



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0115863
(43) 공개일자 2007년12월06일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2007-7005315</p> <p>(22) 출원일자 2007년03월06일
심사청구일자 없음
번역문제출일자 2007년03월06일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2006/306682
국제출원일자 2006년03월30일</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2006/106836
국제공개일자 2006년10월12일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2005-00103644 2005년03월31일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
가부시킴가이사 니콘
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 3초메 2반 3고</p> <p>(72) 발명자
나가사카 히로유키
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 3초메 2반 3고
가부시킴가이사니콘 내
하기와라 츠네유키
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 3초메 2반 3고
가부시킴가이사니콘 내</p> <p>(74) 대리인
김창세</p> |
|---|--|

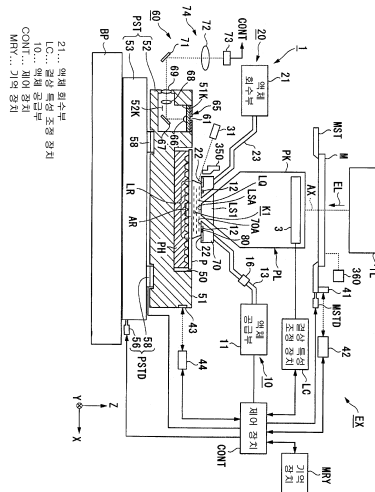
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 노광 방법, 노광 장치 및 디바이스 제조 방법

(57) 요약

액침 기구(1)를 이용하여 계측 부재(65) 상에 액침 영역(LR)을 형성하고, 또한, 액침 영역(LR)을 형성하는 액체(LQ)를 거쳐서 계측광을 수광해서, 기관(P)의 노광 조건을 결정하기 위한 계측을 행하여, 계측시와 노광시의 액체(LQ)의 압력차, 및 계측 결과를 고려해서 기관(P)를 노광한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

액침 기구를 이용해서 기관상에 액침 영역을 형성함과 아울러, 상기 액침 영역의 액체를 거쳐서 상기 기관에 노광광을 조사하는 것에 의해서 상기 기관을 노광하는 노광 방법에 있어서,

상기 기관의 노광 조건을 결정하기 위해, 상기 액침 기구를 이용해서 계측 부재상에 액침 영역을 형성함과 아울러, 상기 액침 영역의 액체를 거쳐서 계측광을 수광하는 계측을 실행하고,

상기 계측시와 상기 노광시의 상기 액체의 압력차 및 상기 계측 결과를 고려해서 상기 기관을 노광하는 노광 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 액체의 압력차는 상기 계측 부재의 표면 및 상기 기관의 표면 각각의 상기 액체와의 접촉각의 차이에 기인하고,

상기 계측 부재의 표면 및 상기 기관의 표면 각각의 상기 액체와의 접촉각에 따라서 상기 기관을 노광하는 노광 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 액체의 압력차는 상기 계측시의 상기 계측 부재의 이동 속도와 상기 노광시의 상기 기관의 이동 속도의 차이에 기인하고,

상기 계측시에 있어서의 상기 계측 부재의 이동 속도와 상기 노광시에 있어서의 상기 기관의 이동 속도에 따라서 상기 기관을 노광하는

노광 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액체의 압력차 및 상기 계측 결과를 고려해서, 상기 기관상에 투영되는 패턴 상의 결상 상태가 조정되고, 상기 결상 상태가 조정된 패턴 상으로 상기 기관을 노광하는 노광 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 노광광은 투영 광학계를 거쳐서 상기 기관상에 조사되고,

상기 투영 광학계를 조정하는 것에 의해서 상기 패턴 상의 결상 상태가 조정되는

노광 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 계측 결과에 의거해서 상기 기관을 노광하기 위한 노광 조건을 구하고,

상기 압력차에 의거해서 상기 노광 조건을 보정하고, 상기 보정된 노광 조건하에서 상기 기관이 노광되는

노광 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 노광 조건의 보정량과 상기 압력차의 관계가 미리 구해져 있는 노광 방법.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,
상기 노광 조건은 상기 기관상에 패턴 상을 투영하는 투영 광학계의 결상 특성을 포함하는 노광 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 액체의 압력을 변화시키면서 상기 계측을 실행하고,
상기 노광시의 액체의 압력에 대응하는 계측 결과에 의거해서 상기 기관을 노광하는
노광 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 노광시에, 상기 액체는 상기 노광광이 통과하는 광학 부재와 상기 기관의 사이에 유지되고,
상기 계측시에, 상기 액체는 상기 광학 부재와 상기 계측 부재의 사이에 유지되고,
상기 액체의 압력에 의해서 상기 광학 부재가 변동하는
노광 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 액체의 압력차에 관한 정보를 얻기 위해, 상기 계측시 및 상기 노광시에 있어서의 상기 액체의 압력을 각각 검출하는 노광 방법.

청구항 12

청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 한 항에 기재된 노광 방법을 이용하는 디바이스 제조 방법.

청구항 13

기관상에 액침 영역을 형성함과 아울러, 상기 액침 영역의 액체를 거쳐서 상기 기관에 노광광을 조사하는 것에 의해서 상기 기관을 노광하는 노광 장치에 있어서,
물체상에 액침 영역을 형성하는 액침 기구와,
계측 부재를 갖고, 상기 액침 기구를 이용해서 상기 계측 부재 상에 형성된 액침 영역의 액체를 거쳐서 계측광을 수광하고, 상기 기관의 노광 조건을 결정하기 위한 계측을 실행하는 계측 장치와,
상기 액침 기구를 이용해서 상기 기관상에 액침 영역을 형성함과 아울러, 상기 계측 장치에 의해 계측된 계측 결과와, 상기 계측시와 상기 노광시의 상기 액체의 압력차를 고려해서 상기 기관을 노광하는 노광 제어 장치를 구비한 노광 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,
상기 노광 제어 장치는 상기 계측 장치의 계측 결과에 의거해서 결정된 노광 조건을 상기 압력차에 의거해서 보

정하고, 상기 보정된 노광 조건하에서 상기 기판을 노광하는 노광 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 노광 조건의 보정량과 상기 압력차의 관계를 기억한 기억 장치를 더 구비한 노광 장치.

청구항 16

제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 노광광이 통과하는 투영 광학계와,

상기 투영 광학계의 결상 특성을 조정하는 조정 장치를 구비하며,

상기 노광 제어 장치는 상기 계측 장치에 의해 계측된 계측 결과와, 상기 계측시와 상기 노광시의 상기 액체의 압력차에 의거해서, 상기 조정 장치를 제어하는

노광 장치.

청구항 17

제 13 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액체의 압력차를 구하기 위해, 상기 계측시 및 상기 노광시의 각각에서 상기 액체의 압력을 검출하는 압력 센서를 구비한 노광 장치.

청구항 18

제 13 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액체의 압력을 조정하기 위한 압력 조정 기구를 더 구비하며,

상기 압력 조정 기구를 사용해서 상기 액체의 압력을 변화시키면서 상기 계측 장치에 의한 계측이 실행되는 노광 장치.

청구항 19

청구항 13 내지 청구항 18 중 어느 한 항에 기재된 노광 장치를 이용하는 디바이스 제조 방법.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 액체를 거쳐서 기판을 노광하는 노광 방법, 노광 장치, 및 디바이스 제조 방법에 관한 것이다.

<2> 본원은 2005년 3월 31일에 출원된 일본 특허 출원 제 2005-103644호에 의거해서 우선권을 주장하며, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경기술

<3> 반도체 디바이스, 액정 표시 디바이스 등의 마이크로 디바이스의 제조공정의 하나인 포토리소그래피 공정에서는 마스크상에 형성된 패턴을 감광성의 기판상에 투영 노광하는 노광 장치가 이용된다. 이 노광 장치는 마스크를 유지해서 이동 가능한 마스크 스테이지와, 기판을 유지해서 이동 가능한 기판 스테이지를 갖고, 마스크 스테이지 및 기판 스테이지를 점차 이동시키면서 마스크의 패턴을 투영 광학계를 거쳐서 기판에 투영 노광하는 것이다. 마이크로 디바이스의 제조에 있어서는 디바이스의 고밀도화를 위해, 기판상에 형성되는 패턴의 미세화가 요구되고 있다. 이 요구에 부응하기 위해 노광 장치의 가일층의 고해상도화가 요망되고 있다. 그 고해상도화를 실현하기 위한 수단 중의 하나로서, 아래의 특허 문헌 1에 개시되어 있는 바와 같은 기판상에 액체의 액침 영역을 형성하고, 액침 영역을 형성하는 액체를 거쳐서 기판을 노광하는 액침 노광 장치가 안출되어 있다.

<4> 특허 문헌 1 : 국제 공개 제99/49504호 팜플렛

발명의 상세한 설명

- <5> 발명의 개시
- <6> 발명이 해결하고자 하는 과제
- <7> 액침 노광 장치에 있어서는 기판을 액침 노광하기 전에, 소정의 계측 부재상에 액체의 액침 영역을 형성하고, 그 액체를 거쳐서 광을 수광해서 소정의 계측을 실행하고, 그 계측 결과에 의거해서 기판을 노광하는 것이 고려된다. 그런데, 계측시에 있어서의 액체의 압력과 노광시에 있어서의 액체의 압력의 사이에 차이가 있으면, 계측 부재를 이용한 계측 결과에 의거해서 기판을 노광한 경우, 기판을 양호하게 노광할 수 없을 가능성이 있다.
- <8> 본 발명은 이러한 사정을 감안해서 이루어진 것으로서, 기판을 양호하게 노광할 수 있는 노광 방법 및 노광 장치, 그 노광 방법 및 노광 장치를 이용한 디바이스 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- <9> 과제를 해결하기 위한 수단
- <10> 상기의 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 실시예에 나타내는 각 도면에 대응지워 이하의 구성을 채용하고 있다. 단, 각 요소에 붙인 괄호를 갖는 부호는 그 요소의 예시에 불과하며, 각 요소를 한정하는 것은 아니다.
- <11> 본 발명의 제 1 형태에 따르면, 액침 기구(12 등)를 이용해서 기판(P)상에 액침 영역(LR)을 형성함과 동시에, 액침 영역(LR)을 형성하는 액체(LQ)를 거쳐서 기판(P)상에 노광광(EL)을 조사하는 것에 의해서 기판(P)을 노광하는 노광 방법에 있어서, 액침 기구(12 등)를 이용해서 계측 부재(65)상에 액침 영역(LR)을 형성함과 동시에, 액침 영역(LR)을 형성하는 액체(LQ)를 거쳐서 계측광을 수광해서, 기판(P)의 노광 조건을 결정하기 위한 계측을 실행하고, 계측시와 노광시의 액체(LQ)의 압력차, 및 계측 결과를 고려해서, 기판(P)을 노광하는 노광 방법이 제공된다.
- <12> 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 계측시에 있어서의 액체의 압력과 노광시에 있어서의 액체의 압력의 사이에 차이가 있어도, 계측시와 노광시의 액체의 압력차, 및 계측 부재를 이용한 계측 결과를 고려해서 기판을 노광하는 것에 의해, 기판을 양호하게 노광할 수 있다.
- <13> 본 발명의 제 2 양태에 따르면, 상기 형태의 노광 방법을 이용하는 디바이스 제조 방법이 제공된다.
- <14> 본 발명의 제 2 양태에 따르면, 기판을 양호하게 노광할 수 있는 노광 방법을 이용해서 디바이스를 제조할 수 있다.
- <15> 본 발명의 제 3 양태에 따르면, 액침 기구(12 등)를 이용해서 기판(P)상에 액침 영역(LR)을 형성함과 동시에, 액침 영역(LR)을 형성하는 액체(LQ)를 거쳐서 기판(P)상에 노광광(EL)을 조사하는 것에 의해서 기판(P)을 노광하는 노광 장치에 있어서, 계측 부재(65)를 갖고, 액침 기구(1)를 이용해서 계측 부재(65)상에 액침 영역(LR)을 형성함과 동시에, 액침 영역(LR)을 형성하는 액체(LQ)를 거쳐서 계측광을 수광해서, 기판(P)의 노광 조건을 결정하기 위한 계측을 실행하는 계측 장치(60)와, 계측 장치(60)에 의해 계측된 계측 결과와 계측시와 노광시의 액체(LQ)의 압력차에 의거해서 기판(P)을 노광하는 노광 제어 장치(CONT)를 구비한 노광 장치(EX)가 제공된다.
- <16> 본 발명의 제 3 양태에 따르면, 계측시에 있어서의 액체의 압력과 노광시에 있어서의 액체의 압력의 사이에 차이가 있더라도, 계측 장치에 의해 계측된 계측 결과와 계측시와 노광시의 액체의 압력차에 따라서 기판을 노광하는 것에 의해, 기판을 양호하게 노광할 수 있다.
- <17> 본 발명의 제 4 양태에 따르면, 상기 양태의 노광 장치(EX)를 이용하는 디바이스 제조 방법이 제공된다.
- <18> 본 발명의 제 4 양태에 따르면, 기판을 양호하게 노광할 수 있는 노광 장치를 이용해서 디바이스를 제조할 수 있다.
- <19> [발명의 효과]
- <20> 본 발명에 따르면, 계측시에 있어서의 액체의 압력과 노광시에 있어서의 액체의 압력의 사이에 차이가 있더라도, 기판을 양호하게 노광할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- <21> 도 1은 제 1 실시예에 따른 노광 장치를 나타내는 개략 구성도,
- <22> 도 2는 기판상에 액침 영역이 형성되어 있는 상태를 나타내는 도면,

