



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월11일
(11) 등록번호 10-1664642
(24) 등록일자 2016년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7029481(분할)
(22) 출원일자(국제) 2004년09월29일
심사청구일자 2014년11월19일
(85) 번역문제출일자 2014년10월21일
(65) 공개번호 10-2014-0129398
(43) 공개일자 2014년11월06일
(62) 원출원 특허 10-2014-7005637
원출원일자(국제) 2004년09월29일
심사청구일자 2014년03월28일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2004/014693
(87) 국제공개번호 WO 2005/031799
국제공개일자 2005년04월07일
(30) 우선권주장
JP-P-2003-338420 2003년09월29일 일본(JP)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
KR1019980032589 A*
KR1020010034274 A*
US5798838 A
JP평성08279549 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 니콘
일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 15반 3고
(72) 발명자
니시나가 히사시
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키가이샤 니콘 나이
히키마 이쿠오
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키가이샤 니콘 나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 22 항

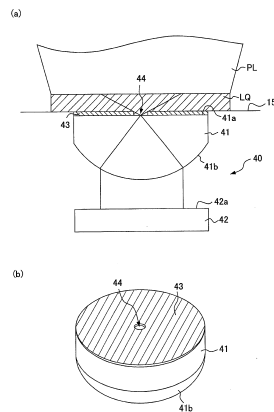
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 노광장치, 노광방법 및 디바이스 제조방법

(57) 요약

투영광학계(PL)로부터 액체(LQ)에 입사한 노광광 중, 광투과부(44)에 입사한 노광광은 기체 속을 통과하지 않고 광학부재(41)에 입사하여 수렴된다. 노광장치는 투영광학계의 개구수가 증대하여도 투영광학계로부터의 노광광을 수광하여 각종 계측을 할 수 있다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

도요다 미츠노리

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

나카가와 마사히로

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

하가와라 츠네유키

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

미즈노 야스시

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

기타 나오토리

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

다니츠 오사무

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

에무라 노조무

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
가부시키키가이샤 닌콘 나이

(30) 우선권주장

JP-P-2003-344938 2003년10월02일 일본(JP)

JP-P-2004-042931 2004년02월19일 일본(JP)

명세서

청구범위

청구항 1

투영 광학계로부터의 광에 의해 액체를 통하여 기관을 노광하는 노광 장치로서,

상기 투영 광학계에 대해 이동 가능한 스테이지;

상기 스테이지 상에 액체를 공급하는 액체공급장치;

상기 투영 광학계로부터 상기 광을 투과시키도록 상기 스테이지에 형성된 광학부재; 및

상기 광학부재를 투과한 상기 광을 검출하는 수광소자를 포함하고,

상기 광학부재는 제 1 면 및 제 2 면을 갖고, 상기 제 1 면은, 상기 스테이지의 상면의 높이가 일치하도록 배치되며 또한 상기 액체공급장치에 의해 공급된 상기 액체와 접촉하도록 배치되고, 상기 제 2 면은, 상기 제 1 면으로부터 상기 광학부재 내에 입사한 상기 광이 상기 제 2 면으로부터 사출되도록 배치되며,

상기 수광소자는, 상기 제 1 면 상의 액체를 통해 상기 제 1 면으로부터 상기 광학부재 내에 입사하고 상기 제 2 면으로부터 사출되는 상기 광을 수광하기 위하여, 상기 제 2 면과 맞대어 있는 수광면을 포함하는, 노광 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 스테이지에 형성되고, 상기 기관의 상면과 상기 스테이지의 상면의 높이가 일치하도록 상기 기관을 유지하는 기관 유지 부재를 포함하는, 노광 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광학부재는, 상기 제 1 면과 상기 제 2 면 사이에 있어서의 상기 광의 광로에 기체를 개재시키지 않도록 형성되어 있는, 노광 장치.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광학부재는 상기 제 1 면을 갖는 제 1 투과 부재 및 상기 제 2 면을 갖는 제 2 투과 부재를 포함하고, 상기 제 1 투과 부재 및 상기 제 2 투과 부재는 서로 맞대어 있는, 노광 장치.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광학부재는, 상기 광학부재 내의 상기 광을 반사하는 반사면을 갖는, 노광 장치.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 투영 광학계로부터 상기 액체를 통과한 상기 광을 검출하는 복수의 센서들을 포함하고,

상기 복수의 센서들 중 적어도 하나는 상기 광학부재 및 상기 수광소자를 포함하는, 노광 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 복수의 센서들은, 상기 투영 광학계로부터의 상기 광의 광량 분포를 계측하는 조도 불균일 센서, 상기 투영 광학계로부터의 상기 광의 광량을 계측하는 조사량 센서, 상기 투영 광학계의 파면수차를 계측하는 파면수차 계측 센서, 및 상기 투영 광학계에 의해 형성된 공간 이미지를 계측하는 공간 이미지 계측 센서 중 적어도 하나를 포함하는, 노광 장치.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광학부재는, 상기 투영 광학계로부터의 상기 광의 일부를 차단하기 위해 상기 제 1 면의 주위에 형성된 차광 부재를 포함하는, 노광 장치.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 스테이지는, 상기 액체공급장치에 의해 공급된 상기 액체를 배출하기 위한 배출구를 포함하고, 상기 배출구는 상기 스테이지의 상기 상면에 형성되어 있는, 노광 장치.

청구항 10

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 수광소자에 의한 상기 광의 검출 결과에 기초하여, 상기 투영 광학계의 광학 특성을 제어하기 위한 제어 파라미터를 설정하는 제어부를 포함하는, 노광 장치.

청구항 11

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 투영 광학계는 반사 굴절 광학계인, 노광 장치.

청구항 12

투영 광학계로부터의 광에 의해 액체를 통하여 기판을 노광하는 노광 방법으로서,

상기 투영 광학계에 대해 이동 가능한 스테이지에 액체공급장치에 의해 액체를 공급하는 공정;

상기 투영 광학계로부터의 상기 광을 투과시키도록 상기 광의 광로에 광학부재를 배치하여, 상기 광이 상기 광학부재의 제 1 면으로부터 상기 광학부재 내로 입사하고, 상기 광이 상기 광학부재의 제 2 면으로부터 사출되는 공정으로서, 상기 광학부재는 상기 스테이지에 형성되고, 상기 제 1 면은 상기 스테이지의 상면의 높이가 일치하도록 배치되며 또한 상기 액체와 접촉하도록 배치되는, 상기 공정; 및

상기 광학부재를 투과한 상기 광을 수광소자에 의해 검출하는 공정을 포함하고,

상기 수광소자는, 상기 제 1 면 상의 액체를 통해 상기 제 1 면으로부터 상기 광학부재 내에 입사하고 상기 제 2 면으로부터 사출되는 상기 광을 수광하기 위하여, 상기 제 2 면과 맞대어 있는 수광면을 포함하는, 노광 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 기판의 상면과 상기 스테이지의 상면의 높이가 일치하도록 상기 기판을 상기 스테이지에 제공하는 공정을 포함하는, 노광 방법.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 제 1 면과 상기 제 2 면 사이의 상기 광의 광로에 기체가 개재되지 않는, 노광 방법.

청구항 15

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 광학부재는 상기 제 1 면을 갖는 제 1 투과 부재 및 상기 제 2 면을 갖는 제 2 투과 부재를 포함하고, 상기 제 1 투과 부재 및 상기 제 2 투과 부재는 서로 맞대어 있는, 노광 방법.

청구항 16

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 광학부재 내의 상기 광을 반사시키는 공정을 포함하는, 노광 방법.

청구항 17

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 제 1 면의 주위에 형성된 차광 부재로 상기 투영 광학계로부터의 상기 광의 일부를 차단하는 공정을 포함하는, 노광 방법.

청구항 18

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 투영 광학계로부터의 상기 광의 상기 제 1 면에 대한 입사각을 설정하여 광속이 상기 제 1 면 내로 입사하는 공정을 포함하고,

상기 광속은, 상기 광에 포함되며, 상기 투영 광학계의 선단면에 액체가 접촉하지 않으면 상기 선단면에서 전반사 되는, 노광 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 입사각은, 조리개를 포함하는 개방각 조정 수단에 의해 설정되는, 노광 방법.

청구항 20

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 스테이지의 상기 상면에 형성된 배출구를 통해 상기 액체공급장치에 의해 공급된 상기 액체를 배출시키는 공정을 포함하는, 노광 방법.

청구항 21

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 수광소자에 의한 상기 광의 검출 결과에 기초하여, 상기 투영 광학계의 광학 특성을 제어하기 위한 제어 파라미터를 설정하는 공정을 포함하는, 노광 방법.

청구항 22

기판 상에 마이크로 디바이스를 제조하는 디바이스 제조 방법으로서,

제 12 항 또는 제 13 항에 기재된 노광 방법을 사용하여 상기 기판 상에 패턴을 전사하는 공정; 및

상기 패턴에 기초하여, 상기 패턴이 전사된 상기 기판을 처리하는 공정을 포함하는, 디바이스 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 마스크에 형성된 패턴을 기판 상에 전사하여 기판을 노광하는 노광장치 및 노광방법, 그리고 그 노광장치를 사용한 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 반도체소자, 액정표시소자, 촬상장치 (CCD (Charge Coupled Device) 등), 박막자기헤드 등의 마이크로 디바이스의 제조공정 중 하나로서 통상 마련되는 포토리소그래피 공정에서는, 노광대상으로서의 기판 (포토리저스트가 도포된 반도체 웨이퍼 또는 유리플레이트) 에 마스크 또는 레티클 (이하, 이들을 총칭할 때에는 마스크라 함) 에 형성된 패턴의 축소 이미지를 투영 노광하는 노광장치가 사용된다. 최근에는 스텝 앤드 리피트 방식의 축소투영 노광장치 (이른바 스테퍼) 또는 스텝 앤드 스캔 방식의 노광장치가 많이 이용되고 있다.
- [0003] 상기 스테퍼는, 이차원적으로 이동이 자유로운 기판 스테이지 상에 기판을 재치 (載置) 하여 이 기판 스테이지에 의해 기판을 진보 (스테핑) 시키고, 마스크의 패턴의 축소 이미지를 기판 상의 각 쇼트영역에 일괄 노광하는 동작을 순서대로 반복하는 노광장치이다. 또, 스텝 앤드 스캔 방식의 노광장치는 슬릿 형상의 펄스 노광광을 마스크에 조사 (照射) 하고 있는 상태에서, 마스크를 탑재한 마스크 스테이지와 기판을 탑재한 기판 스테이지를 투영광학계에 대하여 서로 동기 이동시키면서 마스크에 형성된 패턴의 일부를 기판의 쇼트 영역에 차차 전사하고, 하나의 쇼트영역에 대한 패턴의 전사가 종료되면 기판을 스테핑시켜 다른 쇼트영역에 패턴을 전사하는 노광장치이다.
- [0004] 또, 이들 노광장치는 투영광학계를 통하여 노광광을 수광하는 복수의 광센서 (수광부) 를 갖고 있고, 이들 광센서의 출력에 기초하여 각종 기계적 조정이나 광학적 조정을 하거나, 각종 동작조건을 결정하여 실제로 기판을 노광할 때의 노광 동작이 최적화되어 있다. 예를 들어 투영광학계를 통과한 노광광의 조도 불균일 (광량 분포) 을 계측하거나 적산 광량 불균일을 계측하기 위한 조도 불균일 센서나, 투영광학계를 통과한 노광광의 조사량 (광량) 을 계측하는 조사량 센서가 기판 스테이지 상에 형성되어 있다. 이러한 조도 불균일 센서에 대해서는 예를 들어 일본 공개특허공보 평08-316133호에, 또한 조사량 센서에 대해서는 예를 들어 국제공개 제 01/008205호에 각각 개시되어 있다.
- [0005] 또한, 최근 디바이스 패턴의 보다 더한 고집적화에 대응하기 위하여 투영광학계의 추가적인 고해상도화가 요망되고 있다. 투영광학계의 해상도는, 사용하는 노광파장이 짧을수록, 또한 투영광학계의 개구수 (開口數) 가 클수록 높아진다. 그 때문에 노광장치에서 사용되는 노광파장은 해마다 단파장화되고 있고, 투영광학계의 개구수도 증대하고 있다. 그리고, 현재 주류인 노광파장은 KrF 엑시머 레이저인 248nm 이지만, 더 단파장의 ArF 엑시머 레이저인 193nm 도 실용화되고 있다. 또한 노광을 할 때에는 해상도와 마찬가지로 초점심도 (DOF) 도 중요해진다. 해상도 (R) 및 초점심도 (δ) 는 각각 이하의 식으로 표시된다.
- [0006]
$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \cdots (1)$$
- [0007]
$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \cdots (2)$$
- [0008] 여기에서, λ 는 노광파장, NA 는 투영광학계의 개구수, k_1 , k_2 는 프로세스 계수이다. (1) 식, (2) 식에서, 해상도 (R) 를 높이기 위해 노광파장 (λ) 을 짧게 하고 개구수 (NA) 를 크게 하면, 초점심도 (δ) 가 좁아지는 것을 알 수 있다.
- [0009] 초점심도 (δ) 가 너무 좁아지면 투영광학계의 이미지면에 대하여 기판 표면을 합치시키는 것이 곤란해져, 노광 동작시의 포커스 마진이 부족할 우려가 있다. 그래서, 실질적으로 노광파장을 짧게 하고, 또한 초점심도를 넓히는 방법으로서, 예를 들어 국제공개 제99/49504호에 개시되어 있는 액침법이 제안되어 있다. 이 액침법은 투영광학계의 하면과 기판 표면 사이를 물이나 유기용매 등의 액체로 채워 액침영역을 형성하고, 액체 중에서의 노광광의 파장이 공기 중의 $1/n$ (n 은 액체의 굴절률이며 통상 1.2~1.6 정도) 이 되는 것을 이용하여 해상도를 향상시킴과 함께, 초점심도를 약 n 배로 확대하는 것이다.
- [0010] 그런데, 상기 서술한 광센서 (수광부) 는, 투영광학계의 이미지면 측에 배치되는 광투과부를 갖고 있고, 그 광투과부를 통하여 광을 수광하고 있기 때문에, 액침법의 채용 등에 의해 투영광학계의 개구수가 증대하여 노광광의 입사각 (최외 광선과 광축이 이루는 각도) 이 커지면 광투과부에서 사출 (射出) 되는 광의 확산도 커져 양호하게 수광할 수 없을 우려가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 투영광학계의 개구수가 증대하더라도 각종 계측을 정밀도 좋게 실행할 수 있고, 특히 액침식 노광법을 채용한 경우에도 각종 계측을 양호하게 실시할 수 있는 노광장치 및 노광방법, 그리고 그 노광장치를 사용한 디바이스 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 또한 본 발명은, 투영광학계를 통한 광을 양호하게 수광할 수 있는 수광기를 가진 노광장치 및 노광방법, 그리고 디바이스 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 실시형태에 나타내는 도 1~도 45에 대응한 이하의 구성을 채용하고 있다. 단, 각 요소에 붙인 괄호 안의 부호는 그 요소의 예시에 불과하며, 각 요소를 한정하는 것은 아니다.
- [0014] 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 노광광을 액체를 통하여 기관(W, P) 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치(EX)로서, 투영광학계(PL); 및 상기 투영광학계의 이미지면 측에 형성된 광투과부(31, 32, 271) 및 상기 투영광학계를 통과한 노광광을 그 광투과부를 통하여 수광하는 수광기(36, 37, 276, 290)를 갖는 계측장치(27, 270)를 구비하고; 상기 계측장치의 수광기가, 상기 투영광학계와 상기 광투과부 사이에 액체가 존재하지 않는 상태에서 상기 광투과부 및 투영광학계를 통과한 노광광을 수광하는 노광장치가 제공된다. 상기 계측장치는 조사 불균일 센서, 조사량 센서 또는 공간 이미지 계측장치로 할 수 있다.
- [0015] 본 발명에 의하면, 투영광학계의 이미지면 측에 액체가 공급되지 않는 상태에서 투영광학계를 통과한 노광광이 투영광학계의 이미지면 측에 배치된 광투과부를 통하여 계측장치의 수광기로 수광된다.
- [0016] 본 발명의 제 2 양태에 따르면, 노광광을 기관(W, P) 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치(EX)로서, 투영광학계(PL); 및 상기 투영광학계의 이미지면 측에 배치되며, 상기 투영광학계로부터의 노광광이 입사하는 광투과부(31, 44, 56, 271), 수광기(36, 42, 53, 282) 및 그 광투과부로부터의 광을 수광기에 입사시키기 위한 집광부재(41, 45, 52, 57, 62, 71, 276)를 갖는 계측장치(40, 50, 60, 70, 270)를 구비하고; 상기 투영광학계로부터의 노광광이 기체 속을 통과하지 않고 상기 집광부재에 입사하도록 상기 집광부재는 상기 광투과부와 상기 수광기 사이에 배치되어 있는 노광장치가 제공된다.
- [0017] 본 발명에 의하면, 투영광학계로부터의 노광광 중 광투과부를 투과한 광은 기체 속을 통과하지 않고 집광부재에 입사하여 집광된다. 또, 광투과부로부터 집광부재에 기체를 통과하지 않도록 광을 유도하기 위해서는 여러 가지 방법이 있지만, 광투과부와 집광부재를 접합해도 되고, 또는 기체 이외의 매질이며 광투과성인 매질, 예를 들어 액체, 초임계 유체, 페이스트, 고체를 광투과부와 집광부재 사이에, 예를 들어 박막 형상으로 개재시켜도 된다.
- [0018] 본 발명의 제 3 양태에 따르면, 액체(LQ)를 통하여 노광광을 기관(W, P) 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치(EX)로서, 투영광학계(PL); 및 상기 투영광학계에 대향하도록 일면이 배치되고 또한 타면의 일부에 광투과부(56)가 형성된 판 형상 부재(51) 및 상기 광투과부로부터의 광을 수광하는 수광기(53)를 갖는 계측장치(50)를 구비하고; 상기 계측장치의 수광기는, 노광광을, 상기 투영광학계와 상기 판 형상 부재 사이에 부여된 액체를 통하여 수광하는 노광장치가 제공된다.
- [0019] 본 발명에 의하면, 투영광학계로부터의 노광광은 액체를 통하여 판 형상 부재에 입사되고, 판 형상 부재에 입사된 광 중 광투과부를 통과한 광이 계측장치가 구비하는 수광기에 수광된다. 그러므로, 액침노광의 상태에서 노광광을 계측할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 제 4 양태에 따르면, 노광광을 액체(LQ)를 통하여 기관(W, P) 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치(EX)로서, 투영광학계(PL); 및 상기 투영광학계의 이미지면 측에 형성되고 또한 상기 투영광학계로부터의 노광광이 액체를 통하여 입사하는 광투과부(31, 32, 44, 56, 271), 수광기(36, 37, 42, 53, 290) 및 그 광투과부로부터의 광을 그 수광기에 입사시키기 위한 광학계(41, 45, 52, 57, 62, 71, 81, 86, 101, 111, 276)를 갖는 계측장치(40, 50, 60, 70, 80, 85, 90, 100, 110, 270)를 구비하고; 상기 광투과부로부터의 광이 기체 속을 통과하지 않고 상기 광학계에 입사하도록 상기 광학계는 상기 광투과부와 상기 수광기 사이에 배치되어 있는 노광장치가 제공된다.
- [0021] 본 발명에 의하면, 투영광학계로부터의 노광광 중 광투과부를 투과한 광은 계측장치에 형성된 광학계에 기체 속을 통과하지 않도록 유도되어 수광기에 입사된다. 그러므로, 수광기는 광투과부를 투과한 광을 효율적으로 수광할 수 있다. 광투과부로부터 광학계에 기체를 통과하지 않도록 광을 유도하기 위해서는 상기 서술한 바와 같이 기체 이외의 매질을 개재시켜도 된다. 또, 광학계는 하나의 광학부재이어도 되고, 복수의 광학부재

로 구성되어 있어도 된다.

- [0022] 본 발명의 제 5 양태에 따르면, 기관(W, P)에 액체(LQ)를 통하여 노광광(EL)을 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치로서, 투영광학계(PL); 상기 투영광학계의 이미지면 측에 배치된 광투과부(271)를 갖는 광학부재(275); 및 그 광학부재를 통하여 상기 투영광학계를 통과한 광을 수광하는 수광기(276, 290)를 구비하고; 상기 수광기와 상기 광학부재 사이에 액체가 채워져 있는 노광장치(EX)가 제공된다.
- [0023] 액침노광에서는, 투영광학계의 이미지면 측에 배치된 광학부재를 통하여 투영광학계를 통과한 광을 수광기로 수광할 때, 투영광학계와 광학부재 사이를 액체로 채운 상태에서 수광기에 광을 조사하여 수광동작을 하는 것을 생각할 수 있다. 본 발명에 의하면, 그 광학부재와 수광기 사이에도 액체를 채움으로써 투영광학계를 통과한 광을 수광기로 양호하게 수광할 수 있다. 다시 말해, 투영광학계와 광학부재 사이의 공간을 액체로 채움으로써 투영광학계의 개구수(NA)를 크게 할 수 있지만, 이 투영광학계의 개구수(NA)에 따라 수광기의 광학계의 개구수(NA)도 변화시킬 필요가 있다. 즉, 투영광학계의 개구수(NA)에 따라 수광기의 개구수(NA)도 향상시키지 않으면 수광기는 투영광학계를 통과한 광을 양호하게 받을 수 없는 상황이 발생하여, 양호하게 수광할 수 없게 된다. 따라서, 투영광학계와 광학부재 사이에 액체를 채움으로써 투영광학계의 개구수(NA)를 향상시킨 경우에는, 광학부재와 수광기 사이에도 액체를 채워 수광기의 광학계의 개구수(NA)를 향상시킴으로써 수광기는 투영광학계를 통한 광을 양호하게 수광할 수 있다. 여기에서 광학부재란 광투과부를 갖는 것은 모두 포함된다.
- [0024] 본 발명의 제 6 양태에 따르면, 기관(W, P)에 노광광(EL)을 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치로서, 투영광학계(PL); 상기 투영광학계의 이미지면 측에 배치된 광투과부(271)를 갖는 광학부재(275); 및 그 광학부재를 통하여 상기 투영광학계를 통과한 광을 수광하는 수광기(276, 290)를 구비하고; 상기 수광기와 상기 광학부재 사이에 액체(LQ)가 채워져 있는 노광장치(EX)가 제공된다.
- [0025] 본 발명에 의하면, 광학부재와 수광기 사이에 액체를 채움으로써 수광기의 광학계의 개구수(NA)를 향상시킬 수 있어, 수광동작을 양호하게 실시할 수 있다. 본 발명의 광학부재와 수광기 사이에 액체를 채우는 구성은, 액침노광장치에 대한 적용 외에 액체를 통하지 않고 노광하는 드라이(dry) 노광장치에 대한 적용도 가능하다.
- [0026] 본 발명의 제 7 양태에 따르면, 기관(W, P)에 액체를 통하여 노광광(EL)을 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치로서, 투영광학계(PL); 상기 투영광학계(PL)의 이미지면 측에 배치된 광투과부(31, 271)를 갖는 광학부재(101, 275); 및 상기 광학부재를 통하여 상기 투영광학계를 통과한 광을 수광하고 또한 광학부재(101, 275)에 접하여 형성된 수광소자(102, 282)를 갖는 수광기를 구비하는 노광장치(EX)가 제공된다.
- [0027] 본 발명에 의하면, 수광기의 수광소자를 광학부재에 접하도록 배치함으로써, 투영광학계와 광학부재 사이에 액체를 채워 투영광학계의 개구수(NA)를 실질적으로 향상시킨 경우에도 수광기는 투영광학계를 통한 광을 양호하게 수광할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 제 8 양태에 따르면, 기관(W, P)에, 액체를 통하여 노광광을 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광장치로서, 투영광학계(PL); 상기 투영광학계의 이미지면 측에 배치된 광투과부(271)를 갖고 또한 소정 위치에 관통구멍(320, 330)이 형성되어 있는 광학부재(275); 및 상기 광학부재를 통하여 상기 투영광학계를 통과한 광을 수광하는 수광기를 구비하는 노광장치(EX)가 제공된다.
- [0029] 본 발명에 의하면, 광학부재에 관통구멍을 형성함으로써 투영광학계와 광학부재 사이의 액체는 관통구멍을 통하여 이동할(빠져나갈) 수 있기 때문에, 투영광학계와 광학부재 사이의 액체의 압력과, 광학부재와 수광기 사이의 액체의 압력에 차이가 생기지 않아 광학부재가 휘거나 하는 문제는 일어나지 않는다. 또한, 관통구멍을 통하여 액체가 이동 가능하여 투영광학계와 광학부재 사이의 액체의 큰 압력변동도 일어나지 않기 때문에, 액체의 압력 변동에 의해 투영광학계를 변동(진동)시키는 문제의 발생을 방지할 수 있다.
- [0030] 본 발명에 있어서, 제 1~8 양태의 노광장치(EX)를 사용하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법이 제공된다. 본 발명에 의하면, 수광기는 투영광학계를 통한 광을 양호하게 수광할 수 있기 때문에, 그 수광 결과에 기초하여 최적의 노광조건을 설정한 상태에서 정밀도가 좋은 노광처리를 실시할 수 있으며, 원하는 성능을 갖는 디바이스를 제조할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 제 9 양태에 따르면, 노광광을 투영광학계(PL)와 액체를 통하여 기관(W, P)상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광방법으로서, 상기 투영광학계의 광사출단(PLE)측에, 노광광을 계측하는 계측장치(27, 270)를 설치하는 단계; 상기 투영광학계의 광사출단측의 광로공간에 액체를 개재시키지 않고 계측장치

로 노광광을 계측하는 단계 (S14, S15) ; 및 상기 계측결과에 기초하여, 상기 광로공간에 액체를 개재시켜 기판을 노광하는 단계 (S19) 를 포함하고 ; 상기 투영광학계의 광사출단과 상기 광로공간의 계면에 투영광학계 내부로부터 입사하는 노광광의 입사각이 상기 계측단계와 상기 노광단계에서 상이한 노광방법이 제공된다. 이 방법에 의하면, 계측단계에서의 상기 투영광학계의 광사출단과 상기 광로공간의 계면에 입사하는 노광광의 입사각을 상기 노광단계에서의 입사각보다 작게 조정함으로써 투영광학계와 계측장치 사이의 광로공간에 액체가 존재하지 않더라도 계측장치는 양호하게 노광광을 수광할 수 있으며, 그 수광한 광으로 결상상태나 노광광의 조정을 실시할 수 있다.

[0032] 본 발명의 제 10 양태에 따르면, 노광광을 투영광학계 (PL) 를 통하여 기관 (W, P) 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광방법으로서, 상기 투영광학계로부터 사출된 노광광을 수광기로 수광하는 것과 ; 노광광을, 투영광학계와 액체를 통하여 기관 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 것을 포함하는 노광방법이 제공된다. 이 방법에 의하면, 노광광을 기체 속을 통과시키지 않고 수광소자로 보낼 수 있기 때문에, 투영광학계의 개구수가 커지더라도 투영광학계를 통과한 노광광을 양호하게 수광할 수 있다.

[0033] 본 발명의 제 11 양태에 따르면, 노광광을 투영광학계 (PL) 를 통하여 기관 (W, P) 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 노광방법으로서, 상기 투영광학계의 이미지면 측에 배치된 광투과부를 갖는 광학부재를 통하여 상기 투영광학계를 통과한 광을 수광기 (276, 290) 로 수광하는 것과 ; 노광광을, 투영광학계를 통하여 기관 상에 조사함으로써 상기 기관을 노광하는 것을 포함하며 ; 상기 수광기와 상기 광학부재 사이에 액체 (LQ) 가 채워져 있는 노광방법이 제공된다. 이 방법에서는 수광기와 광학부재 사이에 액체가 채워져 있기 때문에, 투영광학계의 개구수가 커지더라도 광투과부로부터의 노광광을 양호하게 수광할 수 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명에 의하면, 이미지면 측에 액체가 공급됨으로써 소기의 성능을 갖는 액침용 투영광학계를 통한 노광광을, 투영광학계의 이미지면 측에 액체를 공급하지 않은 상태에서 수광하도록 하였기 때문에, 물의 상태의 영향을 받는 일없이 정밀도 좋게 계측할 수 있다.

[0035] 예를 들어, 투영광학계의 단면에 입사하는 노광광속의 각도 (최외 광선과 광축이 이루는 각도) 를 조정 (작게) 함으로써 액체가 없는 상태에서도 투영광학계를 통과한 노광광을 수광할 수 있다.

[0036] 또, 본 발명에 의하면 투영광학계로부터의 노광광 중 광투과부를 투과한 광은 기체 속을 통과하지 않고 집광부재에 입사하여 집광되기 때문에, 투영광학계의 개구수 증대에 의해 큰 입사각을 갖는 노광광이 광투과부에 입사하더라도 광투과부를 통과한 노광광을 확실하게 수광할 수 있다.

[0037] 그리고, 본 발명에 의하면 투영광학계로부터의 노광광을 액체를 통하여 판 형상 부재에 입사시켜 판 형상 부재에 입사한 광 중 광투과부를 통과한 광을 수광하도록 하고 있으며, 투영광학계와 대향하지 않은 타방면에 광투과부를 형성하고 있기 때문에, 투영광학계와 대향하는 일방면을 평탄화할 수 있어 그 판 형상 부재의 일방면에 대한 기포의 부착이나 투영광학계와 판 형상 부재 사이의 액체의 난류 등을 방지할 수 있다. 또, 판 형상 부재에 광투과부로서의 개구 (구멍) 를 형성하는 일도 없기 때문에 액체의 침입도 방지할 수 있다.

[0038] 그리고, 본 발명에 의하면 계측결과에 따라 최적화된 조건하에서 마스크의 패턴을 기관 상에 노광전사함으로써 마스크에 형성된 미세한 패턴을 기관 상에 정확하게 전사할 수 있다. 그 결과, 고집적도의 디바이스를 양호한 수율로 생산할 수 있다.

[0039] 또한 본 발명에 의하면, 투영광학계와 액체를 통과한 노광광 중 광투과부를 투과한 광은 계측수단에 형성된 광학계에 의해 기체 속을 통과하지 않도록 유도되어 수광기에 입사하기 때문에, 투영광학계의 개구수 증대에 의해 큰 입사각을 갖는 노광광이 광투과부에 입사하더라도 광투과부를 통과한 노광광을 확실하게 수광할 수 있다.

[0040] 본 발명에 의하면, 투영광학계를 통한 광을 수광기에 의해 양호하게 수광할 수 있기 때문에, 그 수광결과에 기초하여 최적의 노광조건을 설정한 상태로 정밀도 양호한 노광처리를 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 2 는 개구 조리개판 (8) 의 일례를 나타내는 정면도이다.

도 3(a) 및 3(b) 는 노광광센서 (27) 의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 4 는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 노광장치의 노광처리 개시시의 동작예를 나타내는 플로차트이다.

도 5(a) 및 5(b) 는 본 발명의 제 2 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 6(a) 및 6(b) 는 본 발명의 제 2 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 변형예를 나타내는 도면이다.

도 7(a) 및 7(b) 는 본 발명의 제 3 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 8 은 본 발명의 제 3 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서가 구비하는 평볼록 렌즈의 다른 예를 나타내는 사시도이다.

*도 9 는 본 발명의 제 4 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 단면도이다.

도 10 은 본 발명의 제 5 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 단면도이다.

도 11(a) 및 11(b) 는 본 발명의 제 6 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조사량 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 12 는 마이크로 렌즈 어레이에 대한 개구가 형성된 집광판의 구성예를 나타내는 사시도이다.

도 13 은 본 발명의 제 7 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조사량 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 14 는 본 발명의 제 8 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조사량 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 15(a) 및 15(b) 는 본 발명의 제 9 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 16 은 본 발명의 제 10 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다.

도 17 은 제 2 실시형태에 의한 노광장치가 구비하는 조도 불균일 센서 (40) 의 변형예를 나타내는 도면이다.

도 18 은 마이크로 디바이스의 제조공정의 일례를 나타내는 플로차트이다.

도 19 는 반도체 디바이스의 경우에서, 도 11 의 단계 S23 의 상세한 플로의 일례를 나타내는 도면이다.

도 20 은 본 발명의 노광장치의 일 실시형태를 나타내는 개략구성도이다.

도 21 은 투영광학계의 선단 (先端) 부 근방, 액체공급기구 및 액체회수기구를 나타내는 개략구성도이다.

도 22 는 투영광학계의 투영영역과 액체공급기구 및 액체회수기구의 위치관계를 나타내는 평면도이다.

도 23 은 본 발명에 관련된 수광기의 일 실시형태를 나타내는 개략구성도이다.

도 24 는 수광기가 계측동작을 하고 있는 상태를 나타내는 모식도이다.

도 25 는 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 일 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 26 은 도 25 의 광학부재의 평면도이다.

도 27(a) 및 27(b) 는 광학부재 광투과부의 일례를 나타내는 도면이다.

도 28 은 수광기로 수광한 수광신호 일례를 나타내는 도면이다.

도 29 는 투영광학계의 결상 특성을 계측할 때 사용하는 마스크의 일례를 나타내는 도면이다.

도 30 은 투영광학계의 결상 특성을 계측할 때 사용하는 마스크의 일례를 나타내는 도면이다.

도 31 은 투영광학계의 결상 특성을 계측할 때 사용하는 마스크의 일례를 나타내는 도면이다.

도 32 는 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 33 은 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 34 는 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 35 는 도 34 의 광학부재의 평면도이다.

도 36(a)~36(c) 는 액침영역을 형성하는 순서의 일례를 나타내는 도면이다.

도 37 은 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 38 은 도 37 의 광학부재의 평면도이다.

도 39 는 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 40 은 도 39 의 광학부재의 평면도이다.

도 41 은 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 42 는 기관 스테이지 상에 복수의 수광기가 배치되어 있는 상태를 나타내는 평면도이다.

도 43 은 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 44 는 본 발명에 관련된 광학부재 및 수광기의 다른 실시형태를 나타내는 요부 확대도이다.

도 45 는 투영광학계의 선단과 접하는 매질의 굴절률의 관계이며, 투영광학계의 선단에서 노광광의 일부 광선에 전반사(全反射)가 생기지 않는 조건을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 의한 노광장치 및 디바이스 제조방법에 대하여 상세하게 설명하는데, 본 발명은 이것에 한정되지 않는다.

[0043] [제 1 실시형태]

[0044] 도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 노광장치의 개략구성을 나타내는 도면이다. 또 도 1 에 나타내는 노광장치(EX)는, 투영광학계(PL)와 웨이퍼(W)사이의 액체(순수(純水); LQ)를 통하여 노광하는 액침식 노광장치로서, 반도체소자의 회로패턴(DP)이 형성된 레티클(R)을 사용하여, 스텝 앤드 리피트 방식에 의해 상기 회로 패턴(DP)의 이미지를 웨이퍼(W)에 전사하는 노광장치이다.

[0045] 이하의 설명에서는, 도면 중에 나타난 XYZ 직교좌표계를 설정하여, 이 XYZ 직교좌표계를 참조하면서 각 부재의 위치관계에 대하여 설명한다. XYZ 직교좌표계는 X 축 및 Y 축이 웨이퍼(W)에 대하여 평행해지도록 설정되고, Z 축이 웨이퍼(W)에 대하여 직교하는 방향으로 설정되어 있다. 도면 중 XYZ 좌표계는 실제로는 XY 평면이 수(水) 평면에 평행한 면에 설정되고, Z 축이 연직 상방향에 설정된다.

[0046] 도 1 에 나타내는 노광장치(EX)는, 노광광을 공급하기 위한 광원(1)으로서 193nm(ArF)의 파장의 광을 공급하는 ArF 엑시머 레이저 광원을 구비하고 있다. 광원(1)으로부터 사출된 거의 평행 광속은 빔정형광학계(2)를 통하여 소정 단면의 광속으로 정형된 후, 간섭성 저감부(3)에 입사된다. 간섭성 저감부(3)는 피조사면인 레티클(R)상(나아가서는 웨이퍼(W)상)에서의 간섭패턴의 발생을 저감시키는 기능을 갖는다.

[0047] 간섭성 저감부(3)의 상세한 것에 대해서는, 예를 들어 일본 공개특허공보 소59-226317호에 개시되어 있다. 간섭성 저감부(3)로부터의 광속은, 제 1 플라이 아이 렌즈(제 1 옵티컬 인터그레이터; 4)를 통하여 그 후측 초점면에 다수의 광원을 형성한다. 이들 다수의 광원으로부터의 광은 진동 미러(5)에 의해 편향된 후, 릴레이광학계(6)를 통하여 제 2 플라이 아이 렌즈(제 2 옵티컬 인터그레이터; 7)를 중첩적으로 조명하고, 이것에 의해 제 2 플라이 아이 렌즈(7)의 후측 초점면에는 다수의 광원으로 이루어지는 2차 광원이 형성된다.

[0048] 제 2 플라이 아이 렌즈(7)의 사출면(CJ), 즉 조명광학계(조명계; IS)의 동공면(투영광학계(PL)의 동공면과 광학적으로 공액인 면)에는 개구 조리개판(8)이 구동모터(8f)에 의해 회전이 자유롭게 배치되어 있다. 도 2 는 개구 조리개판(8)의 일례를 나타내는 정면도이다. 도 2 에 나타내는 바와 같이, 개구 조리개판(8)은 회전축(0)둘레에서 회전이 자유롭게 구성된 원판으로 이루어지고, 통상조명용의 원형 개구조리개(8a), 윤대조명용 개구 조리개(8b), 4극 변형조명(4극조명)용 개구조리개(8c), 작은 코히런스 팩터(소 σ)용의 작은 원형 개구조리개(8d) 및 노광광의 조도 불균일 또는 광량 등을 계속할 때 사용되는 가변 개

개구조리개 (8e) 가 둘레방향을 따라 형성되어 있다. 또, 도 2 중에 나타낸 파선의 큰 동그라미는 통상조명용의 원형 개구조리개 (8a) 의 크기를 나타내고 있고, 개구조리개 (8b~8e) 와의 크기 비교를 위해 도시하고 있다.

[0049] 또한 코히런스 팩터 (조명계의 σ) 는 투영광학계 (PL) 의 레티클 (R) 측 개구수 (N_{Ar}) 와 조명계 광학계 (IS) 의 개구수 (N_{Ai}) 의 비로 아래와 같이 정의된다.

[0050] $\sigma = N_{Ai} / N_{Ar}$

[0051] 또, 투영광학계 (PL) 의 개구수 (NA) 는 통상 웨이퍼 (W) 측의 개구수 (N_{Aw}) 를 나타내고, 레티클측의 개구수 (N_{Ar}) 는 투영광학계 (PL) 의 배율 (M) 에서 $N_{Ar} = N_{Aw} / M$ 으로 구해진다.

[0052] 상기 개구조리개 (8e) 는 개구의 크기가 가변으로 형성되어 있고, 예를 들어 0.05~0.50 의 범위에서 σ 값을 가변할 수 있다. 이 개구조리개 (8e) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 없이 조도 불균일이나 광량을 계측할 때 투영광학계 (PL) 의 이미지면측을 향한 노광광의 개방각 (최외 광선과 광축이 이루는 각도) 를 조정 (작제) 하기 위한 것이다. 다시 말해 본 실시형태의 노광장치는 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 (W) 사이의 액체 (LQ) 를 통하여 노광처리를 하는 액침식 노광장치이기 때문에, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 없으면, 예를 들어 통상조명에 사용하는 개방각이 큰 노광광은 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 선단 부분에서 일부의 광이 전반사되어 투영광학계 (PL) 를 통과할 수 없다. 상기 개구조리개 (8e) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측을 향한 노광광의 개방각을 조정하여 투영광학계 (PL) 에서의 전반사를 방지하기 위해 형성된다. 또, 도 2 에서는 본 발명의 특징을 명확하게 하기 위해 개구조리개 (8d) 와는 별도로 개구조리개 (8e) 를 개구조리개관 (8) 에 형성한 구성을 도시하고 있으나, 개구조리개 (8d) 의 코히런스 팩터도 0.25~0.35 정도로 설정되기 때문에 계측시에 개구조리개 (8d) 를 사용하도록 하여 개구조리개 (8e) 를 생략한 구성이어도 된다. 그 경우, 개구조리개 (8d) 의 개구를 가변으로 해도 된다.

[0053] 도 1 로 되돌아가, 개구 조리개관 (8) 의 회전축 (0) 은 구동모터 (8f) 의 회전축에 접속되어 있고, 구동모터 (8f) 를 구동하여 개구 조리개관 (8) 을 회전축 (0) 둘레에서 회전시킴으로써 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치하는 개구 조리개를 전환할 수 있다. 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치되는 개구조리개에 따라 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에서의 노광광의 강도분포 (광속분포) 가 변경된다. 구동모터 (8f) 의 구동은 노광장치 (EX) 전체의 동작을 통괄 제어하는 주제어계 (20) 가 제어한다.

[0054] 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 에 의해 형성된 2차 광원으로부터의 광속 중 개구조리개관 (8) 에 형성된 개구조리개 (8a~8d) 중 어느 하나를 통과한 노광광은, 콘덴서 광학계 (10) 및 절곡 미러 (11) 를 통하여 하측면에 소정 회로패턴 (DP) 이 형성된 레티클 (R) 을 중첩적으로 균일 조명한다. 이로써, 레티클 (R) 의 조명영역 내 패턴의 이미지가 양측 텔레센트릭한 투영광학계 (PL) 를 통하여 소정 투영배율 β (β 는 예를 들어 1/4 또는 1/5 등) 로 투영광학계 (PL) 의 이미지면에 배치된 기관으로서의 웨이퍼 (W) 의 노광영역 (투영영역) 에 투영된다. 웨이퍼 (W) 는 예를 들어 반도체 (규소 등) 또는 SOI (silicon on insulator) 등의 원판형 기관이다. 또 이상 설명한 빔정형광학계 (2)~절곡 미러 (11) 는 조명광학계 (조명계 ; IS) 를 구성하고 있다.

