노광 장치에서 사용되는 노광 파장은 해마다 단파장화됨과 함께, 투영 광학계의 개구수도 많아지고 있다. 현재, 주류의 노광 파장은 KrF 엑시머레이저에 의한 248nm 이지만, 더욱 단파장의 ArF 엑시머레이저에 의한 193nm 도 실용화되어 있다.

또한, 노광을 행할 때에는 해상도와 마찬가지로 초점 심도 (DOF) 도 중요해진다. 해상도 (R) 및 초점 심도 (δ) 는 이하의 식으로 표현된다.

$$R=k1 \cdot \lambda/NA \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$\delta=k2 \cdot \lambda/NA^2 \cdot \cdot \cdot (2)$$

여기서, λ 는 노광 파장, NA 는 투영 광학계의 개구수, $k1$, $k2$ 는 프로세스 계수이다. (1) 식, (2) 식보다, 해상도 (R) 를 높이기 위해서, 노광 파장 (λ) 을 짧게 하고 개구수 (NA) 를 크게 하면, 초점 심도 (δ) 가 좁아짐을 알 수 있다. 종래, 투영 노광 장치에서는 오토 포커스 방식에 의해 웨이퍼의 표면을 투영 광학계의 이미지에 맞추어 넣어 노광을 행하고 있었지만, 그렇게 하기 위하여는 초점 심도 (δ) 는 어느 정도 넓은 것이 바람직하다. 그래서, 초점 심도를 실질적으로 넓게 하는 방법으로서, 위상 시프트 레티클법, 변형 조명법, 다층 레지스트법 등이 제안되어 있다.

상기한 바와 같이, 종래의 투영 노광 장치에서는 노광광의 단파장화, 및 투영 광학계의 개구수의 증대에 따라 초점 심도가 좁아지고 있다. 또한, 반도체 집적 회로의 더한층의 고집적화에 대응하기 위해서, 노광 파장의 추가적인 단파장화도 연구되고 있다. 그러나, 이대로는 초점 심도가 지나치게 좁아져, 노광 동작시의 마진이 부족할 우려가 있다.

그래서, 실질적으로 노광 파장을 짧게 하고 또한 초점 심도를 넓게 하는 방법으로서 액침법이 제안되어 있다. 이것은 투영 광학계의 하면과 웨이퍼 표면 사이를 물, 또는 유기 용매 등의 액체로 채우고, 액체 중에서의 노광광의 파장이, 공기 중의 $1/n$ 배 (n 은 액체의 굴절률로 통상 1.2~1.6 정도) 가 되는 것을 이용하여 해상도를 향상시킴과 함께, 초점 심도를 약 n 배로 확대한다는 것이다.

이 액침법을, 스텝 앤드 리피트 방식의 투영 노광 장치에 그대로 적용하고자 하면, 1개의 쇼트 영역의 노광을 종료한 후 다음 쇼트 영역으로 웨이퍼를 단계 이동시킬 때에, 투영 광학계와 웨이퍼 사이에서 액체가 누출되기 때문에, 액체를 다시 공급해야만 하고, 또한 누출된 액체의 회수도 어려워진다는 문제가 있다. 또한, 액침법을 스텝 앤드 스캔 방식의 투영 노광 장치에 적용하고자 하면, 웨이퍼를 이동시키면서 노광을 하기 때문에, 웨이퍼를 이동시키고 있는 동안에도 투영 광학계와 웨이퍼 사이에 액체를 채워 둘 필요가 있다. 투영 광학계와 액체가 접하기 때문에, 액체와 접한 투영 광학계의 선단부가 액체에 의해서 침식될 가능성이 있다. 투영 광학계의 선단에는 대물 렌즈가 장착되어 있고, 이 대물 렌즈가 침식되면, 원하는 광학 성능이 얻어지지 않게 될 우려가 있다.

본 발명은 이러한 점을 감안하여, 액침 노광이 행해지는 노광 장치의 투영 노광계에 바람직하게 사용되는 광학 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 그와 같은 광학 소자가 탑재된 액침 노광용 투영 노광 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명의 제 1 태양에 따르면, 소정 패턴을 기판 상에 투영하여 기판을 노광하는 투영 광학계에 사용되는 광학 소자로서:

상기 투영 광학계의 기관측 말단에 장착되는 광학 소자의 기체로서, 그 광학 소자와 기관 사이에 액체가 유지된 상태에서 노광이 행해지는 광학 소자의 기체; 및

상기 액체에 의한 침식을 방지하기 위해서 상기 광학 소자의 기체의 적어도 일부의 표면에 형성된 내침식성 막을 갖는 광학 소자가 제공된다.

본 발명의 광학 소자의 기체의 표면에는 내침식성 막이 형성되어 있으므로, 액침 노광이 행해지더라도, 광학 소자의 액체와의 접촉에 의한 침식, 부식, 용해 등이 방지된다. 그러므로, 투영 광학계의 선단에 장착된 광학 소자가, 반복 또는 연속적으로 액체에 노출되는 스텝 앤드 리피트 방식과 같은 일괄 노광이나 스텝 앤드 스캔 방식과 같은 주사형 노광이 액침 상태에서 행해지더라도, 투영 광학계의 원하는 성능을 장기간에 걸쳐 유지할 수 있다.

본 발명의 제 2 태양에 따르면, 소정 패턴의 이미지를 액체를 통해 기관에 투영함으로써 기관을 노광하는 노광 장치로서,

상기 패턴의 이미지를 기관에 투영하는 투영 광학계;

상기 투영 광학계의 기관측의 단부에 장착된 광학 소자; 및

상기 광학 소자와 상기 기관 사이에 상기 액체를 공급하는 장치를 구비하고,

상기 광학 소자가, 기체와, 그 기체의 침식을 방지하기 위해서 그 기체의 적어도 일부의 표면에 형성된 내침식성 막을 갖는 노광 장치가 제공된다.

본 발명의 노광 장치의 투영 광학계의 선단에 장착된 광학 소자의 기체의 표면에는 내침식성 막이 형성되어 있으므로, 액침 노광이 행해지더라도, 광학 소자의 액체와의 접촉으로 인한 침식, 부식, 용해 등이 방지된다. 그러므로, 투영 광학계의 선단에 장착된 광학 소자가, 반복 또는 연속적으로 액체에 노출되는 스텝 앤드 리피트 방식과 같은 일괄 노광이나 스텝 앤드 스캔 방식과 같은 주사형 노광이 액침 상태에서 행해지더라도, 노광 장치의 원하는 광학 특성을 장기간에 걸쳐 유지할 수 있다. 그럼으로써, 넓은 초점 심도를 유지한 상태에서의 노광이 실현된다.

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명에서의 투영 노광 장치의 개략 구성도이다.

도 2 는 도 1 의 투영 광학계 (PL) 의 광학 소자 (4) 의 선단부 (4A) 와 X 방향용 배출 노즐 및 유입 노즐의 위치 관계를 나타낸 도면이다.

도 3 은 도 1 의 투영 광학계 (PL) 의 광학 소자 (4) 의 선단부 (4A) 와 Y 방향으로부터 액체의 공급 및 회수를 행하는 배출 노즐 및 유입 노즐의 위치 관계를 나타낸 도면이다.

