



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2014-0053387  
 (43) 공개일자 2014년05월07일

- |   |  |
|---|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>H01L 21/027 (2006.01)<br>(21) 출원번호 10-2014-7008141(분할)<br>(22) 출원일자(국제) 2006년05월08일<br>심사청구일자 2014년03월27일<br>(62) 원출원 특허 10-2013-7006357<br>원출원일자(국제) 2006년05월08일<br>심사청구일자 2013년04월10일<br>(85) 번역문제출일자 2014년03월27일<br>(86) 국제출원번호 PCT/JP2006/309254<br>(87) 국제공개번호 WO 2006/121009<br>국제공개일자 2006년11월16일<br>(30) 우선권주장 JP-P-2005-139344 2005년05월12일 일본(JP) | (71) 출원인 가부시카가이샤 니콘<br>일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠초 1쵸메 12방 1고<br>(72) 발명자 오무라 야스히로<br>일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3-2-3 가부시카가이샤 니콘나이<br>오카다 다카야<br>일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3-2-3 가부시카가이샤 니콘나이<br>나가사카 히로유키<br>일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3-2-3 가부시카가이샤 니콘나이<br>(74) 대리인 제일특허법인 |
|---|--|

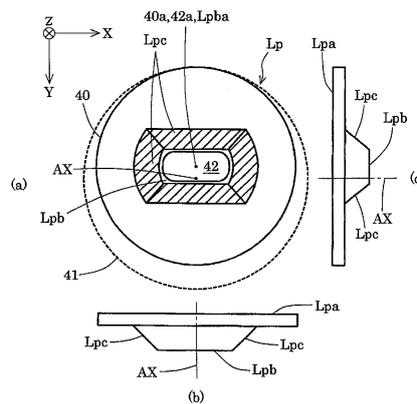
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 투영 광학계, 노광 장치 및 노광 방법

(57) 요약

예컨대 반사 굴절형이고 또한 축외 시야형의 액침 투영 광학계에 있어서, 상공간에 있어서 액체(침액)가 개재하는 범위를 작게 억제한다. 제1면의 축소상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계는, 가장 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자(Lp)를 구비하고 있다. 굴절 광학 소자의 출사면(Lpb)은 제2면 상에서 직교하는 2개의 축선 방향(X 방향 및 Y 방향)에 관하여 거의 대칭인 형상을 가지고, 출사면의 중심 축선(Lpba)과 굴절 광학 소자의 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(40)의 중심 축선(40a)과 거의 일치하며, 출사면의 중심 축선은 2개의 축선 방향 중 한쪽의 축선 방향(Y 방향)을 따라 광축(AX)으로부터 편심하고 있다.

대표도 - 도9



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

액체를 통해서 조명광으로 기판을 노광하는 액침 노광 장치에 사용되며, 제1면의 패턴의 상(像)을 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,

상기 조명광이 통과하는 제1렌즈와,

상기 제1렌즈로부터의 상기 조명광을 반사하는 반사경과,

상기 반사경으로부터의 상기 조명광이 통과하는, 최종 렌즈를 갖는 제2렌즈를 포함하되, 상기 최종 렌즈는 일부를 상기 조명광이 통과하는 광 출사면을 가지고, 상기 광 출사면의 적어도 상기 일부는 상기 액체와 접촉하고,

상기 제1렌즈 및 상기 제2렌즈는 상기 투영 광학계의 광축상에 배열되고,

상기 상은 상기 제2면상의 투영 영역에 투영되고, 상기 투영 영역의 중심은 상기 광축에 직교하는 제1방향에 대하여 상기 광축으로부터 어긋나 있고,

상기 광 출사면의 중심은 상기 제1방향에 대하여 상기 광축으로부터 어긋나 있는

투영 광학계.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 최종 렌즈는 상기 광 출사면에 대하여 광 입사측에 위치하고 상기 광 출사면에 대하여 상향 방사상(upwardly and radially)으로 연장하는 측면을 가지는

투영 광학계.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 최종 렌즈는 상기 광 출사면에 대하여 상기 광 입사측에 위치하는 하향-대향면(downward-facing surface)을 가지며,

상기 측면은 상기 광 출사면 및 상기 하향-대향면 사이에 위치하는

투영 광학계.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 하향-대향면은 상기 광 출사면과 평행한

투영 광학계.

### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 하향-대향면은 평면인

투영 광학계.

**청구항 6**

제 3 항에 있어서,  
상기 하향-대향면은 상기 제2면과 평행한  
투영 광학계.

**청구항 7**

제 3 항에 있어서,  
상기 측면은 경사면인  
투영 광학계.

**청구항 8**

제 2 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 최종 렌즈는 상기 광 출사면과 상기 측면을 가지는 돌출부를 포함하고,  
상기 제1방향에 대한 상기 돌출부의 폭은 상기 제1방향과 상기 광축에 직교하는 제2방향에 대한 상기 돌출부의 폭보다 좁은  
투영 광학계.

**청구항 9**

제 2 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 최종 렌즈는 상기 광 출사면과 상기 측면을 가지는 돌출부를 포함하며,  
상기 돌출부의 폭은 상기 광 출사면을 향해 감소하는  
투영 광학계.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,  
상기 광 출사면은 평면인  
투영 광학계.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,  
상기 최종 렌즈는 상기 조명광이 입사하는 볼록면을 가지는  
투영 광학계.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,  
상기 기관의 주사 노광은 상기 액침 노광 장치에 의하여 수행되고,  
상기 기관은 상기 주사 노광시에 상기 제1방향에 대하여 이동하는  
투영 광학계.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,  
상기 제1방향에 대한 상기 투영 영역의 폭은 상기 제1방향과 상기 광축에 직교하는 제2방향에 대한 상기 투영  
영역의 폭보다 좁은  
투영 광학계.

**청구항 14**

제 11 항에 있어서,  
상기 광 출사면은 상기 제1방향에 대하여 상기 최종 렌즈의 외주 영역에 위치하는  
투영 광학계.