[0055] 투영광학계 (PL) 은 렌즈 등의 복수의 광학소자로 이루어진다. 본 실시형태에서는, 노광광으로서 진공자의 역의 ArF 엑시머 레이저 광원의 광을 사용하고 있기 때문에, 투영광학계 (PL) 를 구성하는 광학소자의 초재 (礎材) 로는 예를 들어 합성 석영 또는 형석 (불화칼슘 : CaF_2) 이 사용된다. 투영광학계 (PL) 가 구비하는 광학소자의 일부는, 투영광학계 (PL) 의 광축 (AX) 방향 (Z 방향) 으로 이동 가능 또한 X 축에 평행한 축 또는 Y 축에 평행한 축 둘레에서 틸트 가능하게 구성되어 있고, 이들 광학소자는 후술하는 렌즈컨트롤러부 (14) 에 의해 제어된다. 이 투영광학계 (PL) 는 이미지면측에 액체 (LQ) 가 공급되어 있는 상태이며, 입사광속이 이미지면측에 결상되는 액침식 투영광학계이고, 개구수 (N.A.) 는 1 이상 (예를 들어 1.00~1.40) 으로 설정되어 있다. 또한 본 실시형태의 투영광학계 (PL) 는 디옵트릭계 (굴절계) 이지만, 카타디옵트릭 (catadioptric) 계 (반사굴절계) 나 반사계도 사용할 수 있는 것은 말할 필요도 없다.

[0056] 레티클 (R) 은 레티클홀더 (도시생략) 를 통하여 레티클 스테이지 (13) 에 탑재되어 있다. 레티클 스테이지 (13) 는 주제어계 (20) 로부터의 지령에 기초하여 레티클 스테이지 제어부 (도시생략) 에 의해 구동된다. 이 때, 레티클 스테이지 (13) 의 이동은 레티클 간섭계 (도시생략) 와 레티클 스테이지 (13) 에 형성된 이동거울 (도시생략) 에 의해 계측되며, 그 계측결과를 주제어계 (20) 에 출력된다.

[0057] 투영광학계 (PL) 에는, 온도나 기압을 계측함과 함께 온도, 기압 등의 환경변화에 따라 투영광학계 (PL) 의 결

상 특성 등의 광학특성을 일정하게 제어하는 렌즈 컨트롤러부 (14) 가 형성되어 있다. 이 렌즈 컨트롤러부 (14) 는 계측한 온도나 기압을 주제어계 (20) 로 출력하고, 주제어계 (20) 는 렌즈 컨트롤러부 (14) 로부터 출력된 온도 및 기압, 그리고 후술하는 노광광센서 (27) 의 계측결과에 기초하여 렌즈 컨트롤러부 (14) 를 통하여 투영광학계 (PL) 의 결상광학계 등의 광학특성을 제어한다.

[0058] 웨이퍼 (W) 는 웨이퍼 스테이지 (15) 내에 내장된 웨이퍼홀더 (16) 에 진공 척 (chuck) 되어 있다. 또 웨이퍼 (W) 는 웨이퍼홀더 (16) 상에 유지되었을 때 그 상면이 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면과 일치하도록 웨이퍼홀더 (16) 의 높이 위치가 설정되어 있다. 웨이퍼 스테이지 (15) 는 도면 중 X 축 방향 및 Y 축 방향으로 각각 이동 가능한 한 쌍의 X 스테이지 및 Y 스테이지를 겹친 것으로, XY 평면 내에서의 위치를 조정할 수 있게 되어 있다.

[0059] 또, 도시는 생략하고 있지만 웨이퍼 스테이지 (15) 는 Z 축 방향으로 웨이퍼 (W) 를 이동시키는 Z 스테이지, 웨이퍼 (W) 를 XY 평면 내에서 미소 회전시키는 스테이지 및 Z 축에 대한 각도를 변화시켜 XY 평면에 대한 웨이퍼 (W) 의 경사를 조정하는 스테이지 등으로 구성된다. 이와 같이, 웨이퍼 스테이지 (15) 는 X 축 방향의 이동기능, Y 축 방향의 이동기능, Z 축 방향의 이동기능, Z 축 둘레의 회전기능, X 축 둘레의 틸트기능 및 Y 축 둘레의 틸트기능을 갖는다.

[0060] 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면의 일단에는 이동거울 (17) 이 부착되어 있고, 이동거울 (17) 의 거울면에 대향한 위치에 레이저 간섭계 (18) 가 배치되어 있다. 또 도 1 에서는 도시를 간략화하고 있지만, 이동거울 (17) 은 X 축에 수직인 반사면을 갖는 이동거울 및 Y 축에 수직인 반사면을 갖는 이동거울로 구성되어 있다. 또, 레이저 간섭계 (18) 는 X 축을 따라 이동거울 (17) 에 레이저 빔을 조사하는 2개의 X 축용 레이저 간섭계 및 Y 축을 따라 이동거울 (17) 에 레이저 빔을 조사하는 Y 축용 레이저 간섭계로 구성되며, X 축용의 하나의 레이저 간섭계 및 Y 축용의 하나의 레이저 간섭계에 의해 웨이퍼 스테이지 (15) 의 X 좌표 및 Y 좌표가 계측된다.

[0061] 또한, X 축용의 두 개의 레이저 간섭계의 계측치 차이에 의해 웨이퍼 스테이지 (15) 의 XY 평면 내에서의 회전각이 계측된다. 레이저 간섭계 (18) 에 의해 계측된 X 좌표, Y 좌표 및 회전각의 정보는 스테이지위치정보로서 주제어계 (20) 에 공급된다. 주제어계 (20) 는 공급된 스테이지위치정보를 모니터링하면서 제어신호를 스테이지구동계 (19) 로 출력하여, 웨이퍼 스테이지 (15) 의 위치 결정 동작을 나노미터 오더로 제어한다. 또, 이동거울 (17) 대신에 웨이퍼 스테이지 (15) 의 측면에 반사면을 형성해도 된다. 이렇게 함으로써 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면을 거의 전체면에 걸쳐 거의 면이 일치하게 할 수 있다.

[0062] 또한, 도 1 에 나타내는 노광장치 (EX) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 를 공급함과 함께, 공급한 액체 (LQ) 를 회수하기 위해 액체공급장치 (21) 와 액체회수장치 (22) 를 구비한다. 액체공급장치 (21) 는, 액체 (LQ) 를 수용하는 탱크, 가압펌프 등을 구비하여 구성된다. 이 액체공급장치 (21) 에는 공급관 (23) 의 일단부가 접속되어 있고, 공급관 (23) 의 타단부에는 공급노즐 (24) 이 접속되어 있다. 이들 공급관 (23) 및 공급노즐 (24) 을 통하여 액체 (LQ) 가 공급된다. 또한 본 실시형태에서는, 노광광으로서 ArF 레이저광을 사용하고 있으므로, 액체 (LQ) 로는 순수를 사용하고 있다. 또, 액체공급장치 (21) 의 탱크, 가압펌프 등은 반드시 노광장치 (EX) 가 구비하고 있을 필요는 없고, 그것 중 적어도 일부를 노광장치 (EX) 가 설치되는 공장 등의 설비로 대용할 수도 있다.

[0063] 액체회수장치 (22) 는 흡인펌프, 회수한 액체 (LQ) 를 수용하는 탱크 등을 구비한다. 액체회수장치 (22) 에는 회수관 (25) 의 일단부가 접속되고, 회수관 (25) 의 타단부에는 회수노즐 (26) 이 접속되어 있다. 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 공급된 액체 (LQ) 는 회수노즐 (26) 및 회수관 (25) 을 통하여 액체회수장치 (22) 에 회수된다. 이들 액체공급장치 (21) 및 액체회수장치 (22) 는 주제어계 (20) 에 의해 제어된다. 또, 액체회수장치 (22) 의 흡인펌프 및 탱크 등은 반드시 노광장치 (EX) 가 구비하고 있을 필요는 없고, 그것 중 적어도 일부를 노광장치 (EX) 가 설치되는 공장 등의 설비로 대용할 수도 있다.

[0064] 다시 말해, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측 공간에 액체 (LQ) 를 공급할 때, 주제어계 (20) 는 액체공급장치 (21) 및 액체회수장치 (22) 각각에 대하여 제어신호를 출력하여, 단위시간당 액체 (LQ) 의 공급량 및 회수량을 제어한다. 이러한 제어에 의해 액체 (LQ) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 필요 충분한 양만 공급된다. 또, 도 1 에 나타내는 예에서는 액체 (LQ) 를 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상방에 형성된 회수노즐 (26), 회수관 (25), 흡인펌프 등을 사용하여 회수하고 있지만 이것에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 주위에 액체 (LQ) 의 회수부 (배출구) 를 형성해도 되며, 이것과 상기 액체회수장치 (22) 를 병용해도 된다.

- [0065] 또, 상기 서술한 웨이퍼 스테이지 (15) 상에는 투영광학계 (PL) 를 통하여 웨이퍼 스테이지 (15) 상에 조사되는 노광광의 조도 불균일 (광량 불균일) 또는 적산 광량 불균일 및 광량 (조사량) 을 측정하는 노광광센서 (27) 가 형성되어 있다. 도 3 은 노광광센서 (27) 의 구성의 일례를 나타내는 도면으로, 3(a) 는 사시도이며, 3(b) 는 3(a) 중의 A-A 선 단면을 화살표 방향으로 본 도면이다. 도 3(a) 에 나타내는 바와 같이, 노광광센서 (27) 는 대략 직육면체 형상의 새시 (30) 를 구비한다. 새시 (30) 는 열전도율이 높은 금속, 예를 들어 알루미늄에 의해 형성되는 케이스체로서, 그 상면 (33) 에는 광투과부로서의 핀홀 (31) 및 개구 (32) 가 형성되어 있다.
- [0066] 새시 (30) 의 상면 (33) 에 형성된 핀홀 (31) 은 투영광학계 (PL) 를 통하여 조사되는 노광광 (IL) 의 조도 불균일 또는 적산 광량 불균일을 측정하기 위해 형성되고, 그 직경은 십 수~수 십 μ m 정도이다. 또한 새시 (30) 의 상면 (33) 에 형성된 개구 (32) 는 노광영역 (투영광학계 (PL) 의 투영영역) 과 동일한 정도의 크기로 설정되어 있다. 이 개구 (32) 에는 예를 들어 Cr (크롬) 이 일면에 증착되며, 입사광을 감광하는 ND 필터 (34) 가 형성되어 있다. 또, 도 3(b) 에 나타내는 바와 같이 새시 (30) 내부에 조도 불균일 센서 (36) 및 조사량 센서 (37) 가 형성되어 있다. 조도 불균일 센서 (36) 및 조사량 센서 (37) 는 모두 PIN 포토다이오드 등의 수광소자를 구비하고 있고, 이들 수광면에 입사하는 노광광의 광량이 검출된다. 또한 도 3(a) 에 있어서 부호 35 는 조도 불균일 센서 (36) 및 조사량 센서 (37) (도 3(b) 참조) 에 형성된 수광소자의 검출신호를 노광광센서 (27) 의 외부로 꺼내는 배선이다.
- [0067] 조도 불균일 센서 (36) 는 수광면의 면적이 핀홀 (31) 을 통한 노광광을 수광할 수 있을 정도로 설정되며, 조사량 센서 (37) 는 수광면의 면적이 개구 (32) 에 형성된 ND 필터 (34) 를 투과한 노광광을 수광할 수 있을 정도로 설정되어 있다. 조도 불균일 센서 (36) 및 조사량 센서 (37) 각각에 형성되는 수광소자는 그 수광면에 ArF 레이저광에 대한 AR 코팅이 실시되어 있고, 각각은 지지부재를 통하여 전기기관 (38) 에 부착된다.
- [0068] 전기기관 (38) 에는 배선 (35) 이 접속되어 있고, 이 배선 (35) 을 통하여 조도 불균일 센서 (36) 및 조사량 센서 (37) 가 구비하는 수광소자의 검출신호를 외부로 꺼내도록 구성되어 있다. 또 조도 불균일 센서 (36) 및 조사량 센서 (37) 각각에 형성되는 수광소자로는, 예를 들어 광기전력 효과, 쇼트키 효과, 광전자 효과, 광도전 효과, 광전자방출 효과, 초전 효과 등을 이용한 광변환소자 중 어느 하나이면 된다. 또, 노광광센서 (27) 는 그 내부에 수광소자를 형성한 구성이 아니라, 내부에는 노광광을 수광하는 수광계만 형성하고, 광섬유나 미러 등을 사용하여 수광계에서 수광한 광을 새시 (30) 밖으로 유도하여 광전자 증배관 등의 광전검출장치를 사용하여 광전변환하는 구성이어도 된다.
- [0069] 노광광센서 (27) 에 형성된 핀홀 (31) 을 노광영역 내에 배치하여 노광광을 노광영역에 조사하면, 조사된 노광광 내의 핀홀 (31) 을 통과한 노광광만이 조도 불균일 센서 (36) 에 형성된 수광소자로 검출된다. 노광영역에 노광광이 조사되어 있는 상태에서 핀홀 (31) 을 이동시키면서 노광광을 검출하면, 노광영역 내에서의 노광광의 조도 불균일이나 적산 광량 불균일을 측정할 수 있다. 또한 노광광센서 (27) 에 형성된 개구 (32) 를 노광영역에 배치한 상태에서 노광영역에 노광광을 조사하면, ND 필터 (34) 로 감광된 노광광이 조사량 센서 (37) 가 구비하는 수광소자로 검출된다. ND 필터 (34) 의 감광률은 이미 알려져 있기 때문에, 이 감광률과 조사량 센서 (37) 가 구비하는 수광소자의 검출결과에 기초하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량을 측정할 수 있다.
- [0070] 이상 설명한 노광광센서 (27) 의 검출신호는 주제어계 (20) 에 공급되고 있다. 또한 조도 불균일 및 광량의 측정은 예를 들어 정기적 (로트단위의 웨이퍼 (W) 를 처리할 때, 레티클 (R) 을 교환할 때) 으로 실행된다. 주제어계 (20) 는 노광광센서 (27) 의 조도 불균일 센서 (36) 를 사용하여 측정된 조도 불균일이나 적산 광량 불균일에 기초하여 그 불균일이 작아지도록 광원 (1) 으로부터 사출되는 노광광의 강도를 변경하거나, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 조사되는 노광광의 조도분포를 제어한다. 또한, 주제어계 (20) 는 노광광센서 (27) 의 광량 센서 (37) 를 사용하여 측정된 노광광의 광량에 기초하여 노광광의 입사에 기인하는 투영광학계 (PL) 의 광학특성의 변동을 보상하기 위한 제어파라미터를 구하고, 웨이퍼 (W) 의 노광시에는 이 제어파라미터를 사용하여 렌즈 컨트롤러부 (14) 를 통해 투영광학계 (PL) 의 광학특성을 제어한다. 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 조사되는 노광광의 조도분포 조정은, 예를 들어 일본 공개특허공보 평10-189427호 (대응 미국특허 5,867,319), 일본 공개특허공보 2002-100561호 (대응 미국특허 6,771,350), 일본 공개특허공보 2000-315648호 (대응 미국특허 6,013,401, 및 대응 미국특허 6,292,255) 에 개시되어 있는 바와 같은 방법을 적용할 수 있다. 또, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이들 특허공보의 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

- [0071] 이상, 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 노광장치 (EX) 의 구성에 대하여 설명하였는데, 다음으로 상기 구성에서의 노광장치 (EX) 의 동작에 대하여 설명한다. 도 4 는 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 노광장치의 노광처리 개시시의 동작예를 나타내는 플로차트이다. 도 4 에 나타내는 플로차트는, 예를 들어 1 로트분의 웨이퍼 (W) 를 노광 처리할 때 실행된다. 개시 시점에서는, 레티클 (R) 이 레티클 스테이지 (13) 상에 유지되어 있지 않고, 또한 웨이퍼 (W) 가 웨이퍼홀더 (16) 상에 유지되어 있지 않으며, 그리고 투영광학계 (PL) 의 이미지면 측에 액체 (LQ) 가 공급되어 있지 않다.
- [0072] 이 상태에 있어서, 먼저 주제어계 (20) 는 구동모터 (8f) 를 구동하여 개구조리개관 (8) 에 형성된 개구조리개 (8a~8e) 중 극소 σ 값을 갖는 극소원형의 개구조리개 (8e) 를 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치한다 (단계 S11). 개구조리개 (8e) 의 배치가 완료되면, 주제어계 (20) 는 레이저 간섭계 (18) 의 계측 결과를 모니터하면서 스테이지구동계 (19) 에 대하여 제어신호를 출력하고, 노광광센서 (27) 의 새시 (30) 에 형성된 개구 (32 ; ND 필터 (34)) 가 노광영역에 배치되도록 웨이퍼 스테이지 (15) 를 이동시킨다.
- [0073] 웨이퍼 스테이지 (15) 의 이동에 의해 노광광센서 (27) 의 배치가 완료되면, 주제어계 (20) 는 광원 (1) 에 대하여 제어신호를 출력하여 광원 (1) 을 발광시킨다. 광원 (1) 의 발광에 의해 광원 (1) 으로부터 사출된 거의 평행광속은 빔정형광학계 (2) 를 통하여 소정 단면의 광속으로 정형되어, 간섭성 저감부 (3), 제 1 플라이 아이 렌즈 (4), 진동 미러 (5) 및 릴레이광학계 (6) 를 순서대로 통과하여 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 에 입사하고, 이것에 의해 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 다수의 2차 광원이 형성된다.
- [0074] 이들 2차 광원으로부터의 광속 중 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치된 개구조리개 (8e) 를 통과한 노광광은, 콘덴서 광학계 (10) 를 통과하여 절곡 미러 (11) 에 의해 편향된다. 여기에서는 레티클 스테이지 (13) 에 레티클 (R) 은 유지되어 있지 않으므로, 절곡 미러 (11) 에 의해 편향된 노광광은 레티클 (R) 을 통하지 않고 투영광학계 (PL) 에 직접 입사된다.
- [0075] 여기에서, 투영광학계 (PL) 는 고해상도를 실현하기 위해 개구수 (NA) 가 크게 설계되어 있고, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 공급되어 있는 상태에서는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측을 향한 노광광의 개방각이 크더라도 이미지면측에 패턴 이미지를 결상할 수 있다. 그러나, 여기에서는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 공급되어 있지 않으므로, 가령 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 비교적 σ 값이 큰 개구조리개 (8a) 가 배치되어 있으면, 최외 광선을 포함한 노광광의 일부는 투영광학계 (PL) 의 선단 부분에서 전반사되어 투영광학계 (PL) 를 통과할 수 없다.
- [0076] 이 모습을 도 45 를 참조하여 설명한다. 도 45 에 있어서, 투영광학계 (PL) 의 선단에 형성된 광학소자 (LS) 와 스테이지 표면 (15a) 사이에 액체 (LQ) 가 공급되어 있다. 투영광학계 (PL) 의 통과하여 광학소자 (LS) 의 광출사측 단부 (PLE) 로부터 광이 액체측으로 사출되기 위한 조건은, 광학소자 (LS) 와 스테이지 표면 (15a) 사이의 공간에 존재하는 매질과 광학소자 (LS) 와의 계면, 즉 광학소자 (LS) 의 광출사측 단부 (PLE) 에서 노광광 (최외의 광선 ; EL) 이 전반사되지 않는 점이다. 전반사조건은 노광광 (EL) 의 광출사측 단부 (PLE) 에 대한 입사각을 θ_i , 광학소자 (LS) 의 광출사측 단부 (PLE) 의 굴절률을 n_p , 액체 (LQ ; 매질) 의 굴절률을 n_L 로 하면, 그들 사이에서 $n_p \cdot \sin\theta_i = n_L$ 을 만족하는 것이다. 따라서, $n_p \cdot \sin\theta_i < n_L$ 을 만족하는 입사각 θ_i 이면, 노광광 (EL) 은 광출사측 단부 (PLE) 로부터 액체측으로 굴절하여 출사각 θ_o 으로 사출된다. 그런데, 투영광학계 (PL) 와 스테이지 표면 (15a) 사이의 공간에 액체 (LQ) 가 존재하지 않는 경우에는, 그 공간에 굴절률 n_g 의 기체가 존재한다. 따라서, 전반사가 일어나지 않는 조건은 $n_p \cdot \sin\theta_i < n_g$ 이지만, 기체의 굴절률 n_g 는 통상 액체의 굴절률 n_L 보다도 작으므로, 이 조건을 만족하는 θ_i 는 액체가 존재하는 경우보다도 작아진다. 그 결과, 같은 입사각 θ_i 라도 액체 (LQ) 가 존재하지 않는 경우에는 도 45 중에 파선으로 나타낸 바와 같이 전반사가 생기는 일이 있다 (전반사 임계각의 경우를 나타냄). 그래서, 액체를 상기 공간에 개재시키지 않고서 노광광을 계측하기 위해 액체노광인 경우의 입사각보다도 작게 조정해야만 하는 경우가 있다.
- [0077] 본 실시형태에서는, 단계 S11 에 있어서 극소 σ 값 (예를 들어 0.25) 을 갖는 개구조리개 (8e) 를 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치함으로써 투영광학계 (PL) 의 이미지면측을 향한 노광광의 개방각을 조정하고 있기 (개방각을 작게 하고 있음) 때문에, 투영광학계 (PL) 에 입사한 노광광은 투영광학계 (P) 를 통과할 수 있다. 투영광학계 (PL) 를 통과한 노광광은 노광영역에 배치된 ND 필터 (34 ; 도 3) 에 입사되어 소정량 만큼 감광되어 조사량 센서 (37) 에 형성된 수광소자로 검출된다. 이 검출신호는 주제어계 (20) 에 출력되며, ND 필터 (34) 의 감광률을 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량이 산출된다. 이것으로 레티클

스테이지 (13) 에 레티클 (R) 이 유지되어 있지 않은 상태에서 노광영역에 조사되는 노광광의 광량이 계측된다 (단계 S12).

[0078] 다음으로, 주제어계 (20) 는 광원 (1) 의 발광을 정지시킨 후에 도시하지 않은 레티클 로더계에 제어신호를 출력하여 도시하지 않은 레티클 라이브러리로부터 소정의 레티클 (R) 을 반출시켜, 이 레티클 (R) 을 레티클 스테이지 (13) 상에 유지시킨다 (단계 S13). 레티클 스테이지 (13) 상에 레티클 (R) 이 유지되면, 주제어계 (20) 는 광원 (1) 을 다시 발광시켜 레티클 (R) 을 통한 노광광의 광량을 조사량 센서 (37) 를 사용하여 계측한다 (단계 S14). 이로써, 레티클 (R) 이 레티클 스테이지 (13) 상에 유지되어 있는 경우에 노광영역에 조사되는 노광광의 광량과, 유지되어 있지 않은 경우에 노광영역에 조사되는 노광광의 광량의 차를 구할 수 있고, 그 차에 기초하여 레티클 (R) 의 투과율 (투영광학계 (PL) 에 대한 입사광량) 을 구할 수 있다.

[0079] 다음으로, 주제어계 (20) 는 도시하지 않은 레티클 로더계에 제어신호를 출력하고 레티클 스테이지 (13) 로부터 반출하여 대기시킴과 함께, 레이저 간섭계 (18) 의 계측결과를 모니터링하면서 스테이지 구동계 (19) 에 대하여 제어신호를 출력하고, 노광광센서 (27) 의 새시 (30) 에 형성된 핀홀 (31) 이 노광영역 내의 소정 위치에 배치되도록 웨이퍼 스테이지 (15) 를 이동시킨다. 웨이퍼 스테이지 (15) 의 이동에 의해 노광광센서 (27) 의 배치가 완료되면, 주제어계 (20) 는 광원 (1) 에 대하여 제어신호를 출력하여 광원 (1) 을 발광시키고, 웨이퍼 스테이지 (15) 를 이동시키면서 조도 불균일 센서 (36) 를 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 조도 불균일을 계측한다 (단계 S15).

[0080] 이상의 처리가 종료되면, 주제어계 (20) 는 단계 S14, S15 의 계측결과에 기초하여 광원 (1) 에 제어신호를 출력하여 노광광의 강도나 강도분포를 변경하거나, 또는 렌즈 컨트롤러부 (14) 를 통하여 투영광학계 (PL) 의 광학적 성능을 조정하기 위한 파라미터를 변경한다 (단계 S16). 다음으로 주제어계 (20) 는 도시하지 않은 레티클 로더에 제어신호를 출력하여 레티클 스테이지 (13) 상에 레티클 (R) 을 유지시킴과 함께 구동모터 (8f) 를 구동하여 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치하는 개구조리개 (8e) 를, 웨이퍼 (W) 를 노광하기 위한 개구조리개 (8a~8d) 중 어느 하나로 변경한다. 예를 들어, 윤대조명을 하는 경우에는, 개구조리개 (8b) 를 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치한다 (단계 S17).

[0081] 다음으로, 주제어계 (20) 는 도시하지 않은 웨이퍼 로더계에 제어신호를 출력하고, 웨이퍼 (W) 를 노광장치 (EX) 의 도시하지 않은 챔버 내에 반송시켜 웨이퍼홀더 (16) 상에 유지시킨다. 웨이퍼 (W) 가 웨이퍼홀더 (16) 상에 유지되면, 주제어계 (20) 는 액체공급장치 (21) 및 액체회수장치 (22) 에 대하여 제어신호를 출력한다. 이것에 의해, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측 공간에 액체 (LQ) 가 공급되고 (단계 S18), 레티클 (R) 에 형성된 패턴을 투영광학계 (PL) 및 액체 (LQ) 를 통하여 웨이퍼 (W) 상에 전사하는 노광처리가 이루어진다 (단계 S19). 이 노광처리는, 1로트분의 웨이퍼 (W) 모두에 대하여 실시된다. 이상 설명한 도 4 에 나타내는 처리는, 새로운 로트에 대한 노광처리를 할 때마다 실시된다. 또한, 1로트분의 웨이퍼 (W) 노광 중에는 단계 S16 에서 구한 제어파라미터를 사용하여 투영광학계 (PL) 에 대한 노광광의 조사량에 따른 투영광학계 (PL) 의 광학적 성능이 조정된다.

[0082] 한편, 도 4 에 나타내는 플로차트에서는, 설명의 편의를 위해 액체 (LQ) 없이 극소 σ 값을 갖는 개구조리개 (8e) 가 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치된 상태에서, 조사량 센서 (37) 를 사용한 광량의 계측 (단계 S14) 과, 조도 불균일 센서 (36) 를 사용한 조도 불균일의 계측 (단계 S15) 을 연속하여 실시하는 경우를 예로 들어 설명하였지만, 어느 한 쪽의 계측을 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 를 통하여 실시하도록 해도 된다. 특히, 실제 노광조건과 상이한 조건 (극소 σ 값 0.25 의 조건) 에서는 정확한 조도 불균일을 계측할 수 없는 경우도 있으므로, 조도 불균일 센서 (36) 에 액침 대응을 실시하여, 예를 들어 핀홀 (31) 에 대하여 방수처리를 실시하여 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 공급되어 있는 상태 (다시 말해 단계 S18 과 단계 S19 사이) 에서 단계 S15 의 계측을 실시하도록 해도 된다.

[0083] 또, 상기 서술한 실시형태에서는, 조사량 센서 (37) 를 사용한 광량계측을 한 후에 조도 불균일 센서 (36) 에 의한 조도 불균일 계측을 하고 있지만, 레티클 (R) 의 반출, 반입 공정이 스루풋을 저하시키게 되기 때문에, 조도 불균일 센서 (36) 에 의한 조도 불균일 계측을 한 후에 조사량 센서 (37) 에 의한 광량계측을 하는 편이 바람직하다. 또한, 조도 불균일 센서 (36) 를 사용한 조도 불균일 계측시에 노광광의 광로 상에서 레티클 (R) 을 퇴피시키고 있었으나, 패턴이 형성되지 않은 레티클 (계측용 미가공 유리) 을 배치해도 된다.

[0084] 또한, 상기 실시형태에서는 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치하는 개구조리개를 바꿈으로써 코히런스 팩터 (조명계의 σ) 를 변경하여 투영광학계 (PL) 의 이미지면측을 향한 노광광의 개방각을 조정하고 있었지만, 노광광의 개방각의 조정은 이것에 제한되지 않고 여러 가지 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어,

제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 전단 (광원 (1) 측) 에 줌 광학계를 배치하여 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 에 입사하는 광속의 분포를 변경하고, 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에서의 노광광의 광속분포를 변경함으로써 조정해도 된다. 또, 상기 서술한 실시형태에서는 코히런스 팩터 (조명계의 σ) 값을 0.25 로 설정하였지만 이것에 한정되는 것은 아니고, 액체 (LQ) 의 굴절률 및 투영광학계 (PL) 의 개구수를 고려하여 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 없는 상태라도 투영광학계 (PL) 의 선단면에서 노광광의 일부에 전반사가 일어나지 않도록 설정해 주면 된다.

[0085] 또, 상기 서술한 실시형태에서는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 없는 상태에서 조도 불균일 센서 (36) 에 의한 계측이나 조사량 센서 (37) 에 의한 계측을 하도록 하고 있지만, 노광광의 개방각을 조정하였다고 해도 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 있는 상태와 액체 (LQ) 가 없는 상태에서는 투영광학계 (PL) 의 하면에서의 반사율이 상이한 경우가 있다. 그 경우에는, 예를 들어 소정 반사율을 갖는 반사판을 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 배치한 상태에서 노광광을 조사하고, 예를 들어 일본 공개특허공보 2001-144004호 (대응 미국특허 6,730,925) 에 개시되어 있는 것과 같은 반사량 모니터를 사용하여, 액체 (LQ) 가 있는 상태와 액체 (LQ) 가 없는 상태에서 투영광학계 (PL) 로부터 되돌아오는 광량을 각각 계측한다. 그리고, 그 차를 보정정보로서 유지해 두고 조도 불균일 센서 (36) 나 조사량 센서 (37) 의 액체 (LQ) 가 없는 상태의 계측결과를 그 보정정보를 사용하여 보정하도록 하면 된다. 또, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 상기 일본 공개특허공보 2001-144004호 (대응 미국특허 6,730,925) 의 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0086] 또한, 제 1 실시형태에서는 조도 불균일 센서 (36) 나 조사량 센서 (37) 를 액체 (LQ) 가 없이 계측하는 경우에 대하여 설명하였지만, 후술하는 공간 이미지 계측장치나 파면수차 (波面収差) 계측장치 등의 각종 계측장치에 액체 (LQ) 가 없는 상태에서의 계측을 적용할 수도 있다. 이 경우, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측 공간에 액체 (LQ) 에 상당하는 광학 (유리) 부재를 배치해도 된다. 이러한 광학부재를 배치함으로써, 액체 (LQ) 가 없더라도 투영광학계 (PL) 의 이미지면측 공간을 액체 (LQ) 로 채우고 있는 경우에 가까운 조건으로 계측을 실시할 수 있다. 또, 파면수차 계측장치는, 예를 들어 미국특허 6,650,399 나 미국 특허공개 2004/0090606 에 개시되어 있으며, 이들 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0087] 이상과 같이, 제 1 실시형태에서는 액침법의 채용에 의해 투영광학계의 개구수가 증대하더라도 투영광학계 (PL) 에 입사한 노광광을 각종 센서의 광투과부를 통하여 양호하게 수광할 수 있다. 또한, 액체 (LQ) 를 통하지 않고 노광광을 수광하고 있기 때문에, 액체 (LQ) 의 상태 (온도변화, 흔들림, 투과율 변화 등) 의 영향을 받지 않고 각종 센서를 계측할 수 있다.

[0088] [제 2 실시형태]

[0089] 다음으로, 본 발명의 제 2 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 본 실시형태의 노광장치의 전체구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또 제 1 실시형태에서는, 노광광센서 (27) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 없이 계측동작 (노광광의 수광) 을 하였지만, 이하의 설명에서는 노광광센서 (27) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 를 통하여 계측동작을 한다. 또, 도 3 에 나타내는 바와 같이 제 1 실시형태에서 설명한 노광광센서 (27) 는 조도 불균일 센서 (36) 와 조사량 센서 (37) 를 구비하고 있다. 이하에서는 설명을 간단하게 하기 위해 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조도 불균일 센서에 본 발명을 적용한 경우를 예로 들어 설명하지만, 물론 후술하는 조사량 센서나 공간 이미지 계측장치에도 적용할 수 있다.

[0090] 도 5 는 본 발명의 제 2 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면으로, 5(a) 는 단면도이고, 5(b) 는 조도 불균일 센서에 형성되는 평볼록 렌즈의 사시도이다. 도 5(a) 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서 (40) 는 평볼록 렌즈 (41) 와 수광소자 (42) 를 포함하여 구성된다.

[0091] 도 5(a), (b) 에 나타내는 바와 같이, 평볼록 렌즈 (41) 는 평탄부 (41a) 와 소정 곡률을 갖는 곡면부 (41b) 가 형성된 광학렌즈이다. 본 실시형태는, 제 1 실시형태와 마찬가지로 노광광으로서 진공자외역의 ArF 엑시머 레이저 광원의 광이 사용되기 때문에, 평볼록 렌즈 (41) 의 초재료는 예를 들어 합성 석영 또는 형석이 사용된다. 평볼록 렌즈 (41) 의 평탄부 (41a) 에는, 중앙부를 제외한 전체면에 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하여 차광부 (43) 가 형성되어 있다. 평탄부 (41a) 의 중앙부에는 Cr (크롬) 등의 금속이 증착되어 있지 않으며, 이로 인해 십 수~수십 μm 정도의 직경을 갖는 광투과부 (44) 가 형성되어 있다.

- [0092] 이러한 구성의 평볼록 렌즈 (41) 는, 차광부 (43) 가 형성된 평탄부 (41a) 를 투영광학계 (PL) 를 향하게 하고, 또한 상면 (차광부 (43) 의 상면) 이 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 과 일치하도록 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착된다. 또한, 수광소자 (42) 는 수광면 (42a) 을 평볼록 렌즈 (41) 의 곡면부 (41b) 를 향하게 하고, 또한 수광면 (42a) 의 거의 중심이 평볼록 렌즈 (41) 의 광축 상에 배치되도록 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착된다. 이 수광소자 (42) 는 수광면 (42a) 에 ArF 레이저광에 대한 AR 코트가 실시되어 있다.
- [0093] 여기에서는, 설명의 편의상 평볼록 렌즈 (41) 및 수광소자 (42) 가 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착되어 있는 것으로 하지만, 이들을 도 3 에 나타내는 새시 (30) 와 같은 새시 내에 부착하여 새시를 웨이퍼 스테이지 (15) 상에 형성하는 것이 적합하다. 이러한 구성의 경우에는, 평볼록 렌즈 (41) 의 상면 (차광부 (43) 의 상면) 이 새시의 상면과 일치하도록 평볼록 렌즈 (41) 가 새시에 부착되고, 또한 새시의 상면이 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 과 일치하도록 새시가 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착된다.
- [0094] 평볼록 렌즈 (41) 가 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착되는 경우 및 도 3 에 나타내는 새시 (30) 와 동일한 새시에 부착되는 어느 경우라 해도, 웨이퍼 스테이지 (15) 상의 액체 (LQ) 가 조도 불균일 센서 (40) 내에 침입하지 않도록 시일 (seal) 재 등에 의해서 방수 (방액) 대책이 실시되어 있다. 따라서, 도 5(a) 에 나타내는 바와 같이 투영광학계 (PL) 의 하방 (-Z 방향) 에 조도 불균일 센서 (40) 가 배치되어 있을 때, 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 스테이지 (15) 사이에 액체 (LQ) 가 공급되더라도 액체 (LQ) 가 조도 불균일 센서 (40) 내에 침입하는 일은 없다.
- [0095] 이 때문에, 본 실시형태의 조도 불균일 센서 (40) 를 사용한 노광광의 조도 불균일 또는 적산 광량 불균일의 계측은, 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a ; 평볼록 렌즈 (41)) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 실시할 수 있다. 액체 (LQ) 가 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 사이에 공급되어 있는 상태에서는, 투영광학계 (PL) 에 입사된 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 에 입사된다.
- [0096] 도 5(a) 에 나타내는 바와 같이, 액체 (LQ) 에 입사한 노광광 중 차광부 (43) 에 입사한 노광광은 차광되고, 편홀 형상의 광투과부 (44) 에 입사한 노광광만이 평탄부 (41a) 로부터 평볼록 렌즈 (41) 내에 입사한다. 여기서, 평볼록 렌즈 (41) 의 굴절률은 액체 (LQ) 의 굴절률과 동일한 정도 또는 액체 (LQ) 의 굴절률보다도 높기 때문에, 광투과부 (44) 에 입사하는 노광광의 입사각이 크더라도 광투과부 (44) 에 입사한 노광광은 광투과부 (44) 내에 노출되어 있는 평볼록 렌즈 (41) 의 평탄부 (41a) 에서 전반사되지 않고 평볼록 렌즈 (41) 내에 입사한다. 또, 평볼록 렌즈 (41) 에 입사한 노광광은 평볼록 렌즈 (41) 에 형성된 곡면부 (41b) 에 의해 집광된 후에 수광면 (42a) 에 입사하여 수광소자 (42) 로 수광된다.
- [0097] 이와 같이, 본 실시형태에서는 평볼록 렌즈 (41) 의 평탄부 (41a) 에 차광부 (43) 및 광투과부 (44) 를 형성하여, 광투과부 (44) 를 통과한 노광광을 기체 속을 통과시키지 않고 직접 굴절률이 높은 평볼록 렌즈 (41) 에 입사시키고 있다. 이 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 광투과부 (44) 에 입사하더라도 전반사되는 일없이 평볼록 렌즈 (41) 내에 넣을 수 있다. 또한, 평볼록 렌즈 (41) 에 입사한 노광광을 곡면부 (41b) 에서 집광하여 수광소자 (42) 의 수광면 (42a) 으로 유도하고 있기 때문에, 광투과부 (44) 에 입사한 노광광이 큰 입사각을 갖고 있더라도 수광소자 (42) 로 수광할 수 있다.
- [0098] 또, 도 5 에 나타내는 조도 불균일 센서 (40) 는 평볼록 렌즈 (41) 의 평탄부 (41a) 상에 중심부를 제외하고 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하여 차광부 (43) 및 광투과부 (44) 를 형성하고 있다. 이 때문에, 도 5(a) 에 나타내는 바와 같이 광투과부 (44) 가 오목부로서 형성되게 된다. 투영광학계 (PL) 에 공급되는 액체 (LQ) 는, 액체공급장치 (21) 및 액체회수장치 (22) 에 의해 항상 순환시키는 경우에는 광투과부 (44) 의 존재에 의해 액체 (LQ) 의 흐름에 난류가 생길 가능성을 생각할 수 있다. 또, 평볼록 렌즈 (41) 상에 액체 (LQ) 의 공급을 개시하였을 때 광투과부 (44) 에 기포가 남을 우려도 있다. 이하에 설명하는 도 6 에 나타낸 조도 불균일 센서는 이 점에서 본 실시형태를 개선하고 있다.
- [0099] 도 6 은 본 발명의 제 2 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 변형예를 나타내는 도면으로, 6(a) 는 단면도, 6(b) 는 조도 불균일 센서에 형성되는 평볼록 렌즈의 사시도이다. 도 6 에 나타내는 조도 불균일 센서 (40) 는, 도 5 에 나타내는 조도 불균일 센서 (40) 에 형성되는 평볼록 렌즈 (41) 대신에 평볼록 렌즈 (45) 를 구비하는 점이 상이하다. 도 6 에 나타내는 바와 같이, 평볼록 렌즈 (45) 는 평볼록 렌즈 (41) 에 형성된 평탄부 (41a) 및 곡면부 (41b) 와 동일하게 평탄부 (45a) 및 곡면부 (45b) 가 형성되어 있다. 그러나, 평탄부 (45a) 가 전체면에 걸쳐 평탄하지 않고, 상부가 평탄한 볼록부 (46) 가 평탄부 (45a)

의 중앙 부근에 형성되어 있는 점이 다르다.