도 4 는 도 1 의 광학 소자 (4) 와 웨이퍼 (W) 사이에 대한 액체 (7) 의 공급 및 회수의 모습을 나타내는 요부 확대도이다.

도 5 는 본 발명의 제 2 실시형태에 있어서 사용되는 투영 노광 장치의 투영 광학계 (PLA) 의 하단부, 액체 공급 장치 (5), 및 액체 회수 장치 (6) 등을 나타내는 정면도이다.

도 6 은 도 5 의 투영 광학계 (PLA) 의 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 와 X 방향용 배출 노즐 및 유입 노즐과의 위치 관계를 나타내는 도면이다.

도 7 은 도 5 의 투영 광학계 (PLA) 의 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 와 Y 방향으로부터 액체의 공급 및 회수를 행하는 배출 노즐 및 유입 노즐과의 위치 관계를 나타내는 도면이다.

도 8 은 본 발명의 광학 소자의 개략 구성도이다.

도 9 는 광학 소자가 형석만으로 구성되어 있는 경우의, ArF 엑시머레이저 (파장 193nm) 에 있어서의 반사율과 입사각의 관계를 나타낸 도면이다.

도 10 은 형석 기체 상에 각 층이 형성된 광학 소자 (105) 의 경우의, ArF 엑시머레이저 (파장 193nm) 에서의 반사율과 입사각의 관계를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 최선의 형태

이하에, 본 발명의 광학 소자 및 그 광학 소자를 사용한 투영 노광 장치의 실시형태에 관해서, 도면을 사용하여 설명하겠지만, 본 발명은 이것에 한정되지 않는다.

우선, 본 발명의 광학 소자에 관해서, 도 8~도 10 을 참조하면서 설명한다. 도 8 에, 본 발명의 광학 소자 (105) 의 단면 구조를 나타낸다. 광학 소자 (105) 는 형석 (CaF_2) 기체 (101) 상에, SiO_2 층 (102), Al_2O_3 층 (103) 및 SiO_2 층 (104) 이 차례로 적층되어 있다. 이들 층 또는 최(最)표면의 SiO_2 층이 내침식성 막 (내식성 막) 으로서 기능한다. 형석 기체 (101) 는 렌즈 형상으로 성형되어 있고, 두께 20mm 이다. SiO_2 층 (102), Al_2O_3 층 (103) 및 SiO_2 층 (104) 의 광학적 막두께는 각각, 설계 주파장 λ (예를 들어, $\lambda=193\text{nm}$) 에 대하여 0.37λ , 0.05λ 및 0.37λ 이 되도록 형성되어 있다. 각 층은 치밀한 막의 형성을 가능하게 하는 점에서, 알려진 스퍼터법을 이용하였다. 또, 막형성 방법은 스퍼터법에 한정되지 않고, 치밀한 막을 형성할 수 있으면, 이온 빔 어시스트법, 이온 플레이팅법, 가열 증착법 등을 이용해도 된다. 또, 상기 내침식성 막은 기체 (101) 의 양측에 각각 형성될 수도 있고, 기체 (101) 의 광조사 부분에만 형성될 수도 있다.

[반사율 특성의 조사]

상기한 바와 같이 하여 얻어진 광학 소자 (105) 로의 빛의 입사각에 대한 반사율 특성에 관해서 조사하였다. 광학 소자 (105) (이하, 광학 소자 A 라고 함) 와의 비교를 위해, SiO_2 층 및 Al_2O_3 층이 적층되어 있지 않은 형석 기체, 즉 형석 기체만으로 구성된 광학 소자 (이하, 광학 소자 B 라고 함) 를 준비하였다. 광학 소자 A 와 광학 소자 B 에, 각각 입사각을 변화시키면서, 노광 장치의 노광광으로서 사용되는 파장 193nm 의 ArF 엑시머레이저광을 조사하여 그 반사율을 측정하였다. 얻어진 결과를 도 9 및 10 에 나타낸다. 또, 반사율은 서로 직교하는 S 편광과 P 편광에 대해 측정하였다.

도 9 는 광학 소자 B 의 입사각에 대한 반사율 특성을 나타내는 그래프이다. 도 9 에 나타내는 바와 같이, 광학 소자 B 에 대한 S 편광과 P 편광의 평균 반사율은 광학 소자가 사용되는 최대 입사각 40도까지의 모든 영역에서 약 0.04% 이하이었다.

도 10 은 광학 소자 A 의 입사각에 대한 반사율 특성을 나타내는 그래프이다. 도 10 에 나타내는 바와 같이, S 편광과 P 편광의 평균 반사율은 본 광학 소자가 사용되는 최대 입사각 40도까지의 모든 영역에서 약 0.04% 이하이었다.

즉, 광학 소자 A 는 형석만으로 구성되어 있는 광학 소자 B 와 동일하게, 광학 소자로서 사용되는 모든 입사각 영역에서 S 편광과 P 편광의 평균 반사율이 낮은 값을 나타내고 있어, 광학 소자 B 대신에, 투영 노광 장치의 투영 광학계의 선단부에 탑재할 수 있음을 알 수 있다.

[내침식성의 평가]

다음으로, 광학 소자 A 및 광학 소자 B 를 각각 70°C 의 순수에 3시간 담금으로써 내침식성의 가속 시험을 실시하였다. 침식 전후에서의 광학 소자의 표면 조도를 AFM (원자간력 현미경) 및 접촉식 조도 측정기를 사용하여 측정하였다. 70°C 의 순수에 3시간 담그는 것은 실온의 순수에 약 10일간 담그는 것과 같다고 생각된다.

형석만으로 구성된 광학 소자 B 를, 상기 순수에 담그기 전의 표면 조도는 3ÅRMS 이었다. 광학 소자 B 의 순수에 담근 후의 표면 조도는 약 3000ÅRMS 이었으므로, 약 1000배의 조도로 침식되었음을 알 수 있다. 이와 같이 광학 소자 표면의 표면 조도가 3000ÅRMS 이면, 빛의 산란이 많이 발생되기 때문에, 광학 소자의 투과율이 저하됨과 함께, 설정 광로로부터의 어긋남이 발생되기 때문에 의도한 원하는 광학 성능을 발휘할 수 없게 된다.

한편, 본 발명에 따른 광학 소자 A 의 상기 순수에 담그기 전의 표면 조도는 11ÅRMS 이었다. 이 광학 소자 A 의 순수에 담근 후의 표면 조도는 14ÅRMS 이었다. 따라서, 순수에 담근 전후로 광학 소자의 표면 조도에 거의 변화가 없음을 알 수

있다. 그러므로, 광학 소자 A 는 순수에 담겨진 후, 즉 액침 노광을 행하더라도 원하는 광학 성능을 유지할 수 있다. 그 이유는 형식 기관 표면 상에 형성된 산화물 피막이 순수에 대한 내침식성을 구비하고 있어, 형식 기관의 침식을 방지하기 때문인 것으로 생각된다.