**청구항 15**

제 11 항에 있어서,  
상기 광 출사면의 중심은 상기 제1방향과 상기 광축에 직교하는 제2방향에 대하여 상기 광축과 일치하는  
투영 광학계.

**청구항 16**

제 11 항에 있어서,  
상기 광 출사면의 중심은 상기 투영 영역의 중심과 일치하는  
투영 광학계.

**청구항 17**

제 11 항에 있어서,  
상기 광 출사면은 상기 광축을 가로지르는  
투영 광학계.

**청구항 18**

제 11 항에 있어서,

상기 광 출사면은 상기 광축에 대하여 회전 비대칭인 형상 또는 1회 회전 대칭인 형상을 가지는 투영 광학계.

**청구항 19**

제 11 항에 있어서,

상기 제1면으로부터의 상기 조명광이 입사하여 제1중간상을 형성하는 제1광학계와,

상기 제1중간상으로부터의 상기 조명광이 입사하여 제2중간상을 형성하는, 반사경을 포함하는 제2광학계와,

상기 최종 렌즈를 포함하고, 상기 제2중간상으로부터의 상기 조명광이 입사하여, 상기 제2면상에 상기 상을 형성하는 제3광학계를 가지는

투영 광학계.

**청구항 20**

제 19 항에 있어서,

상기 제3광학계는, 상기 최종 렌즈를 포함하는 복수의 굴절 광학 소자를 가지는 굴절계인

투영 광학계.

**청구항 21**

제 20 항에 있어서,

상기 제1광학계는, 복수의 굴절 광학 소자를 가지는 굴절계인

투영 광학계.

**청구항 22**

제 21 항에 있어서,

상기 제1, 제2 및 제3광학계에 의해, 개구수가 1.3 이상의 반사 굴절 광학계가 구성되는

투영 광학계.

**청구항 23**

액체를 통해 조명광으로 기관을 노광하는 노광 장치로서,

청구항 11에 기재된 투영 광학계와,

상기 액체와 접하는, 상기 투영 광학계의 최종 렌즈의 주위에 마련되어, 상기 투영 광학계의 아래에 상기 액체를 공급하는 국소 액침 부재를 구비하며,

상기 조명광이 조사되는 패턴의 상을, 상기 투영 광학계와 상기 액체를 통해 상기 기관상에 투영하는

노광 장치.

**청구항 24**

제 23 항에 있어서,

상기 투영 광학계와 상기 액체를 통해서 투영되는 상기 패턴의 상의 투영 영역에 대한 상기 기관의 이동에 의해, 상기 기관은 주사 노광이 행하여지고,

상기 주사 노광 시에 상기 기관이 이동되는 주사 방향은, 상기 제1방향과 평행한 노광 장치.

#### 청구항 25

디바이스 제조 방법으로서,

청구항 23에 기재된 노광 장치를 이용하여 기관을 노광하는 것과

상기 노광된 기관을 현상하는 것을 포함하는

디바이스 제조 방법.

#### 청구항 26

액체를 통해 조명광으로 기관을 노광하는 노광 방법에 있어서,

상기 조명광으로 패턴을 조명하는 것과,

상기 조명된 패턴의 상을, 청구항 11에 기재된 투영 광학계와 상기 액체를 통해서 상기 기관상에 투영하는 것을 포함하는

노광 방법.

#### 청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 투영 광학계와 상기 액체를 통해서 투영되는 상기 패턴의 상의 투영 영역에 대한 상기 기관의 이동에 의해, 상기 기관은 주사 노광이 행하여지고,

상기 주사 노광 시에 상기 기관이 이동되는 주사 방향은, 상기 제1방향과 평행한

노광 방법.

#### 청구항 28

디바이스 제조 방법으로서,

청구항 26에 기재된 노광 방법을 이용하여 기관을 노광하는 것과

상기 노광된 기관을 현상하는 것을 포함하는

디바이스 제조 방법.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 투영 광학계, 노광 장치 및 노광 방법에 관하여, 특히 반도체 소자나 액정 표시 소자 등의 마이크로 디바이스를 포토리소그래피 공정에서 제조할 때에 사용되는 노광 장치에 적합한 투영 광학계에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 반도체 소자 등을 제조하기 위한 포토리소그래피 공정에 있어서, 마스크(또는 레티클)의 패턴상을, 투영 광학계를 통해, 감광성 기관(포토리지스트가 도포된 웨이퍼, 유리 플레이트 등) 상에 투영 노광하는 노광 장치가 사용되고 있다. 노광 장치에서는, 반도체 소자 등의 집적도가 향상함에 따라, 투영 광학계에 요구되는 해상력(해상도)이 점점 높아지고 있다.
- [0003] 그래서, 투영 광학계의 해상력에 대한 요구를 만족하기 위해, 조명광(노광광)의 파장( $\lambda$ )을 짧게 하는 동시에, 투영 광학계의 상측 개구수(NA)를 크게 할 필요가 있다. 구체적으로는, 투영 광학계의 해상도는  $k \cdot \lambda / NA$ ( $k$ 는 프로세스 계수)로 나타낸다. 또한, 상측 개구수(NA)는 투영 광학계와 감광성 기관 사이의 매질(통상은 공기 등의 기체)의 굴절율을  $n$ 으로 하고, 감광성 기관에의 최대 입사각을  $\theta$ 이라고 하면,  $n \cdot \sin\theta$ 으로 나타낸다.
- [0004] 이 경우, 최대 입사각( $\theta$ )을 크게 함으로써 상측 개구수의 증대를 도모하고자 하면, 감광성 기관에의 입사각 및 투영 광학계부에서의 출사각이 커져, 광학면에서의 반사 손실이 증대하고, 크고 실효적인 상측 개구수를 확보할 수 없다. 그래서, 투영 광학계와 감광성 기관 사이의 광로 중에 굴절율이 높은 액체와 같은 매질을 만족함으로써 상측 개구수의 증대를 도모하는 액침 기술이 알려져 있다(예컨대 특허 문헌 1)
- [0005] 특허 문헌 1: 국제 공개 제W0 2004/019128호 팜플렛