- [0100] 평탄부 (45a) 상에는 볼록부 (46) 를 제외하고 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하여 차광부 (43) 가 형성되어 있고, 평탄부 (45a) 의 중앙부에 형성된 볼록부 (46) 의 높이는 차광부 (43) 의 두께와 거의 동일하게 설정되어 있다. 다시 말해, 도 6 에 나타내는 조도센서 (40) 에서는, 편향 형상의 광투과부 (44) 로서 볼록부 (46) 가 형성되어 있다. 이 때문에, 도 6 에 나타내는 바와 같이 투영광학계 (PL) 의 하방 (-Z 방향) 에 조도 불균일 센서 (40) 가 배치된 상태에서, 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 스테이지 (15 ; 평볼록 렌즈 (45)) 사이에 액체 (LQ) 가 공급되더라도 광투과부 (44) 내에 액체 (LQ) 가 유입되지는 않아, 액체 (LQ) 의 흐름에 난류가 생기는 일은 없다. 또한 광투과부 (44) 에 기포가 남는 일도 없다. 따라서, 도 6 에 나타내는 구성의 조도 불균일 센서 (40) 를 사용함으로써 확실도가 더욱 높은 계측을 할 수 있다.
- [0101] 또한 제 2 실시형태에서는, 볼록부 (46) 는 평볼록 렌즈 (45) 와 일체적으로 형성되어 있지만 따로따로 형성해도 된다. 또, 볼록부 (46) 와 평볼록 렌즈 (45) 를 다른 물질로 형성하도록 해도 된다. 이 경우, 볼록부 (46) 를 형성하는 물질은 노광광을 투과할 수 있는 물질이고, 평볼록 렌즈 (45) 의 재료의 굴절률과 동일한 정도, 또는 액체 (LQ) 의 굴절률보다도 높고 또한 평볼록 렌즈 (45) 재료의 굴절률보다도 낮은 것을 사용할 수 있다.
- [0102] [제 3 실시형태]
- [0103] 다음으로, 본 발명의 제 3 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 상기 서술한 제 2 실시형태와 마찬가지로 본 실시형태의 노광장치의 전체구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광 센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또한, 본 실시형태에서도 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조도 불균일 센서에 대하여 설명한다.
- [0104] 도 7 은 본 발명의 제 3 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면으로, 7(a) 는 단면도, 7(b) 는 조도 불균일 센서에 형성되는 개구관 및 평볼록 렌즈의 사시도이다. 도 7(a) 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서 (50) 는, 상판 (51), 평볼록 렌즈 (52) 및 수광소자 (53) 를 포함하여 구성된다.
- [0105] 도 7(a), 7(b) 에 나타내는 바와 같이, 상판 (51) 은 진공자외역의 ArF 엑시머 레이저 광원의 광에 대하여 높은 투과율을 갖는 합성 석영 또는 형석으로 이루어지는 평행평판 (54) 을 구비하고 있다. 이 평행평판 (54) 의 한 쪽 면에는 중앙부를 제외한 전체면에 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하여 차광부 (55) 가 형성되어 있고, Cr (크롬) 등의 금속이 증착되지 않은 중앙부가 원형의 광투과부 (56) 로 되어 있다. 또한, 평볼록 렌즈 (52) 는 도 5 에 나타내는 평볼록 렌즈 (41) 와 마찬가지로 평탄부 (52a) 와 소정 곡률을 갖는 곡면부 (52b) 가 형성된 합성 석영 또는 형석으로 이루어지는 광학렌즈이다.
- [0106] 상판 (51) 은 차광부 (55) 가 형성된 면을 하측으로 하여 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 에 맞대어 부착되어 있다. 또한, 평볼록 렌즈 (52) 는 평탄부 (52a) 를 투영광학계 (PL) 를 향하게 하고 상판 (51) 의 차광부 (55) 에 맞대어 (밀접시켜) 부착되어 있다. 또, 수광소자 (53) 는 도 5 에 나타내는 수광소자 (42) 와 동일한 것으로, 수광면 (53a) 을 평볼록 렌즈 (52) 의 곡면부 (52b) 를 향하게 하고, 또한 수광면 (53a) 의 거의 중심이 평볼록 렌즈 (52) 의 광축 상에 배치되도록 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착된다.
- [0107] 또, 제 2 실시형태와 마찬가지로 상판 (51), 평볼록 렌즈 (52) 및 수광소자 (53) 를 도 3 에 나타내는 새시 (30) 와 동일한 새시 내에 부착하여 새시를 웨이퍼 스테이지 (15) 에 형성하도록 해도 된다. 이러한 구성의 경우에는, 새시 상에 차광부 (55) 를 맞대어 상판 (51) 이 부착되고, 새시의 상면이 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 과 일치하도록 새시가 웨이퍼 스테이지 (15) 에 부착된다. 상판 (51) 은 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 또는 새시의 상면 사이에서 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다.
- [0108] 이러한 구성의 조도 불균일 센서 (50) 에 있어서, 상판 (51) 은 액체 (LQ) 가 조도 불균일 센서 (50) 내에 침입하는 것을 방지하는 역할을 한다. 본 실시형태의 조도 불균일 센서 (50) 를 사용하더라도, 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하여, 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 조명 불균일 등의 계측을 할 수 있다.
- [0109] 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 스테이지 (15) 의 상면 (15a) 사이에 액체 (LQ) 가 공급되어 있는 상태에서, 투영광학계 (PL) 에 입사한 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 에 입사된다. 상판 (51) 에 형성되는 평행평판 (54) 의 굴절률은 액체 (LQ) 의 굴절률과 동일한 정도 또는 액체 (LQ) 의 굴절률보다도 높기 때문에, 액체 (LQ) 를 통한 노광광은 상판 (51) 에 입사하고, 상판

(51)에 형성된 광투과부(56)로부터의 광이 평볼록 렌즈(52)에 입사된다. 평볼록 렌즈(52)에 입사한 노광광은 평볼록 렌즈(52)에 형성된 곡면부(52b)에 의해 집광되고 수광면(53a)으로 유도되어 수광소자(53)로 수광된다.

[0110] 또, 본 실시형태에서는, 평볼록 렌즈(52)의 평탄부(52a)를 상판(51)의 차광부(55)가 형성된 면에 맞대고 있기 때문에 기체 속을 통과하지 않고 평볼록 렌즈(52)로 광투과부(56)로부터의 광을 수광소자(53)로 유도할 수 있다. 또한 도 7에 있어서, 평행평판(54)의 한 쪽 면에 형성된 차광부(막)의 두께 때문에 광투과부(56)에서 평행평판(54)의 하면과 평볼록 렌즈(52)의 상면 사이에 공간이 형성되어 버리는 경우에는, 그 광투과부(56)의 공간에 기체 이외의 매질이며 광투과성인 매질, 예를 들어 액체, 초임계 유체, 페이스트, 고체를 광투과부와 집광부재 사이에 예를 들어 박막 형상으로 개재시켜도 된다. 또는 노광광을 투과하는 접착제를 평행평판(54)과 평볼록 렌즈(52)의 접합에 사용하고, 그 접착제를 광투과부(56)의 공간에 개재시킬 수도 있다. 이 경우, 광투과부(56)에 개재하는 물질의 노광광에 대한 굴절률은 평볼록 렌즈(52) 및 평행평판(54)의 굴절률과 동일한 정도인 것이 바람직하다. 그리고, 평볼록 렌즈(52)대신에 도 8에 나타내는 평볼록 렌즈(57)를 형성해도 된다. 도 8은 본 발명의 제 3 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서가 구비하는 평볼록 렌즈의 다른 예를 나타내는 사시도이다. 도 8에 나타내는 평볼록 렌즈(57)는, 도 7에 나타내는 평볼록 렌즈(52)와 마찬가지로 평탄부(57a) 및 곡면부(57b)가 형성되어 있지만, 평탄부(57a)가 전체면에 걸쳐 평탄하지 않고 상부가 평탄한 볼록부(58)가 평탄부(57a)의 중앙 부근에 형성되어 있는 점이 다르다.

[0111] 이 볼록부(58)의 높이는, 상판(51)에 형성된 차광부(55)의 두께와 거의 동일하게 설정되고, 그 직경은 상판(51)에 형성된 광투과부(56)의 직경과 거의 동일하게 설정된다. 이러한 구성의 평볼록 렌즈(57)의 평탄부(57a)를 상판(51)의 차광부(55)가 형성된 면에 맞대면, 볼록부(58)가 상판(51)에 형성된 광투과부(56)에 끼워 맞춰진다. 이것에 의해, 상판(51)의 평행평판(54)에 입사한 노광광 중 광투과부(56)에 입사하는 노광광은 볼록부(58)의 상면으로부터 평볼록 렌즈(57)에 입사하도록 광투과부(56)를 통과한다. 또, 도 8에 있어서 볼록부(58)는 평볼록 렌즈(57)와 일체적으로 형성되어 있지만, 따로따로 형성해도 된다. 또, 볼록부(58)와 평볼록 렌즈(57)를 다른 물질로 형성하도록 해도 된다. 이 경우, 볼록부(58)를 형성하는 물질은 노광광을 투과할 수 있는 물질이고, 평행평판(54)의 재료 및 평볼록 렌즈(57)의 재료의 굴절률과 동일한 정도의 굴절률을 갖는 것이 바람직하다.

[0112] 또한, 본 실시형태에서는 평행평판(54)의 저면측에 차광부(55)를 형성하여 평볼록 렌즈(52(57))를 맞대는 구성이지만, 평볼록 렌즈(52(57))의 평탄부(52a(57a))에 차광부(55)를 형성하여 평행평판(54)을 맞대어도 된다.

[0113] [제 4 실시형태]

[0114] 다음으로, 본 발명의 제 4 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 상기 서술한 제 2, 제 3 실시형태와 마찬가지로, 본 실시형태의 노광장치의 전체구성은 도 1에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서(27)의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태에서도 주로 노광광센서(27)에 형성되는 조도 불균일 센서에 대하여 설명한다. 도 9는 본 발명의 제 4 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 단면도이다. 도 9에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서(60)는, 평행평판(61), 평볼록 렌즈(62) 및 수광소자(63)를 포함하여 구성된다.

[0115] 평행평판(61)은 진공자외역의 ArF 엑시머 레이저 광원의 광에 대하여 높은 투과율을 갖는 합성 석영 또는 형석으로 이루어지고, 도 3에 나타내는 새시(30)에 형성된 핀홀(31)을 덮도록 새시(30)의 상면(33)에 부착되어 있다. 이 평행평판(61)은 투영광학계(PL)의 이미지면측에 공급되는 액체(LQ)가 핀홀(31)을 통하여 조도 불균일 센서(60)내에 침입하지 않도록, 새시(30)의 상면(33) 사이에서 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다.

[0116] 평볼록 렌즈(62)는 그 직경이 핀홀(31)의 직경과 동일한 정도 또는 약간 작게 설정된 합성 석영 또는 형석으로 이루어지는 광학렌즈이다. 이 평볼록 렌즈(62)는, 평탄부가 평행평판(61)에 접합되어 핀홀(31)의 내부에 배치된다. 또한 수광소자(63)는 도 5에 나타내는 수광소자(42)와 동일한 것으로, 수광면(63a)을 평볼록 렌즈(62)의 곡면부를 향하게 하고, 또한 수광면(63a)의 거의 중심이 평볼록 렌즈(62)의 광축 상에 배치되도록 새시(30)내부에 부착된다. 또한, 수광소자(42)의 수광면(63a)의 면적은 입사하는 노광광의 광속의 폭에 따라 적절히 변경해도 된다.

- [0117] 본 실시형태의 조도 불균일 센서 (60) 에서도, 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 조명 불균일 등의 계측을 할 수 있다. 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 가 공급되어 있는 상태에서, 투영광학계 (PL) 에 입사된 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 에 입사된다.
- [0118] 평행평판 (61) 및 평볼록 렌즈 (62) 의 굴절률은 액체 (LQ) 의 굴절률과 동일한 정도 또는 액체 (LQ) 의 굴절률보다도 높기 때문에, 액체 (LQ) 를 통하여 평행평판 (61) 에 입사한 노광광 중 편광 (31) 을 향한 노광광은 평볼록 렌즈 (62) 에 입사하여 집광되고, 수광면 (63a) 에 유도되어 수광소자 (63) 로 수광된다. 이와 같이, 본 실시형태에서도 투영광학계 (PL) 에서 액체 (LQ) 에 입사한 노광광이 평볼록 렌즈 (62) 로부터 사출될 때까지는 기체 속을 통과하지 않는다. 이 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 편광 (31) 에 입사하더라도 전반사되는 일없이 평볼록 렌즈 (62) 내에 넣을 수 있고, 나아가서는 수광소자 (63) 로 수광할 수 있다. 또, 평볼록 렌즈 (62) 주위로부터의 액체 (LQ) 의 침입을 방지할 수 있는 경우에는 평행평판 (61) 은 없어도 된다.
- [0119] 또, 도 9 에 나타내는 예에서는, 평볼록 렌즈 (62) 를 편광 (31) 내에 배치하여, 새시 (30) 상에 부착된 평행평판 (61) 에 부착하도록 하고 있었다. 그러나, 평볼록 렌즈 (62) 의 직경은 편광 (31) 과 동일한 정도의 십수~수 십 μ m 정도이기 때문에 평볼록 렌즈 (62) 의 취급이 곤란한 경우가 있다. 이러한 경우에는, 평행평판 (61) 상에 평볼록 렌즈 (62) 와 동일한 볼록 렌즈를 일체적으로 형성하여 이 볼록 렌즈가 편광 (31) 내에 배치되도록 평행평판 (61) 을 새시 (30) 상에 부착하는 것이 적합하다. 또, 새시 (30) 상판의 두께가 매우 얇은 경우에는 새시 (30) 하면에 큰 평볼록 렌즈를 배치해도 된다. 이 경우에도, 도 7(a) 와 마찬가지로 편광 (31) 로부터의 광을 수광소자에 모을 수 있다.
- [0120] [제 5 실시형태]
- [0121] 다음으로, 본 발명의 제 5 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 상기 서술한 제 2~제 4 실시형태와 마찬가지로 본 실시형태의 노광장치의 전체구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 같은 구성이지만, 노광광센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태에서도 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조도 불균일 센서에 대하여 설명한다. 도 10 은 본 발명의 제 5 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 단면도이다. 도 10 에 나타내는 바와 같이 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서 (70) 는 평볼록 렌즈 (71) 및 수광소자 (72) 를 포함하여 구성된다.
- [0122] 평볼록 렌즈 (71) 는 진공외역의 ArF 엑시머 레이저 광원의 광에 대하여 높은 투과율을 갖는 합성 석영 또는 형석으로 이루어지고, 그 직경은 도 3 에 나타내는 새시 (30) 에 형성된 편광 (31) 의 직경보다도 크게 설정되어 있다. 이 평볼록 렌즈 (71) 는 편광 (31) 의 형성위치에서 평탄부 (71a) 가 새시 (30) 의 내측에 접합되어 있다. 이로 인해, 편광 (31) 이 평볼록 렌즈 (71) 에 의해 막힌 상태가 되어 편광 (31) 을 통해 액체 (LQ) 가 조도 불균일 센서 (70) 내로 침입하는 것을 방지할 수 있다. 또한, 평볼록 렌즈 (71) 를 새시 (30) 의 내측에 펼칠 때 시일재 등에 의해 방수 대책을 하는 것이 바람직하다.
- [0123] 또, 수광소자 (72) 는 도 5 에 나타내는 수광소자 (42) 와 동일한 것으로, 수광면 (72a) 을 평볼록 렌즈 (72) 의 곡면부 (71b) 를 향하게 하고, 또한 수광면 (72a) 의 거의 중심이 평볼록 렌즈 (71) 의 광축 상에 배치되도록 새시 (30) 내부에 부착된다. 본 실시형태의 조도 불균일 센서 (70) 에서도, 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 조명 불균일 등의 계측을 할 수 있다.
- [0124] 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 가 공급되어 있는 상태에서, 투영광학계 (PL) 에 입사한 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 에 입사된다. 평볼록 렌즈 (71) 의 굴절률은 액체 (LQ) 의 굴절률과 동일한 정도 또는 액체 (LQ) 의 굴절률보다도 높기 때문에, 액체 (LQ) 에 입사한 노광광 중 편광 (31) 에 입사한 노광광은 평볼록 렌즈 (71) 에 입사하여 집광되고, 수광면 (72a) 에 유도되어 수광소자 (72) 로 수광된다.
- [0125] 이와 같이, 본 실시형태에서는 투영광학계 (PL) 로부터 액체 (LQ) 에 입사한 노광광 중 편광 (31) 을 통과한 노광광은 기체 속을 통과하지 않고 직접 굴절률이 높은 평볼록 렌즈 (71) 에 입사한다. 이 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 편광 (31) 에 입사하더라도 전반사되는 일없이 평볼록 렌즈 (71) 내에 넣을 수 있고, 나아가서는 수광소자 (72) 로 수광할 수 있다.
- [0126] 또, 본 실시형태에서는 제 2 실시형태와 마찬가지로 편광 (31) 의 존재에 의해 액체 (LQ) 의 흐름에 난류가 생

기고, 나아가 와류(渦流)의 발생에 의해 액체(LQ)가 끓어올라 액체(LQ)내에 기포가 생길 가능성을 생각할 수 있다. 이들을 방지하기 위해, 평볼록 렌즈(71)로서 도 8에 나타내는 평볼록 렌즈(57)를 사용하여, 평탄부(57a)에 형성된 볼록부(58)가 핀홀(31)에 끼워 맞춰지도록 평볼록 렌즈(57)를 새시(30)의 내측에 붙일 수 있다. 또는 핀홀(31)에 노광광을 투과하는 물질을 개재시켜도 된다.

[0127] 이상 설명한 제 2~제 5 실시형태에서는 평볼록 렌즈(41, 45, 52, 57, 62, 71)와 수광소자(42, 53, 63, 72)를 이간시켜 배치한 경우를 예로 들어 설명하였지만, 산소 등에 의한 노광광의 흡수를 최대한 피하기 위해 평볼록 렌즈(41, 45, 52, 57, 62, 71)와 수광소자(42, 53, 63, 72)를 접촉시켜도 된다. 또, 상기 실시형태에서는 집광부재로서 평볼록 렌즈(41, 45, 52, 57, 62, 71)를 예로 들어 설명하였지만, 이외에 DOE(회절광학소자), 소(小)렌즈 어레이, 프레넬 렌즈, 반사 미러 등을 사용할 수 있다.

[0128] [제 6 실시형태]

[0129] 다음으로, 본 발명의 제 6 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 본 실시형태의 노광장치도 전체 구성은 도 1에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서(27)의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태의 노광장치가 구비하는 노광광센서(27)는 상기 서술한 제 2~제 5 실시형태와 마찬가지로 투영광학계(PL)의 이미지면측의 액체(LQ)를 통하여 계측 동작을 하는 것이다. 단, 본 실시형태에서는 주로 노광광센서(27)에 형성되는 조사량 센서를 예로 들어 설명하지만, 물론 상기 조도 불균일 센서나 후술하는 공간 이미지 계측장치에도 적용할 수 있다.

[0130] 도 11은 본 발명의 제 6 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조사량 센서의 개략 구성을 나타내는 도면이다. 도 11(a)에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조사량 센서(80)는 집광판(81) 및 수광소자(82)를 포함하여 구성된다. 집광판(81)은 진공차외역의 ArF 엑시머 레이저 광원의 광에 대하여 높은 투과율을 갖는 합성 석영 또는 형석으로 이루어지고, 도 11(a), 11(b)에 나타내는 바와 같이 그 일면(액체(LQ)와 접촉하지 않는 면; 81a)에 마이크로 렌즈 어레이(83)가 형성되어 있다.

[0131] 마이크로 렌즈 어레이(83)는, 예를 들어 직교하는 2방향으로 배열된 원형상의 정(正) 굴절력을 갖는 다수의 미소 렌즈로 이루어지는 광학소자이다. 또, 도 11에 나타내는 마이크로 렌즈 어레이(83)는 어디까지나 예시이며, 미소 렌즈의 형상은 원형상에 한하지 않고 정사각형이어도 되며, 그 배열은 직교하는 2방향으로의 배열에 한하지 않고 조밀 배열이어도 된다. 마이크로 렌즈 어레이(83)는, 예를 들어 평행평면 유리판의 일면에 에칭처리를 하여 미소 렌즈군을 형성함으로써 구성되어 있다.

[0132] 집광판(81)은, 마이크로 렌즈 어레이(83)가 형성된 면(81a)과 대향하는 평탄한 면(81b)을 투영광학계(PL)측(+Z 방향)을 향하게 하고, 또한 면(81b)이 도 3에 나타내는 새시(30)의 상면(33)과 일치하도록 새시(30)에 형성된 개구(32)내에 형성되어 있다. 또, 본 실시형태에서는 도 3에 나타내는 ND 필터(34)는 형성되어 있지 않다. 그리고 마이크로 렌즈 어레이(83)를 ND 필터(34)에 붙인 구성, 또는 마이크로 렌즈 어레이(83)와 수광소자(82)사이에 ND 필터를 형성한 구성으로 해도 된다. 집광판(81)과 새시(30)사이에는 투영광학계(PL)의 이미지면측에 공급되는 액체(LQ)가 새시(30)내에 침입하지 않도록 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다.

[0133] 또, 수광소자(82)는 수광면(82a)을 집광판(81)을 향하게 하고, 또한 수광면(82a)의 거의 중심이 집광판(81)의 중앙부의 거의 중심의 바로 아래(-Z 방향)에 위치하도록 배치되어 있다. 이 수광소자(82)는 집광판(81)으로 집광된 광속의 대부분이 수광면(82a)에서 수광되도록 집광판(81)에 근접하여 부착되어 있다. 또, 수광소자(82)의 수광면(82a)에는 ArF 레이저광에 대한 AR 코트가 실시되어 있다.

[0134] 본 실시형태의 조사량 센서(80)를 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량을 계측하는 경우에는, 제 1 실시형태의 조사량 센서(37)에서의 계측과는 달리 조명조광계(IS)의 조명조건을 웨이퍼(W)에 대한 노광처리할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계(PL)와 새시(30)의 상면(33)사이에 액체(LQ)를 공급한 상태에서 실시할 수 있다. 투영광학계(PL)와 새시(30)의 상면(33)사이에 액체(LQ)가 공급되어 있는 상태에서, 투영광학계(PL)에 입사한 노광광은 투영광학계(PL)의 선단부에서 최외 광선도 전반사되지 않고 투영광학계(PL)를 통과하여 액체(LQ)에 입사된다.

[0135] 집광판(81)의 굴절률은 액체(LQ)의 굴절률과 동일한 정도 또는 액체(LQ)의 굴절률보다도 높기 때문에, 액체(LQ)에 입사한 노광광은 집광판(81)에 입사된다. 노광광의 파면은 집광판(81)의 면(81a)에 형성된 마이크로 렌즈 어레이(83)를 이루는 다수의 미소 렌즈에 의해 이차원적으로 분할됨과 함께 미소 렌즈의 굴절작용에 의해 수렴되고, 그 후에 분할된 파면 각각은 수광소자(82)의 수광면(82a)에 입사하여 수광된다.

- [0136] 이와 같이, 본 실시형태에서도 투영광학계 (PL) 로부터 액체 (LQ) 에 입사한 노광광이 집광관 (81) 으로부터 사출될 때까지는 기체 속을 통과하지 않는다. 이 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 집광관 (81) 에 입사하더라도 전반사되는 일없이 집광관 (81) 내에 넣을 수 있고, 나아가서는 수광소자 (82) 로 수광할 수 있다. 또한 조사량 센서는, 개구 (32) 의 면적이 크기 때문에 상기 서술한 제2, 제 3, 제 5 실시형태에서 설명한 조사 불균일 센서에서 사용한 평볼록 렌즈 (41, 52, 71) 와 같은 단렌즈를 개구 (32) 에 형성하여 입사한 광을 집광하는 구성으로 하면 조사량 센서가 대형화되어, 도 1 에 나타내는 웨이퍼 스테이지 (15) 에 탑재하는 데에 있어서 문제가 생긴다. 본 실시형태에서는 이러한 단렌즈를 사용하지 않고 마이크로 렌즈 어레이 (83) 를 사용함으로써 조사량 센서 (80) 를 소형·경량으로 할 수 있다.
- [0137] 또한, 이상의 설명에서는 집광관 (81) 의 일면 (81a) 에 마이크로 렌즈 어레이 (83) 가 형성되어 있는 경우에 대하여 설명하였지만, 양면 (면 (81a, 81b)) 에 마이크로 렌즈 어레이가 형성되어 있는 집광관을 사용해도 된다. 또, 마이크로 렌즈 어레이 대신에 플라이 아이 렌즈를 사용할 수도 있다. 또, 집광관 (81) 의 일면 (81a) 에만 마이크로 렌즈 어레이 (83) 가 형성되어 있는 경우에는, 도 12 에 나타내는 바와 같이 집광관 (81) 의 투영광학계 (PL) 를 향한 면 (81b) 에 마이크로 렌즈 어레이 (83) 를 이루는 다수의 미소 렌즈 각각에 대응시켜 개구 (84) 를 형성한 것을 사용해도 된다. 도 12 는 마이크로 렌즈 어레이에 대한 개구가 형성된 집광관의 구성예를 나타내는 사시도이다.
- [0138] 도 12 에 나타내는 개구 (84) 는, 예를 들어 면 (81b) 의 전체면에 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하고 미소 렌즈 각각에 대응하는 개소를 에칭함으로써 형성된다. 개구 (84) 는 각각의 미소 렌즈에 입사하는 광속의 양을 제한하는 조리개의 기능을 하기 때문에, ND 필터와 동일한 기능을 갖게 할 수 있다. 본 실시형태에서는, 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고 있기 때문에, 집광관 (81) 및 수광소자 (82) 의 보호 관점에서 개구 (84) 를 형성하는 것이 바람직하다. 또, 본 실시형태에서는 노광광센서 (27) 에 형성되는 조사량 센서 (80) 에 대하여 설명하였지만, 예를 들어 도 5 에 나타내는 평볼록 렌즈 (41) 대신에 마이크로 렌즈 어레이가 형성된 집광관을 사용함으로써 조도 불균일 센서에 적용하는 것도 가능하다.
- [0139] [제 7 실시형태]
- [0140] 다음으로, 본 발명의 제 7 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 본 실시형태의 노광장치의 전체구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태의 노광장치가 구비하는 노광광센서 (27) 는 상기 서술한 제 2~제 5 실시형태와 마찬가지로 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 를 통하여 계측동작을 하는 것이다. 단, 본 실시형태에서는 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조사량 센서에 대하여 설명한다.
- [0141] 도 13 은 본 발명의 제 7 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조사량 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다. 도 13 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조사량 센서 (85) 는 확산판 (86) 및 수광소자 (87) 를 포함하여 구성되고, 확산판 (86) 이 새시 (30) 에 형성된 개구 (32) 내에 형성되어 있다. 확산판 (86) 은 합성 석영 또는 형석으로 구성되고, 미세한 요철이 형성된 면 (86a) 과 평탄한 면 (86b) 을 가지며, 면 (86b) 을 투영광학계 (PL) 측 (+ Z 방향) 을 향하게 하고, 또한 면 (86b) 이 도 3 에 나타내는 새시 (30) 의 상면 (33) 과 일치하도록 개구 (32) 내에 형성되어 있다. 또, 확산판 (86) 과 새시 (30) 사이는 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다. 수광소자 (87) 는, 수광면 (87a) 을 확산판 (86) 을 향하게 하고, 또한 수광면 (87a) 의 거의 중심이 확산판 (86) 의 중앙부의 거의 중심의 바로 아래 (-Z 방향) 에 위치하도록 배치되어 있다. 또한, 수광소자 (87) 는 수광면 (87a) 을 확산판 (86) 에 근접시킨 상태로 배치되어 있다. 이 수광소자 (87) 의 수광면 (87a) 에는 ArF 레이저광에 대한 AR 코트가 실시되어 있다.
- [0142] 본 실시형태의 조사량 센서 (85) 를 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량을 계측하는 경우에는, 제 6 실시형태와 마찬가지로 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 실시한다. 이 상태에 있어서, 투영광학계 (PL) 에 노광광이 입사하면, 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 최외광선도 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 에 입사하고, 나아가서는 굴절률이 액체 (LQ) 와 동일한 정도 또는 액체 (LQ) 보다도 높은 확산판 (86) 에 입사한다. 확산판 (86) 에 입사한 노광광은 확산판 (86) 으로부터 사출될 때 미세한 요철이 형성된 면 (86a) 에서 확산되고, 그 후에 수광소자 (87) 의 수광면 (87a) 에 입사하여 수광된다.
- [0143] 이와 같이, 본 실시형태에서도 투영광학계 (PL) 에서 액체 (LQ) 에 입사한 노광광은 확산판 (86) 으로부터 사출

될 때까지는 기체 속을 통과하지 않기 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 확산판 (86) 에 입사하더라도 전반사되는 경우는 없다. 또, 노광광이 확산판 (86) 으로부터 사출될 때 확산된다. 이들에 의해, 큰 입사각을 갖는 노광광을 더 많이 수광소자 (87) 로 수광할 수 있다. 또한 제 6 실시형태와 마찬가지로 조사량 센서 (85) 의 소형화를 꾀할 수 있다.

[0144] 또, 이상의 설명에서는 일면 (86a) 에만 미세한 요철이 형성된 확산판 (86) 을 사용하는 경우를 예로 들어 설명하였지만, 양면 (86a, 86b) 에 미세한 요철이 형성된 확산판 (86) 을 사용해도 된다. 또, 상기 확산판 (86) 대신에 입사한 노광광을 회절작용에 의해 회절시켜 수광소자에 입사시키는 DOE (회절광학소자) 가 형성된 회절판을 사용해도 된다. 여기에서 DOE 는, 입사각이 작은 광속에 대해서는 회절각이 작고, 입사각이 큰 광속에 대해서는 회절이 커지도록 설계하는 것이 바람직하다. 회절판을 사용하는 경우에는 DOE 가 한 면에만 형성된 것을 사용해도 되고, 양면에 형성된 것을 사용해도 된다. 또, 상기 서술한 확산판 및 회절판은 조도 불균일 센서에 적용할 수도 있다.

[0145] [제 8 실시형태]

[0146] 다음으로, 본 발명의 제 8 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 본 실시형태의 노광장치의 전체구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태의 노광장치가 구비하는 노광광센서 (27) 는 상기 서술한 제 2~제 5 실시형태와 마찬가지로 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 를 통하여 계측동작을 하는 것이다. 단, 본 실시형태에서는 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조사량 센서에 대하여 설명한다.

[0147] 도 14 는 본 발명의 제 8 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조사량 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다. 도 14 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조사량 센서 (90) 는 형광판 (91) 및 수광소자 (92) 를 포함하여 구성된다. 형광판 (91) 은 상면을 일치시켜 새시 (30) 에 형성된 개구 (32) 내에 형성되어 있고, 입사하는 노광광에 의해 여기되어 노광광과는 다른 파장의 형광 또는 인광을 발하는 것이다. 다시 말해, 형광판 (91) 은 진공자외역의 파장을 갖는 노광광을 예를 들어 가시영역의 광으로 파장 변환하는 것이다. 형광판 (91) 은, 예를 들어 노광광을 흡수하여 그것보다도 장파장인 형광 또는 인광을 발하는 유기색소재를 함유하는 광투과판이나, 유기색소를 표면에 코팅한 광투과판을 사용할 수 있다. 이 경우, 수광소자는 형광파장의 감도에 따라 적절히 선택할 수 있다.

[0148] 또, 형광판 (91) 과 새시 (30) 사이는 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다. 수광소자 (92) 는 노광광의 파장과는 상이한 파장영역 (예를 들어 가시영역) 을 수광하는 특성을 갖고 있다. 이 수광소자 (92) 는 수광면 (92a) 의 거의 중심이 형광판 (91) 중앙부의 거의 중심의 바로 아래 (-Z 방향) 에 위치하며, 또한 형광판 (91) 에 근접한 위치에 배치되어 있다. 수광소자 (92) 의 수광면 (92a) 에는 형광 및 인광을 포함하는 가시영역의 광에 대한 AR 코트가 실시되어 있다.

[0149] 본 실시형태의 조사량 센서 (90) 를 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량을 계측하는 경우에는, 제 6, 제 7 실시형태와 마찬가지로 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 실시한다. 노광광의 광량을 계측하기 전에 미리 형광판 (91) 에 입사하는 광량과, 형광판 (91) 으로부터 파장 변환되어 사출되는 광의 광량의 관계를 구해 둔다.

[0150] 조명광학계 (IS) 의 조명조건이 노광시의 조명조건으로 설정되어 있는 상태에서, 투영광학계 (PL) 에 노광광이 입사하면 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 를 통하여 형광판 (91) 에 입사한다. 노광광이 형광판 (91) 에 입사되면, 그 광량의 일부 또는 전부가 형광판 (91) 에 의해 흡수되어, 흡수한 광량에 따른 광량을 갖는 형광 또는 인광이 발생한다. 이 형광 또는 인광은 노광광의 파장과는 다른 파장을 갖고, 노광광의 입사각에 의존하지 않는 방향으로 형광판 (91) 으로부터 사출되며, 그 후에 수광소자 (92) 의 수광면 (92a) 에 입사하여 수광된다.

[0151] 이와 같이, 본 실시형태에서도 투영광학계 (PL) 로부터 액체 (LQ) 에 입사한 노광광은 형광판 (91) 으로부터 사출될 때까지는 기체 속을 통과하지 않기 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 형광판 (91) 에 입사하더라도 전반사되는 경우는 없다. 또, 입사각이 큰 노광광이 입사하더라도 그 노광광은 다른 파장을 갖는 형광 또는 인광으로 변환되어 입사각과는 상이한 방향으로도 사출되기 때문에, 수광소자 (92) 에서의 수광이 용이해진다. 또, 제 6, 제 7 실시형태와 마찬가지로 조사량 센서 (90) 의 소형화를 꾀할 수 있다.

[0152] 또한, 형광판 (91) 에 입사한 노광광 전부가 상이한 파장의 형광 또는 인광으로 변환되지 않는 경우에는, 노광

광의 일부가 형광판 (91) 을 투과하여 수광소자 (92) 에 입사한다. 상기 서술한 바와 같이, 수광소자 (92) 의 수광특성은 노광광과는 상이한 파장영역의 광을 수광하는 특성이기 때문에, 노광광이 수광소자 (92) 에 입사해도 그다지 문제는 없다. 그러나, 형광판 (91) 을 투과한 노광광이 수광소자 (92) 에 입사함으로써 예를 들어 발열 등에 의한 계측오차가 생기는 경우에는, 형광판 (91) 과 수광소자 (92) 사이에 형광판 (91) 으로 생긴 형광 또는 인광이 포함되는 파장영역의 광은 투과시키고 노광광이 포함되는 파장영역의 광은 차광하는 필터를 형성하는 것이 바람직하다.

[0153] [제 9 실시형태]

[0154] 다음으로, 본 발명의 제 9 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 본 실시형태의 노광장치의 전체 구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태의 노광장치가 구비하는 노광광센서 (27) 는, 상기 서술한 제 2~제 5 실시형태와 마찬가지로 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 를 통하여 계측동작을 하는 것으로, 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조도 불균일 센서를 예로 들어 설명한다. 물론 이 실시형태도 상기 서술한 조사량 센서나 후술하는 공간 이미지 계측장치에도 적용할 수 있다.

[0155] 도 15 는 본 발명의 제 9 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다. 도 15(a) 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서 (100) 는 도파부재 (101) 와 수광소자 (102) 를 포함하여 구성된다. 도파부재 (101) 는 도 3 에 나타내는 새시 (30) 에 형성된 핀홀 (31) 의 직경보다도 큰 직경을 갖는 원주 형상이고, 그 중심축과 핀홀 (31) 의 중심위치를 거의 일치시켜 핀홀 (31) 의 하방 (-Z 방향) 에 일단 (101a) 을 맞댄 상태로 배치되어 있다.

[0156] 이 도파부재 (101) 는 합성 석영 또는 형석으로 구성되어 있고, 일단 (101a) 으로부터 내부에 입사한 노광광을 외주 (外周) (공기와의 경계) 에서 전반사시키면서 도파하여 타단 (101b) 으로부터 사출하는 것이다. 도파부재 (101) 로서, 예를 들어 옵티컬 인터그레이터의 일종인 로드 인터그레이터 또는 광섬유를 사용할 수 있다. 또, 도파부재 (101) 가 새시 (30) 에 맞닿는 부분은 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다. 수광소자 (102) 는 노광광을 포함하는 파장영역의 광을 수광하는 특성을 갖고, 그 수광면 (102a) 을 도파부재 (101) 의 타단 (101b) 에 맞댄 상태로 배치되어 있다. 수광소자 (102) 의 수광면 (102a) 에는 ArF 레이저광에 대한 AR 코트가 실시되어 있다.

[0157] 여기에서, 수광소자 (102) 의 수광면 (102a) 을 도파부재 (101) 의 타단 (101b) 에 맞대는 것은, 타단 (101b) 에서 사출되는 사출각이 큰 노광광을 수광소자 (102) 의 수광면 (102a) 에 입사시켜 수광하기 위해서이다. 다시 말해, 도파부재 (101) 의 타단 (101b) 으로부터는 여러 가지 각도를 갖는 노광광이 사출되기 때문에, 도파부재 (101) 의 타단 (101b) 과 수광소자 (102) 의 수광면 (102a) 이 이간되어 있는 상태에서는 확대되면서 사출된 노광광 전부를 수광면 (102a) 에 입사시킬 수 없으며, 특히 사출각이 큰 노광광을 수광할 수 없기 때문이다.

[0158] 본 실시형태의 조도 불균일 센서 (100) 를 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량을 계측하는 경우에는, 제 6~제 8 실시형태와 마찬가지로 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 실시한다. 이 상태에 있어서, 투영광학계 (PL) 에 노광광이 입사하면, 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 및 핀홀 (31) 을 통하여 일단 (101a) 으로부터 도파부재 (101) 내로 입사한다. 도파부재 (101) 에 입사한 노광광은 도파부재 (101) 의 외주에서 반사하면서 도파부재 (101) 내를 진행하여, 도파부재 (101) 의 타단 (101b) 에 맞닿은 상태로 배치되어 있는 수광소자 (102) 로 수광된다.

[0159] 이와 같이, 본 실시형태에서는 투영광학계 (PL) 로부터 액체 (LQ) 로 입사하고, 핀홀 (31) 을 통과한 노광광은 기체 속을 통과하지 않고 도파부재 (101) 에 입사한다. 이 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광을 포함하여 노광영역에 조사된 노광광의 대부분을 수광할 수 있다. 또, 이상의 설명에서는 도파부재 (101) 와 공기의 굴절률차를 이용하여 노광광을 외주로 전반사시키면서 도파하는 경우에 대하여 설명하였지만, 외주에 대한 노광광의 입사각이 작으면 노광광이 외주로부터 외부로 사출되고 마는 경우가 있다. 이 때문에, 도파부재 (101) 의 외주에 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하는 것이 바람직하다.

[0160] 또한, 조도 불균일 센서 (100) 의 구성상 도파부재 (101) 와 수광부재 (102) 를 이간시켜 배치할 수밖에 없는 경우도 생각할 수 있다. 이러한 경우에는, 도 15(b) 에 나타내는 바와 같이 타단 (101b) 의 형상을 곡면형상 (렌즈형상) 으로 하여 도파부재 (101) 내를 진행한 노광광의 사출각을 최대한 작게 하는 것이 바람직하다.

그리고, 상기 실시형태에서는 원주 형상의 도파부재 (101) 에 대하여 설명하였지만, 그 형상은 사각기둥, 기타 형상인 것을 사용할 수 있다.

[0161] [제 10 실시형태]

[0162] 다음으로, 본 발명의 제 10 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 설명한다. 본 실시형태의 노광장치의 전체 구성은 도 1 에 나타내는 노광장치와 거의 동일한 구성이지만, 노광광센서 (27) 의 구성이 상이하다. 또, 본 실시형태의 노광장치가 구비하는 노광광센서 (27) 는 상기 서술한 제 2~제 5 실시형태와 마찬가지로, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 액체 (LQ) 를 통하여 계측동작을 하는 것으로, 주로 노광광센서 (27) 에 형성되는 조도 불균일 센서에 대하여 설명한다.

[0163] 도 16 은 본 발명의 제 10 실시형태에 의한 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서의 개략구성을 나타내는 도면이다. 도 16 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 노광장치에 형성되는 조도 불균일 센서 (110) 는 옵티컬 인터그레이터의 일종인 적분구 (積分球) (111) 와 수광소자 (112) 를 포함하여 구성된다. 적분구 (111) 는 합성 석영 또는 형석으로 구성되어 있고, 그 일부를 평탄하게 절결하여 입사부 (111a) 및 사출부 (111b) 가 형성되어 있다.

[0164] 입사부 (111a) 는 그 직경이 도 3 에 나타내는 새시 (30) 에 형성된 핀홀 (31) 의 직경보다도 큰 직경으로 설정되어 있다. 적분구 (111) 는 입사부 (111a) 의 중심위치와 핀홀 (31) 의 중심위치를 거의 일치시켜 핀홀 (31) 의 주위부와 입사부 (111a) 의 외주부를 맞댄 상태로 핀홀 (31) 의 하방 (-Z 방향) 에 배치되어 있다. 또, 입사부 (111a) 가 새시 (30) 에 맞닿는 부분은 시일재 등에 의해 방수 대책이 실시되어 있다.

[0165] 사출부 (111b) 는 입사부 (111a) 에 대하여 소정 위치에 소정 크기의 직경으로 형성된다. 사출부 (111b) 의 형성위치는, 예를 들어 입사부 (111a) 의 중심을 통과해 입사부 (111a) 에 수직인 직선과, 사출부 (111b) 의 중심을 통과해 사출부 (111b) 에 수직인 직선이 직교하는 위치이다. 또한, 도 16 에 나타내는 예에서는, 사출부 (111b) 에는 사출각이 큰 노광광을 반사시켜 수광소자 (112) 에 유도하기 위한 가이드부 (111c) 가 형성되어 있다.

[0166] 수광소자 (112) 는 노광광을 포함하는 파장영역의 광을 수광하는 특성을 가지며, 그 수광면 (112a) 을 사출부 (111b) 를 향하게 한 상태로 배치되어 있다. 수광소자 (112) 의 수광면 (112a) 에는 ArF 레이저광에 대한 AR 코트가 실시되어 있다. 또, 여기에서는 적분구 (111) 의 사출부 (111b) 에 가이드부 (111c) 를 형성하여 적분구 (111) 와 수광소자 (112) 를 이간하여 배치한 구성에 대하여 설명하지만, 가이드부 (111c) 를 생략하여 수광소자 (112) 의 수광면 (112a) 을 적분구 (111) 의 사출부 (111b) 에 맞댄 구성이어도 된다.

[0167] 본 실시형태의 조도 불균일 센서 (110) 를 사용하여 노광영역에 조사되는 노광광의 광량을 계측하는 경우에는, 상기 서술한 제 6~제 9 실시형태와 마찬가지로 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 와 새시 (30) 의 상면 (33) 사이에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 실시한다. 이 상태에서 있어서, 투영광학계 (PL) 에 노광광이 입사하면, 노광광은 투영광학계 (PL) 의 선단부에서 전반사되지 않고 투영광학계 (PL) 를 통과하여 액체 (LQ) 및 핀홀 (31) 을 통하여 기체 속을 통과하지 않고 입사단 (111a) 으로부터 적분구 (111) 내에 입사한다. 적분구 (111) 에 입사한 노광광은 적분구 (111) 의 외주에서 다중 반사하여, 최종적으로는 사출단 (111b) 으로부터 사출된다. 사출단 (111b) 으로부터 사출된 노광광 중 사출각이 작은 것은 직접 수광면 (112a) 에 입사되고, 사출각이 큰 것은 가이드부 (111c) 에서 반사된 후에 수광면 (112) 에 입사되어 수광된다.

[0168] 이와 같이, 본 실시형태에서도 투영광학계 (PL) 로부터 액체 (LQ) 에 입사하여 핀홀 (31) 을 통과한 노광광은, 기체 속을 통과하지 않고 적분구 (111) 에 입사한다. 이 때문에, 큰 입사각을 갖는 노광광이 입사단 (111a) 에 입사하더라도 전반사되는 일없이 최종적으로 수광소자 (112) 로 수광할 수 있다. 또, 상기 서술한 제 9 실시형태와 마찬가지로, 입사부 (111a) 및 사출부 (111b) 를 제외한 적분구 (111) 전체에 Cr (크롬) 등의 금속을 증착하는 것이 바람직하다.