본 실시형태의 광학 소자 A 에서는 형식 기체 상에 산화물로 이루어지는 3층의 다층막을 형성하였지만, SiO₂ (광학 막두께: 0.55λ), Al₂O₃ 등의 단층막을 형성한 경우에도 동일한 효과가 얻어지는 것을 알 수 있었다. 또, 내침식성의 다층막 또는 단층막의 막두께는 특별히 한정되지 않지만, 형식 기관 표면의 막의 커버 성능을 확보하고 또한 각도 반사 방지 성능을 확보한다는 관점에서, 50Å ~ 2000Å 이 바람직하다.

또한, 본 실시형태에서는 형식 기관 상에 SiO₂층이나 Al₂O₃층을 형성하였지만, 이들 대신에 또는 이들과 함께 YF₃, MgF₂, LaF₃ 등의 불화물층을 단층 또는 조합하여 형성해도 된다.

다음으로, 상기 실시형태의 광학 소자가 적용된 투영 노광 장치를 설명하는 제 2 실시형태에 관해서, 도 1 ~ 도 4 를 참조하면서 설명한다. 본 실시형태의 투영 노광 장치는 기관의 쇼트 영역을 일괄 노광하는 스텝 앤드 리피트 방식의 투영 노광 장치이다.

도 1 은 본 실시형태의 투영 노광 장치의 개략 구성도이다. 도 1 에 있어서, 노광 광원으로서의 ArF 엑시머레이저 광원, 오피컬 인테그레이터 (호모지나이저), 시야 조리개, 콘덴서 렌즈 등을 포함하는 조명 광학계 (1) 로부터 사출된 파장 193nm 의 자외 펄스광으로 이루어지는 노광광 (IL) 은 레티클 (R) 에 형성된 패턴을 조명한다. 레티클 (R) 의 패턴은 양측 (또는 웨이퍼 (W) 측에 편측) 텔레센트릭한 투영 광학계 (PL) 를 통해 소정 투영 배율 (β) (β 는 예를 들어 1/4, 1/5 등) 로 포토레지스트가 도포된 웨이퍼 (W) 상의 노광 영역에 축소 투영된다. 또, 노광광 (IL) 으로서는 KrF 엑시머레이저광 (파장 248nm), F₂ 레이저광 (파장 157nm) 이나 수은 램프의 i선 (파장 365nm) 등을 사용해도 된다.

이하의 설명에서, 투영 광학계 (PL) 의 광축 (AX) 에 평행한 방향을 Z축으로 하고, Z축에 수직인 평면 내에서 도 1 의 지면에 수직인 방향을 Y축으로 하고, 도 1 의 지면에 평행하게 X축으로 한다.

레티클 (R) 은 레티클 스테이지 (RST) 상에 유지되고, 레티클 스테이지 (RST) 에는 X방향, Y방향, 회전 방향으로 레티클 (R) 을 미동하는 기구가 장착되어 있다. 레티클 스테이지 (RST) 의 2차원적인 위치, 및 회전각은 레이저 간섭계 (도시하지 않음) 에 의해서 리얼 타임으로 계측되고, 이 계측치에 기초하여 주제어계 (14) 가 레티클 (R) 의 위치 결정을 행한다.

한편, 웨이퍼 (W) 는 웨이퍼 홀더 (도시하지 않음) 를 통해 웨이퍼 (W) 의 포커스 위치 (Z 방향의 위치) 및 경사각을 제어하는 Z 스테이지 (9) 상에 고정되어 있다. Z 스테이지 (9) 는 투영 광학계 (PL) 의 이미지면과 실질적으로 평행한 XY 평면을 따라 이동하는 XY 스테이지 (10) 상에 고정되고, XY 스테이지 (10) 는 베이스 (11) 상에 탑재되어 있다. Z 스테이지 (9) 는 웨이퍼 (W) 의 포커스 위치 (Z 방향의 위치), 및 경사각을 제어하여 웨이퍼 (W) 상의 표면을 오토 포커스 방식, 및 오토 레벨링 방식으로 투영 광학계 (PL) 의 이미지면에 맞추어 넣고, XY 스테이지 (10) 는 웨이퍼 (W) 의 X 방향, 및 Y 방향의 위치 결정을 행한다. Z 스테이지 (9) (웨이퍼 W) 의 2차원적인 위치, 및 회전각은 이동거울 (12) 의 위치로서 레이저 간섭계 (13) 에 의해서 리얼 타임으로 계측되고 있다. 이 계측 결과에 따라서 주제어계 (14) 로부터 웨이퍼 스테이지 구동계 (15) 에 제어 정보가 보내지고, 이것에 기초하여 웨이퍼 스테이지 구동계 (15) 는 Z 스테이지 (9), XY 스테이지 (10) 의 동작을 제어한다. 노광시에는 웨이퍼 (W) 상의 각 쇼트 영역을 순차적으로 노광 위치로 단계 이동시켜, 레티클 (R) 의 패턴 이미지를 노광하는 동작이 스텝 앤드 리피트 방식으로 반복된다.

본 실시형태의 투영 노광 장치에서는 노광 파장을 실질적으로 짧게 하여 해상도를 향상시킴과 함께, 초점 심도를 실질적으로 넓게 하기 위해서 액침법을 적용하였다. 그래서, 적어도 레티클 (R) 의 패턴 이미지를 웨이퍼 (W) 상에 전사하고 있는 동안에는 웨이퍼 (W) 의 표면과 투영 광학계 (PL) 의 선단면 (하면) 사이에 소정 액체 (7) 를 채워 둔다. 투영 광학계 (PL) 는 상기 실시형태에서 제조한 광학 소자 (4) 를 포함하는 복수의 광학 소자와 그들의 광학 소자를 수납하는 경통 (3) 을 갖고, 광학 소자 (4) 는 경통의 웨이퍼측의 단부 (하단) 에 광학 소자 (4) 가 노출되도록 장착되어 있다 (도 4, 5 참조). 이와 같이 장착되어 있음으로써, 광학 소자 (4) 만이 액체 (7) 가 접촉하도록 구성되어 있다. 그럼으로써, 금속으로 이루어지는 경통 (鏡筒)(3) 의 부식 등을 방지하고 있다. 액체 (7) 로서, 본 실시형태에서는 순수를 사용하였다. 순수는 반도체 제조 공장 등에서 용이하게 대량 입수할 수 있음과 함께, 웨이퍼 상의 포토레지스트나 광학 렌즈 등에 대한 악영향이 없는 이점이 있다. 또한, 순수는 환경에 대한 악영향이 없음과 함께, 불순물의 함유량이 매우 낮기 때문에, 웨이퍼의 표면을 세정하는 작용도 기대할 수 있다.

또한, 파장이 200nm 정도의 노광광에 대한 순수(물)의 굴절률(n)은 대략 1.47~1.44 정도로 알려져 있고, ArF 엑시머 레이저광의 파장 193nm는 웨이퍼(W)상에서는 1/n, 즉 약 131~134nm 정도로 단파장화되어 높은 해상도가 얻어진다. 또한, 초점 심도는 공기 중에 비하여 약 n배, 즉 약 1.47~1.44배 정도로 확대되기 때문에, 공기 중에서 사용하는 경우와 같은 정도의 초점 심도를 확보할 수 있으면 되는 경우에는 투영 광학계(PL)의 개구수를 보다 증가시킬 수 있어, 이 점에서 해상도가 향상된다.