판홀더 PH에 유지되고 투영 광학계 PL의 상면측에 배치된 기관 P와의 사이의 노광광 EL의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채우고, 이 투영 광학계 PL과 기관 P의 사이의 액체 LQ 및 투영 광학계 PL을 거쳐서 마스크 M을 통과한 노광광 EL을 기관 P에 조사하는 것에 의해서 마스크 M의 패턴 상으로 기관 P를 노광한다. 제어 장치 CONT는 액침 기구(1)의 액체 공급 기구(10)를 이용해서 기관 P상에 액체 LQ를 소정량 공급함과 동시에, 액체 회수 기구(20)를 이용해서 기관 P상의 액체 LQ를 소정량 회수함으로써, 투영 광학계 PL과 기관 P의 사이의 노광광 EL의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채우고, 기관 P상에 액체 LQ의 액침 영역 LR을 국소적으로 형성한다.

- <44> 본 실시예에서는 노광 장치 EX로서 마스크 M과 기관 P를 각각의 주사 방향으로 동기 이동시키면서 마스크 M에 형성된 패턴을 기관 P에 노광하는 주사형 노광 장치(소위 스캐닝 스테퍼)를 사용하는 경우를 예로 들어 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 수평면 내에서 마스크 M과 기관 P의 동기 이동 방향(주사 방향)을 X축 방향, 수평면 내에서 X축 방향과 직교하는 방향을 Y축 방향(비주사 방향), X축 및 Y축 방향에 수직이고 투영 광학계 PL의 광축 AX와 일치하는 방향을 Z축 방향으로 한다. 또한, X축, Y축, 및 Z축 주위의 회전(경사) 방향을 각각, θX , θY 및 θZ 방향으로 한다. 또, 여기서 말하는 「기관」은 반도체 웨이퍼 등의 기재 상에 감광재(레지스트)를 도포한 것을 포함하고, 「마스크」는 기관 상에 축소 투영되는 디바이스 패턴이 형성된 레티클을 포함한다.
- <45> 조명 광학계 IL은 노광용 광원, 노광용 광원으로부터 사출된 광속의 조도를 균일화하는 옵티컬 인테그레이터, 옵티컬 인테그레이터로부터의 노광광 EL을 집광하는 콘덴서 렌즈, 릴레이 렌즈계, 및 노광광 EL에 의한 마스크 M상의 조명 영역을 설정하는 시야 조리개 등을 갖고 있다. 마스크 M상의 소정의 조명 영역은 조명 광학계 IL에 의해 균일한 조도 분포의 노광광 EL로 조명된다. 조명 광학계 IL로부터 사출되는 노광광 EL로서는 예를 들면 수은 램프로부터 사출되는 휘선(g선, h선, i선) 및 KrF 엑시머 레이저광(파장 248nm) 등의 원자외광(DUV 광), ArF 엑시머 레이저광(파장 193nm) 및 F₂ 레이저광(파장 157nm) 등의 진공 자외광(VUV광) 등이 이용된다. 본 실시예에 있어서는 ArF 엑시머 레이저광이 이용된다.
- <46> 본 실시예에 있어서는 액체 LQ로서 순수한 물이 이용되고 있다. 순수한 물은 ArF 엑시머 레이저광 뿐만 아니라, 예를 들면 수은 램프로부터 사출되는 휘선(g선, h선 i선) 및 KrF 엑시머 레이저광(파장(248nm)) 등의 원자외광(DUV광)도 투과 가능하다.
- <47> 마스크 스테이지 MST는 마스크 M을 유지해서 이동 가능하다. 마스크 스테이지 MST는 마스크 M을 진공 흡착(또는 정전 흡착)에 의해 유지한다. 마스크 스테이지 MST는 제어 장치 CONT에 의해 제어된 리니어 모터 등을 포함하는 마스크 스테이지 구동 장치 MSTD의 구동에 의해, 마스크 M을 유지한 상태에서 투영 광학계 PL의 광축 AX에 수직인 평면내, 즉 XY 평면 내에서 2차원 이동 가능 및 θZ 방향으로 미소 회전 가능하다. 마스크 스테이지 MST상에는 이동 미러(41)가 마련되어 있다. 또한, 이동 미러(41)에 대항하는 위치에는 레이저 간섭계(42)가 마련되어 있다. 마스크 스테이지 MST상의 마스크 M의 2차원 방향의 위치, 및 θZ 방향의 회전각은 레이저 간섭계(42)에 의해 실시간으로 측정된다. 또, 레이저 간섭계(42)에 의해, θX , θY 방향의 회전 각도 측정해도 좋다. 레이저 간섭계(42)의 측정 결과는 제어 장치 CONT로 출력된다. 제어 장치 CONT는 레이저 간섭계(42)의 측정 결과에 의거해서 마스크 스테이지 구동 장치 MSTD를 구동하고, 마스크 스테이지 MST에 유지되어 있는 마스크 M의 위치 제어를 실행한다.
- <48> 투영 광학계 PL은 마스크 M의 패턴의 상을 소정의 투영 배율 β 로 기관 P에 투영한다. 마스크 M을 통과한 노광광 EL은 투영 광학계 PL 및 액침 영역 LR의 액체 LQ를 통과해서 기관 P상에 도달한다. 투영 광학계 PL은 복수의 광학 소자로 구성되어 있고, 그들 광학 소자는 미러통 PK에 의해 유지되어 있다. 본 실시예에 있어서, 투영 광학계 PL은 투영 배율 β 가 예를 들면 1/4, 1/5, 혹은 1/8의 축소계이다. 또, 투영 광학계 PL은 등배계 및 확대계의 어느 것이어도 좋다. 또한, 투영 광학계 PL은 반사 광학 소자를 포함하지 않는 굴절계, 굴절 광학 소자를 포함하지 않는 반사계, 반사 광학 소자와 굴절 광학 소자를 포함하는 반사 굴절계의 어느 것이어도 좋다. 또한, 본 실시예에 있어서는 투영 광학계 PL을 구성하는 복수의 광학 소자 중, 투영 광학계 PL의 상면에 가장 가까운 제 1 광학 소자 LS1은 미러통 PK로부터 노출되어 있다.
- <49> 투영 광학계 PL에는 예를 들면 일본 특허 공개 공보 소화60-78454호, 일본 특허 공개 공보 평성11-195602호, 국제 공개 제03/65428호 팜플렛 등에 개시되어 있는 바와 같은 투영 광학계 PL의 결상 특성을 조정할 수 있는 결상 특성 조정 장치 LC가 마련되어 있다. 결상 특성 조정 장치 LC는 투영 광학계 PL을 구성하는 복수의 광학 소자의 일부를 이동시킬 수 있는 광학 소자 구동 기구(3)를 포함한다. 광학 소자 구동 기구(3)는 투영 광학계 PL을 구성하는 복수의 광학 소자 중 특정의 광학 소자를 광축 AX 방향(Z축 방향)으로 이동시키거나, 광축 AX에 대해 경사지게 할 수 있다. 결상 특성 조정 장치 LC는 투영 광학계 PL을 구성하는 복수의 광학 소자 중 특정의 광학 소자를 이동시킴으로써 투영 광학계 PL의 각종 수차(투영 배율, 왜곡(distortion), 구면 수차 등) 및 상면

위치(초점 위치) 등을 포함하는 결상 특성을 조정할 수 있다. 또한, 결상 특성 조정 장치 LC로서, 미러통 PK의 내부에 유지되어 있는 일부의 광학 소자간의 공간의 기체의 압력을 조정하는 압력 조정 기구가 포함되어 있어도 좋다. 결상 특성 조정 장치 LC는 제어 장치 CONT에 의해 제어된다.

<50> 기관 스테이지 PST는 투영 광학계 PL의 상면측에서 이동 가능하고, 기관 P를 기관홀더 PH에 의해 유지하는 Z 틸트 스테이지(52)와, Z 틸트 스테이지(52)를 지지하는 XY스테이지(53)를 구비하고 있다. XY 스테이지(53)는 베이스 BP상으로 이동 가능하게 지지되어 있다. 기관 스테이지 PST는 기관 스테이지 구동 기구 PSTD에 의해 구동된다. 기관 스테이지 구동 기구 PSTD는 예를 들면 리니어 모터 등을 포함하며, XY스테이지(53)를 베이스 BP상에서 X축 방향, Y축 방향, 및 θZ 방향으로 이동시키는 XY 구동 기구(56)와, 예를 들면 보이콧 코일 모터 등을 포함하고, Z 틸트 스테이지(52)를 Z축 방향, θX 방향, 및 θY 방향으로 이동시키는 Z 구동 기구(58)를 구비하고 있다. Z 구동 기구(58)는 3개 마련되어 있으며(단, 지면 안쪽측의 Z 구동 기구(58)는 도시하지 않음), Z틸트 스테이지(52)는 3개의 Z 구동 기구(58)에 의해서 XY 스테이지(53)상에 3점에서 지지되어 있다. 기관 스테이지 구동 기구 PSTD는 제어 장치 CONT에 의해 제어된다. 이것에 의해, Z 틸트 스테이지(52)는 기관홀더 PH에 유지되어 있는 기관 P를 Z축 방향, θX 방향, 및 θY 방향으로 이동 가능하며, XY스테이지(53)는 기관 홀더 PH에 유지되어 있는 기관 P를 Z틸트 스테이지(52)를 거쳐서 XY 방향, 및 θZ 방향으로 이동 가능하다. 따라서, 기관 홀더 PH에 유지된 기관 P의 표면은 X축, Y축, Z축, θX , θY , 및 θZ 방향의 6자유도의 방향으로 이동 가능하다. 또, Z틸트 스테이지와 XY스테이지를 일체적으로 마련해도 좋은 것은 물론이다.

<51> Z틸트 스테이지(52)(기관 스테이지 PST)상에는 오목부(50)가 마련되어 있고, 기관 홀더 PH는 오목부(50)에 배치되어 있다. 그리고, Z 틸트 스테이지(52)의 오목부(50)의 주위의 상면(51)은 기관 홀더 PH에 유지된 기관 P의 표면과 대략 동일한 높이(면 일치)로 되는 바와 같은 평탄면으로 되어 있다. 기관 스테이지 PST의 상면(51)은 액체 LQ에 대해 발액성(撥液性)을 갖고 있다. 기관 P의 주위에 기관 P의 표면과 대략 면 일치의 상면(51)을 마련했으므로, 기관 P의 표면의 주연 영역을 액침 노광할 때에 있어서도 투영 광학계 PL의 상면측의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 계속해서 채울 수 있어, 액침 영역 LR을 양호하게 형성할 수 있다. 또, 투영 광학계 PL의 상면측의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 계속해서 채울 수 있으면, 기관 홀더 PH에 유지된 기관 P의 표면과 기관 스테이지 PST의 상면(51)의 사이에 단차가 있어도 상관없다.