[0169] [그 밖의 실시형태]

[0170] 또, 상기 제 2~제 5 실시형태에서는, 노광광을 집광하는 집광부재로서 하나의 평볼록 렌즈 (41, 45, 52, 57, 62, 71) 를 구비하는 경우를 예로 들어 설명하며, 상기 제 6~제 10 실시형태에서는 노광광을 수광소자에 입사시키기 위한 광학계로서, 집광판 (81), 확산판 (86), 형광판 (91), 도파부재 (101) 및 적분구 (111) 를 포함한 구성에 대하여 설명하였다. 그러나, 평볼록 렌즈 (41, 45, 52, 57, 62, 71) 와 수광소자 사이 및 집광판 (81), 확산판 (86), 형광판 (91), 도파부재 (101) 및 적분구 (111) 와 수광소자 사이에 복수의 렌즈를 형성하여

노광광 등을 수광소자로 유도하는 구성이 바람직하다.

[0171] 도 17 은 제 2 실시형태에 의한 노광장치가 구비하는 조도 불균일 센서 (40) 의 변형예를 나타내는 도면이다. 도 17 에 나타내는 예에서는, 평볼록 렌즈 (41) 로부터의 노광광, 특히 입사각이 큰 노광광을 더욱 간단하게 평행광으로 변환하기 위하여, 평볼록 렌즈 (41) 와 수광소자 (42) 사이에 두 개의 렌즈 (121, 122) 가 형성되어 있다. 평볼록 렌즈 (41) 와 수광소자 (42) 사이에 렌즈 (121, 122) 를 형성함으로써 평행광으로 변환된 노광광을 수광소자 (42) 에 유도하고 있다. 이러한 렌즈를 제 3~제 10 실시형태에도 사용할 수 있다. 또, 렌즈의 수는 임의의 수이면 된다.

[0172] 또한, 상기 서술한 제 2~제 10 실시형태에서는, 조명광학계 (IS) 의 조명조건을 웨이퍼 (W) 에 대한 노광처리를 할 때 설정되는 조명조건으로 설정하고, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 를 공급한 상태에서 조도 불균일을 계측하는 경우를 예로 들어 설명하였다. 그러나, 이들 실시형태에서도 제 1 실시형태와 마찬가지로 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 액체 (LQ) 가 공급되지 않은 상태에서 극소 σ 를 갖는 개구조리개 (8e) 를 제 2 플라이 아이 렌즈 (7) 의 사출면 (CJ) 에 배치하여 사출면 (CJ) 에서의 노광광의 광속분포를 조정함으로써, 노광광의 개방각을 조정하여 불균일이나 광량 등을 계측할 수 있다.

[0173] 또, 도 1 에 나타낸 노광장치에서는 조도 불균일 센서와 조사량 센서를 하나의 새시 (30) 내에 형성하고 있지만, 따로따로 웨이퍼 스테이지 (15) 상에 배치하도록 해도 된다. 또, 액체 (LQ) 의 회수를 용이하게 하기 위해 노광광센서 (27) 의 액체와 접촉하는 면 (상면) 이 발수성으로 되어 있는 경우에는, 노광광 (자외선) 의 조사에 의해 그 발수성이 열화될 우려가 있다. 따라서, 액체 (LQ) 와 접촉하는 면이 발수성 (撥水性) 인 센서를 사용하여 계측하는 경우에는, 예를 들어 일본 공개특허공보 2001-144044호 (대응 미국특허 6,730,925) 에 개시되어 있는 것과 같은 복수의 ND 필터를 구비한 에너지 (광량) 조정기를 사용하여 노광광의 광량을 최대 광량의 50% 이하, 바람직하게는 20% 이하로 감쇠시키면 된다.

[0174] 또, 상기 서술한 실시형태에서는, 조도 불균일이나 적산 광량 불균일을 계측하기 위한 조도 불균일 센서나, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 조사되는 노광광의 광량 (조사량) 을 계측하기 위한 조사량 센서에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 미국특허 6,650,399 에 개시되어 있는 파면수차를 계측하기 위한 센서나 일본 공개특허공보 2002-14005호 (대응 미국특허공개 2002/0041377) 에 개시되어 있는 결상 특성 등을 계측하기 위한 공간 이미지 계측 센서나 일본 공개특허공보 평11-238680호나 국제공개 제02/063664호 (대응 미국특허공개 2004/0090606) 에 개시되어 있는 것과 같은 기관 스테이지에 대하여 착탈 가능한 센서 등에도 본 발명은 적용할 수 있으며, 투영광학계의 개구수가 큰 경우라도 투영광학계를 통과한 노광광을 수광할 수 있어, 각종 계측을 원하는 정밀도로 실행할 수 있다. 또, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이들 특허공보의 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0175] [제 11 실시형태]

[0176] 이하에, 본 발명의 제 11 실시형태에 의한 노광장치에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다. 도 20 은 본 발명의 노광장치의 일 실시형태를 나타내는 개략구성도이다.

[0177] 도 20 에 있어서, 노광장치 (EX) 는 마스크 (M) 를 지지하는 마스크 스테이지 (MST) 와, 기관 (P) 을 지지하는 기관 스테이지 (PST) 와, 마스크 스테이지 (MST) 에 지지되어 있는 마스크 (M) 를 노광광 (EL) 으로 조명하는 조명광학계 (IL) 와, 노광광 (EL) 으로 조명된 마스크 (M) 의 패턴 이미지를 기관 스테이지 (PST) 에 지지되어 있는 기관 (P) 에 투영 노광하는 투영광학계 (PL) 와, 노광장치 (EX) 전체의 동작을 통괄 제어하는 제어장치 (CONT) 와, 제어장치 (CONT) 에 접속되어 노광처리에 관한 각종 정보를 기억한 기억장치 (MRV) 를 구비하고 있다. 또한 노광장치 (EX) 는, 투영광학계 (PL) 의 결상 특성 (광학특성) 의 계측에 사용되는 공간 이미지 계측장치 (270) 를 구비하고 있다. 공간 이미지 계측장치 (270) 는, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 배치된 슬릿부 (271) 를 갖는 슬릿판 (275) 을 통하여 투영광학계 (PL) 를 통과한 광 (노광광 (EL)) 을 수광하는 수광기 (290) 를 구비하고 있다.

[0178] 본 실시형태의 노광장치 (EX) 는, 노광과장을 실질적으로 짧게 하여 해상도를 향상시킴과 함께 초점심도를 실질적으로 넓히기 위해 액침법을 적용한 액침노광장치로서, 기관 (P) 상에 액체 (LQ) 를 공급하는 액체공급기구 (210) 와, 기관 (P) 상의 액체 (LQ) 를 회수하는 액체회수기구 (220) 를 구비하고 있다. 노광장치 (EX) 는, 적어도 마스크 (M) 의 패턴 이미지를 기관 (P) 상에 전사하고 있는 동안, 액체공급기구 (210) 로부터 공급한 액체 (LQ) 에 의해 투영광학계 (PL) 의 투영영역 (AR1) 을 포함하는 기관 (P) 상의 일부에 (국소적으로) 액침영역 (AR2) 을 형성한다. 구체적으로는, 노광장치 (EX) 는 투영광학계 (PL) 의 선단측 (이미지면측) 의 광학소자

(260) 와 기관 (P) 의 표면 사이에 액체 (LQ) 를 채워 이 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 사이의 액체 (LQ) 및 투영광학계 (PL) 를 통하여 노광광 (EL) 을 조사하여 마스크 (M) 의 패턴 이미지를 기관 (P) 상에 투영함으로써 이 기관 (P) 을 노광한다.

[0179] 본 실시형태에서는, 노광장치 (EX) 로서 마스크 (M) 와 기관 (P) 을 주사방향에서의 서로 다른 방향 (역방향) 으로 동기이동하면서 마스크 (M) 에 형성된 패턴을 기관 (P) 에 노광하는 주사형 노광장치 (이른바 스캐닝 스테퍼) 를 사용하는 경우를 예로 하여 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 투영광학계 (PL) 의 광축 (AX) 과 일치하는 방향을 Z 축 방향, Z 축 방향에 수직인 평면 내에서 마스크 (M) 와 기관 (P) 의 동기이동방향 (주사방향) 을 X 축 방향, Z 축 방향 및 X 축 방향에 수직인 방향 (비주사방향) 을 Y 축 방향으로 한다. 또한, X 축, Y 축 및 Z 축 둘레의 회전 (경사) 방향을 각각 ΘX , ΘY 및 ΘZ 방향으로 한다. 또, 여기에서 말하는 「기관」은 반도체 웨이퍼 상에 감광성 재료인 포토레지스트를 도포한 것을 포함하며, 「마스크」는 기관 상에 축소 투영되는 디바이스 패턴이 형성된 레티클을 포함한다.

[0180] 조명광학계 (IL) 는, 광원 (201) 으로부터 사출된 광속 (레이저 빔 ; LB) 을 노광광 (EL) 으로 변환하여, 마스크 스테이지 (MST) 에 지지되어 있는 마스크 (M) 를 노광광 (EL) 으로 조명하는 것이다. 조명광학계 (IL) 로부터 사출되는 노광광 (EL) 으로는, 예를 들어 수은램프로부터 사출되는 자외역의 휘선 (g 선, h 선, i 선) 및 KrF 엑시머 레이저광 (파장 248nm) 등의 원자외광 (DUV 광) 이나, ArF 엑시머 레이저광 (파장 193nm) 및 F₂ 레이저광 (파장 157nm) 등의 진공자외광 (VUV 광) 등이 사용된다. 본 실시형태에서는 ArF 엑시머 레이저광이 사용된다.

[0181] 본 실시형태에 있어서, 액체 (LQ) 로는 순수가 사용된다. 순수는 ArF 엑시머 레이저광뿐만 아니라 예를 들어 수은램프로부터 사출되는 자외역의 휘선 (g 선, h 선, i 선) 및 KrF 엑시머 레이저광 (파장 248nm) 등의 원자외광 (DUV 광) 도 투과 가능하다.

[0182] 본 실시형태에서의 광원 (201) 은 ArF 엑시머 레이저광 (파장193nm) 을 사출하는 엑시머 레이저 광원이며, 제어장치 (CONT) 에 의해 그 레이저발광의 온·오프나 중심파장, 스펙트럼 반값폭 및 반복 주파수 등이 제어된다.

[0183] 조명광학계 (IL) 는 빔정형광학계 (202), 옵티컬 인터그레이터 (203), 조명계 개구조리개관 (204), 릴레이광학계 (206, 208), 고정 마스크 블라인드 (207A), 가동 마스크 블라인드 (207B), 미러 (209) 및 콘덴서렌즈 (230) 등을 구비하고 있다. 본 실시형태에서는, 옵티컬 인터그레이터 (203) 로서 플라이 아이 렌즈가 사용되지만, 로드형 (내면반사형) 인터그레이터 또는 회절광학소자 등이어도 된다. 빔정형광학계 (202) 내에는, 광원 (201) 에서 펄스발광된 레이저 빔 (LB) 의 단면형상을 그 레이저 빔 (LB) 의 광로 후방에 형성된 옵티컬 인터그레이터 (203) 에 효율적으로 입사시키도록 정형하기 위한, 예를 들어 실린드릭 (cylindrical) 렌즈나 빔 익스팬더 등이 포함되어 있다. 옵티컬 인터그레이터 (플라이 아이 렌즈 ; 203) 는 빔정형광학계 (202) 로부터 사출된 레이저 빔 (LB) 의 광로 상에 배치되며, 마스크 (M) 를 균일한 조도분포로 조명하기 위해 다수의 점광원 (광원 이미지) 으로 이루어지는 면광원, 즉 2차 광원을 형성한다.

[0184] 옵티컬 인터그레이터 (203) 의 사출측 초점면 근방에는 원판 형상 부재로 이루어지는 조명계 개구조리개관 (204) 이 배치되어 있다. 이 조명계 개구조리개관 (204) 에는 거의 등각도 간격으로, 예를 들어 통상의 원형 개구로 이루어지는 개구조리개 (통상 조리개), 작은 원형 개구로 이루어지며 코히런스 팩터인 σ 값을 작게 하기 위한 개구 조리개 (소 σ 조리개), 윤대조명용의 윤대형 개구조리개 (윤대 조리개) 및 변형광원범용으로 복수의 개구를 편심시켜 배치한 변형 개구 조리개 (SHRINC 라고도 불리는 4중극조명 조리개) 등이 배치되어 있다. 이 조명계 개구 조리개관 (204) 은 제어장치 (CONT) 에 의해 제어되는 모터 등의 구동장치 (231) 에 의해 회전되게 되어 있고, 이것에 의해 어느 하나의 개구 조리개가 노광광 (EL) 의 광로 상에 선택적으로 배치된다.

[0185] 또, 본 예에서는 조명계 개구 조리개관 (204) 을 사용하여 조명광학계 (IL) 의 동공면에서의 광강도 분포의 조정을 하고 있지만, 미국특허 6,563,567 에 개시되어 있는 것과 같은 다른 광학계를 사용해도 된다. 또, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 그들의 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0186] 조명계 개구 조리개관 (204) 을 통과한 노광광 (EL) 의 광로 상에, 반사율이 작고 투과율이 큰 빔 스플리터 (205) 가 배치되고, 또한 이 후방의 광로 상에, 마스크 블라인드 (207A, 207B) 를 개재시켜 릴레이 광학계 (206, 208) 가 배치되어 있다. 고정 마스크 블라인드 (207A) 는 마스크 (M) 의 패턴면에 대한 공액면에서 약간 디포커스된 면에 배치되며, 마스크 (M) 상의 조명영역 (IA) 을 규정하는 직사각형 개구가 형성되어 있다.

또한, 이 고정 마스크 블라인드 (207A) 근방에 주사방향 (X 축 방향) 및 이것에 직교하는 비주사방향 (Y 축, 방향) 에 각각 대응하는 방향의 위치 및 폭이 가변인 개구부를 갖는 가동 마스크 블라인드 (207B) 가 배치되어, 주사노광의 개시시 및 종료시에 그 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 통하여 조명영역 (IA) 을 더 제한함으로써, 불필요한 부분의 노광이 방지되게 되어 있다. 또 본 실시형태에서는 가동 마스크 블라인드 (207B) 는 후술하는 공간 이미지 계측시의 조명영역의 설정에도 사용된다. 한편, 조명광학계 (IL) 내의 빔 스플리터 (205) 에서 반사된 노광광 (EL) 의 광로 상에는, 집광렌즈 (232) 및 원자외역에서 감도가 좋고 또한 광원 (201) 의 펄스발광을 검출하기 위해 높은 응답주파수를 갖는 PIN 형 포토다이오드 등의 수광소자로 이루어지는 인터그레이터 센서 (233) 가 배치되어 있다.

[0187] 이렇게 하여 구성된 조명광학계 (IL) 의 작용을 간단하게 설명하면, 광원 (201) 으로부터 펄스발광된 레이저 빔 (LB) 은 빔정형광학계 (202) 에 입사되고, 여기에서 후방의 옵티컬 인터그레이터 (203) 에 효율적으로 입사되도록 그 단면형상이 정형된 후, 옵티컬 인터그레이터 (203) 에 입사된다. 이로써 옵티컬 인터그레이터 (203) 의 사출측 초점면 ; 조명광학계 (IL) 의 동공면) 에 2차 광원이 형성된다. 이 2차 광원으로부터 사출된 노광광 (EL) 은, 조명계 개구 조리개판 (204) 상의 어느 하나의 개구 조리개를 통과한 후 투과율이 크고 반사율이 작은 빔 스플리터 (205) 에 입사한다. 이 빔 스플리터 (205) 를 투과한 노광광 (EL) 은, 제 1 릴레이렌즈 (206) 를 지나 고정 마스크 블라인드 (207A) 의 직사각형 개구부 및 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 통과한 후, 제 2 릴레이렌즈 (208) 를 통과하여 미러 (209) 에 의해 광로가 수직 하방으로 절곡된다. 미러 (209) 에 의해 광로가 절곡된 노광광 (EL) 은, 콘덴서렌즈 (230) 를 지나 마스크 스테이지 (MST) 에 유지된 마스크 (M) 상의 조명영역 (IA) 을 균일한 조도분포로 조명한다.

[0188] 한편, 빔 스플리터 (205) 에서 반사된 노광광 (EL) 은, 집광렌즈 (232) 를 통하여 인터그레이터 센서 (233) 에 수광되고, 인터그레이터 센서 (233) 의 광전변환신호가, 도시하지 않은 피크홀드회로 및 A/D 변환기를 갖는 신호처리장치를 통하여 제어장치 (CONT) 에 공급된다. 본 실시형태에서는, 인터그레이터 센서 (233) 의 계측치는 노광량 제어에 사용되는 것 외에 투영광학계 (PL) 에 대한 조사량 계산에 사용되고, 이 조사량은 기관반사율 (이것은, 인터그레이터 센서의 출력과 도시하지 않은 반사율 모니터의 출력에 의해 구할 수도 있음) 과 함께, 투영광학계 (PL) 의 조명광 흡수에 의한 결상 특성의 변화량 산출에 사용된다. 본 실시형태에서는, 소정 간격으로 제어장치 (CONT) 에 의해 인터그레이터 센서 (233) 의 출력에 기초하여 조사량이 계산되고, 그 계산결과가 조사이력으로 기억장치 (MRY) 에 기억되게 되어 있다.

[0189] 마스크 스테이지 (MST) 는, 마스크 (M) 를 유지하여 이동가능하고, 예를 들어 마스크 (M) 를 진공흡착 (또는 정전흡착) 에 의해 고정하고 있다. 마스크 스테이지 (MST) 는 마스크 베이스 (255) 상에 비접촉 베어링인 기체베어링 (에어베어링) 을 통하여 비접촉 지지되어 있고, 리니어 모터 등을 포함하는 마스크스테이지 구동장치 (MSTD) 에 의해 투영광학계 (PL) 의 광축 (AX) 에 수직인 평면 내, 즉 XY 평면 내에서 2차원 이동가능 및 θZ 방향으로 미소 회전가능하다. 그리고, 마스크 스테이지 (MST) 는 마스크 베이스 (255) 상을 X 축 방향으로 지정된 주사속도로 이동가능하게 되어 있고, 마스크 (M) 의 전체면이 적어도 투영광학계 (PL) 의 광축 (AX) 를 가로지를 수 있을 만큼의 X 축 방향의 이동스트로크를 갖고 있다.

[0190] 마스크 스테이지 (MST) 상에는 이동거울 (241) 이 형성되어 있다. 또한, 이동거울 (241) 에 대향하는 위치에는 레이저 간섭계 (242) 가 형성되어 있다. 마스크 스테이지 (MST) 상의 마스크 (M) 의 2차원 방향의 위치 및 θZ 방향의 회전각 (경우에 따라서는 θX , θY 방향의 회전각도 포함함) 은 레이저 간섭계 (242) 에 의해 실시간으로 계측되고, 계측결과는 제어장치 (CONT) 에 출력된다. 제어장치 (CONT) 는 레이저 간섭계 (242) 의 계측결과에 기초하여 마스크스테이지 구동장치 (MSTD) 를 구동함으로써 마스크 스테이지 (MST) 에 지지되어 있는 마스크 (M) 의 위치를 제어한다.

[0191] 투영광학계 (PL) 는, 마스크 (M) 의 패턴을 소정 투영배율 β 로 기관 (P) 에 투영 노광하는 것으로, 기관 (P) 측의 선단부에 형성된 광학소자 (렌즈 ; 260) 를 포함하는 복수의 광학소자로 구성되어 있고, 이들 광학소자는 경통 (PK) 으로 지지되어 있다. 본 실시형태에 있어서, 투영광학계 (PL) 는 투영배율 β 가 예를 들어 1/4 또는 1/5 인 축소계이다. 또, 투영광학계 (PL) 는 등배계 및 확대계 어느 것이든 된다. 또한, 투영광학계 (PL) 는 굴절계, 반사계, 반사굴절계 어느 것이든 된다.

[0192] 본 실시형태의 투영광학계 (PL) 선단부의 광학소자 (260) 는 렌즈셀 (262) 로 유지되어 있고, 그 광학소자 (260) 를 유지한 렌즈셀 (262) 과 경통 (PK) 의 선단부가 연결기구 (261) 에 의해 연결되어 있다. 광학소자 (260) 에는 액침영역 (AR2) 의 액체 (LQ) 가 접촉한다. 광학소자 (260) 는 형식으로 형성되어 있다. 형식은 물과의 친화성이 높기 때문에 광학소자 (260) 의 액체 접촉면 (260a) 의 거의 전체면에 액체 (LQ) 를 밀착

시킬 수 있다. 즉, 본 실시형태에서는 광학소자 (260) 의 액체접촉면 (260a) 과의 친화성이 높은 액체 (물 ; LQ) 를 공급하도록 하고 있기 때문에, 광학소자 (260) 의 액체접촉면 (260a) 과 액체 (LQ) 의 밀착성이 높고, 광학소자 (260) 와 기관 (P) 사이의 광로를 액체 (LQ) 로 확실하게 채울 수 있다. 또, 광학소자 (260) 는 물과의 친화성이 높은 석영이어도 된다. 또, 광학소자 (260) 의 액체접촉면 (260a) 에 친수화 (친액화) 처리를 실시하여 액체 (LQ) 와의 친화성을 더 높이도록 해도 된다.

[0193] 기관 스테이지 (PST) 는, 기관 (P) 을 유지하여 이동가능하고, XY 스테이지 (253) 와, XY 스테이지 (253) 상에 탑재된 Z 틸트 스테이지 (252) 를 포함하여 구성되어 있다. XY 스테이지 (253) 는 스테이지 베이스 (254) 의 상면의 상방에 도시하지 않은 비접촉 베어링인 기체베어링 (에어베어링) 을 통하여 비접촉 지지되어 있다.

XY 스테이지 (253 ; 기관 스테이지 (PST)) 는 스테이지 베이스 (254) 의 상면에 대하여 비접촉 지지된 상태에서, 리니어모터 등을 포함한 기관 스테이지 구동장치 (PSTD) 에 의해 투영광학계 (PL) 의 광축 (AX) 에 수직인 평면 내, 즉 XY 평면 내에서 2차원 이동가능 및 θZ 방향으로 미소 회전가능하다. 이 XY 스테이지 (253) 상에 Z 틸트 스테이지 (252) 가 탑재되고, Z 틸트 스테이지 (252) 상에 기관홀더 (251) 가 탑재되어 있다. 이 기관홀더 (251) 에 의해, 기관 (P) 이 진공흡착 등에 의해 유지되어 있다. Z 틸트 스테이지 (252) 는 후술하는 액츄에이터에 의해 Z 축 방향, θX 방향 및 θY 방향으로도 이동가능하게 형성되어 있다. 상기 액츄에이터를 포함하는 기관 스테이지 구동장치 (PSTD) 는 제어장치 (CONT) 에 의해 제어된다. 기관 스테이지 (PST) 는 기관 (P) 의 포커스 위치 (Z 위치) 및 경사각을 제어하여 기관 (P) 의 표면을 오토포커스 방식 및 오토레벨링 방식으로 투영광학계 (PL) 의 이미지면에 맞춰 넣음과 함께 기관 (P) 의 X 축 방향 및 Y 축 방향에서의 위치 결정을 한다.

[0194] 또, 기관 스테이지 (PST ; 기관홀더 (251)) 상에는 기관 (P) 을 둘러싸도록 보조 플레이트 (257) 가 형성되어 있다. 보조 플레이트 (257) 는 기관홀더 (251) 에 유지된 기관 (P) 의 표면과 동일한 높이의 평면을 갖고 있다. 기관 (P) 의 에지영역을 노광하는 경우에도 보조 플레이트 (257) 에 의해 투영광학계 (PL) 밑에 액체 (LQ) 를 유지할 수 있다.

[0195] 또, 보조 플레이트 (257) 는 기관홀더 (251) 주위에만 형성되어 있지만, 기관 스테이지 (PST) 의 상면이 거의 일치하는 면이 되도록 공간 이미지 계측장치 (270) 의 주위나 기관홀더 (251) 와 공간 이미지 계측장치 (270) 사이에도 보조 플레이트 (257) 를 배치할 수도 있다. 이렇게 함으로써, 공간 이미지 계측장치 (270) 의 상면이 액침영역 (AR2) 보다 작더라도 보조 플레이트 (257) 에 의해 투영광학계 (PL) 밑에 액체 (LQ) 를 유지할 수 있다.

[0196] 기관 스테이지 (PST ; Z 틸트 스테이지 (252)) 상에는 이동거울 (243) 이 형성되어 있다. 또한, 이동거울 (243) 에 대향하는 위치에는 레이저 간섭계 (244) 가 형성되어 있다. 기관 스테이지 (PST) 상의 기관 (P) 의 2차원 방향의 위치 및 회전각은 레이저 간섭계 (244) 에 의해 실시간으로 계측되고, 계측결과는 제어장치 (CONT) 에 출력된다. 제어장치 (CONT) 는 레이저 간섭계 (244) 의 계측결과에 기초하여 리니어모터 등을 포함한 기관 스테이지 구동장치 (PSTD) 를 구동함으로써 기관 스테이지 (PST) 에 지지되어 있는 기관 (P) 의 위치 결정을 한다.

[0197] 또한, 노광장치 (EX) 는 기관 스테이지 (PST ; 기관홀더 (251)) 에 지지되어 있는 기관 (P) 표면의 위치를 검출하는 포커스 검출계 (245) 를 구비하고 있다. 포커스 검출계 (245) 는, 기관 (P) 상에 액체 (LQ) 를 통하여 경사 방향으로부터 검출용 광속을 투사하는 투광부 (245A) 와, 기관 (P) 에서 반사한 상기 검출용 광속의 반사광을 수광하는 수광부 (245B) 를 구비하고 있다. 포커스 검출계 (245 ; 수광부 (245B)) 의 수광결과는 제어장치 (CONT) 에 출력된다. 제어장치 (CONT) 는 포커스 검출계 (245) 의 검출결과에 기초하여 기관 (P) 표면의 Z 축 방향의 위치정보를 검출할 수 있다. 또한, 투광부 (245A) 로부터 복수의 검출용 광속을 투사함으로써 기관 (P) 의 θX 및 θY 방향의 경사정보를 검출할 수 있다. 또, 포커스 검출계 (245) 의 구성으로는, 예를 들어 일본 공개특허공보 평6-283403호 (대응 미국특허 5,448,332) 등에 개시되어 있는 것을 사용할 수 있으며, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다. 또, 포커스 검출계 (245) 로서 액침영역 (AR2) 의 외측에서 액체 (LQ) 를 개재하지 않고 기관 (P) 표면에 검출용 광속을 투사하여 그 반사광을 수광하는 것을 사용할 수도 있다.

[0198] 제어장치 (CONT) 는, 주사노광시 등에 수광부 (245B) 에서의 초점 어긋남 신호 (디포커스 신호), 예를 들어 S 커브신호에 기초하여 초점 어긋남이 영(zero) 이 되도록, 후술하는 Z 위치 구동부 (256A~256C ; 도 21 등 참조) 를 포함하는 기관 스테이지 구동장치 (PSTD) 를 통해 Z 틸트 스테이지 (252) 의 Z 축 방향에 대한 이동 및 2차원적으로 경사 (θX , θY 방향의 회전) 를 제어한다. 즉, 제어장치 (CONT) 는 다점포커스 검출계

(245) 를 사용하여 Z 틸트 스테이지 (252) 의 이동을 제어함으로써, 투영광학계 (PL) 의 결상면과 기관 (P) 의 표면을 실질적으로 합치시키는 오토포커스 및 오토레벨링을 실행한다.

[0199] 또한 투영광학계 (PL) 의 선단 근방에는, 기관 (P) 상의 얼라인먼트마크 또는 기관 스테이지 (PST) 상에 형성된 도시하지 않은 기준부재 상에 형성된 기준마크를 검출하는 오프엑시스 (off axis) 방식의 기관 얼라인먼트계 (246) 가 형성되어 있다. 또한, 마스크 스테이지 (MST) 근방에는 마스크 (M) 와 투영광학계 (PL) 를 통하여 상기 기준부재에 형성된 기준마크를 검출하는 마스크 얼라인먼트계 (247) 가 형성되어 있다. 본 실시형태에 서는, 이 얼라인먼트계로서 화상처리 방식의 얼라인먼트센서, 이른바 FIA (Field Image Alignment) 계가 사용되 고 있다. 또, 기관 얼라인먼트계 (246) 의 구성으로는, 예를 들어 일본 공개특허공보 평4-65603호 (대응 미 국특허 5,493,403) 에 개시되어 있는 것을 사용할 수 있고, 마스크 얼라인먼트계 (247) 의 구성으로는, 일본 공 개특허공보 평7-176468호 (대응 미국특허 5,646,313) 에 개시되어 있는 것을 사용할 수 있다.

[0200] 도 21 은 액체공급기구 (210), 액체회수기구 (220) 및 투영광학계 (PL) 를 나타내는 확대도이다. 투영광학 계 (PL) 는 경통 (PK) 에 유지된 복수 장 (여기에서는 10장) 의 광학소자 (264a~264j) 와, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측 (기관 (P) 측) 의 렌즈셀 (262) 에 유지된 광학소자 (260) 를 구비하고 있다. 투영광학계 (PL) 를 구성하는 광학소자 (264a~264j) 중 그 일부, 예를 들어 광학소자 (264a, 264b) 는 각각 복수의 구동소자 (예를 들어 피에조소자 등 ; 263) 에 의해 광축 (AX) 방향 및 XY 면에 대한 경사방향으로 미소 구동가능하게 구 성되어 있다. 또한, 광학소자 (264d, 264e) 사이 및 광학소자 (264f, 264g) 사이에는 각각 밀폐상태가 된 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B) 이 형성되어 있다. 이들 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B) 에는 도시하지 않은 가스공급기구로부터 압력조정기구 (266) 를 통하여 깨끗한 기체, 예를 들어 드라이에어 (dry air) 가 공급 되게 되어 있다.

[0201] 본 실시형태에서는, 각 구동소자 (263) 에 주어지는 구동전압 (구동소자의 구동량) 및 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B) 내부의 기체의 압력 (내부압력) 을 조정하는 압력조정기구 (266) 가 제어장치 (CONT) 로부터의 지 령에 따라 결상 특성제어장치 (267) 에 의해 제어되며, 이것에 의해 투영광학계 (PL) 의 결상 특성, 예를 들어 이미지면 만곡, 디스토션, 배율 등이 보정되게 되어 있다. 또, 이러한 결상 특성을 조정하는 결상 특성 조 정기구는, 광학소자 (264a) 와 같은 가동광학소자만으로 구성해도 되며, 그 가동광학소자의 수도 임의이면 된다. 단, 이 경우 가동광학소자의 수가, 포커스를 제외한, 투영광학계 (PL) 의 결상 특성의 보정가능한 종 류에 대응하기 때문에, 보정이 필요한 결상 특성의 종류에 따라 가동광학소자의 수를 정하면 된다.

[0202] Z 틸트 스테이지 (252) 는, 3개의 Z 위치구동부 (256A, 256B, 256C ; 단, 지면 안쪽의 Z 위치구동부 (256C) 는 도시생략) 에 의해 XY 스테이지 (253) 상에 3점에서 지지되어 있다. 이들 Z 위치구동부 (256A~256C) 는 z 틸트 스테이지 (252) 하면의 각 지지점을 투영광학계 (PL) 의 광축 방향 (Z 방향) 으로 독립하여 구동하는 3개 의 액츄에이터 (예를 들어 보이스 코일 모터 등 ; 259A, 259B, 259C ; 단, 도 21 에서의 지면 안쪽의 액츄에이 터 (259C) 는 도시생략) 와, Z 틸트 스테이지 (252) 의 Z 위치구동부 (256A, 256B, 256C) 에 의한 Z 축 방향의 구동량 (기준위치로부터의 변위) 를 검출하는 인코더 (258A, 258B, 258C ; 단, 도 21 에서의 지면 안쪽의 인코 더 (258C) 는 도시생략) 를 포함하여 구성되어 있다. 여기에서 인코더 (258A~258C) 로는, 예를 들어 광학 식 또는 정전용량식 등의 리니어인코더가 사용되고 있다. 본 실시형태에서는, 상기 액츄에이터 (256A, 256B, 256C) 에 의해 Z 틸트 스테이지 (252) 를 광축 (AX) 방향 (Z 축 방향) 및 광축에 직교하는 면 (XY 면) 에 대한 경사방향, 즉 θX , θY 방향으로 구동하는 구동장치가 구성되어 있다. 또한, 인코더 (258A~258C) 에서 계측되는 Z 틸트 스테이지 (252) 의 Z 위치구동부 (256A, 256B, 256C) 에 의한 각 지지점의 Z 축 방향의 구동량 (기준점에서의 변위량) 은 제어장치 (CONT) 에 출력되고, 제어장치 (CONT) 는, 그 인코더 (258A~258C) 의 계측결과에 기초하여 Z 틸트 스테이지 (252) 의 Z 축 방향의 위치 및 레벨링량 (θX 회전량, θY 회전량) 을 구하게 되어 있다.

[0203] 액체공급기구 (210) 는, 노광처리시를 포함한 소정 기간에서 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 사이에 액체 (LQ) 를 공급하는 것으로, 액체 (LQ) 를 송출가능한 액체공급부 (211) 와, 액체공급부 (211) 에 공급관 (212) 을 통하여 접속되어 이 액체공급부 (211) 로부터 송출된 액체 (LQ) 를 기관 (P) 상에 공급하는 공급노즐 (213) 을 구비하 고 있다. 공급노즐 (213) 은 기관 (P) 의 표면에 근접하여 배치되어 있다. 액체공급부 (211) 는, 액체 (LQ) 를 수용하는 탱크 및 가압펌프 등을 구비하고 있고, 공급관 (212) 및 공급노즐 (213) 을 통하여 기관 (P) 상에 액체 (LQ) 를 공급한다. 액체공급부 (211) 의 액체공급동작은 제어장치 (CONT) 에 의해 제어되고, 제 어장치 (CONT) 는 액체공급부 (211) 에 의한 기관 (P) 상에 대한 단위시간당 액체공급량을 제어할 수 있다. 또, 액체공급기구 (210) 의 탱크, 가압펌프 등은 반드시 노광장치 (EX) 가 구비하고 있을 필요는 없고, 그들

중 적어도 일부를 노광장치 (EX) 가 설치되는 공장 등의 설비로 대용할 수도 있다.

[0204] 액체회수기구 (220) 는, 노광처리실을 포함한 소정 기간에서 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 사이의 액체 (LQ) 를 회수하는 것으로, 기관 (P) 의 표면에 근접하여 배치된 회수노즐 (223) 과, 회수노즐 (223) 에 회수관 (222) 을 통해 접속된 액체회수부 (221) 를 구비하고 있다. 액체회수부 (221) 는 진공펌프를 포함한 진공계 (흡인장치) 및 회수한 액체 (LQ) 를 수용하는 탱크 등을 포함하여 구성되어 있고, 그 동작은 제어장치 (CONT) 에 제어된다. 액체회수부 (221) 의 진공계가 구동함으로써 기관 (P) 상의 액체 (LQ) 는 회수노즐 (223) 을 통해 회수된다. 또 진공계로서, 노광장치에 진공펌프를 형성하지 않고 노광장치 (EX) 가 배치되는 공장의 진공계를 사용하도록 해도 된다. 또, 액체회수기구 (220) 의 탱크도 반드시 노광장치 (EX) 가 구비하고 있는 필요는 없으며, 그 중 적어도 일부를 노광장치 (EX) 가 설치되는 공장 등의 설비로 대용할 수도 있다.

[0205] 또, 회수관 (222) 도중, 구체적으로는 회수노즐 (223) 과 진공계 사이에, 회수노즐 (223) 로부터 빨려들어간 액체 (LQ) 와 기체를 분리하는 기액 분리기를 형성하는 것이 바람직하다. 기관 (P) 상의 액체 (LQ) 를 흡인 회수할 때, 액체회수부 (진공계 ; 221) 에서는, 액체 (LQ) 를 그 주위의 기체 (공기) 와 함께 회수하는 상황이 생길 가능성이 있기 때문에, 기액 분리기에 의해 회수노즐 (223) 로부터 회수된 액체와 기체를 분리함으로써 진공계에 액체 (LQ) 가 유입하여 그 진공계가 고장나는 등의 문제의 발생을 방지할 수 있다. 액체회수부 (221) 에 회수된 액체 (LQ) 는, 예를 들어 폐기되거나 또는 클린화되어 액체공급부 (211) 등으로 되돌아가 재이용된다.

[0206] 또, 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220) 는 투영광학계 (PL) 에 대하여 분리하여 지지되어 있다. 이로써, 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220) 에서 생긴 진동이 투영광학계 (PL) 에 전해지는 일이 없다.

[0207] 도 22 는 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220) 와 투영광학계 (PL) 의 투영영역 (AR1) 의 위치관계를 나타내는 평면도이다. 투영광학계 (PL) 의 투영영역 (AR1) 은 Y 축 방향으로 가늘고 긴 직사각형상 (슬릿형상) 으로 되어 있고, 그 투영영역 (AR1) 을 X 축 방향으로 사이에 두도록, +X 측에 3개의 공급노즐 (213A~213C) 이 배치되고, -X 측에 2개의 회수노즐 (223A, 223B) 이 배치되어 있다. 그리고, 공급노즐 (213A~213C) 은 공급관 (212) 을 통해 액체공급부 (211) 에 접속되고, 회수노즐 (223A, 223B) 은 회수관 (222) 을 통해 액체회수부 (221) 에 접속되어 있다. 또, 공급노즐 (213A~213C) 과 회수노즐 (223A, 223B) 을 거의 180° 회전시킨 위치관계에서 공급노즐 (216A~216C) 과 회수노즐 (226A, 226B) 이 배치되어 있다. 공급노즐 (213A~213C) 과 회수노즐 (226A, 226B) 은 Y 축 방향으로 교대로 배열되고, 공급노즐 (216A~216C) 과 회수노즐 (223A, 223B) 은 Y 축 방향으로 교대로 배열되고, 공급노즐 (216A~216C) 은 공급관 (215) 을 통해 액체공급부 (211) 에 접속되며, 회수노즐 (226A, 226B) 은 회수관 (225) 을 통해 액체회수부 (221) 에 접속되어 있다.

[0208] 도 23 은 투영광학계 (PL) 의 결상 특성 (광학특성) 의 계측에 사용되는 공간 이미지 계측장치 (270) 를 나타내는 개략구성도이다. 공간 이미지 계측장치 (270) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 배치된 슬릿부 (271) 를 갖는 슬릿관 (275) 을 통해 투영광학계 (PL) 를 통과한 광을 수광하는 수광기 (290) 를 구비하고 있다. 슬릿관 (275) 은, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측의 Z 틸트 스테이지 (252) 에 형성되어 있다. 수광기 (290) 는, Z 틸트 스테이지 (252) 내부에 있으며 슬릿관 (275) 에 가까운 위치에 배치된 광학소자 (276) 와, 광학소자 (276) 를 통과한 광의 광로를 절곡하는 미러 (277) 와, 미러 (277) 를 통한 광이 입사하는 광학소자 (278) 와, 광학소자 (278) 를 통과한 광을 Z 틸트 스테이지 (252) 외부로 보내는 송광렌즈 (279) 와, Z 틸트 스테이지 (252) 외부에 형성되고 송광렌즈 (279) 로부터의 광의 광로를 절곡하는 미러 (280) 와, 미러 (280) 를 통과한 광을 받는 수광렌즈 (281) 와, 수광렌즈 (281) 를 통한 광을 수광하는 광전변환소자로 이루어지는 광센서 (수광소자 ; 282) 를 구비하고 있다.

[0209] 슬릿관 (275) 은 평면에서 보아 직사각형상인 유리판 부재 (274) 와, 유리판 부재 (274) 의 상면 중앙부에 형성된 크롬 등으로 이루어지는 차광막 (272) 과, 그 차광막 (272) 의 주위, 즉 유리판 부재 (274) 의 상면 중 차광막 (272) 이외의 부분에 형성된 알루미늄 등으로 이루어지는 반사막 (273) 과, 차광막 (272) 의 일부에 형성된 개구 패턴인 슬릿부 (271) 를 구비하고 있다. 슬릿부 (271) 에서는 투명부재인 유리판 부재 (274) 가 노출되어 있고, 광은 슬릿부 (271) 를 투과가능하다.

[0210] Z 틸트 스테이지 (252) 의 상면에서 기관홀더 (251) 와 인접한 위치에는 볼록부 (283) 가 형성되어 있고, 그 볼록부 (283) 의 상부에는 개구부 (284) 가 형성되어 있다. 슬릿관 (275) 은 볼록부 (283) 의 개구부 (284) 에 대하여 착탈가능하게 되어 있고, 그 개구부 (284) 를 막는 상태로 상방으로부터 끼워 넣어져 있다.