액체(7)는 그 액체를 수용하는 탱크, 가압 펌프, 온도 제어 장치 등으로 이루어지는 액체 공급 장치(5)에 의해서, 소정 배출 노즐 등을 통해 웨이퍼(W)상에 온도 제어된 상태로 공급된다. 또한, 웨이퍼(W)상에 공급된 액체(7)는 액체가 수용되는 탱크 및 흡인 펌프 등으로 이루어지는 액체 회수 장치(6)에 의해서, 소정 유입 노즐 등을 통해 회수된다. 액체(7)의 온도는 예를 들어 본 실시형태의 투영 노광 장치가 수납되어 있는 챔버 내의 온도와 같은 정도로 설정되어 있다. 본 실시형태의 투영 노광 장치에는 투영 광학계(PL)의 광학 소자(4)의 선단부를 X 방향으로 사이에 두도록 선단부가 가늘게 된 배출 노즐(21a), 및 선단부가 넓게 된 2개의 유입 노즐(23a, 23b)(도 2 참조)이 배치되어 있다. 배출 노즐(21a)은 공급관(21)을 통해 액체 공급 장치(5)에 접속되고, 유입 노즐(23a, 23b)은 회수관(23)을 통해 액체 회수 장치(6)에 접속되어 있다. 또한, 상기 1쌍의 배출 노즐(21a) 및 유입 노즐(23a, 23b)을 광학 소자(4)의 선단부의 중심에 대하여 약 180° 회전한 위치에 다른 1쌍의 배출 노즐 및 유입 노즐, 그리고 광학 소자(4)의 선단부를 Y 방향으로 사이에 두도록 배치된 2쌍의 배출 노즐 및 유입 노즐도 배치되어 있다(도 2 및 도 3 참조).

도 2는 도 1의 투영 광학계(PL)의 광학 소자(4)의 선단부(4A) 및 웨이퍼(W)와, 그 선단부(4A)를 X 방향으로 사이에 두는 2쌍의 배출 노즐 및 유입 노즐의 위치 관계를 나타낸 도면이다. 도 2에 있어서, 선단부(4A)의 +X 방향측에 배출 노즐(21a)이, -X 방향측에 유입 노즐(23a, 23b)이 각각 배치되어 있다. 또한, 유입 노즐(23a, 23b)은 선단부(4A)의 중심을 지나 X축에 평행한 축에 대하여 부채 형상에 벌어진 형태로 배치되어 있다. 또한, 1쌍의 배출 노즐(21a) 및 유입 노즐(23a, 23b)을 선단부(4A)의 중심에 대하여 약 180° 회전한 위치에, 다른 1쌍의 배출 노즐(22a) 및 유입 노즐(24a, 24b)이 배치되어 있다. 배출 노즐(22a)은 공급관(22)을 통해 액체 공급 장치(5)에 접속되고, 유입 노즐(24a, 24b)은 회수관(24)을 통해 액체 회수 장치(6)에 접속되어 있다.

또한, 도 3은 도 1의 투영 광학계(PL)의 광학 소자(4)의 선단부(4A)와, 그 선단부(4A)를 Y 방향으로 사이에 두는 2쌍의 배출 노즐 및 유입 노즐과의 위치 관계를 나타낸다. 도 3에 있어서, 선단부(4A)의 +Y 방향측에 배출 노즐(27a)이, -Y 방향측에 유입 노즐(29a, 29b)이 각각 배치되어 있다. 배출 노즐(27a)은 공급관(27)을 통해 액체 공급 장치(5)에, 유입 노즐(29a, 29b)은 회수관(29)을 통해 액체 회수 장치(6)에 각각 접속되어 있다. 또한, 1쌍의 배출 노즐(27a) 및 유입 노즐(29a, 29b)을 선단부(4A)의 중심에 대하여 약 180° 회전한 위치에 1쌍의 배출 노즐(28a) 및 유입 노즐(30a, 30b)이 배치되어 있다. 배출 노즐(28a)은 공급관(28)을 통해 액체 공급 장치(5)에, 유입 노즐(30a, 30b)은 회수관(30)을 통해 액체 회수 장치(6)에 각각 접속되어 있다. 액체 공급 장치(5)는 공급관(21, 22, 27, 28)의 적어도 하나를 통해 광학 소자(4)의 선단부(4A)와 웨이퍼(W) 사이에 온도 제어된 액체를 공급하고, 액체 회수 장치(6)는 회수관(23, 24, 29, 30)의 적어도 하나를 통해 웨이퍼(W)상에 공급된 액체를 회수한다.

다음으로, 액체 7의 공급 방법 및 회수 방법에 관해서 설명한다.

도 2에 있어서, 실선으로 나타내는 화살표(25A) 방향(-X 방향)으로 웨이퍼(W)를 단계 이동시킬 때에는 액체 공급 장치(5)는 공급관(21), 및 배출 노즐(21a)을 통해 광학 소자(4)의 선단부(4A)와 웨이퍼(W) 사이에 액체(7)를 공급한다. 그리고, 액체 회수 장치(6)는 회수관(23) 및 유입 노즐(23a, 23b)을 통해 웨이퍼(W)상에서 액체(7)를 회수한다. 이 때, 액체(7)는 웨이퍼(W)상을 화살표(25B) 방향(-X 방향)으로 흐르고 있고, 웨이퍼(W)와 광학 소자(4) 사이에는 액체(7)가 안정된 상태로 채워져 있다.

한편, 2점쇄선으로 나타내는 화살표(26A) 방향(+X 방향)으로 웨이퍼(W)를 단계 이동시킬 때에는 액체 공급 장치(5)는 공급관(22), 및 배출 노즐(22a)을 사용하여 광학 소자(4)의 선단부(4A)와 웨이퍼(W) 사이에 액체(7)를 공급하고, 액체 회수 장치(6)는 회수관(24) 및 유입 노즐(24a, 24b)을 사용하여 액체(7)를 회수한다. 이 때, 액체(7)는 웨이퍼(W)상을 화살표(26B) 방향(+X 방향)으로 흐르고 있고, 웨이퍼(W)와 광학 소자(4) 사이에는 액체(7)가 안정된 상태로 채워져 있다. 이와 같이, 본 실시형태의 투영 노광 장치에서는 X 방향으로 서로 반대된 2쌍의 배출 노즐과 유입 노즐을 설치하고 있기 때문에, 웨이퍼(W)를 +X 방향, 또는 -X 방향의 어느 방향으로 이동시키는 경우에도, 웨이퍼(W)와 광학 소자(4) 사이에 액체(7)를 안정된 상태로 채워 둘 수 있다.