<52> Z 틸트 스테이지(52)의 측면에는 이동 미러(43)가 마련되어 있다. 또한, 이동 미러(43)에 대항하는 위치에는 레이저 간섭계(44)가 마련되어 있다. 기관 스테이지 PST상의 기관 P의 2차원 방향의 위치, 및 회전각은 레이저 간섭계(44)에 의해 실시간으로 계측되며, 계측 결과는 제어 장치 CONT로 출력된다. 제어 장치 CONT는 레이저 간섭계(44)의 계측 결과에 의거해서, 레이저 간섭계(44)로 규정되는 2차원 좌표계 내에서, 기관 스테이지 구동 기구 PSTD(XY 구동 기구(56))를 거쳐서 XY스테이지(53)를 구동함으로써 기관 스테이지 PST에 지지되어 있는 기관 P의 X축 방향 및 Y축 방향에 있어서의 위치 결정을 실행한다.

<53> 또한, 노광 장치 EX는 기관 P의 표면의 면 위치 정보를 검출하는 포커스 검출계(도시하지 않음)를 갖고 있다. 포커스 검출계는 투광부와 수광부를 가지며, 투광부로부터 기관 P의 표면(노광면)에 비스듬한 방향으로부터 검출광을 투사함과 동시에, 그 기관 P로부터의 반사광을 수광부에서 수광하는 것에 의해서, 기관 P의 표면의 면 위치 정보를 검출한다. 제어 장치 CONT는 포커스 검출계의 동작을 제어함과 동시에, 수광부의 수광 결과에 의거해서, 투영 광학계 PL의 상면에 대한 기관 P의 표면의 위치를 검출한다.

<54> 제어 장치 CONT는 기관 스테이지 구동 기구 PSTD(Z 구동 기구(58))를 거쳐서 기관 스테이지 PST의 Z 틸트 스테이지(52)를 구동하는 것에 의해, Z틸트 스테이지(52)에 유지되어 있는 기관 P의 Z축 방향에 있어서의 위치(포커스 위치), 및 θX , θY 방향에 있어서의 위치를 제어한다. 즉, Z 틸트 스테이지(52)는 포커스 검출계의 검출 결과에 의거하는 제어 장치 CONT로부터의 지령에 의거해서 동작하며, 기관 P의 포커스 위치(Z 위치) 및 경사각(θX , θY)을 제어해서, 기관 P의 표면(노광면)을 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 상면에 맞추어 넣는다.

<55> 투영 광학계 PL의 선단 근방에는 기관 P상의 얼라이먼트 마크 혹은 Z 틸트 스테이지(52)상에 마련된 기준 부재상의 제 1 기준 마크를 검출하는 기관 얼라이먼트계(350)가 마련되어 있다. 또 본 실시예의 기관 얼라이먼트계(350)에서는 예를 들면 일본 특허 공개 공보 평성4-65603호(대응 미국 특허 공보 제5,493,403호)에 개시되어 있는 바와 같은, 기관 스테이지 PST를 정지시켜 마크상에 할로젠 램프로부터의 백색광 등의 조명광을 조사해서, 얻어진 마크의 화상을 촬상 소자에 의해 소정의 촬상 시야 내에서 촬상하고, 화상 처리에 의해서 마크의 위치를 계측하는 FIA(필드 이미지 얼라이먼트) 방식이 채용되고 있다.

<56> 또한, 마스크 스테이지 MST의 근방에는 마스크 M과 투영 광학계 PL을 거쳐서 Z 틸트 스테이지(52)상에 마련된

기준 부재상의 제 2 기준 마크를 검출하는 마스크 얼라이먼트계(360)가 마련되어 있다. 또 본 실시예의 마스크 얼라이먼트계(360)에서는 예를 들면 일본 특허 공개 공보 평성7-176468호에 개시되어 있는 바와 같은 마크에 대해 광을 조사하고, CCD 카메라 등으로 촬상한 마크의 화상 데이터를 화상 처리해서 마크 위치를 검출하는 VRA(비주얼 레티클 얼라이먼트) 방식이 채용되고 있다.

- <57> 다음에, 액침 기구(1)의 액체 공급 기구(10) 및 액체 회수 기구(20)에 대해서 설명한다. 액체 공급 기구(10)는 액체 LQ를 투영 광학계 PL의 상면측에 공급하기 위한 것으로서, 액체 LQ를 송출 가능한 액체 공급부(11)와, 액체 공급부(11)에 그 제 1 단부를 접속하는 공급관(13)을 구비하고 있다. 공급관(13)의 제 2 단부는 노즐 부재(70)에 접속되어 있다. 노즐 부재(70)의 내부에는 공급관(13)의 제 2 단부와 공급구(12)를 접속하는 내부 유로(공급 유로)가 형성되어 있다. 액체 공급부(11)는 액체 LQ를 수용하는 탱크, 가압 펌프, 공급하는 액체 LQ의 온도를 조정하는 온도 조정 기구, 및 액체 LQ 내의 이물을 제거하는 필터 유닛 등을 구비하고 있다. 액체 공급부(11)의 액체 공급 동작은 제어 장치 CONT에 의해 제어된다. 또, 액체 공급 기구(10)의 탱크, 가압 펌프, 온도 조정 기구, 필터 유닛 등은 그 모두를 노광 장치 EX가 구비하고 있을 필요는 없으며, 노광 장치 EX가 설치되는 공장 등의 설비를 대응해도 좋다.
- <58> 액체 회수 기구(20)는 투영 광학계 PL의 상면측의 액체 LQ를 회수하기 위한 것으로서, 액체 LQ를 회수 가능한 액체 회수부(21)와, 액체 회수부(21)에 그 제 1 단부를 접속하는 회수관(23)을 구비하고 있다. 회수관(23)의 제 2 단부는 노즐 부재(70)에 접속되어 있다. 노즐 부재(70)의 내부에는 회수관(23)의 제 2 단부와 회수구(22)를 접속하는 내부 유로(회수 유로)가 형성되어 있다. 액체 회수부(21)는 예를 들면 진공 펌프 등의 진공계(흡인 장치), 회수된 액체 LQ와 기체를 분리하는 기액 분리기, 및 회수한 액체 LQ를 수용하는 탱크 등을 구비하고 있다. 또, 액체 회수 기구(20)의 진공계, 기액 분리기, 탱크 등은 그 모두를 노광 장치 EX가 구비하고 있을 필요는 없으며, 노광 장치 EX가 설치되는 공장 등의 설비를 대응해도 좋다.
- <59> 도 2는 투영 광학계 PL과 기관 P의 사이에 액체 LQ가 유지되어 있는 상태를 나타내는 도면이다. 액체 LQ를 공급하는 공급구(12) 및 액체 LQ를 회수하는 회수구(22)는 노즐 부재(70)의 하면(70A)에 형성되어 있다. 노즐 부재(70)의 하면(70A)은 기관 P의 표면(기관 스테이지 PST의 상면(51))과 대향하는 위치에 마련되어 있다. 노즐 부재(70)는 제 1 광학 소자 LS1의 측면을 둘러싸도록 마련된 환 형상 부재로서, 공급구(12)는 노즐 부재(70)의 하면(70A)에 있어서, 투영 광학계 PL의 제 1 광학 소자 LS1(투영 광학계 PL의 광축 AX)을 둘러싸도록 복수 마련되어 있다. 또한, 회수구(22)는 노즐 부재(70)의 하면(70A)에 있어서, 제 1 광학 소자 LS1에 대해 공급구(12)보다도 외측으로 떨어져 마련되어 있고, 제 1 광학 소자 LS1 및 공급구(12)를 둘러싸도록 마련되어 있다.
- <60> 또, 공급구(12)는 제 1 광학 소자 LS1의 측면과 대향하는 노즐 부재(70)의 내측면에 마련해도 좋다. 또한, 도 1에 있어서는 제 1 광학 소자 LS1의 하면과 노즐 부재(70)의 하면이 대략 면 일치로 되어 있지만, 단차가 있어도 좋다.
- <61> 또한, 노즐 부재(70) 중, 액침 영역 LR의 액체 LQ와 접촉하는 위치에는 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 검출할 수 있는 압력 센서(80)가 마련되어 있다. 본 실시예에 있어서는 압력 센서(80)는 노즐 부재(70)의 하면(70A)에 마련되어 있다.
- <62> 도 2에 도시하는 바와 같이, 기관 P는 반도체 웨이퍼(실리콘 웨이퍼) 등의 기재 W의 표면(상면)에 감광재(레지스트)로 이루어지는 막 F를 피복한 것으로서, 액침 영역 LR의 액체 LQ는 기관 P의 막 F와 접촉한다. 즉, 기관 P의 막 F가 액침 영역 LR의 액체 LQ와 접촉하는 액체 접촉면으로 된다. 또 기관 P에 의해서는 기재 W의 표면에 피복된 감광재를 덮는 제 2 막이 더 형성되는 경우도 있다. 이 제 2 막은 탑코트막이라 불리우며, 감광재를 보호하기 위해 마련된다. 기관 P가 제 2 막을 갖고 있는 경우에는 제 2 막이 액체 접촉면으로 된다.
- <63> 액체 LQ의 액침 영역 LR을 형성할 때, 제어 장치 CONT는 액체 공급부(11) 및 액체 회수부(21)의 각각을 동작시킨다. 제어 장치 CONT의 제어하에서 액체 공급부(11)로부터 액체 LQ가 송출되면, 그 액체 공급부(11)로부터 송출된 액체 LQ는 공급관(13)을 흐른 후, 노즐 부재(70)의 공급 유로를 거쳐서, 공급구(12)로부터 투영 광학계 PL의 상면측에 공급된다. 또한, 제어 장치 CONT하에서 액체 회수부(21)가 동작하면, 투영 광학계 PL의 상면측의 액체 LQ는 회수구(22)를 거쳐서 노즐 부재(70)의 회수 유로에 유입되며, 회수관(23)을 흐른 후, 액체 회수부(21)에 회수된다.
- <64> 기관 P를 액침 노광할 때에는 제어 장치 CONT는 액침 기구(1)를 사용해서 투영 광학계 PL과 기관 홀더 PH에 유지되어 있는 기관 P의 사이의 노광광 EL의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채우고, 투영 광학계 PL(광로 공간 K1)에 대해 기관 P를 이동시키면서, 투영 광학계 PL과 액체 LQ를 거쳐서 기관 P상에 노광광 EL을 조사한다.