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 전술과 같이, 노광 장치용의 투영 광학계의 해상력을 향상시키는 수법으로서, 기체보다도 굴절율이 높은 액체 등의 매질로 상(像)공간을 매립함으로써 1을 넘는 큰 상측 개구수를 확보하는 기술이 알려져 있다. 한편, 마이크로리소그래피에 있어서 칩 비용을 무시한 미세 패턴 형성은 성립하지 않고, 현재 가장 유력한 액침 리소그래피 시스템으로서, 투영 광학계의 상(像)공간의 한정된 부분에만 액체를 공급 배출하는 기구를 설치한, 소위 국소 액침 시스템이 주류이다. 이 경우, 투영 광학계의 상공간에 있어서 액체(침액)가 개재하는 범위를 될 수 있는 한 작게 억제하는 것이, 기관 스테이지(웨이퍼 스테이지)의 거대화의 회피나 얼라이먼트 광학계의 정밀도의 향상 등에 유리하다.
- [0007] 또한, 상측 개구수가 예컨대 1.2를 넘는 액침 투영 광학계에서는, 페즈발 조건을 성립시켜 상의 평탄성을 얻는다고 하는 관점에서 반사 굴절 광학계의 채용이 바람직하고, 모든 패턴에의 대응력의 관점에서 유효 시야 영역 및 유효 투영 영역이 광축을 포함하지 않는 축외 시야 광학계의 채용이 바람직하다. 반사 굴절형으로 축외 시야형의 액침 투영 광학계를 채용하는 경우, 종래의 굴절형의 투영 광학계보다도 최대 상의 높이가 커진다. 그 결과, 투영 광학계 중의 가장 상(像)측에 배치되는 굴절 광학 소자의 출사면을 종래 기술을 따라 광축에 관해 회전 대칭인 형상으로 형성하면, 투영 광학계의 상(像)공간에 있어서 액체가 개재하는 범위가 커지고, 나아가서는 기관 스테이지의 거대화나 얼라이먼트 광학계의 정밀도 저하 등을 초래하게 된다.
- [0008] 본 발명은, 전술의 과제에 감안하여 이루어진 것으로, 예컨대 반사 굴절형으로 또한 축외 시야형으로서, 상공간에 있어서 액체(침액)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있는 액침형의 투영 광학계를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 상공간에 있어서 액체가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있는 고해상인 액침 투영 광학계를 이용하여, 기관 스테이지의 거대화나 얼라이먼트 광학계의 정밀도 저하 등을 초래하지 않고, 미세한 패턴을 고정밀도로 투영 노광할 수 있는 노광 장치 및 노광 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 제1 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0010] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0011] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은, 상기 제2면 상의 유효 투영 영역의 형상에 따라,

- [0012] 상기 투영 광학계의 광축에 관해 회전 비대칭인 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다. 여기서, 「회전 비대칭인 형상」이란, 「무한회 회전 대칭인 형상 이외의 형상」을 가리킨다.
- [0013] 본 발명의 제2 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0014] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0015] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은, 상기 투영 광학계의 광축에 관해 2 회 회전 대칭인 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0016] 본 발명의 제3 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0017] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0018] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은 상기 제2면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 가지고, 상기 출사면의 중심 축선과 상기 굴절 광학 소자의 입사면의 외주에 대응하는 원의 중심 축선과 상기 광축은 거의 일치하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0019] 본 발명의 제4 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0020] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0021] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은, 상기 투영 광학계의 광축에 관해 1 회 회전 대칭인 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0022] 본 발명의 제5 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0023] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0024] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은 상기 제2면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 가지고, 상기 출사면의 중심 축선과 상기 굴절 광학 소자의 입사면의 외주에 대응하는 원의 중심 축선은 거의 일치하며, 상기 출사면의 중심 축선은 상기 2개의 축선 방향 중 한쪽의 축선 방향을 따라 상기 광축으로부터 편심하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0025] 본 발명의 제6 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0026] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0027] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은 상기 제2면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향 중 한쪽의 축선 방향에 관해 거의 대칭으로 또한 다른쪽의 축선 방향에 관해 비대칭인 형상을 가지고, 상기 굴절 광학 소자의 입사면의 외주에 대응하는 원의 중심 축선과 상기 광축은 거의 일치하며, 상기 출사면의 중심 축선은 상기 한쪽의 축선 방향을 따라 상기 광축으로부터 편심하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0028] 본 발명의 제7 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0029] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0030] 상기 굴절 광학 소자의 출사면은 상기 제2면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 가지고, 상기 굴절 광학 소자의 입사면의 외주에 대응하는 원의 중심 축선과 상기 광축은 거의 일치하며, 상기 출사면의 중심 축선은 상기 2개의 축선 방향 중 한쪽의 축선 방향을 따라 상기 광축으로부터 편심하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0031] 본 발명의 제8 형태에서는, 제1면의 상을 액체를 통해 제2면에 투영하는 투영 광학계에 있어서,
- [0032] 상기 투영 광학계는, 가장 상기 제2면측에 배치된 굴절 광학 소자를 구비하고,
- [0033] 상기 제2면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향을 설정할 때, 한쪽의 축선 방향에 대한 상기 굴절 광학 소자의 출사면의 길이와, 다른쪽의 축선 방향에 대한 상기 출사면의 길이는 서로 상이한 길이인 것을 특징으로 하는 투영 광학계를 제공한다.
- [0034] 본 발명의 제9 형태에서는, 상기 제1면에 설정된 소정의 패턴으로부터의 조명광에 기초하여, 상기 패턴의 상을 상기 제2면에 설정된 감광성 기관 상에 투영하기 위한 제1 형태~제8 형태의 투영 광학계를 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.