또한, 본 실시형태의 노광 장치에서는 액체(7)가 웨이퍼(W)상을 흐르기 때문에, 웨이퍼(W)상에 이물이 부착되어 있는 경우라도, 그 이물을 액체(7)에 의해 쓸려나가게 할 수 있다. 또한, 액체(7)는 액체 공급 장치(5)에 의해 소정 온도

로 조정되어 있기 때문에, 웨이퍼 (W) 표면의 온도 조정이 행해져, 노광시에 발생하는 열에 의한 웨이퍼의 열팽창에 기인하는 중첩 정밀도 등의 저하를 방지할 수 있다. 따라서, EGA (인헨스트 글로벌 얼라인먼트) 방식의 얼라인먼트와 같이, 얼라인먼트부터 노광까지의 사이에 어느 정도의 시간이 있는 경우이더라도, 그 사이에 발생될 수 있는 웨이퍼의 열팽창으로 인한 중첩 정밀도의 저하를 방지할 수 있다. 또한, 본 실시형태의 투영 노광 장치에서는 웨이퍼 (W) 를 이동시키는 방향과 동일한 방향으로 액체 (7) 가 흐르고 있기 때문에, 이물이나 열을 흡수한 액체를 광학 소자 (4) 의 선단부 (4A) 바로 아래의 노광 영역 상에 채류시키지 않고 회수할 수 있다.

또한, 웨이퍼 (W) 를 Y 방향으로 단계 이동시킬 때에는 Y 방향으로부터 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행한다. 즉, 도 3 에 있어서 실선으로 나타내는 화살표 (31A) 방향 (-Y 방향) 으로 웨이퍼를 단계 이동시킬 때에는, 액체 공급 장치 (5) 는 공급관 (27), 배출 노즐 (27a) 을 통해 액체를 공급하고, 액체 회수 장치 (6) 는 회수관 (29) 및 유입 노즐 (29a, 29b) 을 사용하여 액체의 회수를 행한다. 그럼으로써, 액체는 광학 소자 (4) 의 선단부 (4A) 바로 아래의 노광 영역 상을 화살표 (31B) 방향 (-Y 방향) 으로 흐른다. 또한, 웨이퍼를 2점쇄선으로 나타내는 화살표 (33A) 방향 (+Y 방향) 으로 단계 이동시킬 때에는 공급관 (28), 배출 노즐 (28a), 회수관 (30) 및 유입 노즐 (30a, 30b) 을 사용하여 액체의 공급 및 회수가 행해진다. 그럼으로써, 액체는 선단부 (4A) 바로 아래의 노광 영역 상을 화살표 (33B) 방향 (+Y 방향) 으로 흐른다. 따라서, 웨이퍼 (W) 를 X 방향으로 이동시키는 경우와 동일하게, 웨이퍼 (W) 를 +Y 방향, 또는 -Y 방향의 어느 방향으로 이동시키는 경우에도, 웨이퍼 (W) 와 광학 소자 (4) 의 선단부 (4A) 사이에 액체 (7) 를 안정된 상태로 채울 수 있다.

또, X 방향, 또는 Y 방향으로부터 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행하는 노즐 뿐만 아니라, 예를 들어 비스듬한 방향에서 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행하기 위한 노즐을 설치해도 된다.

다음으로, 액체 (7) 의 공급량 및 회수량의 제어 방법에 관해서 설명한다. 도 4 는 투영 광학계 (PL) 의 광학 소자 (4) 와 웨이퍼 (W) 사이에 대한 액체의 공급 및 회수의 모습을 나타낸다. 도 4 에 있어서, 웨이퍼 (W) 는 화살표 (25A) 방향 (-X 방향) 으로 이동하고 있고, 배출 노즐 (21a) 을 통해 공급된 액체 (7) 는 화살표 (25B) 방향 (-X 방향) 으로 흘러, 유입 노즐 (23a, 23b) 에 의해 회수된다. 광학 소자 (4) 와 웨이퍼 (W) 사이에 존재하는 액체 (7) 의 양을 웨이퍼 (W) 의 이동 중에도 일정하게 유지하기 위해서, 본 실시형태에서는 액체 (7) 의 공급량 V_i (m³/s) 과 회수량 V_o (m³/s) 을 동등하게 하고, 또한, 액체 (7) 의 공급량 V_i 및 회수량 (V_o) 을 XY 스테이지 (10) (웨이퍼 (W)) 의 이동 속도 (v) 에 비례하도록 조정하였다. 즉, 주제어계 (14) 는 액체 (7) 의 공급량 (V_i) 및 회수량 (V_o) 을, 이하의 식에 의해 결정한다.

$$V_i=V_o=D \cdot v \cdot d \cdot \cdot \cdot (3)$$

여기서, 도 1 에 나타내는 바와 같이, D 는 광학 소자 (4) 의 선단부의 직경 (m), v 는 XY 스테이지 (10) 의 이동 속도 (m/s), d 는 투영 광학계 (PL) 의 작동 거리 (워킹 디스턴스, 광학 소자 (4) 의 최하면과 웨이퍼 (W) 표면과의 거리) (m) 이다. XY 스테이지 (10) 를 단계 이동할 때의 속도 (v) 는 주제어계 (14) 에 의해 설정된다. 또한, D 및 d 는 미리 주제어계 (14) 에 입력 (기억) 되어 있기 때문에, (3) 식에 기초하여 액체 (7) 의 공급량 (V_i), 및 회수량 (V_o) 을 조정함으로써, 도 4 의 광학 소자 (4) 와 웨이퍼 (W) 사이에는 상시 액체 (7) 가 채워진 상태가 된다.

또, 투영 광학계 (PL) 의 작동거리 (d) 는 투영 광학계 (PL) 와 웨이퍼 (W) 사이에 액체 (7) 를 안정되게 존재시키기 위해서는 될 수 있는 한 짧게 하는 것이 바람직하다. 그러나, 작동 거리 (d) 가 지나치게 작으면 웨이퍼 (W) 의 표면이 광학 소자 (4) 에 접촉할 우려가 있기 때문에, 어느 정도의 여유를 가질 필요가 있다. 그래서, 작동 거리 (d) 는 일례로서 2mm 정도로 설정된다.

다음으로, 본 발명의 제 3 실시형태를, 도 5~도 7 을 참조하면서 설명한다. 본 실시형태에서는 상기 실시형태의 광학 소자가 스텝 앤드 스캔 방식의 투영 노광 장치에 적용되어 있다.

도 5 는 본 실시형태의 투영 노광 장치의 투영 광학계 (PLA) 의 하부, 액체 공급 장치 (5), 및 액체 회수 장치 (6) 등을 나타내는 정면도이다. 또, 도 4 와 동일 또는 동등한 구성 요소에 관해서는 동일한 부호를 붙여 나타낸다. 도 5 에 있어서, 투영 광학계 (PLA) 의 경통 (3A) 의 최하단의 광학 소자 (32) 는 선단부 (32A) 가 주사 노광에 필요한 부분만을 남기고 Y 방향 (비주사 방향) 으로 가늘고 긴 직사각형상으로 형성되어 있다. 광학 소자 (32) 는 제 1 실시형태에서 제조한 광학 소자와 동일한 내침식성 막을 형성 기체 상에 갖는 광학 소자이다. 주사 노광시에는 선단부 (32A) 바로 아래의 직사각형의 노광 영역에 레티클의 일부의 패턴 이미지가 투영되고, 투영 광학계 (PLA) 에 대하여, 레티클 (도시하지 않음) 이 -X 방향 (또는 +X 방향) 으로 속도 V 로 이동하는 데에 동기하여, XY 스테이지 (10) 를 통해 웨이퍼 (W) 가 +X 방향 (또는 -X 방향) 으로 속도 $\beta \cdot V$ (β 는 투영 배율) 로 이동한다. 그리고, 1개의 쇼트 영역에 대한 노광 종료 후에, 웨이퍼 (W) 의 스테핑에 의해서 다음의 쇼트 영역이 주사 개시 위치로 이동하고, 이하 스텝 앤드 스캔 방식으로 각 쇼트 영역에 대한 노광이 순차적으로 행해진다.