- <65> 다음에, 공간 상 계측 장치(60)에 대해서 설명한다. 도 1에 있어서, 공간 상 계측 장치(60)는 투영 광학계 PL의 결상 특성(광학 특성)의 계측에 이용되는 것으로서, Z 틸트 스테이지(52)에 마련되어 있는 슬릿판(65)과, Z 틸트 스테이지(52)의 내부 공간(52K)에 있어서 슬릿판(65)에 가까운 위치에 배치된 제 1 광학 소자(66)와, 제 1 광학 소자(66)를 통과한 광의 광로를 절곡(折曲) 미러(67)와, 미러(67)로부터의 광이 입사되는 제 2 광학 소자(68)와, 제 2 광학 소자(68)를 통과한 광을 Z 틸트 스테이지(52) 외부로 송출하는 제 3 광학 소자(69)와, Z 틸트 스테이지(52) 외부에 마련되고 제 3 광학 소자(69)로부터의 광의 광로를 접어 구부리는 미러(71)와, 미러(71)로부터의 광을 받는 제 4 광학 소자(72)와, 제 4 광학 소자(72)를 통과한 광을 수광하는 광전 변환 소자로 이루어지는 수광 소자(광 센서)(73)를 구비하고 있다. 슬릿판(65)을 통과한 광을 수광 소자(73)로 인도하는 광학계(74)는 제 1 광학 소자(66), 미러(67), 제 2 광학 소자(68), 제 3 광학 소자(69), 미러(71) 및 제 4 광학 소자(72)를 포함한다. 수광 소자(73)에는 미약한 광을 정밀도 좋게 검출 가능한 광전 변환 소자, 예를 들면 포토 멀티플라이어(Multiplier) 튜브(PMT, 광전자 증배관) 등이 이용된다. 수광 소자(73)는 슬릿판(65) 및 광학계(74)를 거쳐서 투영 광학계 PL을 통과한 광(노광광 EL)을 수광한다. 수광 소자(73)로부터의 광전 변환 신호는 신호 처리 장치 등을 거쳐서 제어 장치 CONT로 인도된다.
- <66> 또한, 슬릿판(65)의 상면(표면)은 기관 스테이지 PST에 유지된 기관 P의 표면, 및 기관 스테이지 PST(Z 틸트 스테이지(52))의 상면(51)과 대략 동일한 높이(면 일치)에 마련되어 있다.
- <67> 또, 공간 상 계측 장치(60)의 구체적인 구성 및 그 계측 동작은 예를 들면 일본 특허 공개 공보 제2002-14005호, 혹은 일본 특허 공개 공보 제2002-198303호에 개시되어 있는 것을 이용할 수 있다.
- <68> 도 3은 투영 광학계 PL과 슬릿판(65)의 사이에 액체 LQ가 유지되어 있는 상태를 나타내는 도면이다. 슬릿판(65)은 평면에서 보아 장방 형상의 유리판 부재(64)의 상면 중앙부에 마련된 크롬 등으로 이루어지는 차광막(62)과, 그 차광막(62)의 주위, 즉 유리판 부재(64)의 상면의 차광막(62) 이외의 부분에 마련된 알루미늄 등으로 이루어지는 반사막(63)과, 차광막(62)의 일부에 형성된 개구 패턴(광투과부)인 슬릿부(61)를 구비하고 있다. 슬릿부(61)에 있어서는 투명 부재인 유리판 부재(64)가 노출되어 있으며, 광은 슬릿부(61)를 투과할 수 있다. 또한, 슬릿부(61)는 차광막(62)의 일부에 오목부를 형성하고 있다. 유리판 부재(64)의 형성 재료로서는 ArF 엑시머 레이저광 혹은 KrF 엑시머 레이저광에 대한 투과성이 양호한 합성 석영 혹은 형석 등이 이용된다. 슬릿부(61)는 차광막(62)을 예를 들면 에칭 처리함으로써 형성 가능하다. 또, 슬릿부(61)를 형성하는 오목부와 차광막(62)을 광투과성의 재료(예를 들면 SiO₂ 등)로 피복하도록 해도 좋다.
- <69> 도 3에 도시하는 바와 같이, Z 틸트 스테이지(52)의 상면(51)의 일부에는 개구부(51K)가 형성되어 있고, 슬릿판(65)은 개구부(51K)에 끼워 넣어져 있다. 또한, Z 틸트 스테이지(52)의 내부에는 개구부(51K)에 접촉하는 내부 공간(52K)이 형성되어 있으며, 공간 상 계측 장치(60)의 광학계(74)의 일부는 내부 공간(52K)에 배치되어 있다. 광학계(74)의 일부를 구성하는 제 1 광학 소자(66)는 Z 틸트 스테이지(52)의 내부 공간(52K)에 있어서 슬릿부(61)의 아래쪽에 유리판 부재(64)와 일체적으로 배치되어 있다. 따라서, 액침용의 투영 광학계 PL의 개구수 NA가 1이상인 경우에도 투영 광학계 PL로부터의 광을, 기체 부분을 통과하는 일 없이, 액체 LQ, 슬릿부(61), 및 유리판 부재(64)를 거쳐서 제 1 광학 소자(66)에 입사시킬 수 있다. 투영 광학계 PL과 슬릿판(65)의 사이를 액체 LQ로 채운 경우, 투영 광학계의 개구수 NA가 향상하기 때문에, 투영 광학계 PL의 개구수 NA에 따라서, 공간 상 계측 장치(60)의 제 1 광학 소자(66)의 개구수 NA도 향상시키지 않으면, 제 1 광학 소자(66)는 투영 광학계 PL을 통과한 광을 양호하게(모두) 취입할 수 없을 가능성이 있다. 본 실시예에 있어서는 슬릿판(65)의 슬릿부(61)를 통과한 광이 기체공간을 통과하지 않도록 제 1 광학 소자(66)를 배치하고 있으므로, 제 1 광학 소자(66)는 투영 광학계 PL로부터의 광을 액체를 거쳐서 양호하게 취입할 수 있다.
- <70> 본 실시예에 있어서, 차광막(62)의 일부에 형성된 슬릿부(61)는 Y축 방향을 긴쪽 방향으로 하는 직사각형 형상(장방 형상)의 라인 패턴으로서, 소정폭을 가지며, 소정 길이를 갖고 있다. 또, 슬릿부는 라인 패턴에 한정되지 않으며, 라인 패턴의 수, 형상, 크기 등은 공간 상 계측 장치(60)에 의한 계측 내용에 따라서 적절하게 변경할 수 있다.
- <71> 여기서, 본 실시예에 있어서는 슬릿판(65)의 상면은 차광막(62)의 상면 및 반사막(63)의 상면을 포함한다. 따라서, 차광막(62)의 상면과, 반사막(63)의 상면과, 기관 스테이지 PST의 상면(51)이 대략 면 일치로 되어 있고, 공간 상 계측 장치(60)의 슬릿부(61)는 기관 스테이지 PST의 상면(51) 및 슬릿판(65)의 상면을 포함하는 소정면 내에 형성되어 있다.
- <72> 또한, 액침 영역 LR의 액체 LQ는 슬릿판(65)의 차광막(62) 및 반사막(63) 등과 접촉한다. 즉, 슬릿판(65)의 차

광막(62) 등이 액침 영역 LR의 액체 LQ와 접촉하는 액체 접촉면이다.

- <73> 도 4는 기관 P를 유지하고 있는 기관 스테이지 PST(Z 틸트 스테이지(52))를 위쪽에서 본 평면도이다. 기관 스테이지 PST(Z 틸트 스테이지(52))상의, 기관 P 근방의 소정 위치에는 상술한 바와 같은 공간 상 계측 장치(60)의 슬릿부(61)를 갖는 슬릿판(65)이 마련되어 있다.
- <74> 또한, 기관 스테이지 PST상의 기관 P 근방의 소정 위치에는 기준 부재(300)가 배치되어 있다. 기준 부재(300)에는 기관 얼라이먼트계(350)에 의해 검출되는 제 1 기준 마크 PFM과, 마스크 얼라이먼트계(360)에 의해 검출되는 제 2 기준 마크 MF이 소정의 위치 관계로 마련되어 있다. 기준 부재(300)의 상면(300A)은 대략 평탄면으로 되어 있으며, 기관 스테이지 PST에 유지된 기관 P의 표면, 및 기관 스테이지 PST(Z 틸트 스테이지(52))의 상면(51)과 대략 동일한 높이(면 일치)에 마련되어 있다. 기준 부재(300)의 상면(300A)은 포커스 검출계의 기준면으로서의 역할도 할 수 있다.
- <75> 또한, 기관 스테이지 PST상의, 기관 P 근방의 소정 위치에는 예를 들면 일본 특허 공개 공보 소화57-117238호(대응 미국 특허 공보 제4,465,368호)에 개시되어 있는 바와 같은 조도 불균일 센서(400)의 일부를 구성하는 상부판(401)이 배치되어 있다. 상부판(401)의 상면(401A)은 대략 평탄면으로 되어 있으며, 기관 스테이지 PST에 유지된 기관 P의 표면, 및 기관 스테이지 PST의 상면(51)과 대략 동일한 높이(면 일치)에 마련되어 있다. 상부판(401)의 상면(401A)에는 광을 통과 가능한 핀홀부(470)가 마련되어 있다. 상면(401A)의 핀홀부(470)의 주위는 크롬 등의 차광막으로 덮여져 있다.
- <76> 또한, 기관 스테이지 PST상의, 기관 P 근방의 소정 위치에는 예를 들면 일본 특허 공개 공보 평성11-16816호에 개시되어 있는 바와 같은 조사량 센서(조도 센서)(600)를 구성하는 상부판(601)이 배치되어 있다. 상부판(601)의 상면(601A)도 대략 평탄면으로 되어 있으며, 기관 스테이지 PST에 유지된 기관 P의 표면, 및 기관 스테이지 PST의 상면(51)과 대략 동일한 높이(면일치)에 마련되어 있다.
- <77> 다음에, 상술한 구성을 갖는 노광 장치 EX를 이용해서 기관 P를 노광하는 방법에 대해서 도 5의 흐름도를 참조하면서 설명한다.
- <78> 기관 P의 노광을 실행하기 전에, 제어 장치 CONT는 디바이스를 제조하기 위한 기관 P와는 별도의 테스트 노광용의 테스트 기관 Pt에 대한 테스트 노광을 실행하고, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력과, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성을 최적으로 하기 위한 투영 광학계 PL의 결상 특성에 관한 보정량의 관계를 도출한다(단계 SA1).
- <79> 구체적으로는, 제어 장치 CONT는 투영 광학계 PL과 기관 홀더 PH에 유지된 테스트 기관 Pt의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채워 테스트 기관 Pt상에 액침 영역 LR를 형성함과 동시에, 그 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 변화시키면서, 테스트 기관 Pt에 대한 테스트 노광을 실행한다. 테스트 기관 Pt는 디바이스를 제조하기 위한 기관 P와 대략 동일한 것으로서, 테스트 기관 Pt의 기재 W상에는 감광재 혹은 탐코트막으로 이루어지는 막 F가 피복되어 있다. 테스트 기관 Pt를 노광할 때, 마스크 스테이지 MST에는 테스트 패턴을 가진 테스트 마스크가 유지된다. 테스트 기관 Pt를 노광하고 있을 때의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력은 압력 센서(80)에 검출되어 있으며, 압력 센서(80)의 검출 결과는 제어 장치 CONT로 출력된다.
- <80> 제어 장치 CONT는 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에서 복수의 테스트 기관 Pt를 순차 노광한다. 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에서 테스트 노광된 테스트 기관 Pt는 현상 처리되고, 그 테스트 기관 Pt에 형성된 패턴 형상이 소정의 패턴 형상 계측 장치에 의해서 계측된다. 제어 장치 CONT는 테스트 노광이 실행되었을 때의 액체 LQ의 압력(압력 센서(80)의 검출 결과)과, 그 압력하에서 노광된 테스트 기관 Pt상에 형성된 패턴 형상(패턴 형상 계측 장치의 계측 결과)에 따라서, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력 변화와, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 상의 변동량의 관계를 도출할 수 있다. 제어 장치 CONT는 이 결과에 의거해서, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력 변화와, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성을 최적으로 하기 위한 투영 광학계 PL의 결상 특성의 보정량의 관계(관계식, 테이블 데이터, 맵 데이터 등)를 도출할 수 있다.
- <81> 여기서, 테스트 기관 Pt를 노광할 때의 액체 LQ의 압력을 변화시키는 방법을 설명한다.
- <82> 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력은 제 1 광학 소자 LS1과 대향해서 배치되고, 액체 LQ에 접촉하는 물체의 액체 접촉면의 액체 LQ와의 접촉각에 따라서 변화한다. 예를 들면, 물체의 액체 접촉면의 액체 LQ와의 접촉각이 큰 경우, 바꾸어 말하면, 물체의 액체 접촉면이 발액성인 경우, 그 물체에 접촉하는 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력은 높아지기 쉽다. 한편, 물체의 액체 접촉면의 액체 LQ와의 접촉각이 작은 경우, 바꾸어 말하면, 물

체의 액체 접촉면이 친액성인 경우, 그 물체에 접촉하는 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력은 낮아지기 쉽다. 따라서, 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 변화시키면서 테스트 노광을 실행하기 위해, 액체 LQ와의 접촉각이 서로 다른 막(액체 접촉면) F를 갖는 복수의 테스트 기관 Pt의 각각을 액침 노광하면 좋다. 이 경우, 테스트 기관 Pt의 액체 접촉면을 형성하는 막은 감광제(레지스트)라도 좋고, 감광제의 보호 등에 사용되는 보호막(탑코트막)이어도 좋다.