- [0211] 유리판 부재 (274) 의 형성재료로는, ArF 엑시머 레이저광 또는 KrF 엑시머 레이저광에 대한 투과성이 좋은 합성 석영 또는 형석 등이 사용된다. 또, 합성 석영의 ArF 엑시머 레이저광에 대한 굴절률은 1.56, KrF 엑시머 레이저광에 대한 굴절률은 1.51 정도이다.
- [0212] 광학소자 (276) 는 Z 틸트 스테이지 (252) 내부에서 슬릿부 (271) 의 하방에 배치되어 있고, 유지부재 (285) 로 유지되어 있다. 광학소자 (276) 를 유지한 유지부재 (285) 는 볼록부 (283) 의 내벽면 (283A) 에 부착되어 있다.
- [0213] Z 틸트 스테이지 (252) 내부에 배치되어 있는 광학소자 (276) 를 통과한 광은, 미러 (277) 에 의해 그 광로가 절곡된 후, 광학소자 (278) 를 통과한다. 광학소자 (278) 를 통과한 광은 Z 틸트 스테이지 (252) 의 +X 측 측벽에 고정되어 있는 송광렌즈 (279) 에 의해 Z 틸트 스테이지 (252) 의 외부로 송출된다. 송광렌즈 (279) 에 의해 Z 틸트 스테이지 (252) 외부로 송출된 광은, 미러 (280) 에 의해 수광렌즈 (281) 로 유도된다. 수광렌즈 (281) 와 그 수광렌즈 (281) 의 상방에 배치되어 있는 광센서 (282) 는 소정 위치관계를 유지하여 케이스 (286) 에 수납되어 있다. 케이스 (286) 는 설치부재 (287) 를 통해 스테이지베이스 (254) 의 상면에 형성된 지주 (支柱) (288) 의 상단부 근방에 고정되어 있다.
- [0214] 또, 미러 (277), 광학소자 (278) 및 송광렌즈 (279) 등은 Z 틸트 스테이지 (252) 에 대하여 착탈가능하다. 또한, 수광렌즈 (281) 및 광센서 (282) 를 수납한 케이스 (286) 를 지지하는 지주 (288) 는 스테이지베이스 (254) 에 대하여 착탈가능하게 되어 있다.
- [0215] 광센서 (282) 에는, 미약한 광을 정밀도 좋게 검출가능한 광전변환소자 (수광소자), 예를 들어 포토 멀티플라이어 튜브 (PMT, 광전자증배관) 등이 사용된다. 광센서 (282) 로부터의 광전변환신호는 신호처리장치를 통해 제어장치 (CONT) 로 보내지게 되어 있다.
- [0216] 도 24 는 공간 이미지 계측장치 (270) 를 사용하여 투영광학계 (PL) 의 결상 특성을 계측하고 있는 상태를 나타내는 도면이다. 도 24 에 나타내는 바와 같이, 투영광학계 (PL) 의 결상 특성의 계측 중에는 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 을 대향시킨 상태에서, 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220) 를 사용하여 투영광학계 (PL) 의 선단측 (이미지면측) 의 광학소자 (260) 와 슬릿판 (275) 사이에 액체 (LQ) 를 흘려보내도록 한다. 그리고, 투영광학계 (PL) 의 광학소자 (260) 와 슬릿판 (275) 사이에 액체 (LQ) 를 채운 상태에서 투영광학계 (PL) 및 액체 (LQ) 를 통한 광 (노광광 (EL)) 이 공간 이미지 계측장치 (270) 를 구성하는 슬릿판 (275) 에 조사된다. 또 이 때의 슬릿판 (275) 의 상면 (275A) 의 면위치 정보는 포커스 검출계 (245) 를 사용하여 검출가능하다.
- [0217] 도 25 는 공간 이미지 계측장치 (270) 중 볼록부 (283) 내부에 배치된 슬릿판 (275) 및 광학소자 (276) 근방을 나타내는 요부 확대단면도, 도 26 은 슬릿판 (275) 을 상방에서 본 평면도이다. 또 도 25 에서는, 수광기 (290) 는 간략화하여 도시되어 있고, 수광기 (290) 를 구성하는 복수의 광학소자 및 부재 중 광의 광로 상에서 슬릿판 (275) 에 가장 가까운 위치에 배치된 광학소자 (276) 및 그 광학소자 (276) 를 통과한 광을 수광하는 광센서 (282) 만 도시되어 있다. 도 25 에 나타내는 공간 이미지 계측장치 (270) 에 있어서, 슬릿판 (275) 과 수광기 (290) 사이에는 액체 (LQ) 가 채워져 있다. 본 실시형태에 있어서, 액체 (LQ) 는 볼록부 (283) 의 개구부 (284) 에 끼워 맞춰져 있는 슬릿판 (275) 의 하면과, 수광기 (290) 의 광로 상에 배치된 복수의 광학소자 (광학부재) 중 슬릿판 (275) 에 가장 가까운 위치에 배치된 광학소자 (276) 사이에 채워져 있다. 광학소자 (276) 는 슬릿판 (275) 의 하방 위치에서 볼록부 (283) 의 내벽면 (283A) 에 부착된 유지부재 (285) 에 유지되어 있고, 액체 (LQ) 는 슬릿판 (275), 유지부재 (285) 및 광학소자 (276) 에 둘러싸인 공간 (SP) 에 채워져 있다. 본 실시형태에 있어서, 광학소자 (276) 는 평볼록 렌즈에 의해 구성되어 있고, 그 평탄면을 상방을 향하게 하여 배치되어 있다. 그리고, 유지부재 (285) 의 내저면 (285A) 과, 광학소자 (276) 의 상면 (평탄면 ; 276A) 이 거의 면일 (面一) 하게 되어 있다. 또한, 유지부재 (285) 는 단면에서 보아 대략 π 자형으로 형성되고, 그 유지부재 (285) 의 외측면 (285B) 과 볼록부 (283) 의 내벽면 (283A) 은 밀접해 있으며, 유지부재 (285) 의 상단면 (슬릿판 (275) 과의 접합면 ; 285C) 과 슬릿판 (275) 사이에는 O 링 등의 시일부재 (291) 가 형성되어 있다. 이로써, 공간 (SP) 에 채워진 액체 (LQ) 가 외부로 누설되는 문제가 방지되어 있다.
- [0218] 슬릿판 (275) 및 광학소자 (276) 를 유지한 유지부재 (285) 는, 볼록부 (283) 의 내벽면 (283A) 에 대하여 착탈가능하게 되어 있다. 유지부재 (285) 를 부착할 때에는 볼록부 (283) 의 개구부 (284) 로부터 광학소자 (276) 를 유지한 유지부재 (285) 를 볼록부 (283) 내부에 삽입하여 (이 때 슬릿판 (275) 은 부착되지 않음), 도시하지 않은 고정부재로 유지부재 (285) 와 볼록부 (283) 의 내벽면 (283A) 을 고정한다. 이어서, 개구부

(284)에 슬릿판 (275)이 끼워진다. 한편, 유지부재 (285)를 분리할 때에는 슬릿판 (275)을 개구부 (284)에서 분리시킨 후 유지부재 (285)를 개구부 (284)를 통해 빼면 된다.

[0219] 또, 노광장치 (EX)는 슬릿판 (275)과 수광기 (290)의 광학소자 (276)사이의 공간 (SP)에 액체 (LQ)를 공급하는 액체공급장치 (300)와, 그 공간 (SP)의 액체 (LQ)를 회수하는 액체회수장치 (304)를 구비하고 있다. 블록부 (283) 및 유지부재 (285)의 +X 측 벽부에는 공간 (SP)에 접속하는 공급유로 (302)가 형성되고, -X 측의 벽부에는 공간 (SP)에 접속하는 회수유로 (306)가 형성되어 있다. 또한, 액체공급장치 (300)에는 공급관 (301)의 일단부가 접속되고, 공급관 (301)의 타단부는 이음매 (303)를 통하여 공급유로 (302)에 접속되어 있다. 액체회수장치 (304)에는 회수관 (305)의 일단부가 접속되고, 회수관 (305)의 타단부는 이음매 (307)를 통하여 회수유로 (306)에 접속되어 있다. 또한 공급관 (301) 및 회수관 (305) 각각의 도중에는 그 유로를 개폐하는 밸브 (301A, 305A)가 형성되어 있다. 액체공급장치 (300), 액체회수장치 (304) 및 밸브 (301A, 305A)의 동작은 제어장치 (CONT)에 의해 제어되고, 제어장치 (CONT)는 이들을 제어하여 공간 (SP)에 대한 액체 (LQ)의 공급 및 회수를 함으로써 공간 (SP)을 액체 (LQ)로 채운다.

[0220] 도 26에 나타내는 바와 같이, 슬릿판 (275)은 평면에서 보아 직사각형상인 유리판 부재 (274)의 상면 중앙부에 형성된 크롬 등으로 이루어지는 차광막 (272)과, 그 차광막 (272)주위, 즉 유리판 부재 (274)의 상면 중 차광막 (272)이외의 부분에 형성된 알루미늄 등으로 이루어지는 반사막 (273)과, 차광막 (272)의 일부에 형성된 개구 패턴인 슬릿부 (271)를 구비하고 있다. 슬릿부 (271)에서는 투명부재인 유리판 부재 (274)가 노출되어 있고, 광은 슬릿부 (271)를 투과할 수 있다. 슬릿부 (271)는 Y축 방향을 길이방향으로 하는 직사각형상 (장방형상)의 슬릿이고, 소정 폭 2D를 갖고 있다.

[0221] 다음으로, 상기 서술한 공간 이미지 계측장치 (270)를 사용하여 투영광학계 (PL)의 결상 특성을 계측하는 순서에 대하여 설명한다.

[0222] 공간 이미지 (투영 이미지)를 계측할 때, 제어장치 (CONT)는 기관 스테이지 (PST)를 이동시켜 투영광학계 (PL)와 슬릿판 (275)을 대향시킨다 (다시 말해 도 24에 나타내는 상태로 함). 그리고, 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220)를 사용하여 투영광학계 (PL)선단부의 광학소자 (260)와 슬릿판 (275)사이에서 액체 (LQ)를 채운다. 이것과 병행하여 (또는 그 전 또는 후에) 제어장치 (CONT)는, 도 25에 나타내는 바와 같이 액체공급장치 (300) 및 액체회수장치 (304)를 사용하여 수광기 (290)의 광학소자 (276)와 슬릿판 (275)사이에서 액체 (LQ)를 채운다. 여기에서, 이하의 설명에서 투영광학계 (PL)와 슬릿판 (275)사이에서 채워진 LQ에 의해 형성되는 액침영역을 「제 1 액침영역 (LA1)」이라 하고, 슬릿판 (275)과 수광기 (290; 광학소자 (276))사이에서 채워진 액체 (LQ)에 의해 형성되는 액침영역을 「제 2 액침영역 (LA2)」이라 적당히 부른다.

[0223] 공간 이미지의 계측시에, 마스크 스테이지 (MST)에는 후술하는 계측마크를 구비한 마스크 (M)가 지지되어 있다. 제어장치 (CONT)는 조명광학계 (IL)에 의해 마스크 (M)를 노광광 (EL)으로 조명한다. 상기 계측마크, 투영광학계 (PL) 및 제 1 액침영역 (LA1)의 액체 (LQ)를 통한 광 (노광광 (EL))은 슬릿판 (275)에 조사된다. 그 슬릿판 (275)의 슬릿부 (271)를 통과한 광은 제 2 액침영역 (LA2)의 액체 (LQ)를 통하여 광학소자 (276)에 입사한다.

[0224] 투영광학계 (PL)와 슬릿판 (275)사이의 제 1 액침영역 (LA1)의 액체 (LQ)에 의해 투영광학계의 개구수 (NA)가 향상되기 때문에, 투영광학계 (PL)의 개구수 (NA)에 따라 수광기 (290)의 광학소자 (276)의 개구수 (NA)도 향상시키지 않으면 광학소자 (276)는 투영광학계 (PL)를 통과한 광을 양호하게 (전부) 넣을 수 없을 가능성이 있어, 광을 양호하게 수광할 수 없게 된다. 그래서, 본 실시형태와 같이 투영광학계 (PL)와 슬릿판 (275)사이에서 액체 (LQ)를 채움으로써 투영광학계 (PL)의 개구수 (NA)를 향상시킨 경우에는, 슬릿판 (275)과 수광기 (290)의 광학소자 (276)사이에서도 액체 (LQ)를 채워 수광기 (290)의 광학소자 (276)의 개구수 (NA)를 향상시킴으로써 수광기 (290)의 광학소자 (276)는 투영광학계 (PL)를 통한 광을 양호하게 넣을 수 있다.

[0225] 광학소자 (276)는 제 2 액침영역 (LA2)을 통한 광을 집광한다. 광학소자 (276)로 집광된 광은, 미러 (277), 광학소자 (278) 및 송광렌즈 (279)를 통하여 기관 스테이지 (PST)의 외부로 도출된다 (도 23). 그리고, 그 기관 스테이지 (PST)의 외부로 도출된 광은 미러 (280)에 의해 광로가 절곡되고, 수광렌즈 (281)를 통해 광센서 (282)에 의해 수광되며, 그 광센서 (282)로부터 그 수광량에 따른 광전변환신호 (광량신호)가 신호처리장치를 통하여 제어장치 (CONT)에 출력된다.

- [0226] 후술하는 바와 같이, 본 실시형태에서는 계측마크의 투영 이미지 (공간 이미지) 의 계측은 슬릿스캔 방식에 의해 실행되기 때문에, 그 때에는 송광렌즈 (279) 가 수광렌즈 (281) 및 광센서 (282) 로 이동하게 된다. 그래서, 공간 이미지 계측장치 (270) 에서는 소정 범위 내에서 이동하는 송광렌즈 (279) 를 통한 광이 모두 수광렌즈 (281) 에 입사되도록 각 렌즈 및 미러 (280) 의 크기가 설정되어 있다.
- [0227] 공간 이미지 계측장치 (270) 에서는, 광센서 (282) 가 기관 스테이지 (PST) 의 외부의 소정 위치에 형성되어 있기 때문에, 광센서 (282) 의 발열에 기인하는 레이저 간섭계 (244) 의 계측정밀도 등에 미치는 영향이 가능한 범위에서 억제된다. 또, 기관 스테이지 (PST) 의 외부와 내부를 라이트 가이드 등에 의해 접속하지 않고 있기 때문에, 기관 스테이지 (PST) 의 외부와 내부가 라이트 가이드에 의해 접속된 경우와 같이 기관 스테이지 (PST) 의 구동정밀도가 영향을 받는 일이 없다. 물론, 열의 영향 등을 무시 또는 배제할 수 있는 경우에는 광센서 (282) 를 기관 스테이지 (PST) 의 내부에 형성해도 된다. 즉, 수광기 (290) 를 구성하는 복수의 광학소자나 수광소자 중 그 일부가 기관 스테이지 (PST) 에 형성되어 있어도 되며, 전부가 기관 스테이지 (PST) 에 형성되어 있어도 된다.
- [0228] 본 실시형태에 있어서 「제 1 액침영역 (LA1)」 과 「제 2 액침영역 (LA2)」 에 사용하는 액체 (LQ) 는 동일 종의 액체를 사용해도 되고, 또는 다른 종류, 특히 노광광에 대하여 굴절률이 다른 액체를 사용해도 된다. 특히 「제 1 액침영역 (LA1)」 에 사용하는 액체는 투영광학계의 선단에 형성된 광학소자의 NA 또는 굴절률을 고려하여 선택하는 것이 바람직하고, 한편 「제 2 액침영역 (LA2)」 에 사용하는 액체는 유리판 부재 (274) 의 굴절률 및/또는 광학소자 (276) 의 치수나 굴절률을 고려하여 선택할 수 있다.
- [0229] 또, 본 실시형태에서는, 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이에 액체 (LQ) 를 채운 공간 이미지 계측장치 (270) 를 액침노광장치에 적용한 예에 대하여 설명하였지만, 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 사이에 액체 (LQ) 를 채우지 않고 노광하는 드라이 노광장치 (통상 노광장치) 에 대해서도, 본 발명에 관련된 공간 이미지 계측장치 (270 ; 수광기 (290)) 를 적용할 수 있다. 드라이 노광장치에서 공간 이미지를 계측할 때에는, 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 을 대향시킨 상태에서 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 사이에 액체 (LQ) 를 채우지 않고 슬릿판 (275) 과 수광기 (290) 의 광학소자 (276) 사이에 액체 (LQ) 를 채운 상태에서 (제 1 액침영역 (LA1) 은 형성하지 않고 제 2 액침영역 (LA2) 만 형성한 상태에서), 투영광학계 (PL) 를 통한 노광광 (EL) 이 슬릿판 (275) 에 조사된다. 수광기 (290) 의 광학소자 (276) 는 슬릿판 (275) 과 광학소자 (276) 사이에 채워진 액체 (LQ) 에 의해 개구수 (NA) 가 향상되기 때문에, 개구수 (NA) 가 큰 (예를 들어 $NA > 0.9$) 투영광학계를 구비하고 있는 드라이 노광장치에서도 광을 양호하게 수광할 수 있다. 또, 예를 들어 수광기 (290) 의 광학소자 (276) 를 슬릿판 (275) 에 밀접시키더라도 투영광학계 (PL) 를 통과한 광을 양호하게 수광할 수 있어, 수광기 (290) 전체를 콤팩트 (compact) 화할 수 있다는 효과가 얻어진다.
- [0230] 또, 본 실시형태에서는, 액체공급장치 (300) 및 액체회수장치 (304) 를 사용하여 액체 (LQ) 의 공급 및 회수를 함으로써 슬릿판 (275) 과 광학소자 (276) 사이의 공간 (SP) 에 액체 (LQ) 를 채우고 있지만, 액체공급장치 (300) 및 액체회수장치 (304) 를 사용하지 않고 예를 들어 노광장치 (EX) 의 제조시에 액체 (LQ) 를 공간 (SP) 에 채워 두는 것도 가능하다. 이 경우, 예를 들어 슬릿판 (275) 을 볼록부 (283 ; Z 틸트 스테이지 (252)) 에서 분리하여 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 를 정기적으로 교환하도록 해도 되고, 액체 (LQ) 로서 보존성이 우수한 교환 불필요한 액체를 사용해도 된다. 한편, 액체공급장치 (300) 및 액체회수장치 (304) 를 사용하여 액체 (LQ) 의 공급 및 회수를 함으로써 공간 (SP) 에는 항상 신선한 (청정한) 액체 (LQ) 를 채우는 것이 가능하다. 또, 공간 이미지 계측장치 (270) 의 계측 중 액체공급장치 (300) 및 액체회수장치 (304) 의 액체공급동작 및 액체회수동작을 정지시켜도 된다. 또, 예를 들어 슬릿판 (275) 이나 광학소자 (276) 를 유지한 유지부재 (285) 를 볼록부 (283 ; Z 틸트 스테이지 (252)) 에서 분리할 때, 액체회수장치 (304) 로 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 를 회수한 후에 슬릿판 (275) 이나 광학소자 (276) 를 유지한 유지부재 (285) 를 분리함으로써, 액체 (LQ) 를 누출시키지 않고 착탈 작업을 할 수 있다.
- [0231] 또, 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이에 액체 (LQ) 를 채우지 않고 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이에 액체 (LQ) 와 대략 동일한 굴절률을 갖는 광투과성부재 (광학부재, 유리부재) 를 배치해도 된다. 그러한 광투과성 부재로는, 예를 들어 석영이나 형석을 들 수 있다. 본 실시형태에서의 액체 (LQ) 는 순수이고 ArF 엑시머 레이저광에 대한 순수의 굴절률은 거의 1.44 라고 한다. 한편, ArF 엑시머 레이저광에 대한 석영의 굴절률은 거의 1.56 이라고 한다. 따라서, 액체 (순수 ; LQ) 에 의한 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성하는 대신에 슬릿판 (275) 과 광학소자 (276) 사이에 석영으로 이루어지는 광투과부재를 배치해도 된다.

- [0232] 이하, 공간 이미지 계측장치 (270) 를 사용한 공간 이미지 계측동작의 일례에 대하여 도 24 등을 참조하면서 설명한다. 상기 서술한 바와 같이, 도 24 는 공간 이미지를 계측하고 있는 상태를 나타내는 도면이다. 공간 이미지 계측시에 마스크 (M) 로는 공간 이미지 계측전용인 것 또는 디바이스의 제조에 사용되는 디바이스 제조용 마스크에 전용 계측마크를 형성한 것 등이 사용된다. 또한, 이들 마스크 대신에 마스크 스테이지 (MST) 에 마스크와 같은 재질의 유리재료로 이루어지는 고정 마크판 (피듀셜 (fiducial) 마크판) 을 형성하여 이 마크판에 계측마크를 형성한 것을 사용해도 된다.
- [0233] 마스크 (M) 에는, 소정 위치에 X 축 방향으로 주기성을 갖는 라인부의 폭과 스페이스부의 폭의 비 (듀티비) 가 1:1 인 라인 앤드 스페이스 (L/S) 마크로 이루어지는 계측용 마크 (PMx ; 도 24) 와, Y 축 방향으로 주기성을 갖는 듀티비가 1:1 인 L/S 마크로 이루어지는 계측마크 (PMy ; 도 24) 가 서로 근접하게 형성되어 있다. 이들 계측마크 (PMx, PMy) 는 동일 선폭의 라인패턴으로 이루어진다. 또, 공간 이미지 계측장치 (270) 를 구성하는 슬릿판 (275) 에는, 도 27(a) 에 나타내는 바와 같이 Y 축 방향으로 연장되는 소정 폭 (2D) 의 슬릿부 (271x) 와, X 축 방향으로 연장되는 소정 폭 (2D) 의 슬릿부 (271y) 가 도 27(a) 에 나타내는 바와 같은 소정 위치관계로 형성되어 있다. 이와 같이, 슬릿판 (275) 에는 실제로는 복수의 슬릿부 (271x, 271y) 등이 형성되어 있지만, 도 20~도 26 등에는 이들 슬릿부를 대표하여 슬릿부 (271) 로서 도시되어 있다.
- [0234] 예를 들어, 계측마크 (PMx) 의 공간 이미지를 측정할 때, 제어장치 (CONT) 에 의해 도 20 에 나타내는 가동 마스크 블라인드 (207B) 가 도시하지 않은 블라인드 구동장치를 통하여 구동되고, 노광광 (EL) 의 조명영역이 계측마크 (PMx) 부분을 포함하는 소정 영역으로 제한된다. 이 상태에서, 제어장치 (CONT) 에 의해 광원 (201) 의 발광이 개시되어 노광광 (EL) 이 계측마크 (PMx) 에 조사되면, 계측마크 (PMx) 에 의해 회절, 산란된 광 (노광광 (EL)) 은 투영광학계 (PL) 에 의해 굴절되어 투영광학계 (PL) 의 이미지면에 계측마크 (PMx) 의 공간 이미지 (투영 이미지) 가 형성된다. 이 때, 기판 스테이지 (PST) 는 도 27(a) 에 나타내는 바와 같이 슬릿판 (275) 상의 슬릿부 (271x) 의 +X 축 (또는 -X 축) 에 계측마크 (PMx) 의 공간 이미지 (PMx') 가 형성되는 위치에 형성되고 있는 것으로 한다.
- [0235] 그리고, 제어장치 (CONT) 의 지시하에서 기판 스테이지 구동장치 (PSTD) 에 의해 기판 스테이지 (PST) 가 도 27(a) 중에 화살표 Fx 로 나타내는 바와 같이 +X 방향으로 구동되면, 슬릿부 (271x) 가 공간 이미지 (PMx') 에 대하여 X 축 방향으로 주사된다. 이 주사 중에, 슬릿부 (271x) 를 통과하는 광 (노광광 (EL)) 이 기판 스테이지 (PST ; Z 틸트 스테이지 (252)) 내의 수광광학계, 기판 스테이지 (PST) 외부의 미러 (280) 및 수광렌즈 (281) 를 통하여 광센서 (282) 로 수광되고, 그 광전변환신호가 신호처리장치에 공급된다. 신호처리장치에서는, 그 광전변환신호에 소정 처리를 실시하여 공간 이미지 (PMx') 에 대응하는 광강도 신호를 제어장치 (CONT) 에 공급한다. 또한 이 때, 신호처리장치에서는 광원 (201) 으로부터의 노광광 (EL) 의 발광강도의 편차에 의한 영향을 억제하기 위해 도 20 에 나타내는 인터그레이터 센서 (233) 의 신호에 의해 광센서 (282) 로부터의 신호를 규격화한 신호를 제어장치 (CONT) 에 공급하게 되어 있다. 도 27(b) 에는, 상기 공간 이미지 계측시에 얻어지는 광전변환신호 (광강도 신호) 의 일례가 나타나 있다.
- [0236] 계측마크 (PMy) 의 공간 이미지를 계측하는 경우에는, 기판 스테이지 (PST) 를 슬릿판 (275) 상의 슬릿부 (271y) 의 +Y 축 (또는 -Y 축) 에 계측마크 (PMy) 의 공간 이미지가 형성되는 위치에 형성하고, 상기와 동일한 슬릿스캔 방식에 의한 계측을 함으로써, 계측마크 (PMy) 의 공간 이미지에 대응하는 광전변환신호 (광강도 신호) 를 얻을 수 있다. 또, 계측마크는 상기 서술한 마크에 한정되지 않고 계측대상의 결상 특성이나 계측 정밀도 등에 따라 적절히 정할 수 있다.
- [0237] 결상 특성 조정정보 등을 얻기 위한 계측시에는, 도 21 에 나타내는 바와 같이 먼저 초기조정시에 투영광학계 (PL) 의 광학소자 (264a, 264b) 를 하나씩 구동하면서, 또한 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B) 의 압력을 하나씩 변경하면서 투영광학계 (PL) 의 포커스 및 그 밖의 소정 결상 특성 (예를 들어 이미지면 만곡, 배율, 디스토크션, 코마수차, 구면수차 등 여러 수차 중 적어도 하나) 을, 후술하는 것처럼 하여 공간 이미지 계측장치 (270 ; 도 20) 를 사용해 측정하여, 광학소자 (264a, 264b) 의 구동량 및 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B) 에서의 압력변화에 대한 결상 특성 변화량을 구한다.
- [0238] 이하, 결상 특성 계측동작의 일례로서, 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치의 검출방법에 대하여 설명한다. 이 경우, 전제조건으로서 조명계 개구조리개판 (204) 의 통상 조리개가 선택되고, 조명조건으로서 통상조명 조건이 설정되어 있는 것으로 한다. 베스트 포커스위치의 검출에는, 예를 들어 선폭 1 μ m, 듀티비 50% 의 L/S 패턴으로 이루어지는 계측마크 (PMx ; 또는 PMy) 가 형성된 마스크 (M) 가 사용된다. 먼저, 도시하지 않은 로더장치에 의해 마스크 (M) 가 마스크 스테이지 (MST) 에 로드된다. 다음에, 제어장치 (CONT) 는 마

스크 (M) 상의 계측마크 (PMx) 가 투영광학계 (PL) 의 광축 상에 거의 일치하도록, 마스크 스테이지 구동장치 (MSTD) 를 통하여 마스크 스테이지 (MST) 를 이동시킨다. 다음에, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 이 계측마크 (PMx) 부분에만 조사되도록 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 구동제어하여 조명영역을 규정한다. 이 상태에서, 제어장치 (CONT) 는 마스크 (M) 에 노광광 (EL) 을 조사하여, 상기 서술한 바와 같이 하여 기관 스테이지 (PST) 를 X 축 방향으로 주사하면서, 공간 이미지 계측장치 (270) 를 사용하여 계측마크 (PMx) 의 공간 이미지 계측을 슬릿스캔 방식에 의해 실시한다. 이 때, 제어장치 (CONT) 는 기관 스테이지 구동장치 (PSTD) 를 통하여 슬릿판 (275) 의 Z 축 방향의 위치 (즉, Z 틸트 스테이지 (252) 의 위치) 를 소정 스텝 피치 (step pitch) 로 변화시키면서 계측마크 (PMx) 의 공간 이미지 계측을 복수 회 반복하여, 각 회의 광강도 신호 (광전 변환신호) 를 기억장치 (MRV) 에 기억시킨다. 또, 상기 슬릿판 (275) 의 z 축 방향의 위치 변화는 Z 틸트 스테이지 (252) 의 인코더 (258A, 258B, 258C) 의 계측값에 근거하여 액츄에이터 (259A, 259B, 259C) 를 제어함으로써 실시된다. 그리고, 제어장치 (CONT) 는 상기 반복에 의해 얻어진 복수의 광강도 신호 (광전 변환신호) 를 각각 푸리에 변환하여, 각각의 1차 주파수 성분과 0차 주파수 성분의 진폭비인 콘트라스트를 구한다. 그리고, 제어장치 (CONT) 는 그 콘트라스트가 최대가 되는 광강도 신호에 대응하는 Z 틸트 스테이지 (252) 의 Z 위치 (즉, 슬릿판 (275) 의 Z 축 방향의 위치) 를 검출하여 이 위치를 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치로서 결정한다. 콘트라스트는 포커스위치 (디포커스량) 에 따라 민감하게 변화하기 때문에, 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치를 정밀도 좋고 또한 용이하게 계측 (결정) 할 수 있다. 제어장치 (CONT) 는, 구한 베스트 포커스위치에 기초하여 포커스 검출계 (245) 의 검출원점 (검출기준점) 의 재설정 (교정) 인 포커스 캘리브레이션을 실시한다. 이것에 의해, 이후 포커스 검출계 (245) 에 의해 기관 스테이지 (PST) 상의 소정면 (예를 들어 기관 (P) 표면 또는 슬릿판 (275) 표면) 을 마스크 (M) 의 기준면과 광학적으로 공역인 위치에 위치 결정할 수 있다.

[0239] 또, 2차 이상의 고차 실수의 주파수 성분의 진폭은 일반적으로 작아, 전기적인 노이즈, 광학적인 노이즈에 대한 진폭이 충분히 구해지지 않는 경우도 있지만, S/N 비 (시그널/노이즈비) 의 면에서 문제가 없는 경우에는 고차인 주파수 성분의 진폭비 변화를 관측하더라도 베스트 포커스위치를 구할 수 있다. 또, 상기 서술한 콘트라스트를 사용하는 방법에 한하지 않고, 광강도 신호의 미분값이 최대가 되는 Z 위치 (포커스위치) 를 검출하는 방법으로도 베스트 포커스위치의 검출이 가능하다.

[0240] 또, 여기에서는 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치를 계측할 때 슬릿부 (271 ; 슬릿판 (275)) 를 XY 평면 내의 소정 방향으로 스캔시키는 방법 (슬릿스캔 방식) 에 대하여 설명하였지만, 고립선 마크 등의 계측마크의 공간 이미지를 투영광학계 (PL) 의 이미지면 상에 형성하고, 이 공간 이미지에 대하여 슬릿부 (271 ; (슬릿판 (275)) 를 광축 (AX) 방향 (Z 축 방향) 으로 상대 주사되도록, 슬릿판 (275 ; Z 틸트 스테이지 (252)) 을 베스트 포커스위치를 중심으로 하는 소정 스트로크 범위에서 Z 축 방향을 따라 주사 (스캔) 해도 된다. 그리고, 그 때의 광강도 신호 (피크치) 에 기초하여 베스트 포커스위치를 구한다. 이 경우, 이미지면 상에서 계측마크의 공간 이미지가 슬릿부 (271 ; 271x 또는 271y) 의 형상과 거의 일치하는 치수, 형상이 되는 계측마크를 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 공간 이미지 계측을 하면, 도 26 에 나타내는 바와 같은 광강도 신호를 얻을 수 있다. 이 경우, 이 광강도 신호의 신호파형의 피크 위치를 직접 찾아냄으로써 그 점의 Z 위치를 베스트 포커스위치 (Z_0) 로 해도 되고, 또는 광강도 신호를 소정의 슬라이스 레벨 라인 (SL) 에서 슬라이스하고, 광강도 신호와 슬라이스 레벨 라인 (SL) 과의 2개의 교점의 중점인 Z 위치를 베스트 포커스위치 (Z_0) 로 해도 된다. 어떤 경우이든 이 방법으로는 슬릿판 (275) 을 Z 축 방향으로 1회 주사하기만 하면 베스트 포커스위치를 검출할 수 있기 때문에, 스루풋 (throughput) 을 향상시킬 수 있다.

[0241] 다음으로, 결상 특성의 계측동작의 일례로서, 투영광학계 (PL) 의 이미지면 형상 (이미지면 만곡) 의 검출방법에 대하여 설명한다. 이 이미지면 만곡의 검출에서는, 일례로서 도 29 에 나타내는 바와 같은, 패턴영역 (PA) 내에 상기 계측마크 (PMx) 와 동일 치수 동일 주기의 계측마크 ($PM_1 \sim PM_n$) 가 형성된 마스크 (M1) 가 사용된다. 마스크 (M1) 가 마스크 스테이지 (MST) 에 로드된 후, 제어장치 (CONT) 는 마스크 (M1) 의 중앙에 있는 계측마크 (PM_k) 가 투영광학계 (PL) 의 광축 상에 거의 일치하도록, 마스크 스테이지 구동장치 (MSTD) 를 사용하여 세워 마스크 스테이지 (MST) 를 이동한다. 즉, 마스크 (M1) 의 기준점에 대한 위치 결정이 실시된다. 이 기준점에 대한 위치 결정이 실시된 경우에는, 계측마크 ($PM_1 \sim PM_n$) 전부는 투영광학계 (PL) 의 시야 내에 위치하고 있는 것으로 한다. 다음에, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 이 계측마크 (PM_1) 부분에만 조사되도록 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 구동 제어하여 조명영역을 규정한다. 이 상태에서, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 을 마스크 (M1) 에 조사하고, 상기 서술한 바와 같이 하여 슬릿스캔 방식에 의해 공간 이미지

계측장치 (270) 를 사용하여 계측마크 (PM_1) 의 공간 이미지 계측 및 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치의 검출을 하여, 그 결과를 기억장치 (MRY) 에 기억시킨다. 계측마크 (PM_1) 를 사용한 베스트 포커스위치의 검출이 종료되면, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 이 계측마크 (PM_2) 부분에만 조사되도록 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 구동 제어하여 조명영역을 규정한다. 이 상태에서, 상기와 마찬가지로 슬릿스캔 방식으로 계측마크 (PM_2) 의 공간 이미지 계측 및 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치의 검출을 하여, 그 결과를 기억장치 (MRY) 에 기억시킨다. 이후, 제어장치 (CONT) 는 상기와 마찬가지로 조명영역을 변경하면서 계측마크 ($PM_3 \sim PM_n$) 에 대하여 공간 이미지 계측 및 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치의 검출을 반복하여 실시한다. 그리고, 제어장치 (CONT) 는 이들에 의해 얻어진 각 베스트 포커스위치 ($Z_1, Z_2, \dots, Z_n$) 에 기초하여 소정의 통계적 처리를 함으로써 투영광학계 (PL) 의 이미지면 만곡을 산출한다.

[0242]

또, 투영광학계 (PL) 의 구면수차를 검출할 때에는, 도 30 에 나타내는 마스크 (M2) 가 사용된다. 도 30 에 나타내는 마스크 (M2) 의 패턴영역 (PA) 내의 Y 축 방향의 거의 중앙에, X 축 방향으로 소정 거리 떨어져 2개의 계측마크 (PM_1, PM_2) 가 형성되어 있다. 계측마크 (PM_1) 는 상기 서술한 계측마크 (PM_x) 와 동일 치수 동일 주기의 L/S 패턴이다. 또한, 계측마크 (PM_2) 는 계측마크 (PM_x) 와 동일 치수인 라인 패턴이 상이한 주기 (예를 들어, 계측마크 (PM_1) 의 주기 (마크피치) 의 1.5~2배 정도) 로 X 축 방향으로 배열된 L/S 패턴이다. 마스크 (M2) 를 마스크 스테이지 (MST) 에 로드한 후, 제어장치 (CONT) 는 마스크 (M2) 상의 계측마크 (PM_1) 가 투영광학계 (PL) 의 광축 상에 거의 일치하도록 마스크 스테이지 구동장치 (MSTD) 를 통하여 마스크 스테이지 (MST) 를 이동시킨다. 다음으로, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 이 계측마크 (PM_1) 부분에만 조사되도록 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 구동 제어하여 조명영역을 규정한다. 이 상태에서, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 을 마스크 (M2) 에 조사하고, 상기 서술한 바와 같이 하여 슬릿스캔 방식에 의해 공간 이미지 계측장치 (270) 를 사용하여 계측마크 (PM_1) 의 공간 이미지 계측 및 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치의 검출을 하여, 그 결과를 기억장치 (MRY) 에 기억시킨다. 계측마크 (PM_1) 를 사용한 베스트 포커스위치의 검출이 종료되면, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 이 계측마크 (PM_2) 에 조사되도록, 마스크 스테이지 구동장치 (MSTD) 를 통하여 마스크 스테이지 (MST) 를 -X 방향으로 소정 거리 이동시킨다. 이 상태에서, 상기와 같이 슬릿스캔 방식으로 계측마크 (PM_2) 의 공간 이미지 계측 및 투영광학계 (PL) 의 베스트 포커스위치의 검출을 하여, 그 결과를 기억장치 (MRY) 에 기억시킨다. 이들에서 얻어진 각 베스트 포커스위치 (Z_1 와 Z_2) 의 차에 기초하여 제어장치 (CONT) 는 투영광학계 (PL) 의 구면수차를 연산에 의해 산출한다.

[0243]

또, 투영광학계 (PL) 의 배율 및 디스토션을 검출할 때에는, 도 31 에 나타내는 마스크 (M3) 가 사용된다. 도 31 에 나타내는 마스크 (M3) 의 패턴영역 (PA) 의 중심부 및 4 코너 부분에, 합계 5개의 예를 들어 $120\mu m \times 120\mu m$ (투영배율 1/4배이고 슬릿판 (275) 상에서 $30\mu m \times 30\mu m$ 인 정사각형 마크로 이루어지는 계측마크 ($BM_1 \sim BM_5$) 가 형성되어 있다. 마스크 (M3) 를 마스크 스테이지 (MST) 에 로드한 후, 제어장치 (CONT) 는 마스크 (M3) 상의 중앙에 존재하는 계측마크 (BM_1) 의 중심이 투영광학계 (PL) 의 광축 상에 거의 일치하도록, 마스크 스테이지 구동장치 (MSTD) 를 통하여 마스크 스테이지 (MST) 를 이동시킨다. 즉, 마스크 (M3) 의 기준점에 대한 위치 결정을 한다. 이 기준점에 대한 위치 결정이 실행된 상태에서는, 계측마크 ($BM_1 \sim BM_5$) 전부는 투영광학계 (PL) 의 시야 내에 위치하고 있는 것으로 한다. 다음에, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 이 계측마크 (BM_1) 를 포함하는 계측마크 (BM_1) 보다 훨씬 큰 직사각형 영역부분에만 조사되도록 가동 마스크 블라인드 (207B) 를 구동 제어하여 조명영역을 규정한다. 이 상태에서, 제어장치 (CONT) 는 노광광 (EL) 을 마스크 (M3) 에 조사한다. 이로써, 계측마크 (BM_1) 의 공간 이미지, 즉 거의 $30\mu m \times 30\mu m$ 인 정사각형상의 마크 이미지가 형성된다. 이 상태에서, 제어장치 (CONT) 는 기판 스테이지 구동장치 (PSTD) 를 통하여 기판 스테이지 (PST) 를 X 축 방향으로 주사하면서 공간 이미지 계측장치 (270) 를 사용하여 계측마크 (BM_1) 의 공간 이미지 계측을 하고, 그 계측에 의해 얻어진 광강도 신호를 기억장치 (MRY) 에 기억시킨다. 다음으로, 제어장치 (CONT) 는 얻어진 광강도 신호에 기초하여, 예를 들어 공지된 위상 검출 방법 또는 예지 검출 방법에 의해 계측마크 (BM_1) 의 결상 위치를 구한다. 여기에서, 위상 검출 방법으로는, 예를 들어 광강도 신호를 푸리에 변환하여 얻어지는 1차 주파수 성분 (이것은 정현파라고 볼 수 있음) 과 이것과 동일 주파수의 기준이 되는 정현파의 곱의 예를 들어 1주기분의 합을 구함과 함께 상기 1차 주파수 성분과 이것과 동일 주기의 기준이 되는 여현파 (余弦波) 의 곱의 예를 들어 1주기분의 합을 구한다. 그리고, 얻어진 합끼리 나누어 얻어진 몫의 역정현 (arctangent) 을 구함으로써 1차 주파수 성분의 기준신호에 대한 위상차를 구하고, 이 위상차에 기초하여 계

측마크 (BM_1)의 X 위치 (x_1)를 구한다는 일반적인 방법을 사용할 수 있다. 또한, 에지 검출 방법으로는, 광강도 신호와 소정의 슬라이스 레벨의 교점에 기초하여 각 광전변환신호에 대응하는 공간 이미지의 에지의 위치를 각각 산출하는 슬라이스법을 사용한 에지 검출 방법을 사용할 수 있다. 다음으로, 제어장치 (CONT)는 기관 스테이지 (PST)를 Y 축 방향으로 주사하면서 공간 이미지 계측장치 (270)를 사용하여 계측마크 (BM_1)의 공간 이미지 계측을 하고, 그 계측에 의해 얻어진 광강도 신호를 기억장치 (MRY)에 기억한다. 그리고, 상기와 같은 위상검출 등의 방법에 의해 계측마크 (BM_1)의 Y 위치 (y_1)를 구한다. 그리고, 제어장치 (CONT)는 얻어진 계측마크 (BM_1)의 좌표위치 (x_1, y_1)에 기초하여 마스크 (M3)의 광축 중심에 대한 위치 어긋남을 보정한다. 상기 마스크 (M3)의 위치 어긋남 보정이 종료되면, 제어장치 (CONT)는 노광광 (EL)이 계측마크 (BM_2)를 포함한 계측마크 (BM_2)보다 훨씬 큰 직사각형 영역부분에만 조사되도록 가동 마스크 블라인드 (207B)를 구동 제어하여 조명영역을 규정한다. 이 상태에서, 상기와 같이 슬릿스캔 방식으로 계측마크 (BM_2)의 공간 이미지 계측 및 XY 위치의 계측을 하여, 그 결과를 기억장치 (MRY)에 기억시킨다. 이후, 제어장치 (CONT)는 조명영역을 변경하면서 계측마크 ($BM_3 \sim BM_5$)에 대하여 공간 이미지의 계측 및 XY 위치의 계측을 반복하여 실시한다. 이것에 의해 얻어진 계측마크 ($BM_2 \sim BM_5$)의 좌표값 (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4), (x_5, y_5)에 기초하여 소정 연산을 함으로써, 제어장치 (CONT)는 투영광학계 (PL)의 배율 및 디스토션의 적어도 한쪽을 산출한다.

[0244] 이상, 일례로서 투영광학계 (PL)의 베스트 포커스위치, 이미지면 만곡, 구면수차, 배율 및 디스토션을 공간 이미지 계측장치 (270)를 사용하여 계측하는 순서에 대하여 설명하였다. 또, 소정 계측마크를 사용하며, 공간 이미지 계측장치 (270)는 예를 들어 코마수차 등의 다른 결상 특성에 대해서도 계측가능하다.

[0245] 이와 같이, 투영광학계 (PL)의 결상 특성을 슬릿스캔 방식으로 계측할 때에는, 투영광학계 (PL)를 통한 광 (노광광 (EL))에 대하여 슬릿판 (275 ; 슬릿부 (271))을 상대적으로 이동시키면서 액체 (LQ)를 통하여 수광기 (290 ; 광학소자 (276))에 광이 조사된다.