본 실시형태에 있어서도, 액침법의 적용에 의해서, 주사 노광 중에는 광학 소자 (32) 와 웨이퍼 (W) 의 표면 사이에 액체 (7) 가 채워진다. 액체 (7) 의 공급 및 회수는 제 2 실시형태와 동일하게 하여, 각각 액체 공급 장치 (5) 및 액체 회수 장치 (6) 를 사용하여 행해진다.

도 6 은 투영 광학계 (PLA) 의 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 와 액체 (7) 를 X 방향으로 공급, 회수하기 위한 배출 노즐 및 유입 노즐과의 위치 관계를 나타낸 도면이다. 도 6 에 있어서, 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 의 형상은 Y 방향으로 가늘고 긴 직사각형으로 되어 있고, 투영 광학계 (PLA) 의 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 를 X 방향으로 사이에 두도록 +X 방향측에 3개의 배출 노즐 (21a~21c) 이 배치되고, -X 방향측에 2개의 유입 노즐 (23a, 23b) 이 배치되어 있다.

그리고, 배출 노즐 (21a~21c) 은 공급관 (21) 을 통해 액체 공급 장치 (5) 에 접속되고, 유입 노즐 (23a, 23b) 은 회수관 (23) 을 통해 액체 회수 장치 (6) 에 접속되어 있다. 또한, 배출 노즐 (21a~21c) 과 유입 노즐 (23a, 23b) 을 선단부 (32A) 의 중심에 대하여 대략 180°회전한 위치에, 배출 노즐 (22a~22c) 과 유입 노즐 (24a, 24b) 을 배치하고 있다. 배출 노즐 (21a~21c) 과 유입 노즐 (24a, 24b) 은 Y 방향으로 교대로 배열되고, 배출 노즐 (22a~22c) 과 유입 노즐 (23a, 23b) 은 Y 방향으로 교대로 배열되어 있다. 배출 노즐 (22a~22c) 은 공급관 (22) 을 통해 액체 공급 장치 (5) 에 접속되고, 유입 노즐 (24a, 24) 은 회수관 (24) 을 통해 액체 회수 장치 (6) 에 접속되어 있다.

그리고, 실선의 화살표로 나타내는 주사 방향 (-X 방향) 으로 웨이퍼 (W) 를 이동시켜 주사 노광을 행하는 경우에는 공급관 (21), 배출 노즐 (21a~21c), 회수관 (23), 및 유입 노즐 (23a, 23b) 을 사용하여 액체 공급 장치 (5) 및 액체 회수 장치 (6) 에 의해서 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행하고, 광학 소자 (32) 와 웨이퍼 (W) 사이를 채우도록 -X 방향으로 액체 (7) 를 흐르게 한다. 또한, 2점쇄선의 화살표로 나타내는 방향 (+X 방향) 으로 웨이퍼 (W) 를 이동시켜 주사 노광을 행하는 경우에는 공급관 (22), 배출 노즐 (22a~22c), 회수관 (24), 및 유입 노즐 (24a, 24b) 을 사용하여 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행하고, 광학 소자 (32) 와 웨이퍼 (W) 사이를 채우도록 +X 방향으로 액체 (7) 를 흐르게 한다. 주사 방향에 따라 액체 (7) 를 흐르게 하는 방향을 전환함으로써, +X 방향, 또는 -X 방향의 어느 방향으로 웨이퍼 (W) 를 주사하는 경우에도, 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 와 웨이퍼 (W) 사이를 액체 (7) 에 의해 채울 수 있다. 그럼으로써, 높은 해상도 및 넓은 초점 심도로 노광할 수 있다.

또한, 액체 (7) 의 공급량 (Vi) (m³/s) 및 회수량 (Vo) (m³/s) 은 이하의 식에 의해 결정한다.

$$V_i = V_o = DSY \cdot v \cdot d \cdot \dots (4)$$

여기서, DSY 는 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 의 X 방향의 길이 (m) 이다. 그럼으로써, 주사 노광 중에도 광학 소자 (32) 와 웨이퍼 (W) 사이에 액체 (7) 를 안정된 상태로 채울 수 있다.

또, 노즐의 수나 형상은 특별히 한정되지 않고, 예를 들어 선단부 (32A) 의 장변에 관해서 2쌍의 노즐로 액체 (7) 의 공급 또는 회수를 행하도록 해도 된다. 또, 이 경우에는 +X 방향, 또는 -X 방향의 어느 방향에서나 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행할 수 있도록 하기 위해서, 배출 노즐과 유입 노즐을 상하로 나란히 배치해도 된다.

또한, 웨이퍼 (W) 를 Y 방향으로 단계 이동시킬 때에는 제 2 실시형태와 동일하게, Y 방향으로부터 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행한다.

도 7 은 투영 광학계 (PLA) 의 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 와 Y 방향용 배출 노즐 및 유입 노즐의 위치 관계를 나타낸 도면이다. 도 7 에 있어서, 웨이퍼를 주사 방향에 직교하는 비주사 방향 (-Y 방향) 으로 단계 이동시키는 경우에는 Y 방향으로 배열된 배출 노즐 (27a) 및 유입 노즐 (29a, 29b) 을 사용하여 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행하고, 또한 웨이퍼를 +Y 방향으로 단계 이동시키는 경우에는 Y 방향으로 배열된 배출 노즐 (28a), 및 유입 노즐 (30a, 30b) 을 사용하여 액체 (7) 의 공급 및 회수를 행한다. 또한, 액체 (7) 의 공급량 (Vi) (m³/s) 및 회수량 (Vo) (m³/s) 은 이하의 식에 의해 결정한다.

$$V_i = V_o = DSX \cdot v \cdot d \cdot \dots (5)$$

여기서, DSX 는 광학 소자 (32) 의 선단부 (32A) 의 Y 방향의 길이 (m) 이다. 제 2 실시형태와 동일하게, Y 방향으로 단계 이동시킬 때에도 웨이퍼 (W) 의 이동 속도 (v) 에 따라 액체 (7) 의 공급량을 조정함으로써, 광학 소자 (32) 와 웨이퍼 (W) 사이를 액체 (7) 에 의해 계속적으로 채울 수 있다.

이상과 같이 웨이퍼 (W) 를 이동시킬 때에는, 그 이동 방향에 따른 방향으로 액체를 흐르게 함으로써, 웨이퍼 (W) 와 투영 광학계 (PL) 의 선단부 사이를 액체 (7) 에 의해 계속적으로 채울 수 있다.