- [0035] 본 발명의 제10 형태에서는, 소정의 패턴을 상기 제1면에 설정하는 설정 공정과,
- [0036] 상기 소정의 패턴으로부터의 조명광에 기초하여, 제1 형태~제8 형태의 투영 광학계를 통해 상기 패턴의 상을 상기 제2면에 설정된 감광성 기관 상에 투영 노광하는 노광 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법을 제공한다.
- [0037] 본 발명의 제11 형태에서는, 제1 형태~제8 형태의 투영 광학계를 통해 상기 제1면에 설정된 패턴의 상을 상기 제2면에 설정된 감광성 기관 상에 투영 노광하는 노광 공정과,
- [0038] 상기 노광 공정을 거친 상기 감광성 기관을 현상하는 현상 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법을 제공한다.
- [0039] 본 발명의 제12 형태에서는, 제1면의 상을 제2면에 형성하는 액침 대물 광학계에 이용되고, 한쪽의 광학면이 액체에 접하는 굴절 광학 소자에 있어서,
- [0040] 상기 굴절 광학 소자의 상기 한쪽의 광학면은, 상기 제2면 상의 유효 투영 영역의 형상에 따라, 상기 액침 대물 광학계의 광축에 관해 회전 비대칭인 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 굴절 광학 소자를 제공한다.
- [0041] 본 발명의 제13 형태에서는, 제1면의 상을 제2면에 형성하는 액침 대물 광학계에 이용되고, 한쪽의 광학면이 액체에 접하는 굴절 광학 소자에 있어서,
- [0042] 상기 제2면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향을 설정할 때, 한쪽의 축선 방향에 대한 상기 굴절 광학 소자의 상기 한쪽의 광학면의 길이와, 다른쪽의 축선 방향에 대한 상기 한쪽의 광학면의 길이는 서로 상이한 길이인 것을 특징으로 하는 굴절 광학 소자를 제공한다.

**발명의 효과**

- [0043] 본 발명의 전형적인 형태에 따르는 액침형의 투영 광학계는, 예컨대 반사 굴절형이고 또한 축외 시야형으로서, 가장 상면측에 배치된 굴절 광학 소자의 출사면이, 상(像)면 상의 유효 투영 영역의 형상에 따라, 광축에 관해 회전 비대칭인 형상을 갖는다. 구체적으로는, 상기 굴절 광학 소자의 출사면은, 예컨대 상(像)면 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 가지고, 출사면의 중심 축선과 굴절 광학 소자의 입사면의 외주에 대응하는 원의 중심 축선은 거의 일치하며, 출사면의 중심 축선은 상기 2개의 축선 방향 중 한쪽의 축선 방향을 따라 광축으로부터 편심하고 있다.
- [0044] 그 결과, 본 발명의 투영 광학계에서는, 가장 상면측에 배치된 굴절 광학 소자의 출사면이 유효 투영 영역의 형상을 따라 회전 비대칭인 형상으로 형성되어 있으므로, 상(像)공간에 있어서 액체(침액)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있다. 또한, 본 발명의 노광 장치 및 노광 방법에서는, 상(像)공간에 있어서 액체가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있는 고해상도 액침 투영 광학계를 이용하고 있으므로, 기관 스테이지의 거대화나 얼라이먼트 광학계의 정밀도 저하 등을 초래하지 않고, 미세한 패턴을 고정밀도로 투영 노광할 수 있으며, 나아가서는 양호한 마이크로디바이스를 고정밀도로 제조할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0045] 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 노광 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 실시형태에 있어서 웨이퍼 상에 형성되는 직사각형의 정지 노광 영역과 기준 광축의 위치 관계를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 실시형태의 각 실시예에 있어서의 경계 렌즈와 웨이퍼 사이의 구성을 모식적으로 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 실시형태의 제1 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.
- 도 5는 제1 실시예의 투영 광학계에 있어서의 횡수차(橫收差)를 도시한 도면이다
- 도 6은 본 실시형태의 제2 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다.
- 도 7은 제2 실시예의 투영 광학계에 있어서의 횡수차를 도시한 도면이다.

도 8은 가장 상(像)측에 배치되는 굴절 광학 소자의 출사면을 종래 기술에 따라 회전 대칭인 형상으로 형성했을 때의 문제점을 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 실시형태의 각 실시예에 있어서의 액중 평행 평면판의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 10은 본 실시형태의 제1 변형예에 따른 액중 평행 평면판의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 11은 본 실시형태의 제2 변형예에 따른 액중 평행 평면판의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 12는 본 실시형태의 제3 변형예에 따른 액중 평행 평면판의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 13은 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 수법의 흐름도이다.