- <83> 또한, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력은 그 액체 LQ에 접촉하는 물체의 이동 속도에 의해서도 변화된다. 따라서, 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 변화시키면서 테스트 노광을 실행하기 위해, 광로 공간 K1에 채워진 액체 LQ에 대한 테스트 기관 Pt의 이동 속도(스캔 속도)를 바꾸면서 액침 노광해도 좋다.
- <84> 또한, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력은 액체 공급량 및 액체 회수량의 적어도 한쪽을 조정하는 것에 의해서도 변화된다. 따라서, 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 변화시키면서 테스트 노광을 실행하기 위해, 액체 공급 기구(10)에 의한 액체 공급량과 액체 회수 기구(20)에 의한 액체 회수량의 적어도 한쪽을 바꾸면서 액침 노광해도 좋다.
- <85> 또, 본 실시예에 있어서는 복수의 테스트 기관 Pt를 액체 LQ의 압력 조건을 바꾸어서 노광하고 있지만, 하나의 테스트 기관 Pt상의 복수의 다른 영역을 액체 LQ의 압력 조건을 바꾸어서 노광하도록 해도 좋다.
- <86> 이렇게 해서, 제어 장치 CONT는 액체 LQ의 압력 변화와, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 결상 특성을 최적으로 하기 위한 투영 광학계 PL의 결상 특성에 관한 보정량의 관계를 도출하고, 기억 장치 MR에 기억시킨다(단계 SA2).
- <87> 다음에, 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)를 이용해서, 노광 조건으로서 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 계측을 실행한다(단계 SA3). 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측을 실행할 때, 마스크 스테이지 MST에는 공간 상 계측용 패턴이 형성된 계측용 마스크가 유지된다. 또, 계측용 마스크를 사용하지 않고, 마스크 스테이지 MST의 일부에 마련된 계측용의 패턴을 사용해도 좋다. 또한, 기관 스테이지 PST(기관 홀더 PH)상에는 디바이스를 형성하기 위한 기관 P가 미리 유지(로드)되어 있다.
- <88> 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서는 제어 장치 CONT는 액침 기구(1)를 이용해서 투영 광학계 PL(제 1 광학 소자 LS1)과 슬릿판(65)의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채우고, 슬릿판(65)상에 액체 LQ의 액침 영역 LR을 형성한다. 즉, 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서는 액체 LQ는 투영 광학계 PL(제 1 광학 소자 LS1)과 슬릿판(65)의 사이에 유지된다. 액침 기구(1)는 슬릿부(61)가 액체 LQ로 덮여지도록 슬릿판(65)상에 액침 영역 LR을 형성한다.
- <89> 제 1 광학 소자 LS1과 슬릿판(65)의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채운 상태에서, 제어 장치 CONT는 조명 광학계 IL로부터 노광광 EL을 사출한다. 노광광 EL은 계측용 마스크, 투영 광학계 PL 및, 액침 영역 LR의 액체 LQ를 통과한 후, 슬릿판(65)에 조사된다. 슬릿판(65)의 슬릿부(61)를 통과한 광은 광학계(74)의 제 1 광학 소자(66)에 입사된다.
- <90> 제 1 광학 소자(66)에서 집광된 광은 이 제 1 광학 소자(66)를 포함하는 광학계(74)에 의해서 수광 소자(73)로 인도된다. 이와 같이, 공간 상 계측 장치(60)의 수광 소자(73)는 투영 광학계 PL, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ, 및 슬릿부(61)를 거쳐서 노광광 EL을 수광한다. 수광 소자(73)는 수광량에 따른 광전 변환 신호(광량 신호)를 신호 처리 장치를 거쳐서 제어 장치 CONT로 출력한다. 제어 장치 CONT는 수광 소자(73)의 수광 결과에 의거해서 소정의 연산 처리를 실행하고, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성을 구한다.
- <91> 또한, 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 사용해서 검출하고 있다. 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력 정보(압력 센서(80)의 검출 결과)를 기억 장치 MR에 기억시킨다.
- <92> 다음에, 제어 장치 CONT는 기관 스테이지 PST를 XY 방향으로 이동시키고, 투영 광학계 PL의 상면측에 형성되어 있는 액체 LQ의 액침 영역 LR을 슬릿판(65)상으로부터 조도 불균일 센서(400)의 상부판(401)상으로 이동시킨다. 그리고, 제어 장치 CONT는 투영 광학계 PL 및 액침 영역 LR의 액체 LQ를 거쳐서 상부판(401)에 노광광 EL을 조사하여, 조도 불균일 센서(400)를 사용해서 투영 영역 AR에 있어서의 노광광 EL의 조도 불균일을 구한다. 또한, 조도 불균일 센서(400)에 의한 계측 처리가 완료된 후, 제어 장치 CONT는 기관 스테이지 PST를 XY 방향으로 이동시키고, 투영 광학계 PL의 상면측에 형성되어 있는 액체 LQ의 액침 영역 LR을 조사량 센서(600)의 상판(601)상으로 이동시킨다. 그리고, 제어 장치 CONT는 투영 광학계 PL 및 액침 영역 LR의 액체 LQ를 거쳐서 상부판(601)에 노광광 EL을 조사하고, 조사량 센서(600)를 사용해서 노광광 EL의 조도를 구한다. 또한, 조사량 센

서(600)에 의한 계측 처리가 완료된 후, 제어 장치 CONT는 기관 스테이지 PST를 XY 방향으로 이동시키고, 투영 광학계 PL의 상면측에 형성되어 있는 액체 LQ의 액침 영역 LR을 기준 부재(300)상으로 이동시킨다. 그리고, 제어 장치 CONT는 마스크 얼라이먼트계(360)를 사용해서, 투영 광학계 PL 및 액침 영역 LR의 액체 LQ를 거쳐서 기준 마크 MFM을 계측한다. 또한, 제어 장치 CONT는 기관 얼라이먼트계(350)를 사용해서 기준 마크 PFM을 계측하고, 기관 얼라이먼트계(350)의 검출 기준 위치와 패턴 상의 투영 위치의 위치 관계(베이스 라인량)를, 기관 P를 노광하기 전에 미리 구해 둔다.

<93> 또 여기서는 공간 상 계측 장치(60)의 슬릿판(65)상, 조도 불균일 센서(400)의 상부판(401)상, 조사량 센서(600)의 상부판(601)상, 및 기준 부재(300)상의 순으로 액체 LQ의 액침 영역 AR2를 이동시켜 계측 처리를 순차 실행하도록 설명했지만, 계측하는 순서는 상술한 순서에 한정되지 않으며, 임의로 설정 가능하다. 또한, 공간 상 계측 장치(60), 조도 불균일 센서(400), 조사량 센서(600), 기준 부재(300)의 일부만의 계측 동작을 실행할 수도 있고, 일부의 계측 동작을 액체 LQ의 액침 영역 LR을 형성하지 않고 실행해도 좋다.

<94> 그리고, 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)를 사용한 계측 처리, 조도 불균일 센서(400), 혹은 조사량 센서(600)를 사용한 계측 처리에 의거해서, 기관 P를 액침 노광할 때의 노광 조건으로서, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 결상 특성을 결정한다(단계 SA4). 구체적으로는 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거해서, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 결상 특성을 조정하기 위한 결상 특성 조정 장치 LC의 구동량(보정량)을 결정한다.

<95> 다음에, 제어 장치 CONT는 디바이스를 제조하기 위한 기관 P를 노광하기 위해, 기관 스테이지 PST를 XY 방향으로 이동시키고, 투영 광학계 PL의 상면측에 형성되어 있는 액체 LQ의 액침 영역 LR을 기관 P상으로 이동시킨다. 이것에 의해, 기관 P의 노광시에 있어서는 액체 LQ는 투영 광학계 PL(제 1 광학 소자 LS1)과 기관 P의 사이에 유지된다. 디바이스 제조를 위해 기관 P를 노광할 때에는 당연한 일이지만, 마스크 스테이지 MST에는 디바이스를 형성하기 위한 마스크 M이 유지된다.

<96> 액체 LQ의 액침 영역 LR을 기관 P상으로 이동시키고, 투영 광학계 PL과 기관 P의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채운 상태에서, 제어 장치 CONT는 조명 광학계 IL로부터 노광광 EL을 사출하여 마스크 M을 노광광 EL로 조명하고, 투영 광학계 PL과 기관 P상에 형성된 액침 영역 LR의 액체 LQ를 거쳐서 기관 P상에 마스크 M의 패턴 상을 투영한다. 상술한 바와 같이, 본 실시예의 노광 장치 EX는 소위 스캐닝 스테퍼이기 때문에, 제어 장치 CONT는 광로 공간 K1에 채워진 액체 LQ에 대해 기관 P를 이동시키면서 기관 P를 노광한다.

<97> 여기서, 상술한 바와 같이, 액침 영역 LR를 형성하는 액체 LQ의 압력은 그 액체 LQ에 접촉하는 물체의 액체 접촉면의 액체 LQ와의 접촉각에 따라서 변화한다. 따라서, 슬릿판(65)의 표면(액체 접촉면)의 액체 LQ와의 접촉각과, 기관 P의 표면(액체 접촉면)의 액체 LQ와의 접촉각이 다른 경우, 슬릿판(65)상에 형성된 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력과, 기관 P상에 형성된 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력이 서로 다른 경우가 있다. 즉, 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력과, 기관 P의 노광시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력이 서로 다를 가능성이 있다. 이와 같이, 슬릿판(65)의 표면 및 기관 P의 표면 각각의 액체 LQ와의 접촉각의 차이에 기인해서, 공간 상 계측 장치(60)를 사용한 계측시의 액체 LQ와 기관 P의 노광시의 액체 LQ에 압력차가 발생할 가능성이 있다.

<98> 액체 LQ의 압력에 의해서, 노광광 EL이 통과하는 제 1 광학 소자 LS1이 변동하거나 변형될 가능성이 있고, 액체 LQ의 압력의 값에 의해서, 그 제 1 광학 소자 LS1의 변동량 혹은 변형량이 변화될 가능성이 있다. 제 1 광학 소자 LS1의 변동 및/또는 변형은 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성을 변화시키기 때문에, 단계 SA4에 있어서 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거해서 결상 특성 조정 장치 LC를 이용하여 투영 광학계 PL의 결상 특성을 조정해도, 기관 P의 노광시에는 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 결상 상태가 최적으로 되지 않을 가능성이 있다.

<99> 그래서, 제어 장치 CONT는 기관 P의 노광시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 이용해서 검출하고, 그 압력 검출 결과로부터 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차를 도출한다. 단계 SA3에 있어서, 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시의 액체 LQ의 압력은 압력 센서(80)에 의해서 검출되어 있기 때문에, 제어 장치 CONT는 단계 SA3에서 검출한 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력과, 기관 P의 노광시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력에 의거해서, 공간 상 계측 장치(60)를 사용한 계측시와 기관 P의 노광시의 액체 LQ의 압력차를 구할 수 있다.

<100> 또한, 단계 SA2에 있어서, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력 변화에 따른 투영 광학계 PL의 결상 특성에

관한 보정량이 미리 기억되어 있기 때문에, 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)에 의해 계측된 계측 결과와, 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차에 의거해서, 결상 특성 조정 장치 LC를 제어하는 것에 의해, 최적의 결상 상태에서 기관 P에 패턴 상을 투영할 수 있다. 즉, 제어 장치 CONT는 단계 SA4의 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거해서 결정된 투영 광학계 PL의 결상 특성(그 결상 특성을 얻기 위한 결상 특성 조정 장치 LC의 보정량)을 계측시와 노광시의 압력차에 의거해서 보정하고, 그 보정된 결상 특성하에서 기관 P를 노광한다(단계 SA5).

<101> 또, 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력은 그 액체 LQ에 접촉하는 물체의 이동 속도에 따라서도 변화한다. 따라서, 공간 상 계측 장치(60)를 사용한 계측시에 있어서의 광로 공간 K1의 액체 LQ에 대한 슬릿판(65)의 이동 상태와, 기관 P의 노광시에 있어서의 광로 공간 K1의 액체 LQ에 대한 기관 P의 이동 상태가 서로 다른 경우, 슬릿판(65)상에 형성된 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력과, 기관 P상에 형성된 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력이 서로 다를 가능성이 있다.

<102> 이 경우에도 제어 장치 CONT는 기관 P의 노광시에 있어서의 액침 영역 LR의 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 이용해서 검출하고, 그 압력 검출 결과로부터 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차를 구할 수 있다. 그리고, 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)에 의해 계측된 계측 결과와, 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차에 의거해서, 결상 특성 조정 장치 LC를 제어하는 것에 의해, 최적의 결상 상태에서 기관 P에 패턴 상을 투영할 수 있다.