[0246] 제어장치 (CONT)는, 상기 계측한 투영광학계 (PL)의 결상 특성 정보에 기초하여 원하는 결상 특성을 얻기 위한 보정량, 구체적으로는 투영광학계 (PL)의 광학소자 (264a, 264b)의 구동량 및 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B)의 내부압력의 조정량을 구한다. 여기에서, 기억장치 (MRY)에는 예를 들어 실험 또는 시뮬레이션 등에 의해 미리 구해진, 투영광학계 (PL)의 광학소자 (264a, 264b)의 구동량 및 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B)의 내부 압력의 조정량과, 투영광학계 (PL)의 각종 결상 특성의 변화량 (변동량)과의 관계 (즉 결상 특성 조정정보)가 기억되어 있다. 제어장치 (CONT)는 기억장치 (MRY)에 기억되어 있는 상기 관계를 참조하여, 투영광학계 (PL)의 결상 특성을 원하는 상태로 보정하기 위한, 투영광학계 (PL)의 광학소자 (264a, 264b)의 구동량 및 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B)의 내부 압력의 조정량을 포함한 보정량을 구한다. 또, 공간 이미지 계측의 상세한 것은, 예를 들어 일본 공개특허공보 2002-14005호 (대응 미국특허공개 2002/0041377)에 개시되어 있고, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 그들의 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0247] 이하, 노광장치 (EX)를 사용하여 디바이스 제조용 패턴을 기관 (P)에 노광하는 순서에 대하여 설명한다.

[0248] 도 20에 나타내는 바와 같이, 공간 이미지 계측장치 (270)에 의한 투영광학계 (PL) 및 액체 (LQ)를 통한 결상 특성의 계측 및 상기 결상 특성을 보정하기 위한 보정량의 도출을 한 후, 제어장치 (CONT)는 투영광학계 (PL)와 기관 스테이지 (PST)상에 로드된 기관 (P)을 대향시키도록 기관 스테이지 구동장치 (PSTD)를 통하여 기관 스테이지 (PST)를 구동한다. 또 이 때, 마스크 스테이지 (MST)에는 디바이스 제조용 패턴이 형성된 마스크 (M)가 로드되어 있다. 그리고, 제어장치 (CONT)는 액체공급기구 (210)의 액체공급부 (211)를 구동하며, 공급관 (212) 및 공급노즐 (213)을 통하여 단위시간당 소정량의 액체 (LQ)를 기관 (P)상에 공급한다. 또한, 제어장치 (CONT)는 액체공급기구 (210)에 의한 액체 (LQ)의 공급에 수반하여 액체회수기구 (220)의 액체회수부 (진공계 ; 221)를 구동하여, 회수노즐 (223) 및 회수관 (222)을 통하여 단위시간당 소정량의 액체 (LQ)를 회수한다. 이로써, 투영광학계 (PL)의 선단부의 광학소자 (260)와 기관 (P) 사이에 액체 (LQ)의 액침영역 (AR2)이 형성된다.

[0249] 그리고, 제어장치 (CONT)는 조명광학계 (IL)에 의해 마스크 (M)를 노광광 (EL)으로 조명하여, 마스크 (M)의 패턴의 이미지를 투영광학계 (PL) 및 액체 (LQ)를 통하여 기관 (P)에 투영한다. 여기에서, 기관 (P)에 대한 노광처리를 할 때에는, 제어장치 (CONT)는 상기 구한 보정량에 기초하여 투영광학계 (PL)의 광학소자

(264a, 264b)를 구동하거나 제 1, 제 2 밀폐실 (265A, 265B)의 내부압력을 조정하여, 투영광학계 (PL) 및 액체 (LQ)를 통한 결상 특성을 조정하면서 노광처리한다 (도 21).

[0250] 주사노광시에는, 투영영역 (AR1)에 마스크 (M)의 일부 패턴 이미지가 투영되며, 투영광학계 (PL)에 대하여 마스크 (M)가 -X 방향 (또는 +X 방향)으로 속도 V 로 이동하는 것에 동기하여, 기관 스테이지 (PST)를 통하여 기관 (P)이 +X 방향 (또는 -X 방향)으로 속도 $\beta \cdot V$ (β 는 투영배율)로 이동한다. 그리고, 하나의 쇼트영역에 대한 노광 종료후에 기관 (P)의 스테핑에 의해 다음 쇼트영역이 주사개시위치로 이동하며, 이하 스텝 앤드 스캔 방식으로 각 쇼트영역에 대한 노광처리가 순서대로 실시된다. 본 실시형태에서는, 기관 (P)의 이동방향과 평행하게 기관 (P)의 이동방향과 동일 방향으로 액체 (LQ)를 흘려보내도록 설정되어 있다. 다시 말해, 화살표 Xa (도 22 참조)로 나타내는 주사방향 (-X 방향)으로 기관 (P)을 이동시켜 주사 노광하는 경우에는, 공급관 (212), 공급노즐 (213A~213C), 회수관 (222) 및 회수노즐 (223A, 223B)을 사용하여, 액체 공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220)에 의한 액체 (LQ)의 공급 및 회수가 이루어진다. 즉, 기관 (P)이 -X 방향으로 이동할 때에는 공급노즐 (213 ; 213A~213C)로부터 액체 (LQ)가 투영광학계 (PL)와 기관 (P)사이에 공급됨과 함께 회수노즐 (223 ; 223A, 223B)로부터 기관 (P)상의 액체 (LQ)가 회수되어, 투영광학계 (PL)의 선단부의 광학소자 (260)와 기관 (P)사이를 채우도록 -X 방향으로 액체 (LQ)가 흐른다. 한편, 화살표 Xb (도 22 참조)로 나타내는 주사방향 (+X 방향)으로 기관 (P)을 이동시켜 주사노광을 하는 경우에는, 공급관 (215), 공급노즐 (216A~216C), 회수관 (225) 및 회수노즐 (226A, 226B)을 사용하여 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220)에 의한 액체 (LQ)의 공급 및 회수가 이루어진다. 즉, 기관 (P)이 +X 방향으로 이동할 때에는 공급노즐 (216 ; 216A~216C)로부터 액체 (LQ)가 투영광학계 (PL)와 기관 (P)사이에 공급됨과 함께 회수노즐 (226 ; 226A, 226B)로부터 기관 (P)상의 액체 (LQ)가 회수되어, 투영광학계 (PL)의 선단부의 광학소자 (260)와 기관 (P)사이를 채우도록 +X 방향으로 액체 (LQ)가 흐른다. 이 경우, 예를 들어 공급노즐 (213)을 통하여 공급되는 액체 (LQ)는 기관 (P)의 -X 방향에 대한 이동에 따라 광학소자 (260)와 기관 (P)사이로 들어가도록 하여 흐르기 때문에, 액체공급기구 (210 ; 액체공급부 (211))의 공급에너지가 작더라도 액체 (LQ)를 광학소자 (260)와 기관 (P)사이에 용이하게 공급할 수 있다. 그리고, 주사방향에 따라 액체 (LQ)를 흘려보내는 방향을 전환함으로써 +X 방향 또는 -X 방향 중 어느 방향으로 기관 (P)을 주사하더라도 광학소자 (260)와 기관 (P)사이를 액체 (LQ)로 채울 수 있어, 높은 해상도 및 넓은 초점심도를 얻을 수 있다.

[0251] 또, 상기 실시형태에서는 공간 이미지 계측장치 (270)에 의한 계측동작 중에 액체공급기구 (210)의 액체공급 및 액체회수기구 (220)에 의한 액체회수를 하여, 투영광학계 (PL)의 광학소자 (260)와 슬릿판 (275)사이에서 액체 (LQ)가 흐르게 하고 있지만, 광의 조사에 의한 액체 (LQ)의 온도변화나 액체 (LQ)의 열화가 적은 경우에는 계측 전에 액체공급기구 (210)로 액체 (LQ)를 공급하고, 계측동작 중에는 액체공급기구 (210)에 의한 액체공급 및 액체회수기구 (220)에 의한 액체회수 모든 동작을 정지시켜, 계측동작 종료후에 액체회수기구 (220)에 의해 액체 (LQ)를 회수하도록 해도 된다.

[0252] [제 12 실시형태]

[0253] 이하, 본 발명의 제 12 실시형태에 대하여 설명한다. 이하의 설명에 있어서 상기 서술한 제 11 실시형태와 동일하거나 또는 동등한 구성부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 그 설명을 간략하게 하거나 또는 생략한다.

[0254] 도 32는 공간 이미지 계측장치 (270)의 다른 실시형태를 나타내는 도면이다. 도 32에 있어서, 공간 이미지 계측장치 (270)의 수광기 (290)중 광센서 (282)가 슬릿판 (275)에 가장 가까운 위치에 배치되고, 그 광센서 (282)와 슬릿판 (275)사이의 공간 (SP)에 액체 (LQ)가 채워져 있다. 광센서 (282)는 유지부재 (285)로 유지되어 있다. 광센서 (282)의 수광면 (282A)과 유지부재 (285)의 내저면 (285A)은 면일하게 되어 있다. 이러한 구성에 의해서도 광센서 (282)는 투영광학계 (PL), 제 1 액침영역 (LA1), 슬릿판 (275) 및 제 2 액침영역 (LA2)을 통과한 광을 양호하게 수광할 수 있다.

[0255] [제 13 실시형태]

[0256] 도 33에 공간 이미지 계측장치 (270)의 다른 실시형태를 나타낸다. 도 33에 나타내는 바와 같이 광센서 (282)의 수광면 (282A)은 슬릿판 (275)의 하면에 밀접해 있다. 즉 도 33에 나타내는 예에서는, 제 2 액침영역 (LA2)은 형성되어 있지 않다. 이와 같이, 수광기 (290)의 광센서 (282)를 슬릿판 (275)에 접하도록 배치함으로써, 투영광학계 (PL)와 슬릿판 (275)사이에 액체 (LQ)를 채워 투영광학계 (PL)의 개구수 (NA)를 실질적으로 향상시킨 경우에도 수광기 (290 ; 수광소자 (282))는 투영광학계 (PL)를 통한 광을 양호하게 수광할 수 있다.

- [0257] 또, 광센서 (282) 를 슬릿판 (275) 에 접하게 하는 구성의 경우, 슬릿판 (275 ; 유리판 부재 (274)) 은 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 의 무게로 휘지 않을 정도로 최대한 얇게 하는 것이 바람직하다. 나아가서는, 수광센서 (282) 의 수광면 (282A) 을 유리판 부재 (274) 보다 상방으로 노출시키는 구성도 가능하다. 한편, 수광면 (282A) 을 노출시키지 않고 광센서 (282) 의 수광면 (282A) 위에 슬릿판 (275 ; 유리판 부재 (274)) 을 형성함으로써 평탄영역이 커지기 때문에, 제 1 액침영역 (LA1) 을 양호하게 형성할 수 있다.
- [0258] 또, 광센서 (282) 를 슬릿판 (275) 의 하면에 접합하기 위해 접착제를 사용할 수 있다. 이 경우, 접착제는 노광광에 대하여 높은 투과율을 갖고, 슬릿부 (광투과부 ; 271) 를 통과한 노광광이 광센서 (282) 의 수광면 (282A) 에 입사할 수 있는 굴절률을 갖는 것이 바람직하다.
- [0259] 또, 도 33 의 실시형태에서는 슬릿판 (275) 의 하면에 광센서 (282) 를 밀접시키는 구성으로 되어 있지만, 슬릿판 (275 ; 유리판 부재 (274)) 의 하면에 수광소자를 패터닝하도록 해도 된다.
- [0260] [제 14 실시형태]
- [0261] 상기 서술한 바와 같이, 투영광학계 (PL) 의 결상 특성을 슬릿스캔 방식으로 측정할 때에는, 투영광학계 (PL) 를 통한 광 (노광광 (EL)) 에 대하여 슬릿판 (275 ; 슬릿부 (271)) 을 상대적으로 이동시키면서 액체 (LQ) 를 통하여 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 에 광이 조사된다. 이 경우, 슬릿판 (275) 의 이동에 의해 수광기 (290) 에 의한 수광 동작 중에 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 사이의 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 를 통하여 투영광학계 (PL ; 선단부의 광학소자 (260)) 를 진동시켜 버리거나 또는 그 액체 (LQ) 의 힘에 의해 슬릿판 (275) 이 휘거나 변동하여 공간 이미지 측정 정밀도를 저하시키는 문제가 생길 가능성이 있다.
- [0262] 그래서 본 실시형태에서는, 도 34 에 나타내는 바와 같이, 슬릿판 (275) 의 소정 위치에 관통구멍 (320) 을 형성하고 있다. 이렇게 함으로써, 투영광학계 (PL) 에 대하여 슬릿판 (275) 이 이동하더라도 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 사이의 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 는 관통구멍 (320) 을 통하여 공간 (SP) 으로 빠져나갈 수 있기 때문에, 슬릿판 (275) 이 이동하더라도 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 사이의 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 의 압력과, 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이의 제 2 액침영역 (LA2) 의 액체 (LQ) 의 압력에 차이가 생기지 않아, 슬릿판 (275) 이 휘는 등의 문제는 생기지 않는다. 슬릿판 (275) 이 이동하였을 때, 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 는 가로방향 (슬릿판 (275) 의 면방향) 으로도 이동하지만, 관통구멍 (320) 을 형성하여 상하방향으로도 이동 가능하게 함으로써 슬릿판 (275) 이 휘는 등의 문제의 발생을 한층 더 방지할 수 있다. 또, 관통구멍 (320) 을 통하여 액체 (LQ) 가 제 1 액침영역 (LA1) 과 제 2 액침영역 (LA2) 사이를 이동할 수 있어, 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 사이의 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 의 큰 압력변동도 생기지 않기 때문에, 그 슬릿판 (275) 의 이동에 수반되는 액체 (LQ) 의 압력변동에 의해 투영광학계 (PL) 를 변동 (진동) 시키는 문제의 발생을 방지할 수 있다.
- [0263] 도 35 는 도 34 의 슬릿판 (275) 의 평면도이다. 도 35 에 나타내는 바와 같이, 관통구멍 (320) 은 복수, 본 실시형태에서는 4 개 형성되어 있다. 이들 복수 (4 개) 의 관통구멍 (320) 은 슬릿판 (275) 의 슬릿부 (271) 를 사이에 두고 대향하는 위치에 각각 형성되어 있다. 관통구멍 (320) 은 투영광학계 (PL) 와 슬릿판 (275) 사이에 채워진 액체 (LQ) 의 제 1 액침영역 (LA1) 의 내측에 형성되어 있다. 이로써, 슬릿판 (275) 이 이동했을 때에도 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 는 관통구멍 (320) 을 통하여 공간 (SP) 으로 빠져나갈 수 있다. 그리고, 관통구멍 (320) 은 슬릿판 (275) 의 대략 중앙부에 형성된 슬릿부 (271) 를 사이에 두고 대향하도록 형성되어 슬릿판 (275) 의 중심에 대하여 점대칭인 위치에 각각 형성되어 있기 때문에, 슬릿판 (275) 의 면 정밀도 (평면도) 를 유지할 수 있다.
- [0264] 또, 관통구멍 (320) 은 4 개에 한하지 않고 임의의 복수로 형성되어도 되고, 1 개이어도 된다. 또, 도 35 에 나타내는 바와 같이 본 실시형태에서는 관통구멍 (320) 은 슬릿부 (271) 를 둘러싸도록 등간격으로 형성되어 있지만 등간격이 아니어도 된다. 또, 슬릿부 (271) (의 중심) 와 복수의 각 관통구멍 (320) 과의 거리는 같아도 되고 달라도 된다.
- [0265] 그런데, 슬릿판 (275) 에 관통구멍 (320) 을 형성한 경우에 있어서, 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성하기 위해 공간 (SP) 에 액체 (LQ) 를 채우는 경우, 도 25 등을 참조하여 설명한 액체공급장치 (300) 및 액체회수장치 (304) 를 사용하는 구성 외에, 액체공급기구 (210) 를 사용하여 관통구멍 (320) 을 통해 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이의 공간 (SP) 에 액체 (LQ) 를 공급하도록 해도 된다. 또, 액체회수기구 (220) 를 사용하여 관통구멍 (320) 을 통하여 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이의 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 를 회수하도록 해도 된다. 즉, 노광처리시에 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 사이에 액체 (LQ) 를 공급

할 수 있는 액체공급기구 (210) 및 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 사이의 액체 (LQ) 를 회수할 수 있는 액체회수기구 (220) 를 사용하여, 슬릿판 (275) 과 수광기 (290 ; 광학소자 (276)) 사이의 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성하도록 해도 된다.

[0266] 액체공급기구 (210) 를 사용하여 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성할 때, 도 36(a) 에 나타내는 바와 같이, 액체공급기구 (210) 는 공급노즐 (213) 로부터 관통구멍 (320) 을 통하여 공간 (SP) 에 액체 (LQ) 를 공급한다. 또, 슬릿판 (275) 상의 액체 (LQ ; 공간 (SP) 으로부터 관통구멍 (320) 을 통해 넘쳐난 액체 (LQ) 도 포함) 는 액체회수기구 (220) 의 회수노즐 (223) 로 회수된다. 이렇게 하여 도 36(b) 에 나타내는 바와 같이 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220) 를 사용하여 제 1 액침영역 (LA1) 및 제 2 액침영역 (LA2) 각각이 형성된다.

[0267] 수광기 (290) 가 투영광학계 (PL) 를 통한 광 (노광광 (EL)) 을 액체 (LQ) 및 슬릿판 (275) 을 통하여 수광한 후, 액체회수기구 (220) 는 슬릿판 (275) 상의 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 를 회수한다. 그 후, 노광처리를 위해 기관 스테이지 (PST) 가 이동하여 투영광학계 (PL) 와 기관 (P) 을 대향시키는데, 이 때, 도 36(c) 에 나타내는 바와 같이 슬릿판 (275) 은 투영광학계 (PL) 의 밑으로부터 퇴피된다. 그리고, 투영광학계 (PL) 의 밑으로부터 퇴피된 슬릿판 (275) 의 관통구멍 (320) 에는 덮개부재 (322) 가 씌워진다. 본 실시형태에 있어서, 덮개부재 (322) 는 슬릿판 (275) 전체를 덮어 관통구멍 (320) 을 닫는다. 또 이 덮개부재 (322) 는, 덮개기구를 구성하는 아암 (322A) 에 의해 슬릿판 (275) 상에 씌워진다. 그리고, 덮개부재 (322) 로 관통구멍 (320) 을 닫은 상태에서 기관 (P) 에 대한 노광처리가 실시된다. 기관 (P) 에 대한 노광처리 중에서는 기관 스테이지 (PST) 가 이동하는데, 그 기관 스테이지 (PST) 의 이동에 수반되어 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 가 관통구멍 (320) 을 통하여 외부로 누설 (비산) 될 가능성이 있다. 그래서, 적어도 기관 (P) 에 대한 노광처리 중에는 덮개부재 (322) 로 관통구멍 (320) 을 막음으로써 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 가 관통구멍 (320) 을 통하여 외부로 누설되는 문제를 방지할 수 있다. 또한, 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 가 기화되어 노광장치 (EX) 가 놓인 환경을 변화시키는 문제도 방지할 수 있다. 또, 수광기 (290) 를 사용하여 액체 (LQ) 를 통한 광을 검출할 때에는, 아암 (322A) 이 덮개부재 (322) 를 슬릿판 (322) 위에서 분리한 후 도 36(a), (b) 에 나타낸 바와 같이 액체공급기구 (210) 및 액체회수기구 (220) 를 사용하여 제 1, 제 2 액침영역 (LA1, LA2) 이 형성된다. 또, 덮개기구로는 상기 설명한 형태에 한정되지 않고, 예를 들어 슬릿판 (275) 또는 볼록부 (283) 의 소정 위치에 힌지부를 통하여 덮개부재를 부착하고, 액추에이터를 사용하여, 수광기 (290) 에 의한 계측처리 중에는 덮개부재를 열고, 기관 (P) 에 대한 노광처리 중에는 덮개부재를 닫는다는 구성도 가능하다.

[0268] [제 15 실시형태]

[0269] 슬릿판 (275) 과 수광기 (290) 사이의 공간 (SP) 내부와 외부를 연통 (連通) 하는 구멍부 (연통로) 로는, 슬릿판 (275) 에 형성된 관통구멍 (320) 외에, 도 37 에 나타내는 바와 같이 제 1 액침영역 (LA1) 의 외측에 형성된 제 2 관통구멍을 형성해도 된다. 도 37 은 제 2 관통구멍 (330) 을 형성한 예를 나타내는 단면도, 도 38 은 평면도이다. 도 37 및 도 38 에 있어서, Z 틸트 스테이지 (252) 의 상면이면서 볼록부 (283) 주위에는, 이 볼록부 (283) 를 둘러싸도록 주벽부 (332) 가 형성되어 있다. 또한, 주벽부 (332) 의 상부에는 덮개부재 (334) 가 형성되어 있고, 볼록부 (283), 주벽부 (332) 및 덮개부재 (334) 에 의해 버퍼공간부 (336) 가 형성되어 있다. 그리고, 볼록부 (283) 및 유지부재 (285) 의 벽부의 소정 위치에는 공간 (SP) 과 버퍼공간부 (336) 를 접속하는 제 2 관통구멍 (330) 이 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서, 제 2 관통구멍 (330) 은 도 38 에 나타내는 바와 같이 공간 (SP) 주위에 소정 간격으로 복수 (여기에서는 8 개) 형성되어 있다. 또, 제 2 관통구멍 (330) 의 수 및 배치는 임의로 설정가능하다. 제 2 관통구멍 (330) 을 형성함으로써, 슬릿판 (275) 이 이동하여 제 1 액침영역 (AR1) 의 체적이 변화하더라도 제 1 액침영역 (LA1) 에 관통구멍 (320) 을 통하여 접속하는 제 2 액침영역 (LA2) 의 액체 (LQ) 는 제 2 관통구멍 (330) 을 통하여 버퍼공간부 (336) 로 빠져나갈 수 있다. 따라서, 제 1 액침영역 (LA1) 의 압력변동 등과 같은 문제를 한층 더 방지할 수 있다.

[0270] 도 37 및 도 38 에 나타낸 실시형태의 변형예로서, 도 39 에 나타내는 바와 같이, 제 2 관통구멍 (330) 을 슬릿판 (275) 에 형성해도 된다. 제 2 관통구멍 (330) 은 제 1 액침영역 (LA1) 의 외측에 형성되어 있다. 도 40 은 도 39 의 슬릿판 (275) 의 평면도이다. 도 40 에 나타내는 바와 같이, 제 2 관통구멍 (330) 은 복수, 본 실시형태에서는 8 개 형성되어 있다. 그리고, 이들 복수 (8 개) 의 제 2 관통구멍 (330) 은 슬릿판 (275) 의 슬릿부 (271) 를 사이에 두고 대향하는 위치에 각각 형성되어 있다. 이로써, 슬릿판 (275) 이 이동했을 때 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 가 관통구멍 (320) 을 통하여 공간 (SP) 으로 빠져나갔을 때 그 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 는 제 2 관통구멍 (330) 을 통하여 외부로 빠져나갈 수 있다.

- [0271] 슬릿판 (275) 에 형성된 제 2 관통구멍 (330) 으로부터 액체 (LQ) 가 넘쳐났을 때, 그 액체 (LQ) 는 슬릿판 (275 ; 블록부 (283)) 의 외측으로 유출되지만, Z 틸트 스테이지 (252) 상에서 슬릿판 (275) 이 형성된 블록부 (283) 주위에는, 제 2 관통구멍 (330) 으로부터 유출된 액체 (LQ) 를 회수하는 회수기구 (340) 가 형성되어 있다. 회수기구 (340) 는, Z 틸트 스테이지 (252) 상에서 블록부 (283) 주위에 형성된 홈부 (341) 와, 홈부 (341) 에 배치되어 액체 (LQ) 를 유지가능한 다공질 세라믹스나 스폰지 형상 부재로 이루어지는 다공질 부재 (342) 와, 홈부 (341) 에 유로 (343) 를 통해 접속된 액체수용부인 탱크 (344) 와, 탱크 (344) 에 유로 (346) 를 통하여 접속된 진공펌프 등으로 이루어지는 진공계 (345) 를 구비하고 있다. 또한 유로 (346) 에는 이 유로 (346) 를 개폐하는 밸브 (346A) 가 형성되어 있고, 탱크 (344) 에는 배출유로 (344A) 가 접속되어 있다. 제 2 관통구멍 (330) 으로부터 블록부 (283) 주위로 유출된 액체 (LQ) 는, 홈부 (341) 에 배치되어 있는 다공질 부재 (342) 에 유지된다. 회수기구 (340) 는 밸브 (346A) 를 작동하여 유로 (346) 를 개방한 상태에서 진공계 (345) 를 구동함으로써, 홈부 (341 ; 다공질 부재 (342)) 의 액체 (LQ) 를 그 주위의 기체와 함께 빨아들이도록 하여 회수한다. 회수된 액체 (LQ) 는 탱크 (344) 에 모인다. 탱크 (344) 에 액체 (LQ) 가 모였을 때 배출유로 (344A) 로부터 배출된다. 이 때 액체 (LQ) 는 탱크 (344) 의 하방에 모이기 때문에 진공계 (345) 로는 액체 (LQ) 는 유입되지 않는다. 다시 말해, 탱크 (344) 에서, 홈부 (341) 로부터 회수된 액체 (LQ) 와 그 주위의 기체가 기액 분리된다. 회수기구 (340) 를 형성함으로써, Z 틸트 스테이지 (252) 상에 제 2 관통구멍 (330) 이나 제 1 액침영역 (LA1) 으로부터 유출된 액체 (LQ) 가 잔존하는 문제를 방지할 수 있다.
- [0272] 또, 관통구멍 (320 ; 또는 제 2 관통구멍 (330)) 에 그 관통구멍 (320) 의 크기를 바꾸는 가변기구를 형성해도 된다. 예를 들어, 공간 이미지 계측 중에는 관통구멍 (320 ; 또는 제 2 관통구멍 (330)) 을 크게 함으로써 관통구멍 (320) 을 통과할 때의 액체 (LQ) 의 점성저항을 저하시킬 수 있어 액체 (LQ) 는 원활하게 이동할 수 있다. 또, 관통구멍 (320) 을 크게 함으로써, 도 36 을 참조하여 설명한 바와 같이, 관통구멍 (320) 을 통하여 공간 (SP) 에 액체 (LQ) 를 주입하기 쉬워진다. 그리고, 공간 이미지 계측 이외의 동작시 (구체적으로는 노광동작시) 에서는 가변기구로 관통구멍 (320 ; 또는 제 2 관통구멍 (330)) 을 작게 하거나 또는 막음으로써 공간 (SP) 의 액체 (LQ) 가 기화되어 노광장치 (EX) 가 놓인 환경을 변화시키거나, 또는 기관 스테이지 (PST) 의 이동에 따라 액체 (LQ) 가 공간 (SP) 에서 외부로 유출되는 문제의 발생을 방지할 수 있다.
- [0273] [제 16 실시형태]
- [0274] 그런데, 상기 제 11~15 실시형태의 각 실시형태에서는, 슬릿판 (275) 상의 일부 영역에 국소적으로 제 1 액침영역 (LA1) 을 형성하는 구성이지만, 도 41 에 나타내는 바와 같이, 슬릿판 (275) 전체를 액체 (LQ) 에 잠기게 해도 된다. 도 41 에 있어서, Z 틸트 스테이지 (252) 상에는 통부재 (350) 가 형성되어 있고, 슬릿판 (275) 은 통부재 (350) 의 저부 (350B) 상에 부착된 지지부재 (351) 로 지지되어 있다. 또, 슬릿판 (275) 의 하방 (광로 하류측) 에는 유지부재 (285) 에 유지된 광학소자 (276) 가 배치되어 있다. 유지부재 (285) 도 통부재 (350) 의 저부 (350B) 에 부착되어 있다. 지지부재 (351) 에는 슬릿판 (275) 과 광학소자 (276) 사이의 공간 (SP) 내부와 외부를 연통하는 제 2 관통구멍 (330) 이 형성되어 있다. 통부재 (350) 의 개구부 (350A) 상단은 슬릿판 (275), 액체공급노즐 (213) 의 공급구 (213A) 및 액체회수노즐 (223) 의 회수구 (223A) 보다 높은 위치에 있다.
- [0275] 제 1 액침영역 (LA1) 및 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성할 때에는, 투영광학계 (PL) 와 통부재 (350) 내부의 슬릿판 (275) 을 대향시킨 후 액체공급기구 (210) 가 구동되어 공급노즐 (213) 로부터 통부재 (350) 내부에 액체 (LQ) 가 공급된다. 통부재 (350) 내부에 공급된 액체 (LQ) 는 투영광학계 (PL) 선단부의 광학소자 (260) 와 슬릿판 (275) 사이에 채워져 제 1 액침영역 (LA1) 을 형성함과 함께 관통구멍 (320) 이나 제 2 관통구멍 (330) 을 통하여 슬릿판 (275) 과 광학소자 (276) 사이의 공간 (SP) 에 채워져 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성한다. 또한, 이것과 병행하여 액체회수기구 (220) 를 구동하여 회수노즐 (223) 로부터 통부재 (350) 내부의 액체 (LQ) 를 회수함으로써 통부재 (350) 내부에는 소정량의 액체 (LQ) 가 채워지게 된다.
- [0276] 상기 제 11~16 실시형태에서는, 광학부재 (슬릿판 ; 275) 및 수광기 (290) 를, 투영광학계 (PL) 의 결상 특성을 계측하는 공간 이미지 계측장치 (270) 에 적용한 예에 대하여 설명하였지만, 도 42 에 나타내는 바와 같이, 기관 스테이지 (PST) 상에는 공간 이미지 계측장치 (270) 외에 투영광학계 (PL) 를 통한 광조사량 정보를 계측하는. 예를 들어 일본 공개특허공보 평11-16816호 (대응 미국특허공개 2002/0061469) 에 개시되어 있는 바와 같은 조사량 센서 (조도센서 ; 360) 나, 예를 들어 일본 공개특허공보 소57-117238호 (대응 미국특허 4,465,368) 및 USP 6,002,467 에 개시되어 있는 바와 같은 조도 불균일 센서 (370) 등도 형성되어 있다. 이들 조사량 센서 (360) 나 조도 불균일 센서 (370) 에 대해서도 본 발명을 적용할 수 있다. 또, 본 국제출원에서 지정

또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이들 특허공보의 개시를 원용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0277] 도 43 은 조사량 센서 (360) 의 모식도이다. 조사량 센서 (360) 는 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 조사되는 노광광의 조사량 (조도) 을 측정하는 것으로, Z 틸트 스테이지 (252) 상에 형성된 상판 (363) 과, 그 상판 (363) 을 통과한 광을 수광하는 광센서 (364) 를 구비하고 있다. 상판 (363) 은 유리판 부재 (362) 와, 그 유리판 부재 (362) 의 상면에 형성된 광투과량 조정막 (361) 을 구비하고 있다. 광투과량 조정막 (361) 은 예를 들어 크롬막에 의해 구성되어 있고, 소정 광투과율을 가지며 유리판 부재 (362) 의 상면 전역에 형성되어 있다. 광투과량 조정막 (361) 을 형성하여 광센서 (364) 에 입사하는 광량을 감광시킴으로써, 과잉 광량의 광이 조사되는 것에 기인하는 광센서 (364) 에 대한 데미지 (damage) 나 포화와 같은 문제를 방지하고 있다. 또 조사량 센서 (360) 에서는 예를 들어 마스크 (M) 가 교환되었을 때 등의 소정 타이밍으로 측정동작이 실시된다.

[0278] 그리고, 조사량 센서 (360) 로 투영광학계 (PL) 를 통과한 노광광 (EL) 의 조사량을 측정할 때에는, 상기 서술한 실시형태와 마찬가지로 투영광학계 (PL) 와 상판 (363) 을 대향시킨 상태에서 투영광학계 (PL) 와 상판 (363) 사이에 액체 (LQ) 를 공급하여 제 1 액침영역 (LA1) 을 형성함과 함께, 상판 (363) 과 광센서 (364) 사이에 액체 (LQ) 를 공급하여 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성하여, 투영광학계 (PL) 와 제 1 액침영역 (LA1) 의 액체 (LQ) 를 통하여 상판 (363) 에 노광광 (EL) 을 조사한다. 또, 상판 (363) 과 광센서 (364) 사이에 광학계 (광학소자) 를 배치해도 되고, 그 경우 제 2 액침영역 (LA2) 은 상판 (363) 과 그 상판 (363) 에 가장 가까운 위치에 배치된 광학소자 사이에 형성된다. 또한 상판 (363) 에 광센서 (364) 를 밀접시켜도 된다.

[0279] 본 실시형태에서 설명한 바와 같이 조사량 센서에 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성하는 것은 상기 서술한 제 6~제 8 실시형태에 나타난 조사량 센서에 적용해도 된다.

[0280] 도 44 는 조도 불균일 센서 (370) 의 모식도이다. 조도 불균일 센서 (370) 는 투영광학계 (PL) 를 통하여 이미지면측에 조사되는 노광광의 조도 (강도) 를 복수의 위치에서 측정하고, 투영광학계 (PL) 의 이미지면측에 조사되는 노광광의 조도 불균일 (조도분포) 을 측정하는 것으로서, Z 틸트 스테이지 (252) 상에 형성된 상판 (374) 과, 그 상판 (374) 에 형성된 핀홀부 (371) 를 통과한 광을 수광하는 광센서 (375) 를 구비하고 있다. 상판 (374) 은, 유리판 부재 (373) 의 표면에 크롬 등의 차광성 재료를 함유한 박막 (372) 을 형성하고, 그 박막 (372) 을 패터닝하여 그 중앙부에 핀홀부 (371) 를 형성한 것이다.

[0281] 조도 불균일 센서 (370) 로 조도분포를 측정하는 경우, 투영광학계 (PL) 와 조도 불균일 센서 (370) 의 상판 (374) 을 대향시킨 상태에서 그 투영광학계 (PL) 와 상판 (374) 사이를 액체 (LQ) 로 채움과 함께 상판 (374) 과 광센서 (375) 사이도 액체 (LQ) 로 채운다. 그리고, 노광광 (EL) 이 조사되는 조사영역 (투영영역) 중 복수의 위치에서 순서대로 핀홀부 (371) 를 이동시킨다. 또, 상판 (374) 과 광센서 (375) 사이에 광학계 (광학소자) 를 배치해도 되고, 그 경우 제 2 액침영역 (LA2) 은 상판 (374) 와 그 상판 (374) 에 가장 가까운 위치에 배치된 광학소자 사이에 형성된다. 또, 상판 (374) 과 광센서 (375) 를 밀접시켜도 된다.

[0282] 본 실시형태에서 설명한 바와 같이 조사 불균일 센서에 제 2 액침영역 (LA2) 을 형성하는 것은, 상기 서술한 제 2~제 5 실시형태 및 제 9~제 10 실시형태에 나타난 조사 불균일 센서에 적용해도 된다. 그리고, 제 11~16 실시형태에서 설명한 공간 이미지 측정장치에 제 1~10 실시형태의 센서에서 채용한 구조를, 제 11~16 실시형태에서 설명한 공간 이미지 측정장치의 내부 구조로 바꾸거나 또는 거기에 추가하여 채용해도 된다. 또, 도 42 에 나타낸, 공간 이미지 측정장치 (270), 조사량 센서 (360), 조도 불균일 센서 (370) 중 어느 하나에 상기 실시형태에서 설명한 구조를 채용해도 되고, 또는 그들 중 어느 둘 또는 전부에 상기 실시형태에서 설명한 구조를 채용해도 된다.

[0283] 그리고 본 발명은, 예를 들어 일본 공개특허공보 평11-238680호나 일본 공개특허공보 2000-97616호, 미국 특허 공개 2004/0090606 에 개시되어 있는, 기관 스테이지 (PST ; Z 스테이지 (51)) 에 대하여 탈착가능한 센서에도 적용할 수 있다. 또한, 미국특허 6,650,399 에 개시되어 있는 바와 같은 파면수차를 측정하는 센서에도 본 발명을 적용할 수 있다. 또, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이들 특허공보의 개시를 원용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0284] 상기 제 11~16 의 각 실시형태에 있어서, 상기 서술한 노즐의 형상은 특별히 한정되는 것은 아니며, 예를 들어 투영영역 (AR1) 의 긴 변에 대하여 2 쌍의 노즐로 액체 (LQ) 의 공급 또는 회수를 하도록 해도 된다. 또, 이 경우에는 +X 방향, 또는 -X 방향 중 어느 방향으로부터도 액체 (LQ) 의 공급 및 회수를 할 수 있게 하기 위하여, 공급노즐과 회수노즐을 상하로 나란히 배치해도 된다. 즉, 투영광학계 (PL) 의 광학소자 (260) 와 기

관 (P) 사이를 충분한 액체 (LQ) 로 계속 채울 수 있는 각종 형태를 채용할 수 있다. 또, 기관 (P) 의 이동 방향에 따라 액체 (LQ) 의 공급위치나 회수위치를 반드시 변경할 필요는 없고, 소정 위치로부터 액체 (LQ) 의 공급 및 회수를 계속해도 된다.

[0285] 본 발명의 각 실시형태에서는, 광원 (1) 으로서 ArF 엑시머 레이저 광원을 사용하고 있기 때문에, 액체 (LQ) 로서 순수를 사용하고 있다. 순수는 반도체 제조공장 등에서 용이하게 대량으로 입수할 수 있음과 함께 웨이퍼 (W ; 기관 (P)) 상의 포토레지스트나 광학소자 (렌즈) 등에 대한 악영향이 없다는 이점이 있다. 또, 순수는 환경에 대한 악영향이 없음과 함께 불순물의 함유율이 매우 낮기 때문에, 웨이퍼 (W ; 기관 (P)) 표면 및 투영광학계 (PL) 의 선단면에 형성되어 있는 광학소자의 표면을 세정하는 작용도 기대할 수 있다. 또, 공장의 순수는 그 레벨 (순수도) 이 낮은 것도 생각할 수 있어, 그 경우에는 노광장치 자체가 초순수화 기구를 갖도록 해도 된다.

[0286] 파장이 193nm 정도인 노광광에 대한 순수 (물) 의 굴절률 n 은 거의 1.44 정도라고 하며, 노광광의 광원으로서 ArF 엑시머 레이저광 (파장 193nm) 을 사용한 경우, 웨이퍼 (W ; 기관 (P)) 상에서는 $1/n$, 즉 약 134nm 정도로 단파장화되어 높은 해상도가 얻어진다. 또한, 초점심도는 공기 중에 비하여 약 n 배, 즉 약 1.44배 정도로 확대되기 때문에, 공기 속에서 사용하는 경우와 동일한 정도의 초점심도를 확보할 수 있으면 되는 경우에는 투영광학계 (PL) 의 개구수를 더 증가시킬수 있어, 이 점에서 해상도가 향상된다.

[0287] 또, 액침노광에 사용하는 광원 (1) 으로서 KrF 엑시머 레이저 광원이나 F_2 레이저 광원을 사용할 수도 있다. F_2 레이저 광원을 사용하는 경우, 액침노광용 액체 (제 2 액침영역에 사용하는 액체도 포함함) 로는 F_2 레이저광을 투과가능한 예를 들어 불소계 오일이나 과불화폴리에테르 (PFPE) 등의 불소계 액체를 사용하면 된다. 또, 그 외에도 노광광에 대한 투과성이 있고 가능한 한 굴절률이 높고 투영광학계 (PL) 나 웨이퍼 (W ; 기관 (P)) 표면에 도포되어 있는 포토레지스트에 대하여 안정적인 것 (예를 들어 시더유 (cedar oil)) 를 사용하는 것도 가능하다. 상기 서술한 바와 같이, 제 1 액침영역에 사용하는 액체와 제 2 액침영역에 사용하는 액체를 목적에 따라 구별해 사용해도 된다.

[0288] 또한, 상기 서술한 액침법을 적용한 노광장치는, 투영광학계 (PL) 의 종단 광학부재의 사출측 광로공간을 액체 (순수) 로 채워 웨이퍼 (W ; 기관 (P)) 를 노광하는 구성으로 되어 있지만, 국제공개 제2004/019128호에 개시되어 있는 바와 같이 투영광학계의 종단 광학부재의 입사측 광로공간도 액체 (순수) 로 채우도록 해도 된다. 이 경우, 투영광학계 (PL) 가 1.0 이상의 큰 개구수를 갖고 있더라도 종단 광학부재로서 무굴절력 평행평판이나 굴절력이 매우 작은 렌즈를 채용할 수 있다.

[0289] 또, 액침법을 사용한 경우에는, 투영광학계의 개구수 (NA) 가 0.9~1.7 이 되는 경우도 있다. 이와 같이 투영광학계의 개구수 (NA) 가 커지는 경우에는, 종래부터 노광광으로서 사용되고 있는 랜덤폴광에서는 편광효과에 의해 결상 특성이 악화되는 일도 있기 때문에 편광조명을 사용하는 것이 바람직하다. 그 경우, 마스크 (레티클) 의 라인 앤드 스페이스 패턴의 라인패턴의 길이방향에 맞춘 직선편광 조명을 하고, 마스크 (레티클) 의 패턴으로부터는 S 편광 성분 (라인패턴의 길이방향을 따른 편광방향 성분) 의 회절광이 많이 사출되도록 하면 된다.

[0290] 투영광학계와 기관 표면에 도포된 레지스트 사이가 액체로 채워져 있는 경우, 투영광학계와 기관 표면에 도포된 레지스트 사이가 공기 (기체) 로 채워져 있는 경우에 비하여, 콘트라스트의 향상에 기여하는 S 편광 성분의 회절광의 레지스트 표면에서의 투과율이 높아지기 때문에, 투영광학계의 개구수 (NA) 가 1.0 을 초과하는 바와 같은 경우에도 높은 결상성능을 얻을 수 있다. 또, 위상 시프트 마스크나 일본 공개특허공보 평6-188169호에 개시되어 있는 바와 같은 라인패턴의 길이방향에 맞춘 경사입사 (斜入射) 조명법 (특히, 다이폴 조명법) 등을 적절히 조합하면 더욱 효과적이다.

[0291] 또, 마스크 (레티클) 의 라인패턴의 길이방향을 맞춘 직선 편광 조명 (S 편광 조명) 뿐만 아니라, 일본 공개특허공보 평6-53120호에 개시되어 있는 바와 같이 광축을 중심으로 한 원의 접선 (둘레) 방향으로 직선 편광하는 편광조명법과 경사입사조명법의 조합도 효과적이다. 특히, 마스크 (레티클) 의 패턴이 소정 일 방향으로 연장되는 라인패턴뿐만 아니라 복수의 다른 방향으로 연장되는 라인패턴이 혼재하는 경우에는, 마찬가지로 일본 공개특허공보 평6-53120호에 개시되어 있는 바와 같이 광축을 중심으로 한 원의 접선방향으로 직선 편광하는 편광조명법과 윤대조명법을 병용함으로써, 투영광학계의 개구수 (NA) 가 큰 경우에도 높은 결상성능을 얻을 수 있다.