도 14는 마이크로 디바이스로서의 액정 표시 소자를 얻을 때의 수법의 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0046] [실시예]
- [0047] 본 발명의 실시형태를 첨부 도면에 기초하여 설명한다. 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 노광 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 1에서는, X축 및 Y축이 웨이퍼(W)에 대해 평행한 방향으로 설정되고, Z축이 웨이퍼(W)에 대해 직교하는 방향으로 설정되어 있다. 더욱 구체적으로는, XY 평면이 수평면에 평행하게 설정되고, +Z축이 수직 방향을 따라 상향로 설정되어 있다.
- [0048] 본 실시형태의 노광 장치는, 도 1에 도시한 바와 같이, 예컨대 노광 광원인 ArF 엑시마 레이저 광원을 포함하여, 옅티컬 인터그레이터(호모게나이저), 시야 조리개, 콘덴서 렌즈 등으로 구성되는 조명 광학계(1)를 구비하고 있다. 광원으로부터 출사된 파장 193 nm의 자외 펄스광으로 이루어지는 노광광(노광빔)(IL)은 조명 광학계(1)를 통과하여, 레티클(마스크)(R)을 조명한다. 레티클(R)에는 전사하여야 할 패턴이 형성되어 있고, 패턴 영역 전체 중 X 방향을 따라 긴변을 가지고 또한 Y 방향을 따라 짧은 변을 갖는 직사각형(슬릿형)의 패턴 영역이 조명된다.
- [0049] 레티클(R)을 통과한 광은, 액침형의 투영 광학계(PL)를 통해, 포토레지스트가 도포된 웨이퍼(감광성 기판)(W) 상의 노광 영역에 소정의 축소 투영 배율로 레티클 패턴을 형성한다. 즉, 레티클(R) 상에서의 직사각형의 조명 영역에 광학적으로 대응하도록, 웨이퍼(W) 상에서는 X 방향을 따라 긴변을 가지고 또한 Y 방향을 따라 짧은 변을 갖는 직사각형의 정지 노광 영역(실효 노광 영역)에 패턴 형상이 형성된다.
- [0050] 도 2는 본 실시형태에 있어서 웨이퍼 상에 형성되는 직사각형의 정지 노광 영역(즉 실효 노광 영역)과 기준 광축의 위치 관계를 도시한 도면이다. 본 실시형태에서는, 도 2에 도시한 바와 같이, 기준 광축(AX)을 중심으로 한 반경 B를 갖는 원형의 영역(이미지 서클)(IF) 내에 있어서, 기준 광축(AX)으로부터 Y 방향으로 축에서 벗어난 양 A만큼 떨어진 위치에 원하는 크기를 갖는 직사각형의 실효 노광 영역(ER)이 설정되어 있다.
- [0051] 여기서, 실효 노광 영역(ER)의 X 방향의 길이는 LX이며, 그 Y 방향의 길이는 LY이다. 따라서, 도시를 생략했지만, 레티클(R) 상에서는, 직사각형의 실효 노광 영역(ER)에 대응하여, 기준 광축(AX)으로부터 Y 방향으로 축에서 벗어난 양 A에 대응하는 거리만큼 떨어진 위치에 실효 노광 영역(ER)에 대응한 크기 및 형상을 갖는 직사각형의 조명 영역(즉 실효 조명 영역)이 형성되게 된다.
- [0052] 레티클(R)은 레티클 스테이지(RST) 상에 있어서 XY 평면에 평행하게 유지되고, 레티클 스테이지(RST)에는 레티클(R)을 X 방향, Y 방향 및 회전 방향으로 미동시키는 기구가 삽입되어 있다. 레티클 스테이지(RST)는 레티클 레이저 간섭계(도시되지 않음)에 의해 X 방향, Y 방향 및 회전 방향의 위치가 리얼 타임으로 계측되고, 제어된다. 웨이퍼(W)는 웨이퍼 홀더(도시되지 않음)를 통해 Z 스테이지(9) 상에 있어서 XY 평면에 평행하게 고정되어 있다.
- [0053] 또한, Z 스테이지(9)는 투영 광학계(PL)의 상면과 실질적으로 평행한 XY 평면을 따라 이동하는 XY 스테이지(10) 상에 고정되어 있고, 웨이퍼(W)의 포커스 위치(Z 방향의 위치) 및 경사각을 제어한다. Z 스테이지(9)는 Z 스테이지(9) 상에 설치된 이동 거울(12)을 이용하는 웨이퍼 레이저 간섭계(13)에 의해 X 방향, Y 방향 및 회전 방향의 위치가 리얼 타임으로 계측되고, 제어된다.
- [0054] 또한, XY 스테이지(10)는 베이스(11) 상에 적재되어 있고, 웨이퍼(W)의 X 방향, Y 방향 및 회전 방향을 제어한다. 한편, 본 실시형태의 노광 장치에 설치된 주제어계(14)는 레티클 레이저 간섭계에 의해 계측된 계측치에 기초하여 레티클(R)의 X 방향, Y 방향 및 회전 방향의 위치의 조정을 행한다. 즉, 주제어계(14)는 레티클 스테이

지(RST)에 삽입되어 있는 기구에 제어 신호를 송신하여, 레티클 스테이지(RST)를 미동시킴으로써 레티클(R)의 위치 조정을 행한다.

[0055] 또한, 주제어계(14)는 오토포커스 방식 및 오토레벨링 방식에 의해 웨이퍼(W) 상의 표면을 투영 광학계(PL)의 상(像)면에 맞춰 넣으므로, 웨이퍼(W)의 포커스 위치(Z 방향의 위치) 및 경사각의 조정을 행한다. 즉, 주제어계(14)는 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 제어 신호를 송신하여, 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 의해 Z 스테이지(9)를 구동시킴으로써 웨이퍼(W)의 포커스 위치 및 경사각의 조정을 행한다.

[0056] 또한, 주제어계(14)는 웨이퍼 레이저 간섭계(13)에 의해 측정된 측정치에 기초하여 웨이퍼(W)의 X 방향, Y 방향 및 회전 방향의 위치의 조정을 행한다. 즉, 주제어계(14)는 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 제어 신호를 송신하고, 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 의해 XY 스테이지(10)를 구동시킴으로써 웨이퍼(W)의 X 방향, Y 방향 및 회전 방향의 위치 조정을 행한다.

[0057] 노광시에는, 주제어계(14)는 레티클 스테이지(RST)에 삽입되어 있는 기구에 제어 신호를 송신하고, 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 제어 신호를 송신하여, 투영 광학계(PL)의 투영 배율에 따른 속도비로 레티클 스테이지(RST) 및 XY 스테이지(10)를 구동시키면서, 레티클(R)의 패턴상을 웨이퍼(W) 상의 소정의 쇼트 영역 내에 투영 노광한다. 그 후, 주제어계(14)는 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 제어 신호를 송신하고, 웨이퍼 스테이지 구동계(15)에 의해 XY 스테이지(10)를 구동시킴으로써 웨이퍼(W) 상의 별도의 쇼트 영역을 노광 위치에 단계 이동시킨다.