<103> 이상 설명한 바와 같이, 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측시에 있어서의 액체 LQ의 압력과 기관 P의 노광시에 있어서의 액체 LQ의 압력의 사이에 차이가 있더라도, 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차 및 슬릿판(65)을 이용한 계측 결과를 고려해서 기관 P를 노광하는 것에 의해, 기관 P를 양호하게 노광할 수 있다. 기관 P의 막 F의 종류(물성)는 디바이스를 제조할 때의 각종 프로세스 조건에 따라서 여러가지 변경될 가능성이 높고, 또한 그것에 수반해서 기관 P의 액체 LQ와의 접촉각도 변화한다. 또한, 기관 P를 노광할 때의 기관 P의 이동 상태(속도 등)도 각종 프로세스 조건에 따라서 각종 변경될 가능성이 높다. 한편, 공간 상 계측 장치(60)(슬릿판(65))는 노광 장치 EX에 설치되는 것으로서, 슬릿판(65)의 액체 LQ와의 접촉각을 기관 P에 따라서 변경하는 것은 곤란하다. 본 실시예에 있어서는 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차에 주목해서, 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거하여 결정된 결상 특성(노광 조건)을, 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차에 의거해서 보정함으로써, 노광시의 액체 LQ의 압력에 따른 최적의 결상 특성을 얻을 수 있다.

<104> 또, 상술한 실시예에 있어서, 공간 상 계측 장치(60)의 계측시의 액체 LQ의 압력은 변동이 적으므로(재현성이 높으므로), 공간 상 계측 장치(60)의 계측시의 액체 LQ의 압력을 기준 압력으로 해서, 상술한 단계 SA1에 있어서, 그 기준압력에 대한 압력 변화와 결상 특성의 변동량의 관계를 구하고, 단계 SA2에 있어서, 그 기준 압력에 대한 압력 변화와 결상 특성의 보정량의 관계를 기억 장치 MRY에 기억시키도록 해도 좋다.

<105> 또한, 본 실시예에 있어서는 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 이용해서 검출하고, 압력 센서(80)의 검출 결과에 의거해서, 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차에 기인하는 노광 오차를 저감하도록, 투영 광학계 PL의 결상 특성을 결상 특성 조정 장치 LC를 이용해서 조정하면서 기관 P를 노광하고 있지만, 예를 들면, 기관 P에 노광광 EL을 조사하기 전에, 광로 공간 K1에 채워진 액체 LQ에 대해 기관 P(혹은 기관 P와 동일한 막이 표면에 형성된 계측용의 기관)를 이동시키면서 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 이용해서 검출하고, 그 검출 결과에 의거해서, 단계 SA4에서 결정된 결상 특성을 보정하기 위한 보정량을 도출하도록 해도 좋다. 이 경우, 기관 P에 노광광 EL을 조사해서 기관 P를 노광할 때에 있어서는 압력 센서(80)를 이용하지 않고, 투영 광학계 PL의 결상 특성을 결상 특성 조정 장치 LC를 이용해서 조정하여, 기관 P에 노광광 EL을 조사할 수 있다.

<106> 또한, 액체 LQ의 압력을 이미 알고 있는 경우에는 제어 장치 CONT는 압력 센서(80)를 이용하는 일 없이, 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과와, 이미 알고 있는 계측시의 액체 LQ의 압력 정보와, 이미 알고 있는 노광시의 액체 LQ의 압력 정보에 의거해서, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 결상 상태가 최적으로 되도록, 결상 특성 조정 장치 LC의 구동량(보정량)을 도출하도록 해도 좋다.

<107> 구체적으로는, 사용하는 슬릿판(65) 및 기관 P의 액체 LQ와의 접촉각 정보를 이미 알고 있는 경우에는 그 접촉각 정보에 따른 액체 LQ의 압력 정보를 실험 및/또는 시뮬레이션으로 구할 수 있기 때문에, 슬릿판(65)의 표면 및 기관 P의 표면 각각의 액체 LQ와의 접촉각에 따라서, 결상 특성 조정 장치 LC를 사용하여, 투영 광학계 PL의 결상 특성을 조정하는 것에 의해서 원하는 패턴 상으로 기관 P를 노광할 수 있다.

<108> 마찬가지로, 슬릿판(65) 및 기관 P의 이동 정보(속도 정보 등)를 이미 알고 있는 경우에는 그 이동 정보에 따른

액체 LQ의 압력 정보를 구할 수 있기 때문에, 계측시에 있어서의 슬릿판(65)의 이동 상태와 노광시에 있어서의 기관 P의 이동 상태에 따라서, 결상 특성 조정 장치 LC를 사용해서, 투영 광학계 PL의 결상 특성을 조정하는 것에 의해서 원하는 패턴 상으로 기관 P를 노광할 수 있다.

- <109> 또, 본 실시예에 있어서는 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거해서 결정된 결상 특성을 계측시와 노광시의 액체 LQ의 압력차에 의거해서 보정하고, 그 보정된 결상 특성의 조건하에서 기관 P를 노광하고 있지만, 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과를 계측시와 노광시의 압력차에 의거해서 보정하고, 그 보정된 계측 결과에 의거해서 결정된 노광 조건(결상 특성)하에서 기관 P를 노광하도록 해도 좋다.
- <110> <제 2 실시예>
- <111> 제 2 실시예에 대해서 도 6을 참조하면서 설명한다. 본 실시예의 특징적인 부분은 노광 장치 EX가 광로 공간 K1에 채워진 액체 LQ의 압력을 조정할 수 있는 압력 조정 기구(90)를 구비하고 있는 점에 있다. 이하의 설명에 있어서 상술한 실시예와 동일 또는 동등한 구성 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이고, 그 설명을 간략 혹은 생략한다.
- <112> 도 6에 있어서, 노광 장치 EX는 광로 공간 K1에 채워진 액체 LQ의 압력을 조정할 수 있는 압력 조정 기구(90)를 구비하고 있다. 압력 조정 기구(90)는 액체 공급 기구(10)로부터 공급된 액체 LQ에 또한 액체 LQ를 추가할 수 있는 압력 조정용 액체 공급부(91)와, 액체 LQ의 일부를 회수 가능한 압력 조정용 액체 회수부(92)를 구비하고 있다. 압력 조정 기구(90)의 동작은 제어 장치 CONT에 의해 제어된다. 압력 조정용 액체 공급부(91)에는 공급관(93)의 제 1 단부가 접속되어 있고, 공급관(93)의 제 2 단부는 노즐 부재(70)의 내부에 형성되어 있는 공급유로를 거쳐서, 압력 조정용 공급구(97)에 접속되어 있다. 압력 조정용 액체 공급부(91)는 액체 LQ를 수용하는 탱크, 및 가압 펌프 등을 구비하고 있다. 압력 조정용 공급구(97)는 노즐 부재(70)의 하면(70A)에 마련되어 있으며, 광로 공간 K1에 대해 액체 공급 기구(10)의 공급구(12)보다도 가까이 배치되어 있다. 압력 조정용 액체 공급부(91)가 구동되는 것에 의해, 압력 조정용 공급구(97)를 거쳐서 액체 LQ를 공급할 수 있다.
- <113> 압력 조정용 액체 회수부(92)에는 회수관(95)의 제 1 단부가 접속되어 있고, 회수관(95)의 제 2 단부는 노즐 부재(70)의 내부에 형성되어 있는 회수유로를 거쳐서 압력 조정용 회수구(98)에 접속되어 있다. 압력 조정용 액체 회수부(92)는 예를 들면 진공 펌프 등의 진공계(흡인 장치), 회수된 액체 LQ와 기체를 분리하는 기액 분리기, 및 회수한 액체 LQ를 수용하는 탱크 등을 구비하고 있다. 압력 조정용 회수구(98)는 노즐 부재(70)의 하면(70A)에 마련되어 있으며, 광로 공간 K1에 대해 액체 공급 기구(10)의 공급구(12)보다도 가까이 배치되어 있다. 압력 조정용 액체 회수부(92)가 구동되는 것에 의해, 압력 조정용 회수구(98)를 거쳐서 액체 LQ를 회수할 수 있다.
- <114> 다음에, 기관 P를 노광하는 방법에 대해서 도 7의 흐름도를 참조하면서 설명한다. 제어 장치 CONT는 기관 P의 노광을 실행할 때, 공간 상 계측 장치(60)를 이용해서, 노광 조건으로서 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 상의 결상 특성의 계측을 실행한다(단계 SB1). 이 때, 제어 장치 CONT는 압력 조정 기구(90)를 사용해서, 투영 광학계 PL과 슬릿판(65)의 사이에 채워진 액체 LQ의 압력을 변화시키면서, 공간 상 계측 장치(60)를 이용한 계측을 실행한다. 이것에 의해, 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에 따른 결상 특성의 계측이 실행된다. 제어 장치 CONT는 공간 상 계측 장치(60)를 사용해서 계측했을 때의 액체 LQ의 압력(압력 센서(80)의 검출 결과)과, 그 압력에 대응하는 결상 특성(공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과)의 관계를 기억 장치 MR에 기억시킨다(단계 SB2).
- <115> 제어 장치 CONT는 단계 SB1에서 구한 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력과, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성의 관계에 의거해서, 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에 따른 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성을 최적으로 하기 위한 투영 광학계 PL의 결상 특성에 관한 보정량을 도출한다. 즉, 제어 장치 CONT는 액침 영역 LR을 형성하는 액체 LQ의 압력과, 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성의 관계에 의거해서, 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에 따른 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 패턴 상의 결상 상태가 최적으로 되는 바와 같은 결상 특성 조정 장치 LC의 구동량(보정량)을 도출한다. 제어 장치 CONT는 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에 따른 투영 광학계 PL 및 액체 LQ를 거친 결상 특성을 최적으로 하기 위한 투영 광학계 PL의 결상 특성에 관한 보정량에 관한 정보를 기억 장치 MR에 기억시킨다.
- <116> 다음에, 제어 장치 CONT는 기관 스테이지 PST를 XY 방향으로 이동시키고, 투영 광학계 PL의 상면측에 형성되어 있는 액체 LQ의 액침 영역 LR을 슬릿판(65)상으로부터 이동시키며, 상술한 제 1 실시예와 마찬가지로 조도 불균일 센서(400) 및/또는 조사량 센서(600)를 사용한 계측 처리, 혹은 기관 얼라이먼트계(350)의 검출 기준 위치와

패턴 상의 투영 위치의 위치 관계(베이스 라인량)를 기판 P를 노광하기 전에 미리 구해 둔다.