[0292] 또, 상기 서술한 실시형태에서는, 투영광학계 (PL) 와 웨이퍼 (W ; 기관 (P)) 사이를 국소적으로 액체로 채운

노광장치를 채용하고 있지만, 노광대상인 기판을 유지한 스테이지를 액조(液槽) 안에서 이동시키는 액침노광장치나, 스테이지 상에 소정 깊이의 액체조를 형성하고 그 속에 기판을 유지하는 액침노광장치에도 본 발명을 적용할 수 있다. 노광대상인 기판을 유지한 스테이지를 액조 안에서 이동시키는 액침노광장치의 구조 및 노광동작은 예를 들어 일본 공개특허공보 평6-124873호에 상세하게 기재되어 있고, 또한 스테이지 상에 소정 깊이의 액체조를 형성하고 그 속에 기판을 유지하는 액침노광장치의 구조 및 노광동작은 예를 들어 일본 공개특허공보 평10-303114호나 미국특허 5,825,043 에 상세하게 기재되어 있으며, 각각 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이들 문헌의 기재내용을 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0293] 또, 본 발명은, 웨이퍼 등의 피처리기판을 따로따로 탑재하여 XY 방향으로 독립적으로 이동가능한 2개의 스테이지를 구비한 트윈스테이지형 노광장치에도 적용할 수 있다. 트윈스테이지형 노광장치의 구조 및 노광동작은, 예를 들어 일본 공개특허공보 평10-163099호 및 일본 공개특허공보 평10-214783호(대응미국특허 6,341,007, 6,400,441, 6,549,269 및 6,590,634), 일본 특허공표 2000-505958호(대응 미국특허 5,969,441) 또는 미국특허 6,208,407 에 개시되어 있고, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 그들 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0294] 또, 본 발명은 일본 공개특허공보 평11-135400호에 개시되어 있는 바와 같이 웨이퍼 등의 피처리기판을 유지하여 이동가능한 노광스테이지와, 각종 계측부재나 센서를 구비한 계측스테이지를 구비한 노광장치에도 적용할 수 있다. 이 경우, 상기 서술한 제 1~16 의 각 실시형태에서 설명한 복수의 센서(계측장치) 중 적어도 일부를 계측스테이지에 탑재할 수 있다.

[0295] 그리고, 상기 실시형태에서는 노광광원(1)으로서 ArF 엑시머 레이저 광원의 경우를 예로 들어 설명하였지만, 이외에 노광광원(1)으로는 예를 들어 g 선(파장 436nm), i 선(파장 365nm)을 사출하는 초고압 수은램프 또는 KrF 엑시머 레이저(파장 248nm), F₂ 레이저(파장 157nm), Kr₂ 레이저(파장 146nm), YAG 레이저의 고주파 발생장치 또는 반도체 레이저의 고주파 발생장치를 사용할 수 있다.

[0296] 그리고, 광원으로서 DFB 반도체 레이저 또는 파이버(fiber) 레이저로부터 발진되는 적외역, 또는 가시역의 단일파장 레이저광을, 예를 들어 에르븀(또는 에르븀과 이테르븀 모두)이 도핑된 파이버 증폭기로 증폭하고, 비선형 광학결정을 사용하여 자외광으로 파장변환한 고조파를 사용해도 된다. 예를 들어, 단일파장 레이저의 발진파장을 1.51~1.59 μ m의 범위 내로 하면, 발생파장이 189~199nm의 범위 내인 8배 고조파, 또는 발생파장이 151~159nm의 범위 내인 10배 고조파가 출력된다.

[0297] 또, 발진파장을 1.03~1.12 μ m의 범위 내로 하면 발생파장이 147~160nm의 범위 내인 7배 고조파가 출력되고, 특히 발진파장을 1.099~1.106 μ m의 범위 내로 하면 발생파장이 157~158 μ m의 범위 내인 7배 고조파, 즉 F₂ 레이저광과 거의 동일파장이 되는 자외광이 얻어진다. 이 경우, 단일파장 발진레이저로는 예를 들어 이테르븀 도프 파이버(ytterbium dope fiber) 레이저를 사용할 수 있다.

[0298] 또, 상기 실시형태에서는 상기 조명광학계(IS) 내에 형성되는 광학소자의 초재, 투영광학계(PL)를 구성하는 굴절부재의 초재, 평볼록 렌즈(41, 45, 52, 57, 62, 71) 등의 초재로는 형석(불화칼슘: CaF₂)을 사용하는 경우를 예로 들어 설명하였다. 그러나, 이들은 노광광의 파장에 대응하여 불화마그네슘(MgF₂) 등의 불화물 결정 또는 이들의 혼정(混晶) 또는 불소나 수소 등의 물질을 도핑한 석영유리 등의 진공자외광을 투과하는 광학재료에서 선택된다. 또, 소정 물질을 도핑한 석영유리는 노광광의 파장이 150nm 정도보다 짧아지면 투과율이 저하하기 때문에, 파장이 150nm 정도 이하인 진공자외광을 노광광으로 사용하는 경우에는, 광학소자의 광학재료로는 형석(불화칼슘), 불화마그네슘 등의 불화물 결정 또는 이들 결정이 사용된다.

[0299] 또, 상기 제 1~제 10 실시형태에서는 스텝 앤드 리프트 방식의 노광장치를, 또한 제 11~16 실시형태에서는 스텝 앤드 스캔 방식의 노광장치를 예로 들어 각각 설명하였지만, 본 발명은 어떤 방식의 노광장치에도 적용할 수 있다. 또한 본 발명은 기판(웨이퍼) 상에서 적어도 2개의 패턴을 부분적으로 겹쳐 전사하는 스텝 앤드 스티치 방식의 노광장치에도 적용할 수 있다. 그리고, 본 발명은 반도체소자의 제조에 사용되는 노광장치뿐만 아니라 액정표시소자(LCD) 등을 포함한 디스플레이의 제조에 사용되며 디바이스 패턴을 유리플레이트 상에 전사하는 노광장치, 박막자기헤드의 제조에 사용되며 디바이스 패턴을 세라믹웨이퍼 상에 전사하는 노광장치, 및 CCD 등의 촬상소자의 제조에 사용되는 노광장치 등에도 적용할 수 있다. 나아가, 광노광장치, EUV 노광장치, X 선 노광장치 및 전자선 노광장치 등에서 사용되는 레티클 또는 마스크를 제조하기 위하여 유리기판 또는 규소웨이퍼 등에 회로패턴을 전사하는 노광장치에도 본 발명을 적용할 수 있다. 여기에서, DUV(원자외)광이나 VUV(진공자외)광 등을 사용하는 노광장치에서는 일반적으로 투과형 레티클이 사용되고, 레티클 기

판으로는 석영유리, 불소가 도핑된 석영유리, 형석, 불화마그네슘, 또는 수정 등이 사용된다. 또, 프록시미티 방식의 X 선 노광장치 또는 전자선 노광장치 등에서는 투과형 마스크 (스텐실 마스크, 멤브레인 마스크) 가 사용되고, 마스크기관으로는 규소웨이퍼 등이 사용된다. 또, 이러한 노광장치는 W099/34255호, W099/50712호, W099/66370호, 일본 공개특허공보 평11-194479호, 일본 공개특허공보 2000-12453호, 일본 공개특허공보 2000-29202호 등에 개시되어 있다.

[0300] 또, 상기 각 실시형태의 기관 (P) 으로는, 반도체 디바이스 제조용 반도체 웨이퍼뿐만 아니라 디스플레이 디바이스용 유리기관이나, 박막자기헤드용 세라믹웨이퍼, 또는 노광장치에서 사용되는 마스크 또는 레티클의 원판 (합성 석영, 규소웨이퍼) 등이 적용된다.

[0301] 기관 스테이지 (PST ; 웨이퍼 스테이지 (15)) 나 마스크 스테이지 (MST ; 레티클 스테이지 (13)) 에 리니어모터를 사용하는 경우에는, 에어베어링을 사용한 에어 부상형 및 로렌츠력 또는 리액턴스력을 사용한 자기부상형 어느 것이나 사용할 수 있다. 또, 각 스테이지 PST (15), MST (13) 는 가이드를 따라 이동하는 타입이어도 되고, 가이드를 형성하지 않은 가이드리스 (guideless) 타입이어도 된다. 스테이지에 리니어모터를 사용한 예는, 미국특허 5,623,853 및 5,528,118 에 개시되어 있고, 각각 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이들 문헌의 기재내용을 원용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0302] 각 스테이지 PST (15), MST (13) 의 구동기구로는, 2차원으로 자석을 배치한 자석유닛과, 2차원으로 코일을 배치한 전기자유닛을 대향시켜 전자력에 의해 각 스테이지 PST (15), MST (13) 를 구동하는 평면모터를 사용해도 된다. 이 경우, 자석유닛과 전기자유닛 중 어느 하나를 스테이지 PST (15), MST (13) 에 접속하고, 자석유닛과 전기자유닛 중 다른 하나를 스테이지 PST (15), MST (13) 의 이동면 측에 형성하면 된다.

[0303] 기관 스테이지 (PST ; 웨이퍼 스테이지 (15)) 의 이동에 의해 발생하는 반력 (反力) 은, 투영광학계 (PL) 에 전해지지 않도록 프레임부재를 사용하여 기계적으로 바닥 (대지) 으로 보내도 된다. 이 반력의 처리방법은, 예를 들어 미국특허 5,528,118 (일본 공개특허공보 평8-166475호) 에 상세하게 개시되어 있고, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이 문헌의 기재내용을 원용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0304] 마스크 스테이지 (MST ; 레티클 스테이지 (13)) 의 이동에 의해 발생하는 반력은, 투영광학계 (PL) 에 전해지지 않도록 프레임부재를 사용하여 기계적으로 바닥 (대지) 으로 보내도 된다. 이 반력의 처리방법은, 예를 들어 미국특허 제 5,874,820 (일본 공개특허공보 평8-330224호) 에 상세하게 개시되어 있고, 본 국제출원에서 지정 또는 선택된 나라의 법령이 허용하는 한에서 이 문헌의 개시를 원용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0305] 상기 실시형태의 노광장치 (EX) 는, 본원 청구의 범위에 든 각 구성요소를 포함하는 각종 서브시스템을 소정의 기계적 정밀도, 전기적 정밀도, 광학적 정밀도를 유지하도록 조립하여 제조된다. 이들 각종 정밀도를 확보하기 위하여, 이 조립 전후에는 각종 광학계에 대해서는 광학적 정밀도를 달성하기 위한 조정, 각종 기계계에 대해서는 기계적 정밀도를 달성하기 위한 조정, 각종 전기계에 대해서는 전기적 정밀도를 달성하기 위한 조정이 실시된다. 각종 서브시스템으로부터 노광장치로 조립하는 공정은, 각종 서브시스템 상호의 기계적 접속, 전기회로의 배선접속, 기압회로의 배관접속 등이 포함된다. 이 각종 서브시스템으로부터 노광장치로 조립하는 공정 전에, 각 서브시스템 개개의 조립 공정이 있는 것은 말할 필요도 없다. 각종 서브시스템을 노광장치로 조립하는 공정이 종료되면 종합 조정이 이루어져, 노광장치 전체로서의 각종 정밀도가 확보된다. 또, 노광장치의 제조는 온도 및 클린도 등이 관리된 클린 룸에서 실시하는 것이 바람직하다.

[0306] 다음으로, 본 발명의 실시형태에 의한 노광장치 및 노광방법을 리소그래피 공정에서 사용한 마이크로 디바이스의 제조방법의 실시형태에 대하여 설명한다. 도 18 은 마이크로 디바이스 (IC 나 LSI 등의 반도체칩, 액정패널, CCD, 박막자기헤드, 마이크로머신 등) 의 제조공정의 일례를 나타내는 플로차트이다. 도 18 에 나타내는 바와 같이, 먼저 단계 S20 (설계단계) 에 있어서, 마이크로 디바이스의 기능·성능설계 (예를 들어 반도체 디바이스의 회로 설계 등) 를 하여 그 기능을 실현하기 위한 패턴설계를 한다. 계속해서, 단계 S21 (마스크 제작 단계) 에서, 설계한 회로패턴을 형성한 마스크 (레티클) 를 제작한다. 한편, 단계 S22 (웨이퍼제조 단계) 에서 규소 등의 재료를 사용하여 웨이퍼를 제조한다.

[0307] 다음으로, 단계 S23 (웨이퍼처리 단계) 에 있어서, 단계 S20~단계 S22 에서 준비한 마스크와 웨이퍼를 사용하여, 후술하는 바와 같이 리소그래피 기술 등에 의해 웨이퍼 상에 실제 회로 등을 형성한다. 이어서, 단계 S24 (디바이스조립 단계) 에서 단계 S23 에서 처리된 웨이퍼를 사용하여 디바이스 조립한다. 이 단계 S24 에는, 다이싱 공정, 본딩 공정 및 패키징 공정 (칩 봉입) 등의 공정이 필요에 따라 포함된다. 마지막으로 단계 S25 (검사 단계) 에 있어서, 단계 S24 에서 제작된 마이크로 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트

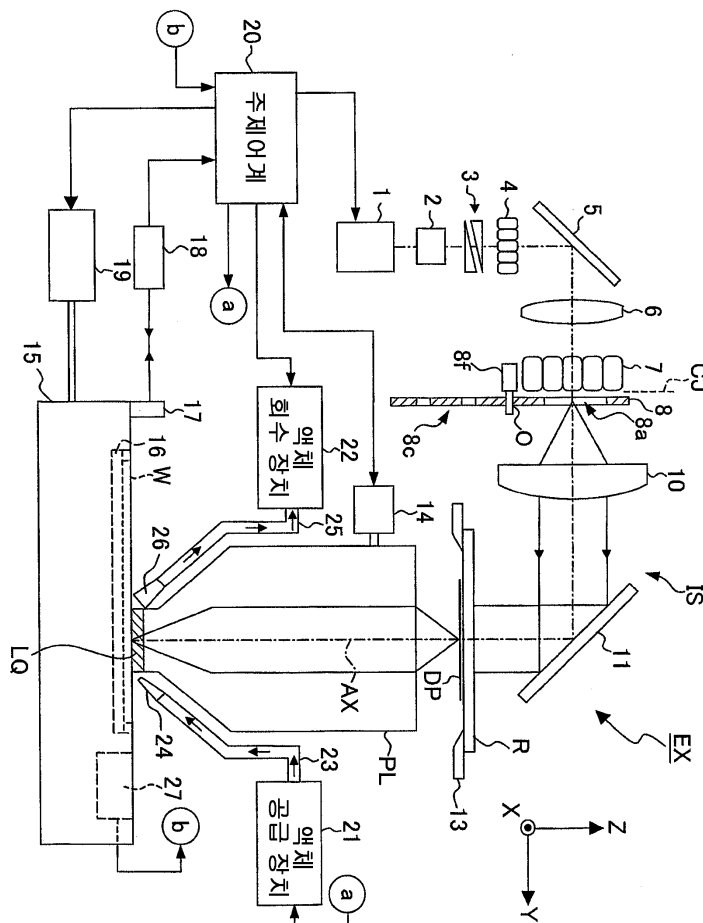
등의 검사를 한다. 이러한 공정을 거친 후에 마이크로 디바이스가 완성되어 이것이 출하된다.

[0308] 도 19 는 반도체 디바이스인 경우의, 도 18 의 단계 S23 의 상세한 플로의 일례를 나타내는 도면이다. 도 19 에 있어서, 단계 S31 (산화 단계)에서는 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 단계 S32 (CVD 단계)에서는 웨이퍼 표면에 절연막을 형성한다. 단계 S33 (전극형성 단계)에서는 웨이퍼 상에 전극을 증착에 의해 형성한다. 단계 S34 (이온 투입 단계)에서는 웨이퍼에 이온을 투입한다. 이상의 단계 S31~단계 S34 각각은, 웨이퍼 처리 각 단계의 전 (前) 처리공정을 구성하고 있으며, 각 단계에서 필요한 처리에 따라 선택되어 실행된다.

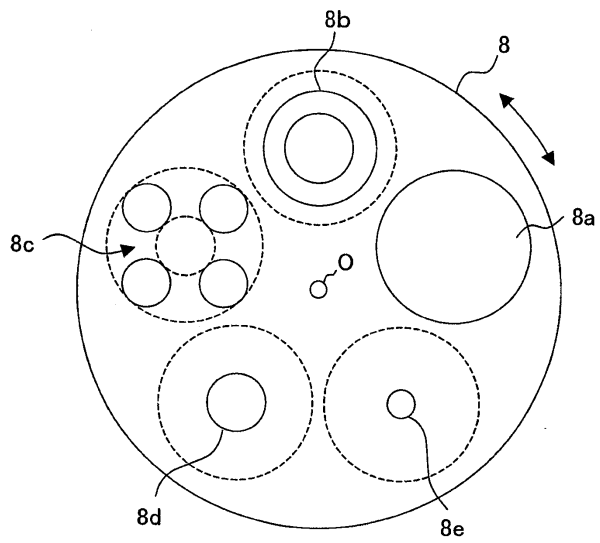
[0309] 웨이퍼 프로세스의 각 단계에 있어서, 상기 서술한 전처리공정이 종료되면 아래와 같이 하여 후처리공정이 실행된다. 이 후처리공정에서는, 먼저 단계 S35 (레지스트형성 단계)에서 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 계속해서, 단계 S36 (노광 단계)에서 위에서 설명한 리소그래피 시스템 (노광장치) 및 노광방법에 의해 마스크의 회로패턴을 웨이퍼에 전사한다. 다음으로, 단계 S37 (현상 단계)에서는 노광된 웨이퍼를 현상하고, 단계 S38 (에칭단계)에서 레지스트가 잔존하고 있는 부분 이외의 부분의 노출부재를 에칭에 의해 제거한다. 그리고, 단계 S39 (레지스트제거 단계)에서 에칭이 끝나 불필요해진 레지스트를 제거한다. 이들 전처리공정과 후처리공정을 반복하여 실시함으로써 웨이퍼 상에 다중으로 회로패턴이 형성된다.

도면

도면1

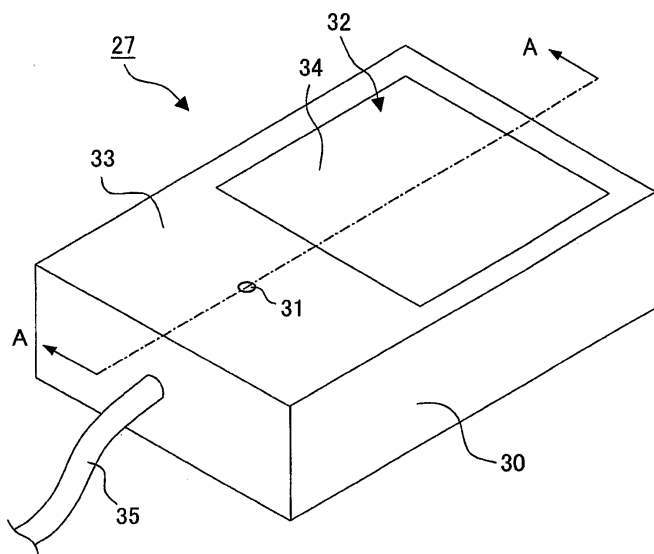


도면2

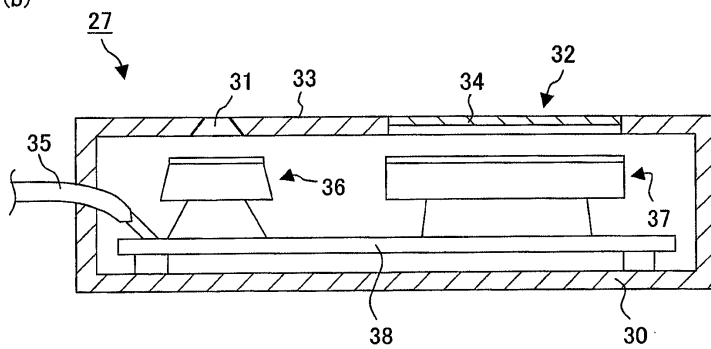


도면3

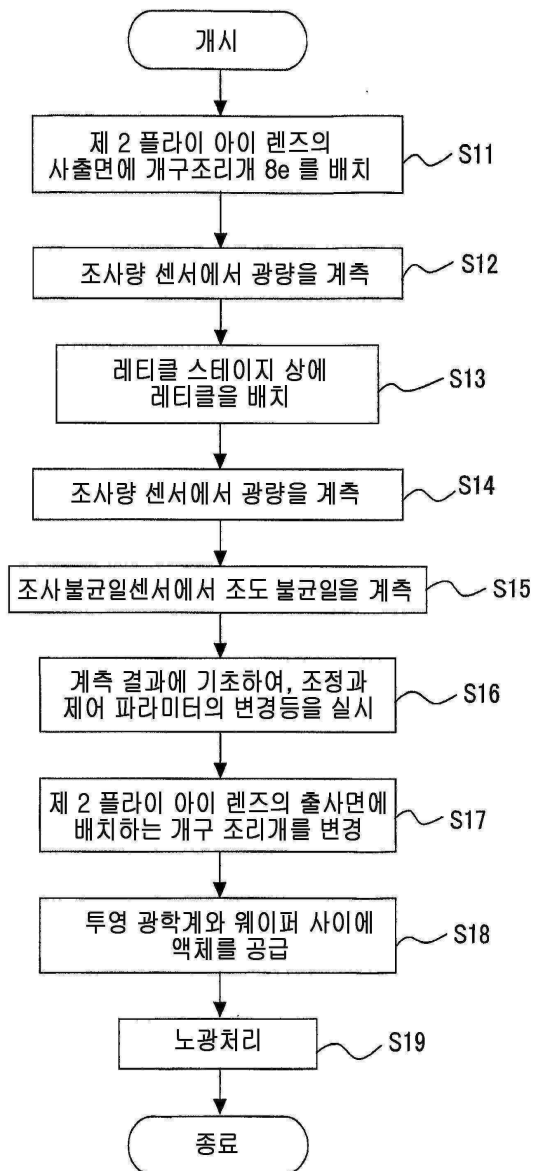
(a)



(b)

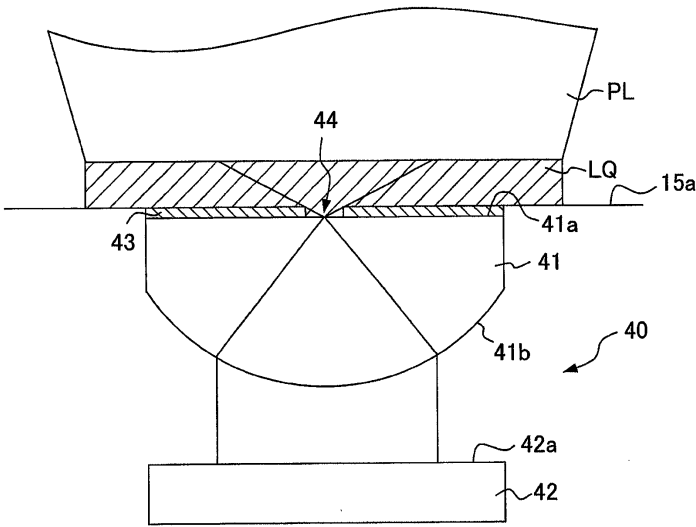


도면4

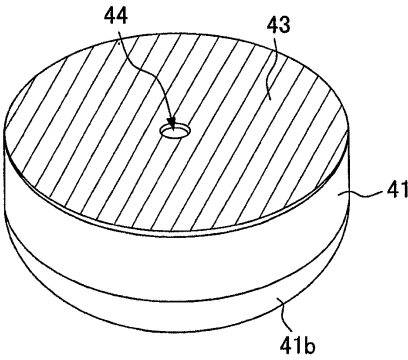


도면5

(a)

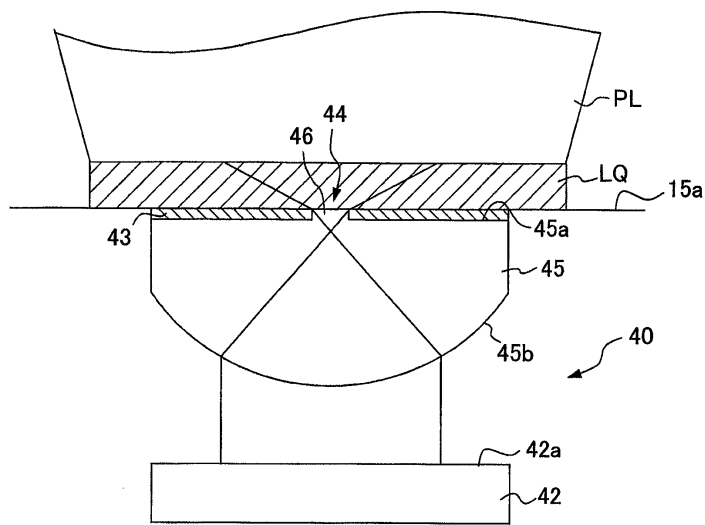


(b)

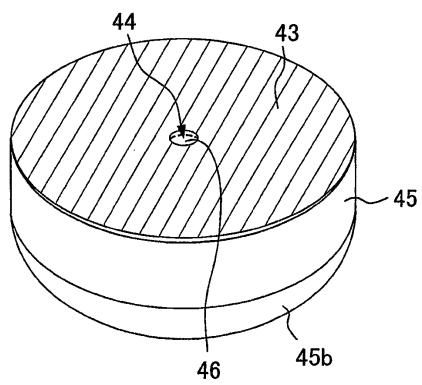


도면6

(a)

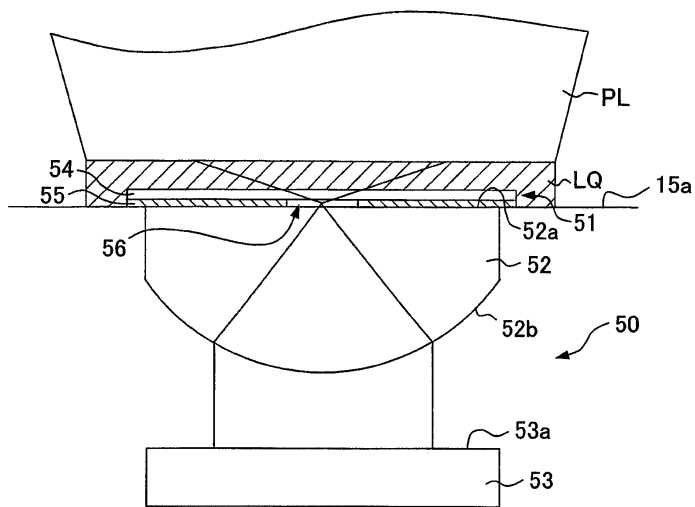


(b)

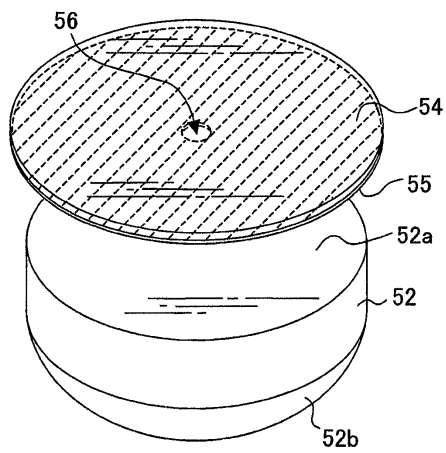


도면7

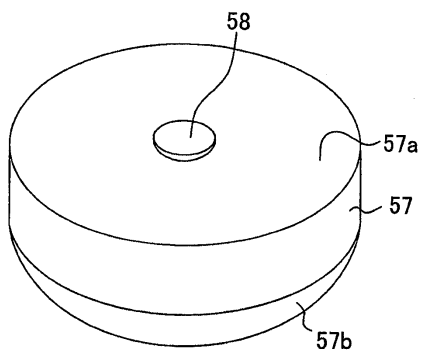
(a)



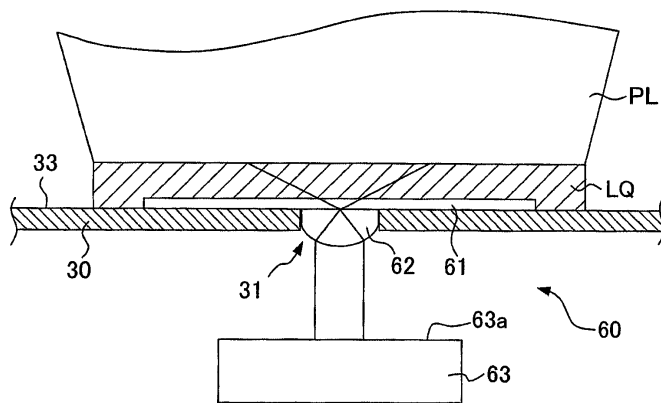
(b)



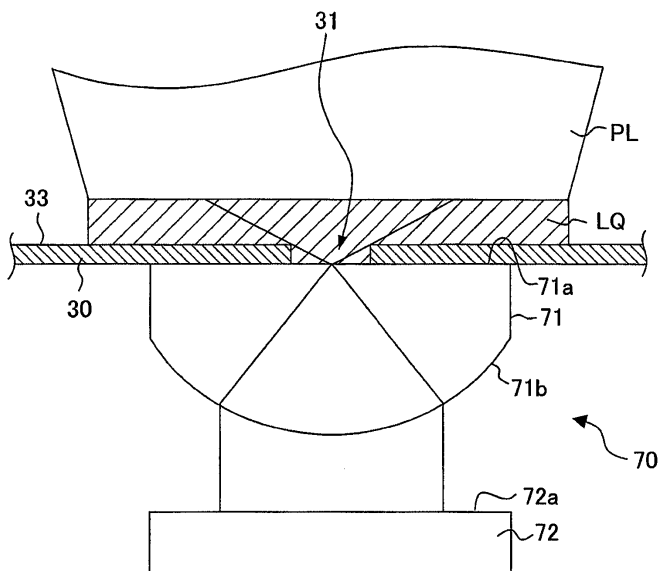
도면8



도면9

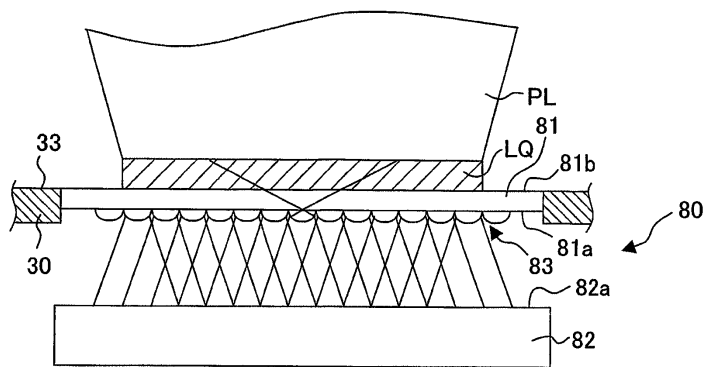


도면10

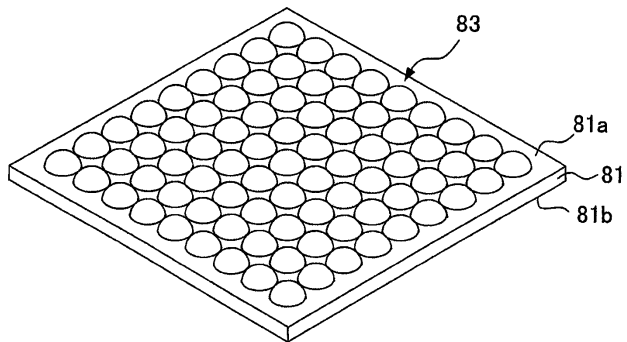


도면11

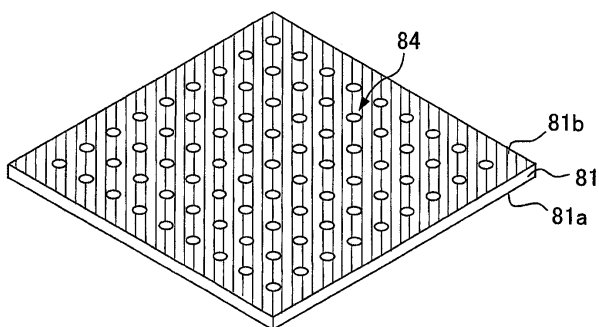
(a)



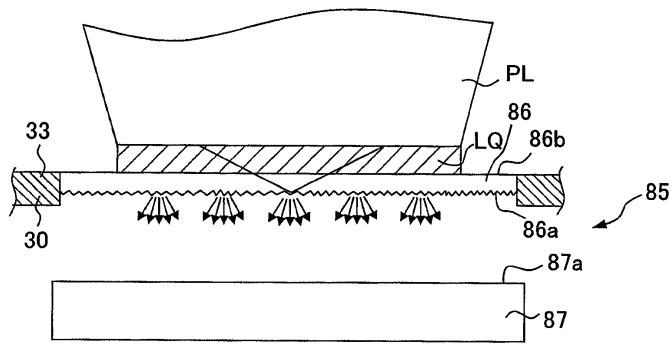
(b)



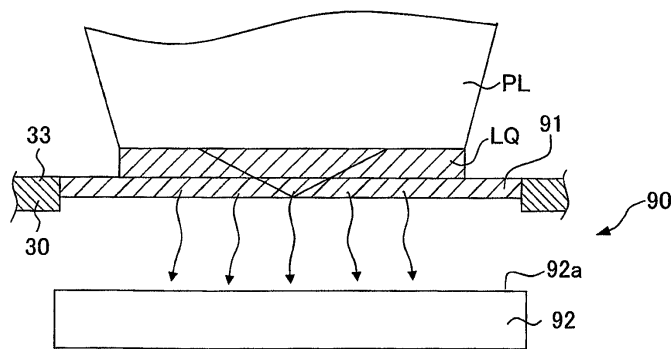
도면12



도면13

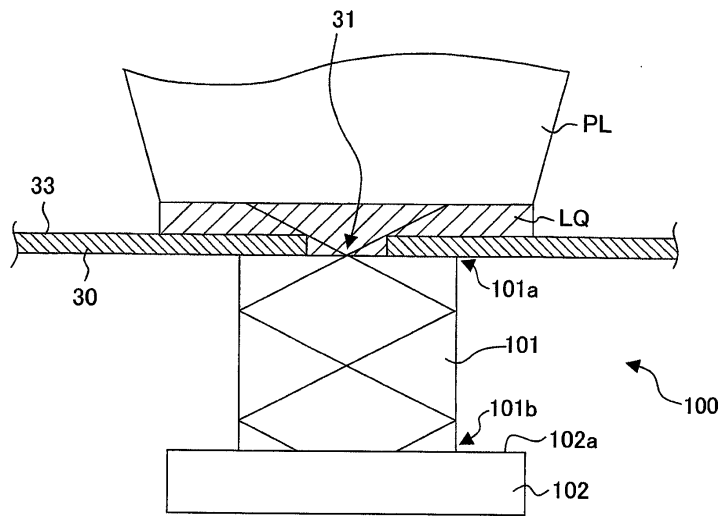


도면14

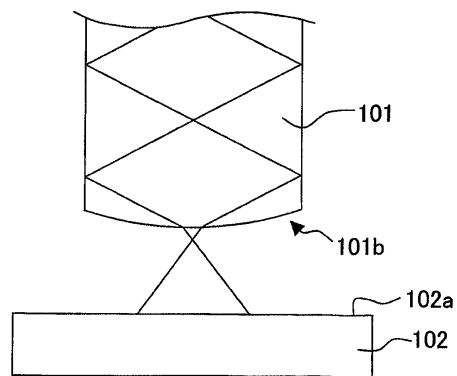


도면15

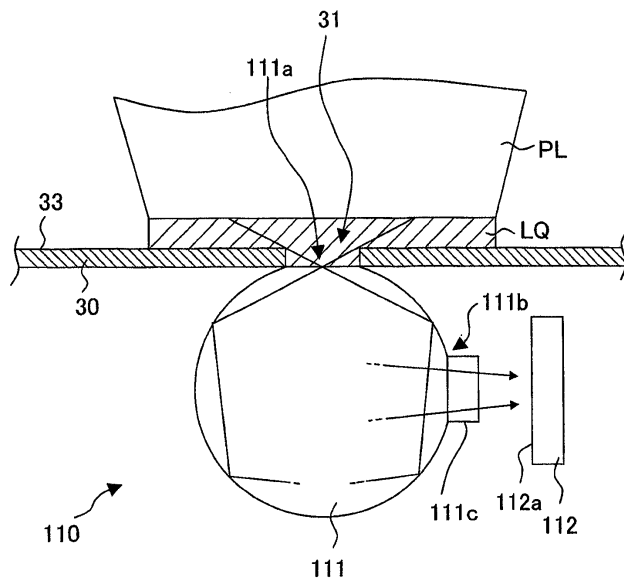
(a)



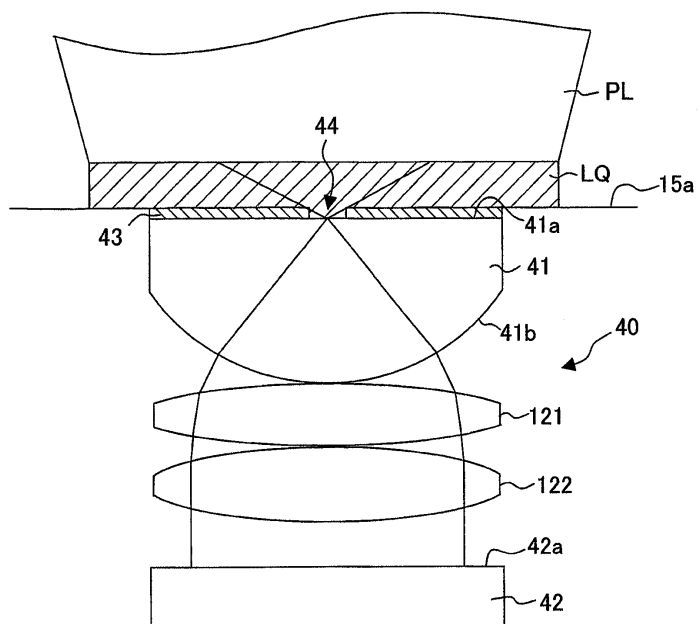
(b)