[0058] 이와 같이, 스텝·앤드·스캔 방식에 의해 레티클(R)의 패턴상을 웨이퍼(W) 상에 주사 노광하는 동작을 반복한다. 즉, 본 실시형태에서는, 웨이퍼 스테이지 구동계(15) 및 웨이퍼 레이저 간섭계(13) 등을 이용하여 레티클(R) 및 웨이퍼(W)의 위치 제어를 행하면서, 직사각형의 정지 노광 영역 및 정지 조명 영역의 짧은 변 방향 즉 Y 방향을 따라 레티클 스테이지(RST)와 XY 스테이지(10)를, 나아가서는 레티클(R)과 웨이퍼(W)를 동기적으로 이동(주사)시킴으로써, 웨이퍼(W) 상에는 정지 노광 영역의 긴변(LX)과 동등한 폭을 가지고 또한 웨이퍼(W)의 주사량(이동량)에 따른 길이를 갖는 영역에 대해 레티클 패턴이 주사 노광된다.

[0059] 도 3은 본 실시형태의 각 실시예에 있어서의 경계 렌즈와 웨이퍼 사이의 구성을 모식적으로 도시한 도면이다. 도 3을 참조하면, 본 실시형태의 각 실시예에 따른 투영 광학계(PL)에서는, 레티클(R)측(물체측)의 면이 제2 액체(Lm2)에 접하고 웨이퍼(W)측(상측)의 면이 제1 액체(Lm1)에 접하는 액중 평행 평면판(Lp)이 가장 웨이퍼측에 배치되어 있다. 그리고, 이 액중 평행 평면판(Lp)에 인접하여, 레티클(R) 측의 면이 기체에 접하고 웨이퍼(W)측의 면이 제2 액체(Lm2)에 접하는 경계 렌즈(경계 광학 소자)(Lb)가 배치되어 있다.

[0060] 본 실시형태의 각 실시예에 있어서, 예컨대 1.1 보다도 큰 굴절율을 갖는 제1 액체(Lm1) 및 제2 액체(Lm2)로서, 반도체 제조 공장 등에서 용이하게 대량으로 입수할 수 있는 순수(탈이온물)를 이용하고 있다. 또한, 경계 렌즈(Lb)는 레티클(R)측으로 볼록면을 향하고 웨이퍼(W)측으로 평면을 향한 플러스 렌즈이다. 또한, 경계 렌즈(Lb) 및 액중 평행 평면판(Lp)은 함께, 석영에 의해 형성되어 있다. 이것은, 경계 렌즈(Lb)나 액중 평행 평면판(Lp)을 형식에 의해 형성하면, 형식은 물에 녹는 성질(가용성)이 있으므로, 투영 광학계의 결상 성능을 안정적으로 유지하기에 곤란하기 때문이다.

[0061] 또한, 형식에서는 내부의 굴절율 분포가 고주파 성분을 갖는 것이 알려져 있고, 이 고주파 성분을 포함하는 굴절율의 변동이 플레어의 발생을 초래하는 우려가 있어, 투영 광학계의 결상 성능을 저하시키기 쉽다. 또한, 형식은 고유 복굴절성을 갖는 것이 알려져 있고, 투영 광학계의 결상 성능을 양호하게 유지하기 위해서는, 이 고유 복굴절성의 영향을 보정해야 한다. 따라서, 형식의 가용성, 굴절율 분포의 고주파 성분 및 고유 복굴절성의 관점에서, 경계 렌즈(Lb)나 액중 평행 평면판(Lp)을 석영에 의해 형성하는 것이 바람직하다.

[0062] 또한, 투영 광학계(PL)에 대해 웨이퍼(W)를 상대 이동시키면서 주사 노광을 하는 스텝·앤드·스캔 방식의 노광 장치에 있어서, 주사 노광의 개시로부터 종료까지 투영 광학계(PL)의 경계 렌즈(Lb)와 웨이퍼(W) 사이의 광로중에 액체(Lm1, Lm2)를 계속해서 채우기 위해서는, 예컨대 국제 공개 번호 WO 99/49504호 공보에 개시된 기술이나, 일본 특허 공개 평10-303114호 공보에 개시된 기술 등을 이용할 수 있다.

[0063] 국제 공개 번호 WO 99/49504호 공보에 개시된 기술에서는, 액체 공급 장치로부터 공급관 및 배출 노즐을 통해 소정의 온도로 조정된 액체를 경계 렌즈(Lb)와 웨이퍼(W) 사이의 광로를 채우도록 공급하고, 액체 공급 장치에 의해 회수관 및 유입 노즐을 통해 웨이퍼(W) 상에서 액체를 회수한다. 한편, 일본 특허 공개 평10-303114호 공보에 개시된 기술에서는, 액체를 수용할 수 있도록 웨이퍼 홀더테이블을 용기형으로 구성하고, 그 내저부(內底部)의 중앙에 있어서(액체중에 있어) 웨이퍼(W)를 진공 흡착에 의해 위치 결정 유지한다. 또한, 투영 광학계(PL)의 경통 선단부가 액체 내에서 도달하고, 나아가서는 경계 렌즈(Lb)의 웨이퍼측의 광학면이 액체내에서 도

달하도록 구성한다.

[0064] 본 실시형태에서는, 도 1에 도시한 바와 같이, 제1급 배물 기구(21)를 이용하여, 액중 평행 평면판(Lp)과 웨이퍼(W) 사이의 광로 중에 있어서 제1 액체(Lm1)로서의 순수를 순환시키고 있다. 또한, 제2급 배물 기구(22)를 이용하여, 경계 렌즈(Lb)와 액중 평행 평면판(Lp) 사이의 광로 중에 있어서 제2 액체(Lm2)로서의 순수를 순환시키고 있다. 이와 같이, 침액으로서의 순수를 미소 유량으로 순환시킴으로써, 방부, 방곰팡이 등의 효과에 의해 액체의 변질을 막을 수 있다.