또, 상기 실시형태에 있어서 액체 (7) 로서 사용되는 액체는 특별히 순수에 한정되지 않고, 노광광에 대한 투과성이 있으며 될 수 있는 한 굴절률이 높고, 또한 투영 광학계나 웨이퍼 표면에 도포되어 있는 포토레지스트에 대하여 안정적인 것 (예를 들어 시더유 등) 을 사용할 수 있다.

또, 본 발명은 상기 기술한 실시형태에 한정되지 않고, 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위에서 여러 가지의 구성을 취할 수 있음을 물론이다.

본 발명의 광학 소자의 기체는 렌즈 형상으로 하였지만, 이에 한정되지 않고, 종래의 형식 렌즈와 액체 사이에 커버 유리로서, 형식의 판 형상 기판에 막형성한 것을 사용해도 된다.

산업상이용가능성

본 발명의 투영 노광 장치에 의하면, 투영 광학계의 선단부가 액체에 의해서 침식되지 않으므로, 침식된 광학 소자를 교환하기 위해서 장치의 가동을 멈추는 경우가 없다. 그럼으로써, 미세 패턴을 갖는 최종 제품을 효율적으로 생산할 수 있다. 또한, 본 발명의 광학 소자는 침식되지 않으므로, 광학 특성이 안정적이다. 본 발명의 광학 소자를 탑재한 투영 노광 장치를 사용함으로써, 안정된 품질의 최종 제품을 생산할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

소정 패턴을 기판 상에 투영하여 기판을 노광하는 투영 광학계에 사용되는 광학 소자로서,

상기 투영 광학계의 기판측 말단에 장착되는 광학 소자의 기체 (基體) 로서, 그 광학 소자와 기판 사이에 액체가 유지된 상태에서 노광이 행해지는 광학 소자의 기체; 및

상기 액체에 의한 침식을 방지하기 위해서 상기 광학 소자의 기체의 적어도 일부의 표면에 형성된 내침식성 막을 갖는 광학 소자.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 내침식성 막은 산화물 막인 광학 소자.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 산화물 막이 산화규소막 및 산화알루미늄막의 적어도 일방인 광학 소자.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 광학 소자의 기체가 형석 (螢石) 인 광학 소자.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 노광에 사용되는 빛이 ArF 레이저광인 광학 소자.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 액체가 순수(純水)인 광학 소자.

청구항 7.

소정 패턴의 이미지를 액체를 통해 기판에 투영함으로써 기판을 노광하는 노광 장치로서,

상기 패턴의 이미지를 기판에 투영하는 투영 광학계;

상기 투영 광학계의 기판측의 단부에 장착된 광학 소자; 및

상기 광학 소자와 상기 기판 사이에 상기 액체를 공급하는 장치를 구비하고,

상기 광학 소자가, 기체와, 그 기체의 침식을 방지하기 위해서 그 기체의 적어도 일부의 표면에 형성된 내침식성 막을 갖는 노광 장치.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 내침식성 막은 산화물 막인 노광 장치.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 내침식성 막은 산화물 다층막인 노광 장치.

청구항 10.

제 8 항에 있어서,

상기 산화물 막이 산화규소막 및 산화알루미늄막의 적어도 일방인 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 11.

제 7 항에 있어서,

상기 광학 소자의 기체는 형석인 노광 장치.

청구항 12.

제 11 항에 있어서,

상기 노광에 사용되는 빛이 ArF 레이저광인 노광 장치.

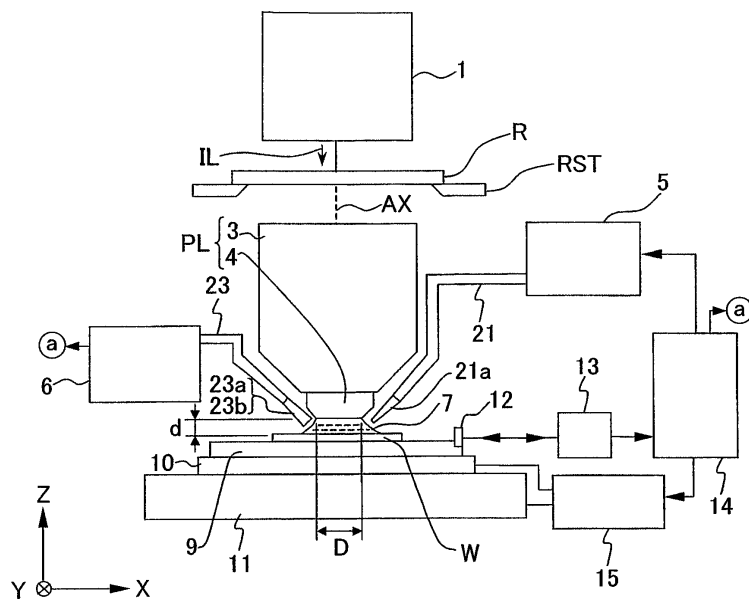
청구항 13.

제 7 항에 있어서,

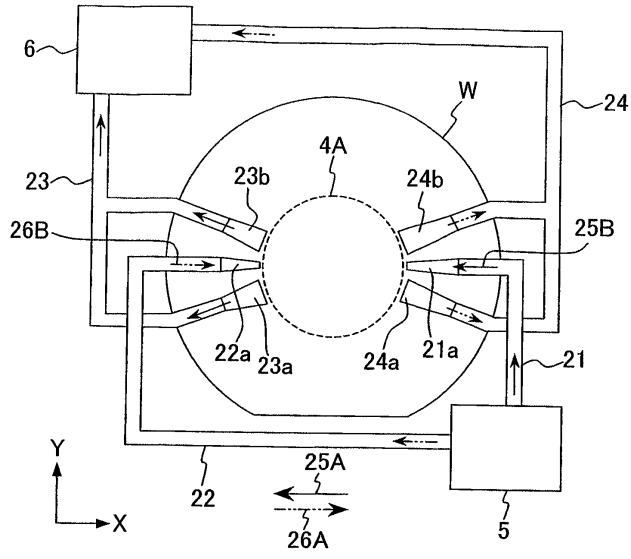
상기 액체가 순수인 노광 장치.