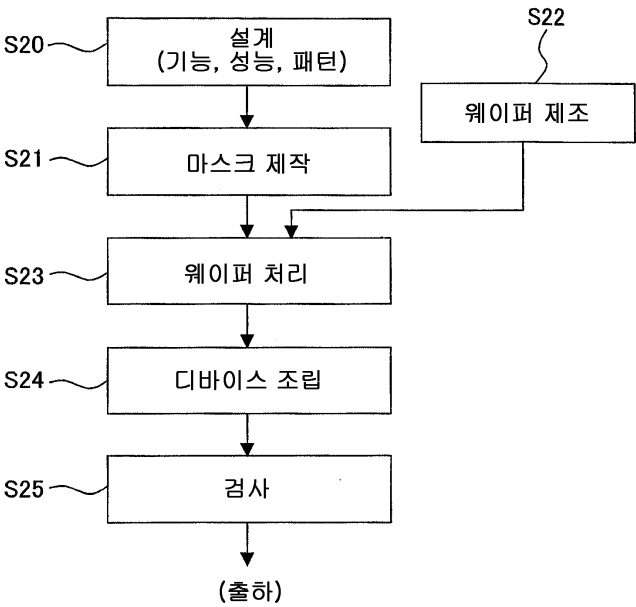
도면16



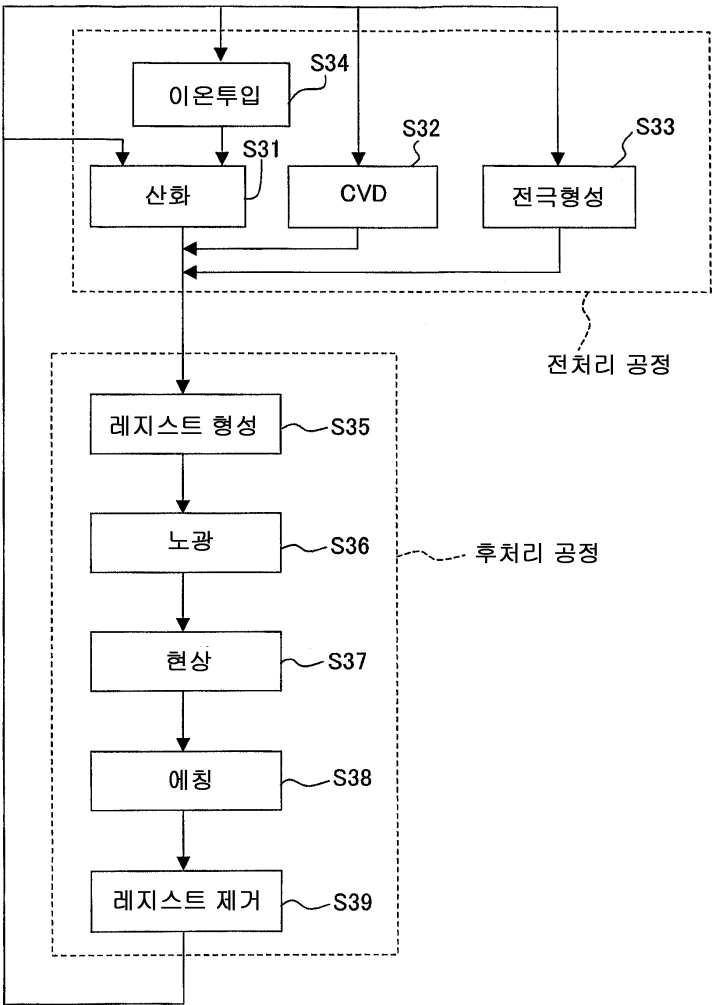
도면17



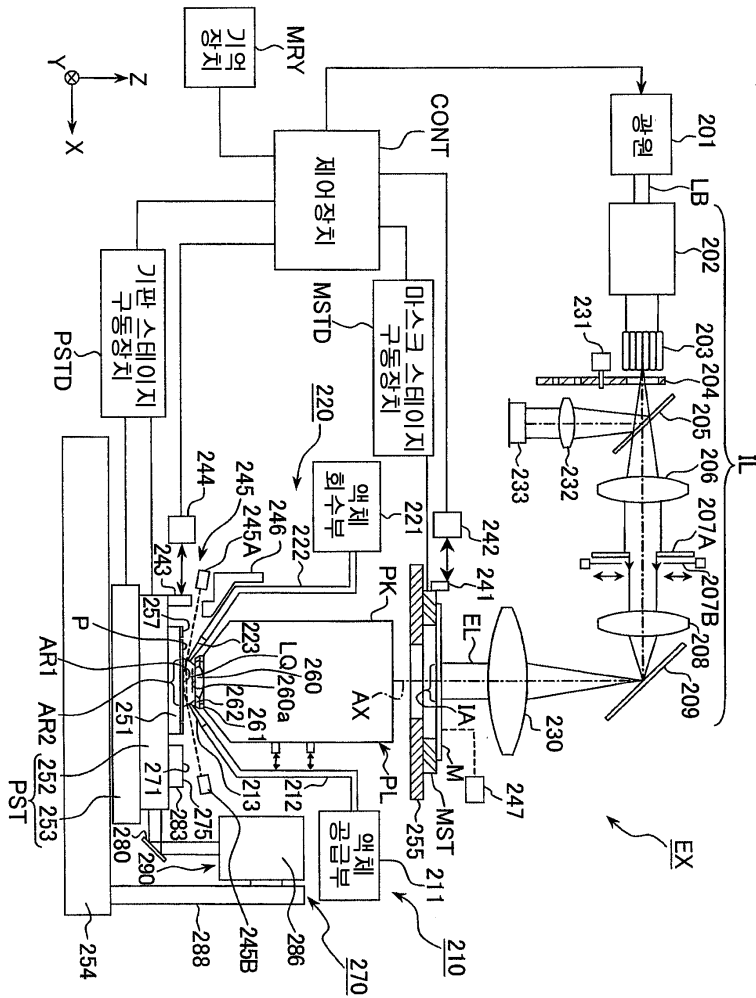
도면18



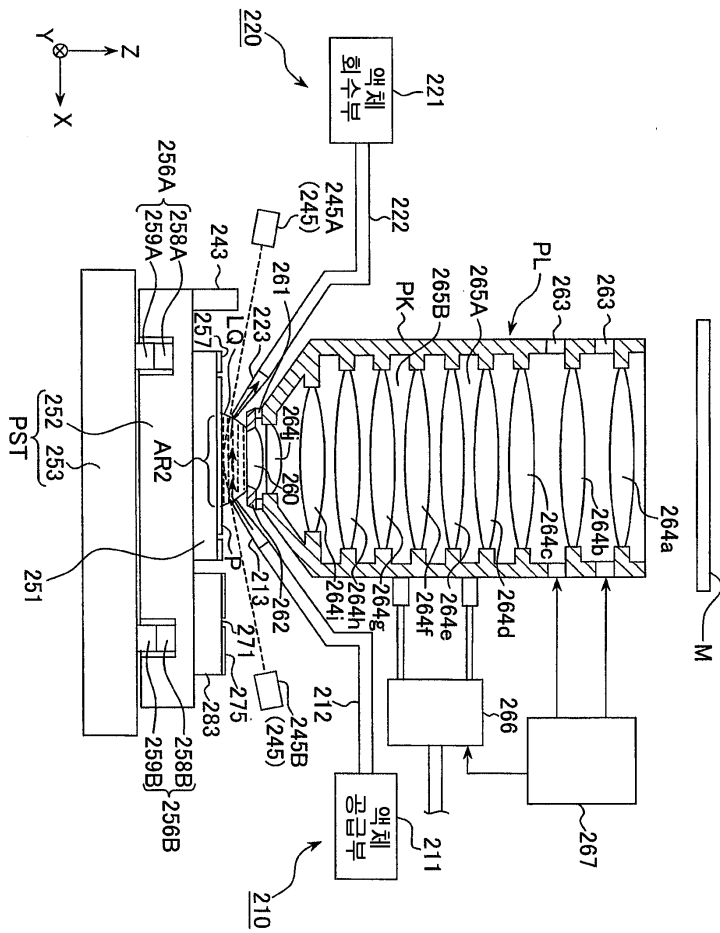
도면19



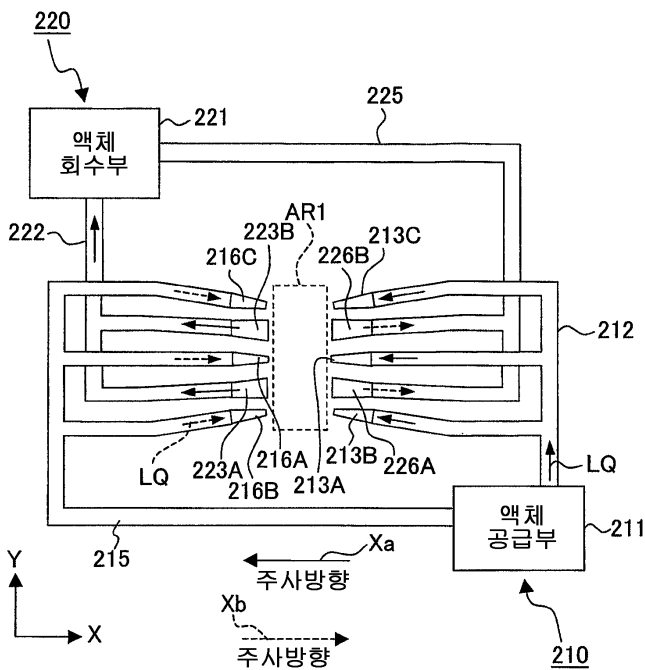
도면20



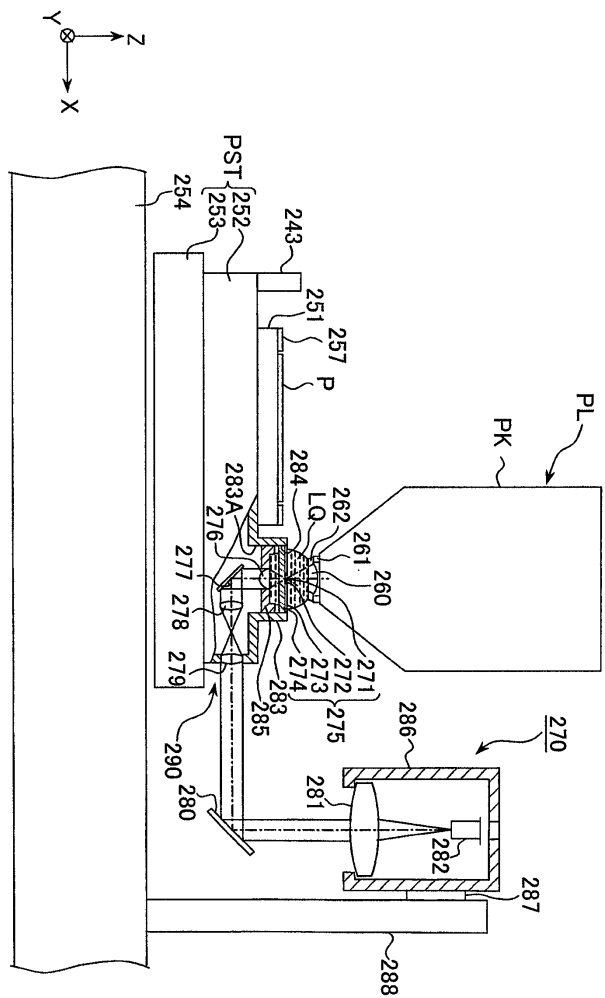
도면21



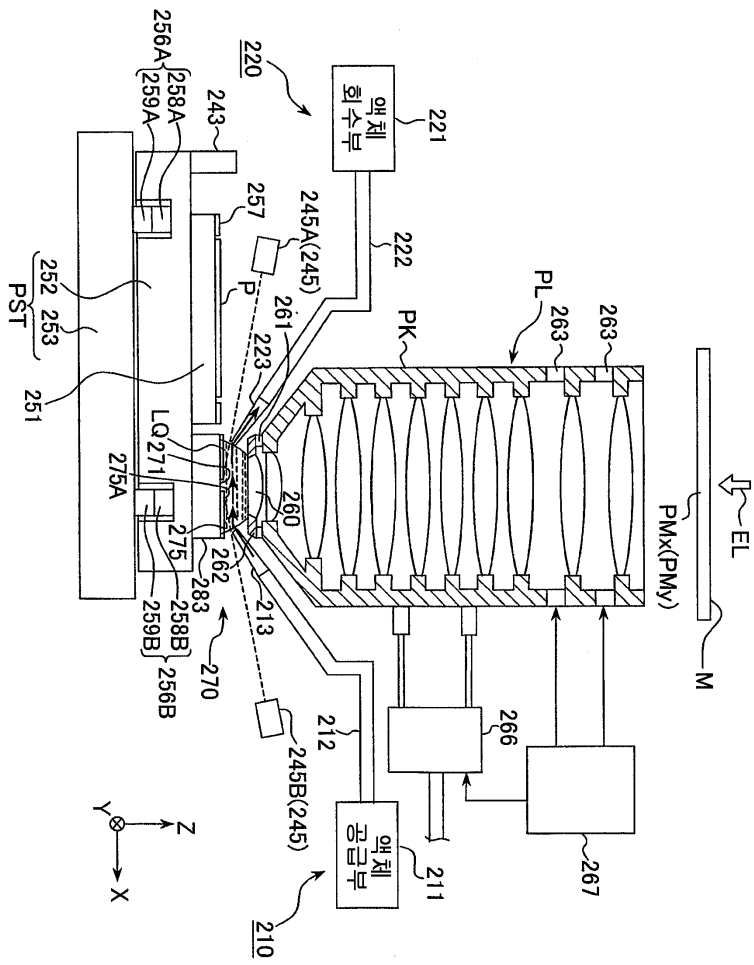
도면22



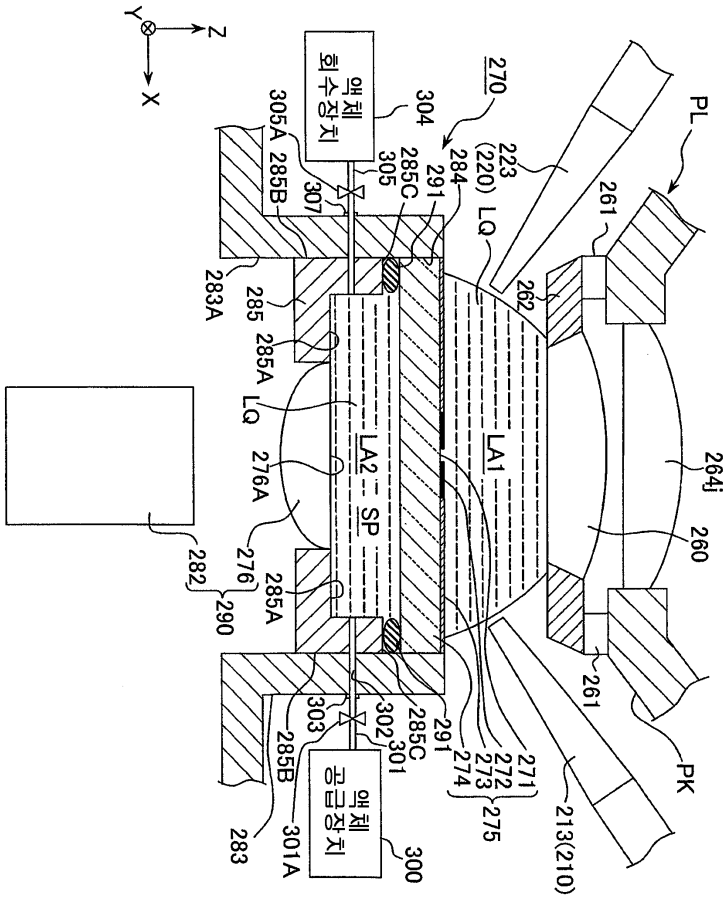
도면23



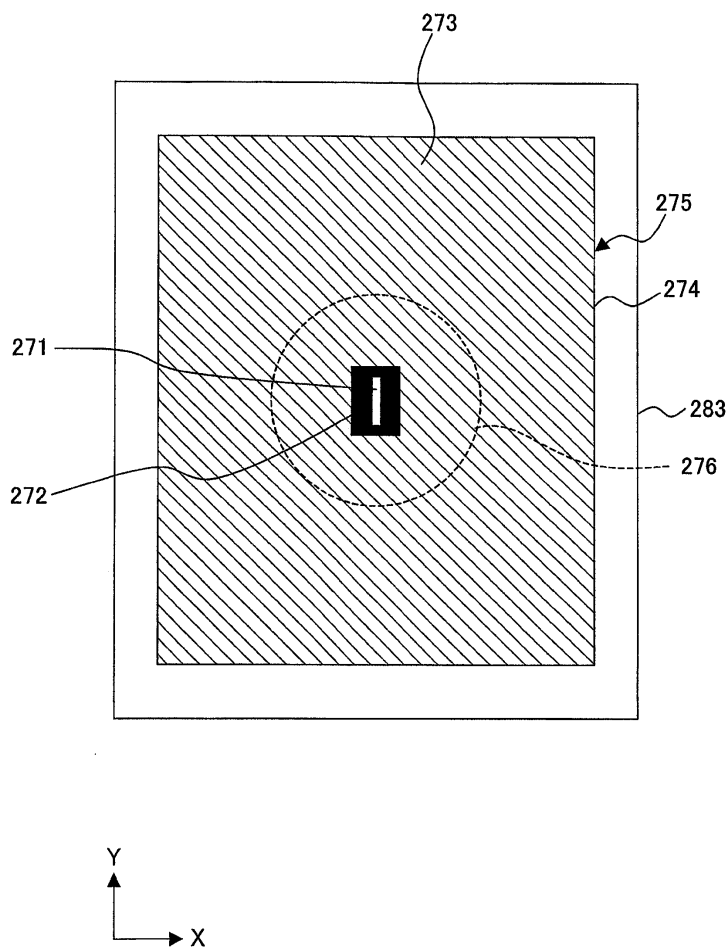
도면24



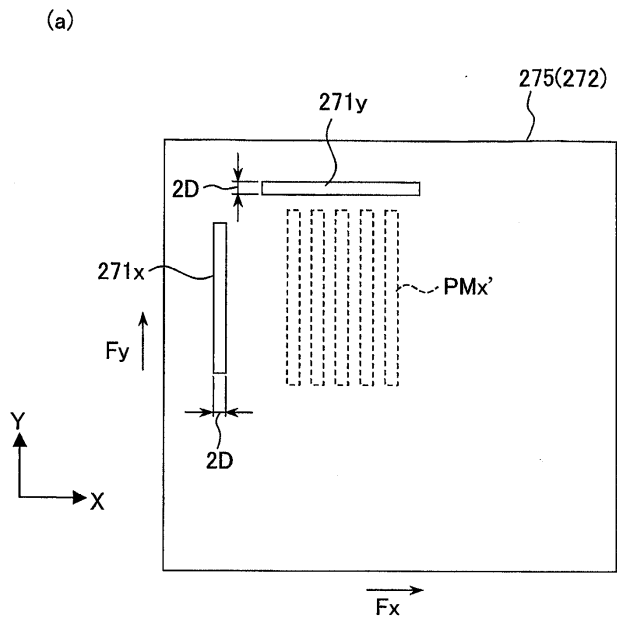
도면25



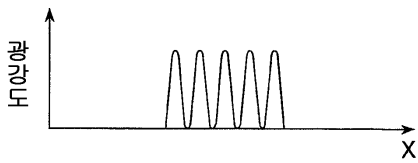
도면26



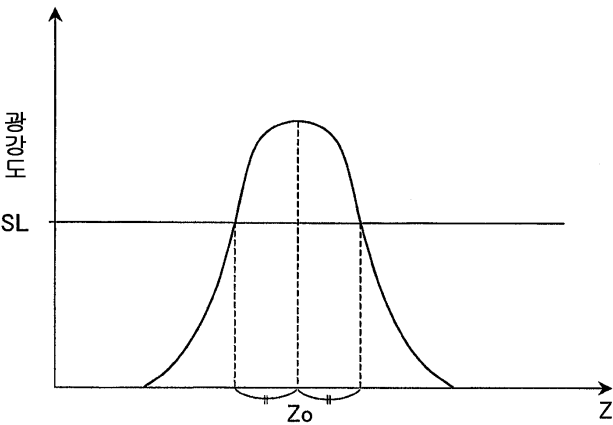
도면27



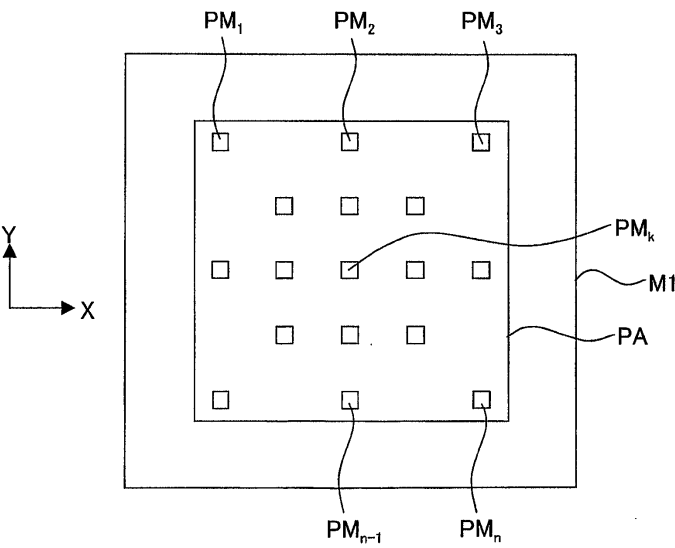
(b)



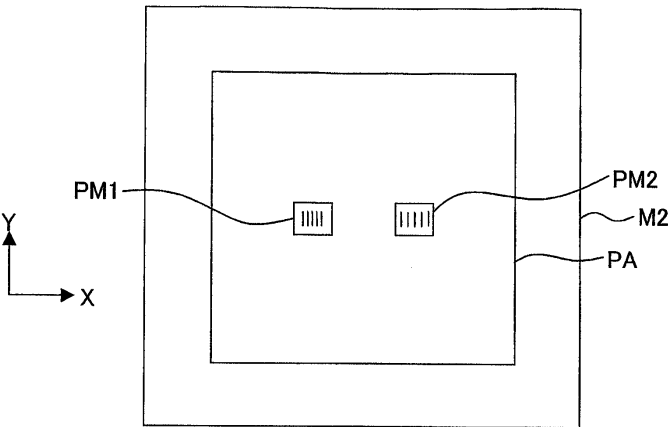
도면28



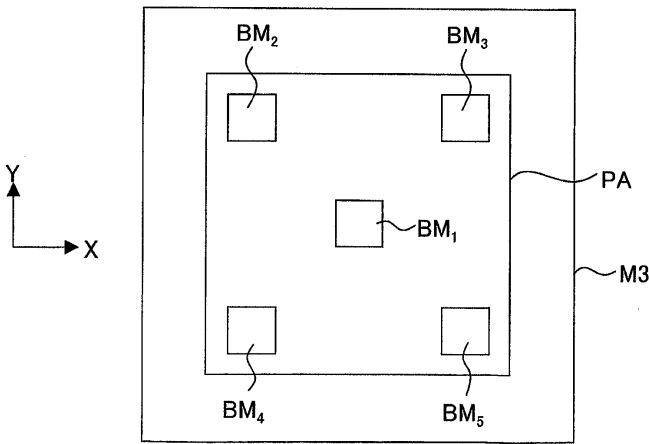
도면29



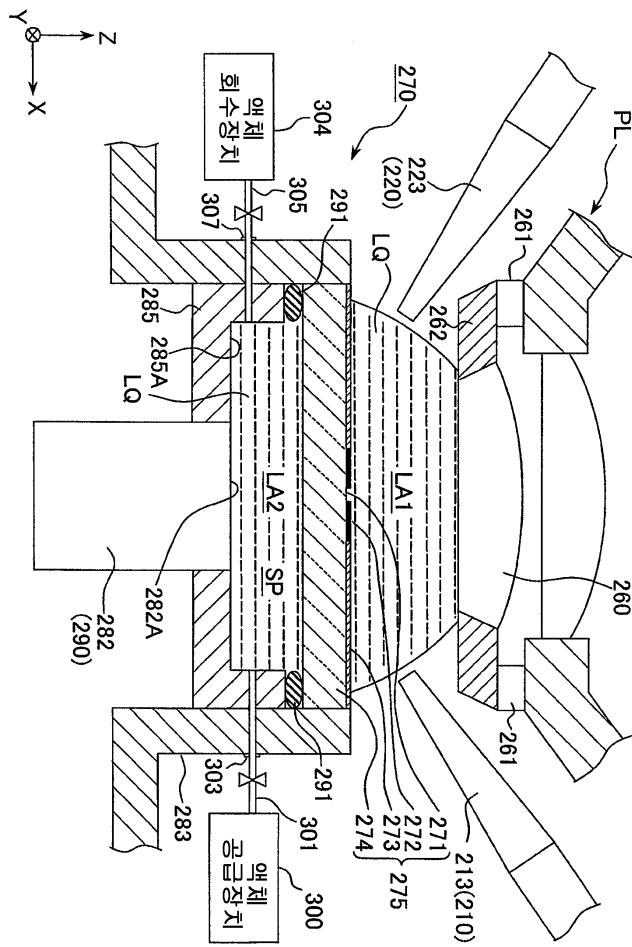
도면30



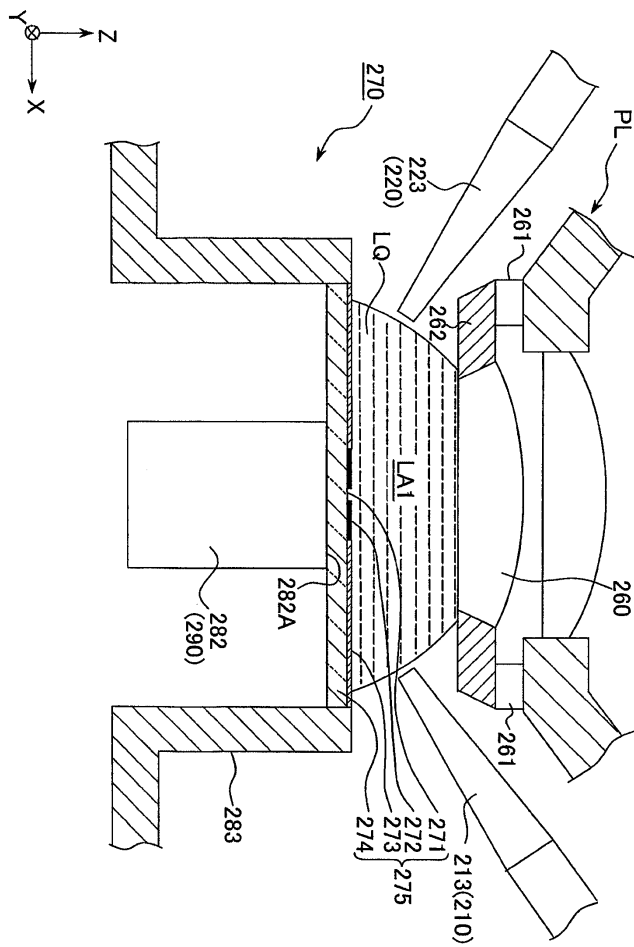
도면31



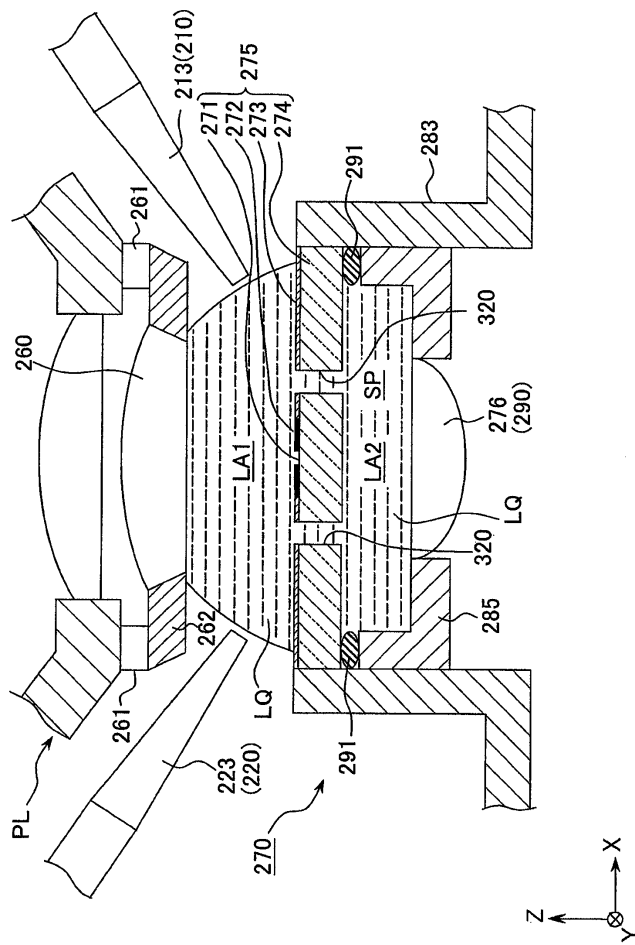
도면32



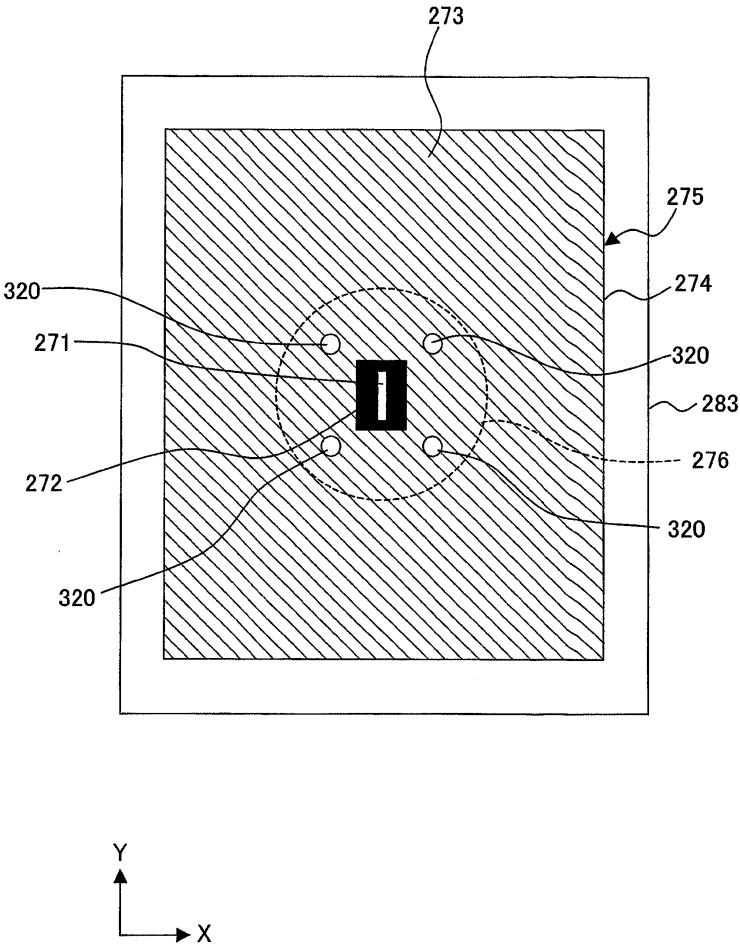
도면33



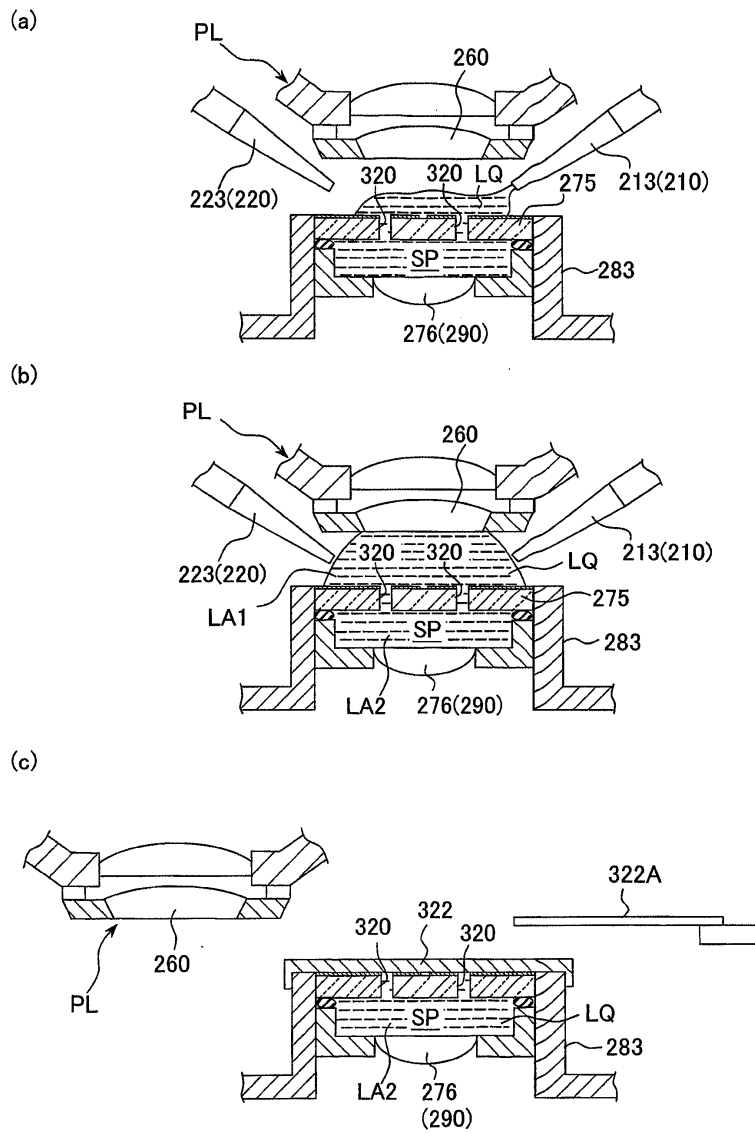
도면34



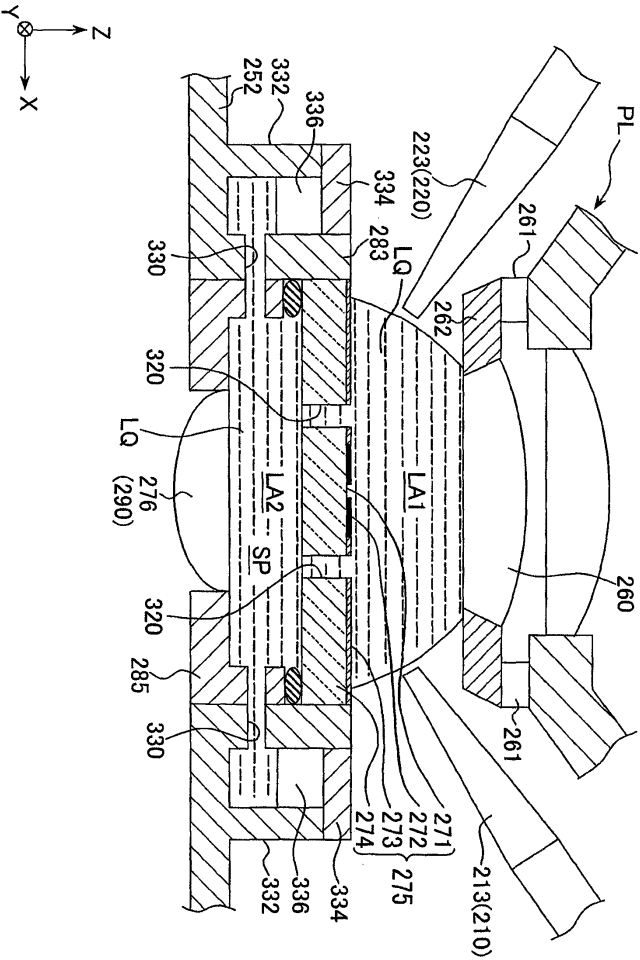
도면35



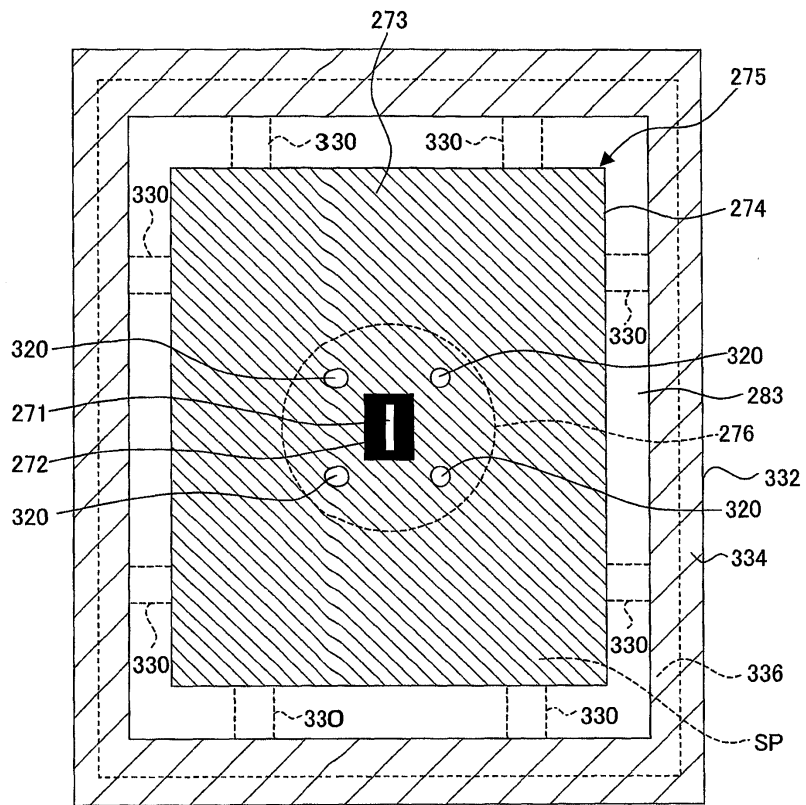
도면36



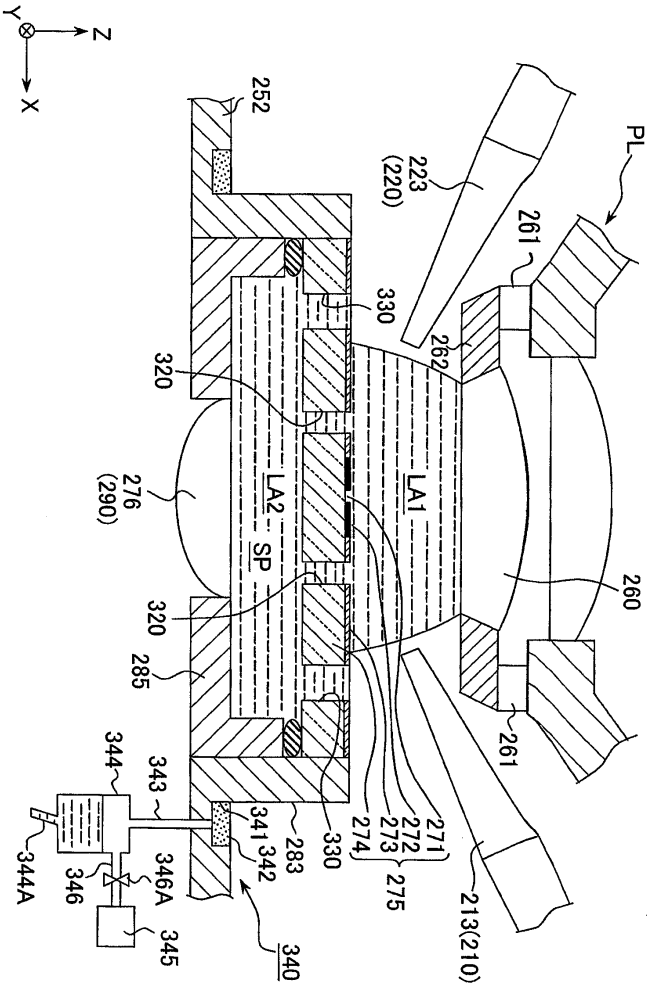
도면37



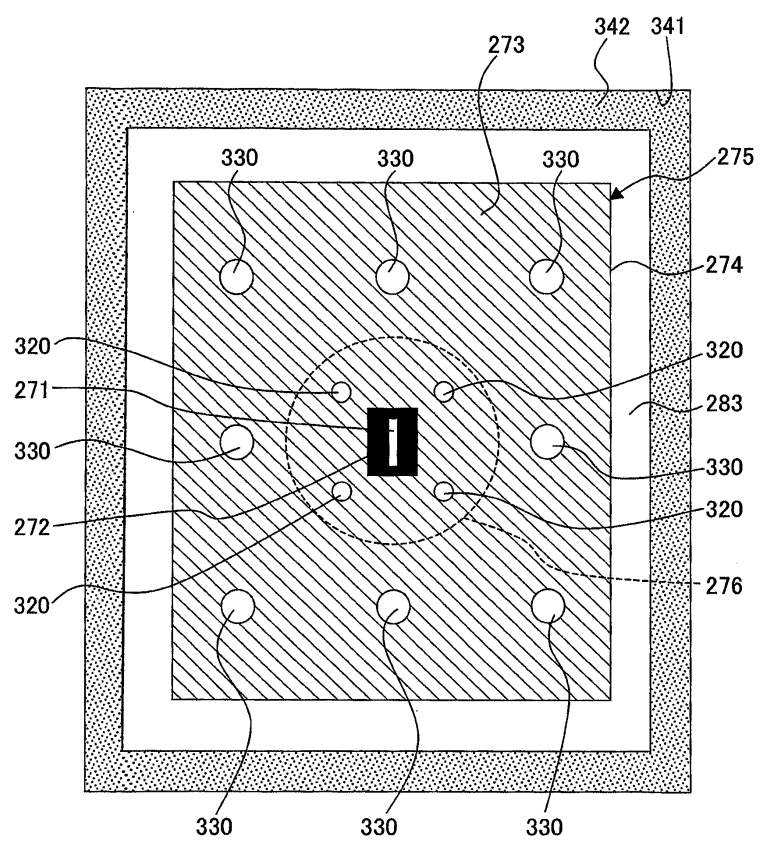
도면38



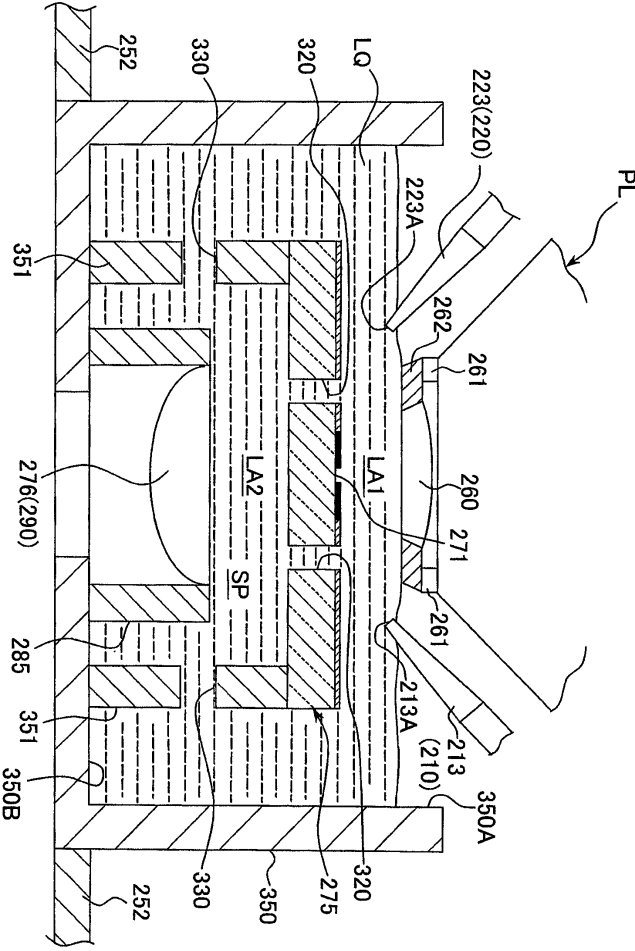
도면39



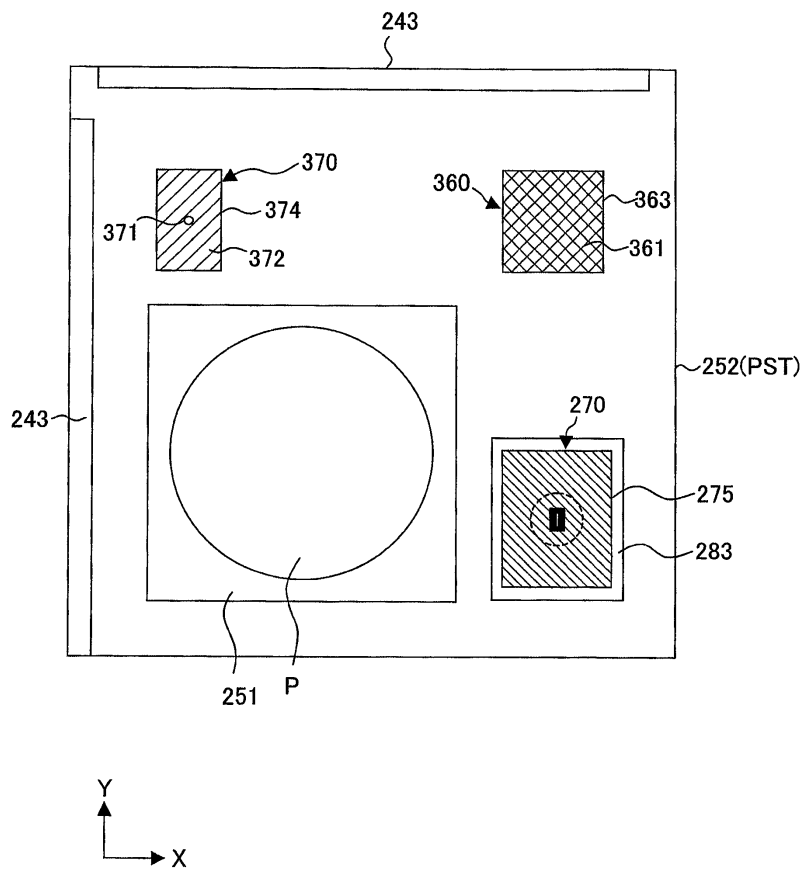
도면40



도면41



도면42



도면43