[0065] 본 실시형태의 각 실시예에 있어서, 비구면은, 광축에 수직인 방향의 높이를 y로 하고, 비구면의 정점에서의 접평면으로부터 높이(y)에서의 비구면 상의 위치까지의 광축에 따른 거리(새그량)를 z로 하고, 정점 곡률 반경을 r로 하며, 원추 계수를 κ로 하고, n 다음의 비구면 계수를 C<sub>n</sub>로 했을 때, 이하의 수식(a)으로 나타낸다. 후술의 표 (1) 및 (2)에 있어서, 비구면 형상으로 형성된 렌즈면에는 면번호의 우측에 \*표를 붙이고 있다.

$$z=(y^2/r)/[1+\{1-(1+\kappa)\cdot y^2/r^2\}^{1/2}]$$

$$+ C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + \dots \quad (a)$$

[0068] 또한, 본 실시형태의 각 실시예에 있어서, 투영 광학계(PL)는 물체면(제1면)에 배치된 레티클(R)의 패턴의 제1 중간상을 형성하기 위한 제1 결상 광학계(G1)와, 제1 중간상에서의 광에 기초하여 레티클 패턴의 제2 중간상(제1 중간상의 상으로서 레티클 패턴의 2차상)을 형성하기 위한 제2 결상 광학계(G2)와, 제2 중간상에서의 광에 기초하여 상면(제2면)에 배치된 웨이퍼(W) 상에 레티클 패턴의 최종상(레티클 패턴의 축소상)을 형성하기 위한 제3 결상 광학계(G3)를 구비하고 있다. 여기서, 제1 결상 광학계(G1) 및 제3 결상 광학계(G3)는 함께 굴절 광학계이며, 제2 결상 광학계(G2)는 오목면 반사경(CM)을 포함하는 반사 굴절 광학계이다.

[0069] 또한, 제1 결상 광학계(G1)와 제2 결상 광학계(G2) 사이의 광로 중에는 제1 평면 반사경(제1 편향 거울)(M1)이 배치되고, 제2 결상 광학계(G2)와 제3 결상 광학계(G3) 사이의 광로 중에는 제2 평면 반사경(제2 편향 거울)(M2)이 배치되어 있다. 이렇게 해서, 각 실시예의 투영 광학계(PL)에서는, 레티클(R)로부터의 광이, 제1 결상 광학계(G1)를 통해, 제1 평면 반사경(M1)의 근방에 레티클 패턴의 제1 중간상을 형성한다. 계속해서, 제1 중간상으로부터의 광이, 제2 결상 광학계(G2)를 통해, 제2 평면 반사경(M2)의 근방에 레티클 패턴의 제2 중간상을 형성한다. 또한, 제2 중간상으로부터의 광이, 제3 결상 광학계(G3)를 통해, 레티클 패턴의 최종상을 웨이퍼(W) 상에 형성한다.

[0070] 또한, 각 실시예의 투영 광학계(PL)에서는, 제1 결상 광학계(G1) 및 제3 결상 광학계(G3)가 수직 방향을 따라 직선형으로 연장되는 광축(AX1) 및 광축(AX3)을 가지고, 광축(AX1) 및 광축(AX3)은 기준 광축(AX)과 일치하고 있다. 한편, 제2 결상 광학계(G2)는 수평 방향을 따라 직선형으로 연장되는[기준 광축(AX)에 수직인] 광축(AX2)을 갖는다. 이렇게 해서, 레티클(R), 웨이퍼(W), 제1 결상 광학계(G1)를 구성하는 모든 광학 부재 및 제3 결상 광학계(G3)를 구성하는 모든 광학 부재는, 중력 방향과 직교하는 면 즉 수평면을 따라 서로 평행하게 배치되어 있다. 또한, 제1 평면 반사경(M1) 및 제2 평면 반사경(M2)은 레티클면에 대해 45°의 각도를 이루도록 설정된 반사면을 각각 가지고, 제1 평면 반사경(M1)과 제2 평면 반사경(M2)과는 하나의 광학 부재로서 일체적으로 구성되어 있다. 또한, 각 실시예에 있어서, 투영 광학계(PL)는 물체측 및 상측의 양쪽에 거의 텔리센트릭으로 구성되어 있다.

[0071] [제1 실시예]

[0072] 도 4는 본 실시형태의 제1 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 4를 참조하면, 제1 실시예에 따른 투영 광학계(PL)에 있어서 제1 결상 광학계(G1)는 레티클측에서 순서대로, 평행 평면판(P1)과, 양볼록 렌즈(L11)와, 레티클측에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L12)와, 양볼록 렌즈(L13)와, 레티클측에 비구면 형상의 오목면을 향한 양오목 렌즈(L14)와, 레티클측에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L15)와, 레티클측에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L16)와, 레티클측에 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L17)와, 레티클측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L18)와, 레티클측에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L19)와, 양볼록 렌즈(L110)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L111)에 의해 구성되어 있다.

[0073] 또한, 제2 결상 광학계(G2)는 광의 진행 왕로(往路)를 따라 레티클측(즉 입사측)으로부터 순서대로, 레티클측에 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L21)와, 레티클측에 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L22)와,

레티클층에 오목면을 향한 오목면 반사경(CM)으로 구성되어 있다. 또한, 제3 결상 광학계(G3)는 레티클층(즉 입사측)으로부터 순서대로, 레티클층에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L31)와, 양볼록 렌즈(L32)와, 레티클층에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L33)와, 웨이퍼층에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L34)와, 양오목 렌즈(L35)와, 웨이퍼층에 비구면 형상의 오목면을 향한 양오목 렌즈(L36)와, 레티클층에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L37)와, 웨이퍼층에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L38)와, 웨이퍼층에 비구면 형상의 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L39)와, 레티클층에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L310)와, 양볼록 렌즈(L311)와, 개구 조리개(AS)와, 웨이퍼층에 평면을 향한 평볼록 렌즈(L312)와, 웨이퍼층에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L313)와, 웨이퍼층에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L314)와, 웨이퍼층에 평면을 향한 평볼록 렌즈[L315(경계 렌즈(Lb))]와, 평행 평면판(Lp)으로 구성되어 있다.