- <117> 다음에, 제어 장치 CONT는 디바이스를 제조하기 위한 기판 P를 노광하기 위해, 기판 스테이지 PST를 XY 방향으로 이동시키고, 투영 광학계 PL의 상면측에 형성되어 있는 액체 LQ의 액침 영역 LR을 기판 P상으로 이동시킨다. 이것에 의해, 기판 P의 노광시에 있어서는 액체 LQ는 투영 광학계 PL(제 1 광학 소자 LS1)와 기판 P의 사이에 유지된다. 디바이스 제조를 위해 기판 P를 노광할 때에는 당연한 일이지만, 마스크 스테이지 MST에는 디바이스를 형성하기 위한 마스크 M이 유지된다.
- <118> 제어 장치 CONT는 투영 광학계 PL과 기판 P의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채우고, 그 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 사용해서 검출한다(단계 SB3). 압력 센서(80)를 사용해서 액체 LQ의 압력을 검출할 때에는 제어 장치 CONT는 기판 P를 노광할 때와 동일한 조건으로, 투영 광학계 PL과 기판 P의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채운 상태에서, 광로 공간 K1에 대해 기판 P를 이동시키면서, 액체 LQ의 압력을 검출한다.
- <119> 제어 장치 CONT는 투영 광학계 PL과 기판 P의 사이의 광로 공간 K1에 채워진 액체 LQ의 압력, 즉 기판 P의 노광시의 액체 LQ에 대응하는 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거해서, 그 노광시의 액체 LQ의 압력에 최적한 결상 특성을 결정한다. 즉, 단계 SB2에 있어서, 기억 장치 MR1에는 액체 LQ의 복수의 압력 조건의 각각에 따른 결상 특성의 계측 결과가 기억되어 있다. 제어 장치 CONT는 기억 장치 MR1을 참조하는 것에 의해, 노광시의 액체 LQ의 압력에 따른 최적의 결상 특성을 구할 수 있다.
- <120> 그리고, 제어 장치 CONT는 그 구해진 결상 특성에 의거해서, 투영 광학계 PL의 결상 특성을 결상 특성 조정 장치 LC를 이용해서 조정한다. 그리고, 투영 광학계 PL과 기판 P의 사이의 광로 공간 K1을 액체 LQ로 채운 상태에서, 조명 광학계 IL로부터 노광광 EL을 사출하고, 마스크 M을 노광광 EL로 조명하며, 투영 광학계 PL과 기판 P상에 형성된 액침 영역 LR의 액체 LQ를 거쳐서 기판 P상에 마스크 M의 패턴 상을 투영한다(단계 SB4).
- <121> 이상 설명한 바와 같이, 액체 LQ의 압력을 변화시키면서 계측을 실행하고, 노광시의 액체 LQ의 압력에 대응하는 계측 결과에 의거해서 기판 P를 노광할 수 있다.
- <122> 또, 상술한 제 2 실시예에 있어서는 기판 P의 노광을 개시하기 전에 투영 광학계 PL과 기판 P의 사이의 액체 LQ의 압력을 검출하도록 하고 있지만, 기판 P의 노광 중에, 액체 LQ의 압력을 검출하고, 그 검출 결과에 의거해서 결상 특성 조정 장치 LC를 제어하도록 해도 좋다.
- <123> 또한, 본 실시예의 단계 SB3에 있어서, 노광시의 액체 LQ의 압력을 압력 센서(80)를 이용해서 검출하고 있지만, 노광시의 액체 LQ의 압력을 이미 알고 있는 경우에는 압력 센서(80)를 이용하는 일 없이, 이미 알고 있는 노광시의 액체 LQ의 압력에 대응하는 공간 상 계측 장치(60)의 계측 결과에 의거해서 기판 P를 노광할 수 있다.
- <124> 또, 상술한 각 실시예에 있어서는 액체 LQ의 압력을 노즐 부재(70)에 마련된 압력 센서(80)를 이용해서 계측하고 있지만, 액침 영역 LR의 압력 변동에 수반해서, Z 구동 기구(58)를 구성하는 예를 들면 보이스트 코일 모터의 구동 전력이 변동하기 때문에, 그 구동 전력에 의거해서, 액체 LQ의 압력을 검출하는 것도 가능하다.
- <125> 또한, 상술한 각 실시예에 있어서는 투영 광학계 PL의 결상 특성을 조정하는 결상 특성 조정 장치 LC를 제어해서, 기판 P상에 있어서의 패턴 상의 결상 상태를 조정하도록 하고 있지만, 마스크 M을 이동시키거나, 노광광 EL의 파장을 조정하도록 해도 좋다. 또한, 노광시와 계측시의 액체 LQ의 압력차가 투영 광학계 PL과 액체 LQ를 거쳐서 형성되는 상면위치에 영향을 주는 경우에는 액체 LQ의 압력차를 고려해서, Z 틸트 스테이지(52)를 제어하도록 해도 좋다.
- <126> 또, 상술한 각 실시예에 있어서는 액침 영역 LR이 형성되는 계측 부재를 갖는 계측 장치로서 공간 상 계측 장치(60)를 예로 들어 설명했지만, 예를 들면, 국제 공개 제99/60361호 팜플렛(대응 미국 특허 공보 제6,819,414호), 미국 특허 공보 제6650399호 등에 개시되어 있는 파면 수차 계측 장치에서의 계측 실행시의 액체 LQ의 압력과 기판 P의 노광시의 액체 LQ의 압력의 차를 고려해서, 패턴 상의 결상 상태를 조정하고, 기판 P를 노광하도록 해도 좋다.
- <127> 또, 상술한 실시예에 있어서는 계측 실행시의 액체 LQ의 압력과 기판 P의 노광시의 액체 LQ의 압력의 차를 고려해서, 패턴 상의 결상 상태를 조정하고, 기판 P를 노광하도록 하고 있지만, 계측 실행시의 액체 LQ의 압력과 기판 P의 노광시의 액체 LQ의 압력에 차가 발생하지 않도록 해도 좋다.
- <128> 상술한 바와 같이, 본 실시예에 있어서의 액체 LQ는 순수한 물이다. 순수한 물은 반도체 제조 공장 등에서 용이하게 대량으로 구입할 수 있음과 동시에, 기판 P상의 포토레지스트, 광학 소자(렌즈) 등에 대한 악영향이 없는 이점이 있다. 또한, 순수한 물은 환경에 대한 악영향이 없음과 동시에, 불순물의 함유량이 극히 낮기 때문

에, 기관 P의 표면, 및 투영 광학계 PL의 선단면에 마련되어 있는 광학 소자의 표면을 세정하는 작용도 기대할 수 있다. 또 공장 등으로부터 공급되는 순수한 물의 순도가 낮은 경우에는 노광 장치가 초순수 제조기를 갖도록 해도 좋다.

<129> 그리고, 파장이 193nm 정도의 노광광 EL에 대한 순수한 물(순수)의 굴절률 n은 대략 1.44 정도로 되어 있으며, 노광광 EL의 광원으로서 ArF 엑시머 레이저광(파장 193nm)을 이용한 경우, 기관 P상에서는 1/n, 즉 약 134nm으로 단파장화되어 높은 해상도가 얻어진다. 또한, 초점 심도는 공기 중에 비해 약 n배, 즉 약 1.44배로 확대되기 때문에, 공기 중에서 사용하는 경우와 동일 정도의 초점 심도를 확보할 수 있으면 좋은 경우에는 투영 광학계 PL의 개구수를 더욱 증가시킬 수 있어, 이 점에서 해상도가 향상한다.

<130> 본 실시예에서는 투영 광학계 PL의 선단에 광학 소자 LS1이 부착되어 있고, 이 렌즈에 의해 투영 광학계 PL의 광학 특성, 예를 들면 수차(구면 수차, 코머 수차 등)의 조정을 실행할 수 있다. 또, 투영 광학계 PL의 선단에 부착되는 광학 소자로서는 투영 광학계 PL의 광학 특성의 조정에 이용하는 광학 플레이트라도 좋다. 혹은 노광광 EL을 투과 가능한 평행 평면판이어도 좋다.

<131> 또, 액체 LQ의 흐름에 의해서 발생하는 투영 광학계 PL의 선단의 광학 소자와 기관 P의 사이의 압력이 큰 경우에는 그 광학 소자를 교환 가능하게 하는 것은 아니라, 그 압력에 의해서 광학 소자가 움직이지 않도록 견고하게 고정시켜도 좋다.

<132> 또한, 상술한 실시예의 투영 광학계는 선단의 광학 소자의 상면측의 광로 공간을 액체로 채우고 있지만, 국제 공개 제2004/019128호 팜플렛에 개시되어 있는 바와 같이, 선단의 광학 소자의 마스크측의 광로 공간도 액체로 채우는 투영 광학계를 채용할 수도 있다.

<133> 또, 본 실시예의 액체 LQ는 물이지만, 물 이외의 액체라도 좋다, 예를 들면, 노광광 EL의 광원이 F₂ 레이저인 경우, 이 F₂ 레이저광은 물을 투과하지 않으므로, 액체 LQ로서는 F₂ 레이저광을 투과 가능한 예를 들면 과불화폴리에테르(PFPE), 불소계 오일 등의 불소계 유체라도 좋다. 이 경우, 액체 LQ와 접촉하는 부분에는 예를 들면 불소를 포함하는 극성이 작은 분자 구조의 물질로 박막을 형성함으로써 친액화 처리한다. 또한, 액체 LQ로서는 그 밖에도 노광광 EL에 대한 투과성이 있어 가능한 한 굴절률이 높고, 투영 광학계 PL 및 기관 P표면에 도포되어 있는 포토 레지스트에 대해 안정한 것(예를 들면 시더우드(cedarwood) 오일)을 이용하는 것도 가능하다.

<134> 또, 상기 각 실시예의 기관 P로서는 반도체 디바이스 제조용의 반도체 웨이퍼뿐만 아니라, 디스플레이 디바이스용의 유리 기관, 박막 자기헤드용의 세라믹 웨이퍼, 혹은 노광 장치에서 이용되는 마스크 또는 레티클의 원판(합성 석영, 실리콘 웨이퍼) 등이 적용된다.

<135> 노광 장치 EX로서는 마스크 M과 기관 P를 동기 이동시켜 마스크 M의 패턴을 주사 노광하는 스텝 앤드 스캔 방식의 주사형 노광 장치(스캐닝 스테퍼) 이외에, 마스크 M과 기관 P를 정지한 상태에서 마스크 M의 패턴을 일괄 노광하고, 기관 P를 순차 단계 이동시키는 스텝 앤드 리피트 방식의 투영 노광 장치(스테퍼)에도 적용할 수 있다.

<136> 또한, 노광 장치 EX로서는 제 1 패턴과 기관 P를 대략 정지한 상태에서 제 1 패턴의 축소 상을 투영 광학계(예를 들면 1/8 축소 비율로 반사 소자를 포함하지 않는 굴절형 투영 광학계)를 이용해서 기관 P상에 일괄 노광하는 방식의 노광 장치에도 적용할 수 있다. 이 경우, 또한 그 후에, 제 2 패턴과 기관 P를 대략 정지한 상태에서 제 2 패턴의 축소 상을 그 투영 광학계를 이용해서, 제 1 패턴과 부분적으로 중첩해서 기관 P상에 일괄 노광하는 스티치 방식의 일괄 노광 장치에도 적용할 수 있다. 또한, 스티치 방식의 노광 장치로서는 기관 P상에서 적어도 2개의 패턴을 부분적으로 중첩해서 전사하고, 기관 P를 순차 이동시키는 스텝 앤드 스티치 방식의 노광 장치에도 적용할 수 있다.

<137> 또한, 본 발명은 일본 특허 공개 공보 평성10-163099호, 일본 특허 공개 공보 평성10-214783호, 특허 초록 제 2000-505958호 등에 개시되어 있는 바와 같은 복수의 기관 스테이지를 구비한 트윈 스테이지형의 노광 장치에도 적용할 수 있다.

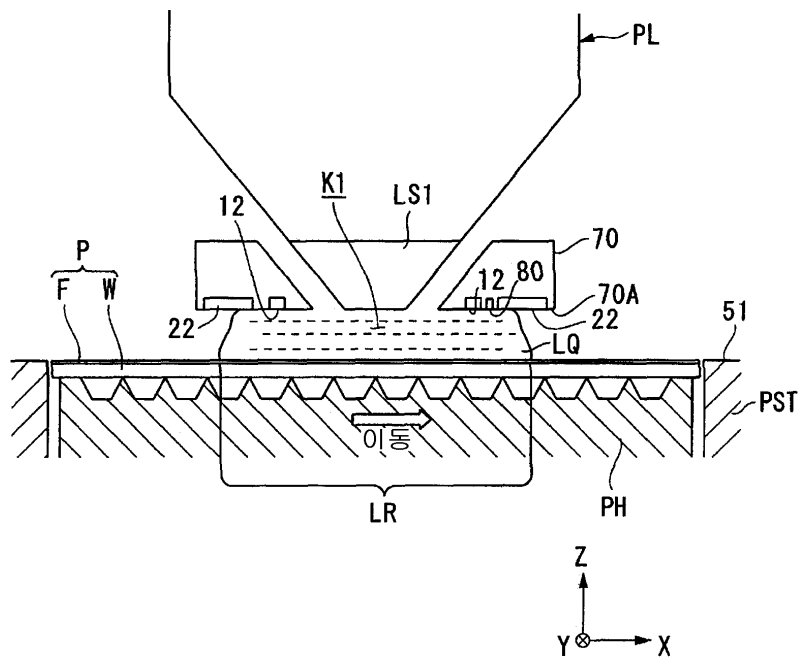
<138> 또한, 일본 특허 공개 공보 평성11-135400호, 일본 특허 공개 공보 제 2000-164504호 등에 개시되어 있는 바와 같이, 기관을 유지하는 기관 스테이지와 기준 마크가 형성된 기준 부재 및 각종의 광전 센서(공간 상 계측 장치, 파면 수차 계측 장치 등)를 탑재한 계측 스테이지를 구비한 노광 장치에도 본 발명을 적용할 수 있다.