도면

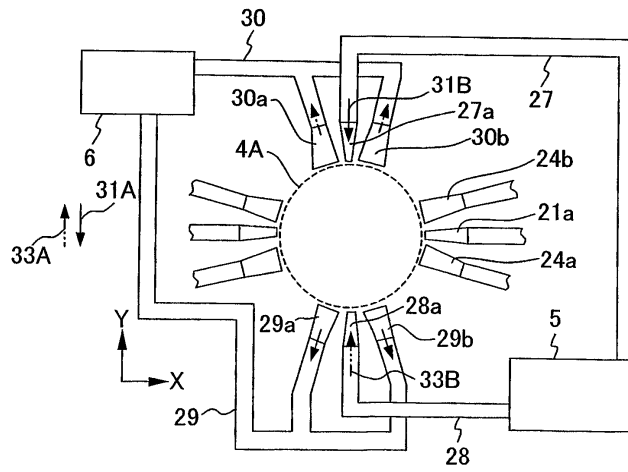
도면1



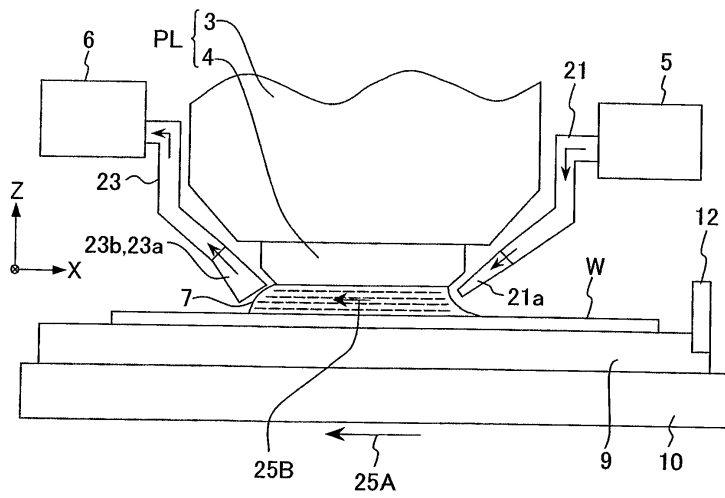
도면2



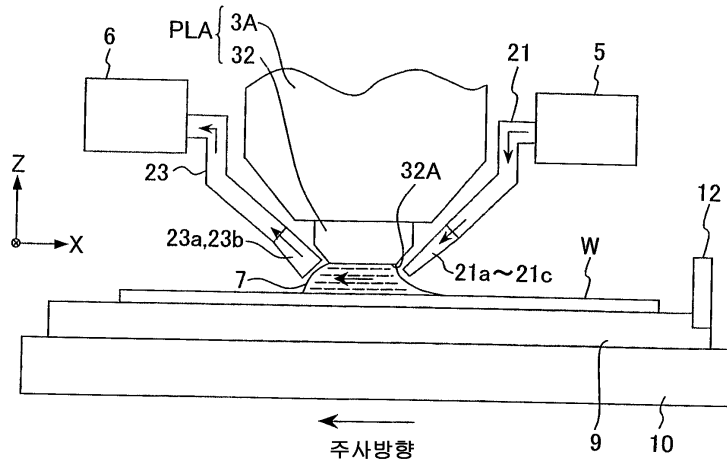
도면3



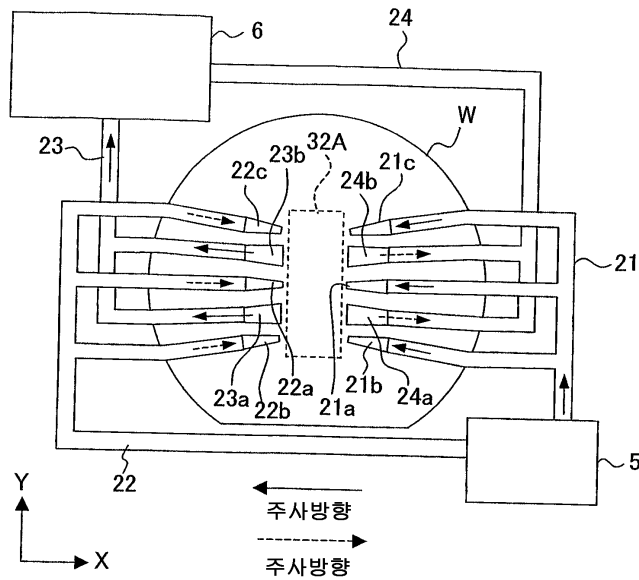
도면4



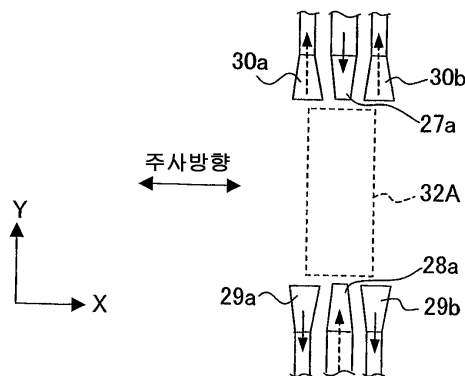
도면5



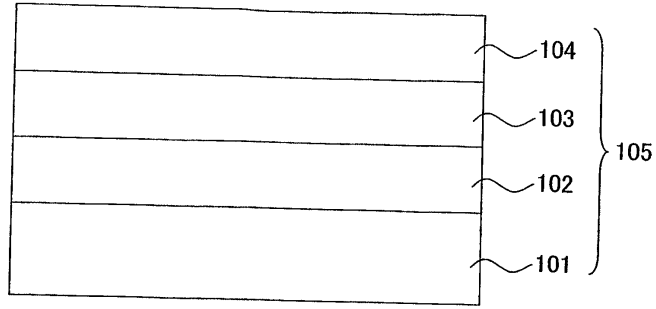
도면6



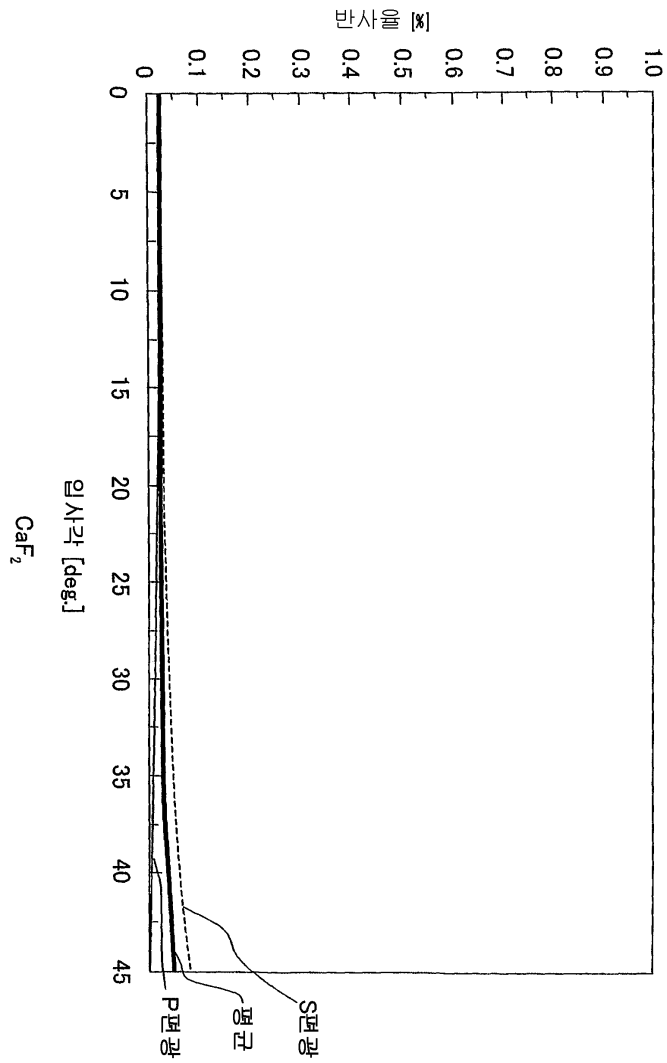
도면7



도면8



도면9



도면10