<139> 또한, 상술한 실시예에 있어서는 투영 광학계 PL과 기관 P의 사이에 국소적으로 액체를 채우는 노광 장치를 채용하고 있지만, 본 발명은 일본 특허 공개 공보 평성6-124873호, 일본 특허 공개 공보 평성10-303114호, 미국 특허 공보 제5,825,043호 등에 개시되어 있는 바와 같은 노광 대상의 기관의 표면 전체가 액체 내에 잠겨져 있

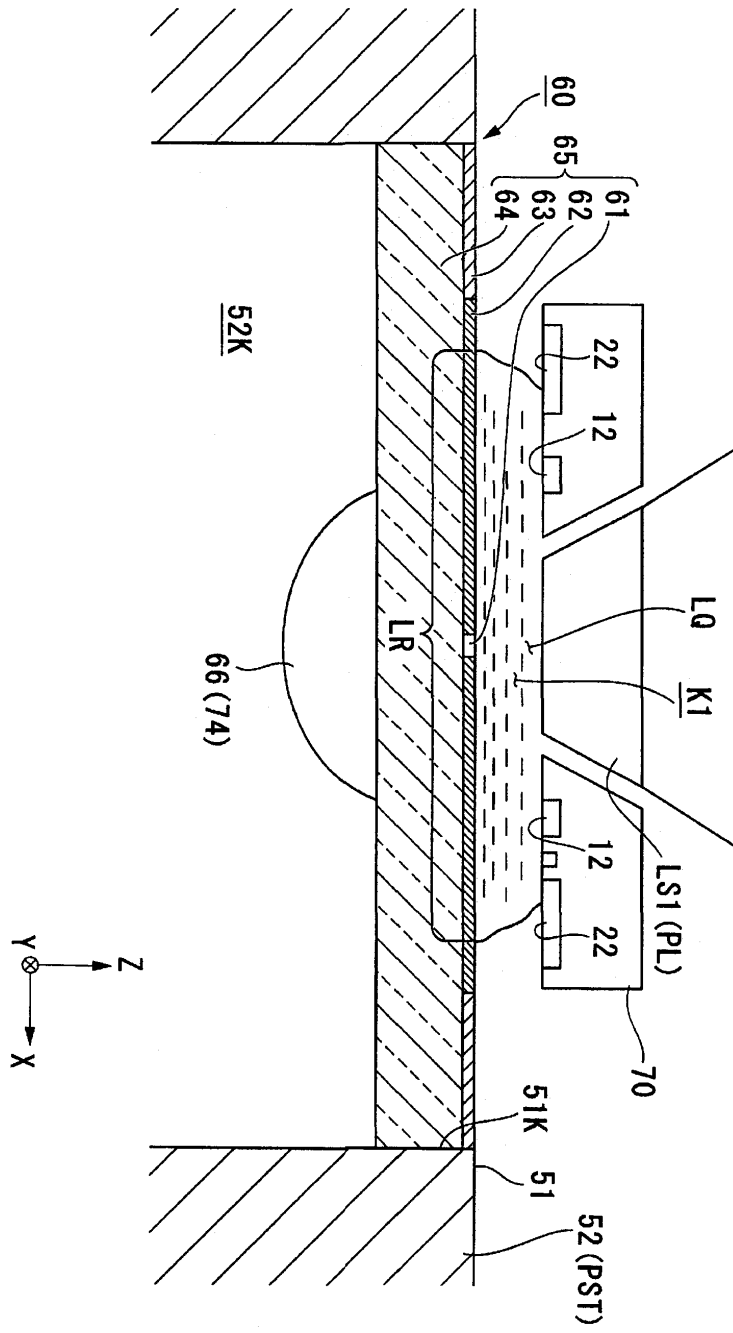
는 상태에서 노광을 실행하는 액침 노광 장치에도 적용 가능하다.

- <140> 노광 장치 EX의 종류로서는 기판 P에 반도체 소자 패턴을 노광하는 반도체 소자 제조용의 노광 장치에 한정되지 않으며, 액정 표시 소자 제조용 또는 디스플레이 제조용의 노광 장치, 박막 자기헤드, 촬상 소자(CCD) 혹은 레티클 또는 마스크 등을 제조하기 위한 노광 장치 등에도 널리 적용할 수 있다.
- <141> 또, 상술한 실시예에 있어서는 광 투과성의 기판상에 소정의 차광 패턴(또는 위상 패턴○감광 패턴)을 형성한 광 투과형 마스크를 이용했지만, 이 마스크 대신에, 예를 들면 미국 특허 공보 제6,778,257호에 개시되어 있는 바와 같이, 노광해야 할 패턴의 전자 데이터에 의거해서 투과 패턴 또는 반사 패턴, 혹은 발광 패턴을 형성하는 전자 마스크를 이용해도 좋다.
- <142> 또한, 국제 공개 제2001/035168호 팜플렛에 개시되어 있는 바와 같이, 간섭 줄무늬를 기판 P상에 형성하는 것에 의해서, 기판 P상에 라인 앤드 스페이스 패턴을 노광하는 마스크레스(maskless) 노광 장치(리소그래피 시스템)에도 본 발명을 적용할 수 있다.
- <143> 이상과 같이, 본원 실시예의 노광 장치 EX는 본원 특허청구범위에 기재한 각 구성요소를 포함하는 각종 서브 시스템을 소정의 기계적 정밀도, 전기적 정밀도, 광학적 정밀도를 유지하도록 조립함으로써 제조된다. 이들 각종 정밀도를 확보하기 위해, 이 조립의 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 실행된다. 각종 서브 시스템으로부터 노광 장치에의 조립 공정은 각종 서브 시스템 상호의 기계적 접속, 전기 회로의 배선 접속, 기압 회로의 배관 접속 등이 포함된다. 이 각종 서브 시스템으로부터 노광 장치에의 조립 공정 이전에, 각 서브 시스템 개개의 조립 공정이 있는 것은 물론이다. 각종 서브 시스템의 노광 장치에의 조립 공정이 종료하면, 종합조정이 실행되며, 노광 장치 전체로서의 각종 정밀도가 확보된다. 또, 노광 장치의 제조는 온도 및 클린도 등이 관리된 클린룸에서 실행하는 것이 바람직하다.
- <144> 반도체 디바이스 등의 마이크로 디바이스는 도 8에 나타내는 바와 같이 마이크로 디바이스의 기능○성능 설계를 실행하는 단계201, 이 설계 단계에 의거한 마스크(레티클)를 제작하는 단계202, 디바이스의 기재인 기판을 제조하는 단계203, 상술한 실시예의 노광 장치 EX에 의해 마스크의 패턴을 기판에 노광하는 처리를 포함하는 단계 204, 디바이스 조립 단계(다이싱 공정, 본딩 공정, 패키지 공정을 포함)205, 검사 단계206 등을 경유해서 제조된다.

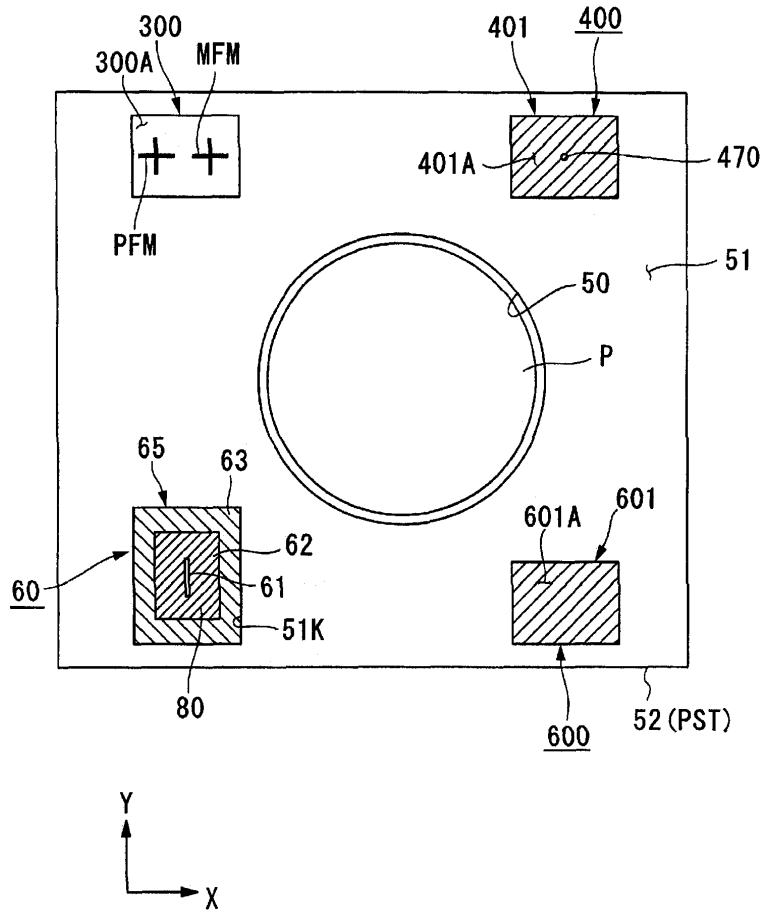
도면2



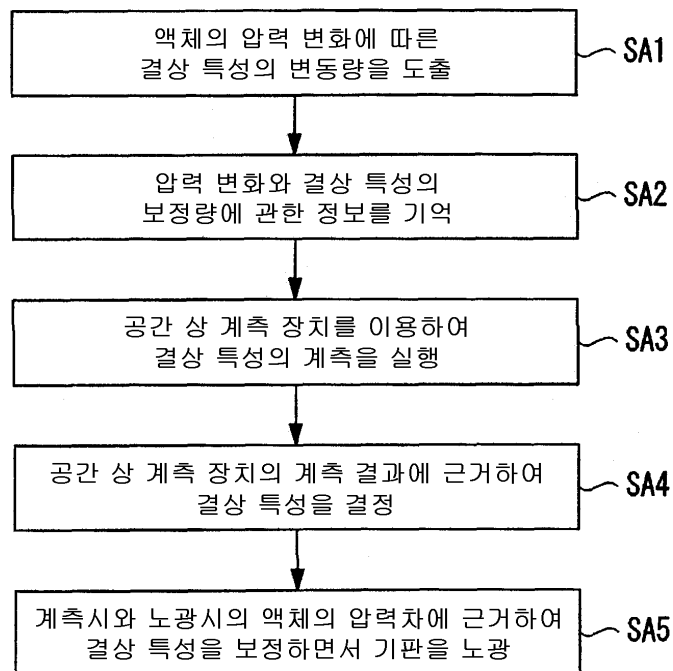
도면3



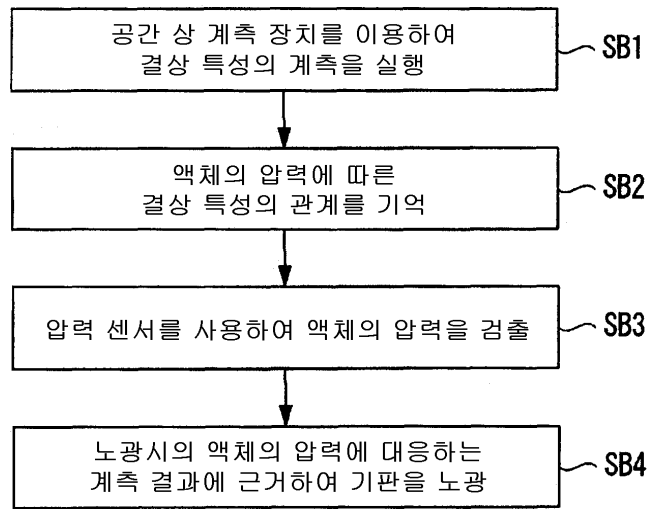
도면4



도면5



도면7



도면8