[0074] 제1 실시예에서는, 경계 렌즈(Lb)와 평행 평면판(역중 평행 평면판)(Lp) 사이의 광로 및 평행 평면판(Lp)과 웨이퍼(W) 사이의 광로에, 사용광(노광광)인 ArF 엑시마 레이저광(중심 파장  $\lambda = 193.306 \text{ nm}$ )에 대해 1.435876의 굴절율을 갖는 순수(Lm1, Lm2)가 채워지고 있다. 또한, 경계 렌즈(Lb) 및 평행 평면판(Lp)을 포함하는 모든 광투과 부재가 사용광의 중심 파장에 대해 1.5603261의 굴절율을 갖는 석영(SiO<sub>2</sub>)에 의해 형성되어 있다.

[0075] 다음 표(1)에, 제1 실시예에 따른 투영 광학계(PL)의 제원의 값을 게재한다. 표(1)에 있어서,  $\lambda$ 는 노광광의 중심 파장을,  $\beta$ 는 투영 배율(전계의 결상 배율)의 크기를, NA는 상측(웨이퍼층) 개구수를, B는 웨이퍼(W) 상에서의 이미지 서클(IF)의 반경을, A는 실효 노광 영역(ER)의 축에서 떨어진 양을, LX는 실효 노광 영역(ER)의 X 방향에 따른 치수(긴변의 치수)를, LY는 실효 노광 영역(ER)의 Y 방향에 따른 치수(짧은 변의 치수)를 각각 나타내고 있다.

[0076] 또한, 면 번호는 물체면(제1면)인 레티클면에서 상면(제2면)인 웨이퍼면에의 광선의 진행하는 경로에 따른 레티클층으로부터의 면의 순서를, r은 각 면의 곡률 반경(비구면의 경우에는 정점 곡률 반경: mm)을, d는 각 면의 축상 간격 즉 면간격(mm)을, n은 중심 파장에 대한 굴절율을 각각 나타내고 있다. 또한, 면간격(d)은 반사될 때마다 그 부호를 바꾸는 것으로 한다. 따라서, 면간격(d)의 부호는, 제1 평면 반사경(M1)의 반사면으로부터 오목면 반사경(CM)까지의 광로 중 및 제2 평면 반사경(M2)으로부터 상면까지의 광로속에서는 마이너스로 하고, 그 외의 광로 중에서는 플러스로 하고 있다.

[0077] 그리고, 제1 결상 광학계(G1)에서는, 레티클층을 향해 볼록면의 곡률 반경을 플러스로 하고, 레티클층을 향해 오목면의 곡률 반경을 마이너스로 하고 있다. 제2 결상 광학계(G2)에서는, 광의 진행 왕로를 따라 입사측(레티클층)을 향해 오목면의 곡률 반경을 플러스로 하고, 입사측을 향해 볼록면의 곡률 반경을 마이너스로 하고 있다. 제3 결상 광학계(G3)에서는, 레티클층을 향해 오목면의 곡률 반경을 플러스로 하고, 레티클층을 향해 볼록면의 곡률 반경을 마이너스로 하고 있다. 또한, 표(1)에 있어서의 표기는, 이후의 표(2)에 있어서도 동일하다.

[0078] 표 (1)

[0079] (주요 제원)

[0080]  $\lambda = 193.306 \text{ nm}$

[0081]  $\beta = 1/4$

[0082] NA= 1.32

[0083] B= 15.3 mm

[0084] A= 2.8 mm

[0085] LX= 26 mm

[0086] LY= 5 mm

[0087] (광학 부재 제원)

[0088] 면번호      r                      d                      n                      광학 부재

[0089]                      (레티클면)      113.7542

[0090] 1                       $\infty$                       8.0000                      1.5603261                      (P1)

[0091]	2	∞	6.0000		
[0092]	3	961.49971	52.0000	1.5603261	(L11)
[0093]	4	-260.97642	1.0000		
[0094]	5	165.65618	35.7731	1.5603261	(L12)
[0095]	6	329.41285	15.7479		
[0096]	7	144.73700	56.4880	1.5603261	(L13)
[0097]	8	-651.17229	4.1450		
[0098]	9*	-678.61021	18.2979	1.5603261	(L14)
[0099]	10	173.73534	1.0000		
[0100]	11	82.85141	28.4319	1.5603261	(L15)
[0101]	12	122.17403	24.6508		
[0102]	13	-632.23083	15.8135	1.5603261	(L16)
[0103]	14	-283.76586	22.9854		
[0104]	15	-95.83749	44.8780	1.5603261	(L17)
[0105]	16	-480.25701	49.9532		
[0106]	17*	-327.24655	37.6724	1.5603261	(L18)
[0107]	18	-152.74838	1.0000		
[0108]	19	-645.51205	47.0083	1.5603261	(L19)
[0109]	20	-172.70890	1.0000		
[0110]	21	1482.42136	32.7478	1.5603261	(L110)
[0111]	22	-361.68453	1.0000		
[0112]	23	185.06735	36.2895	1.5603261	(L111)
[0113]	24*	1499.92500	72.0000		
[0114]	25	∞	-204.3065		(M1)
[0115]	26	115.50235	-15.0000	1.5603261	(L21)
[0116]	27	181.35110	-28.1819		
[0117]	28	107.57500	-18.0000	1.5603261	(L22)
[0118]	29	327.79447	-34.9832		
[0119]	30	165.18700	34.9832		(CM)
[0120]	31	327.79446	18.0000	1.5603261	(L22)
[0121]	32	107.57500	28.1819		
[0122]	33	181.35110	15.0000	1.5603261	(L21)
[0123]	34	115.50235	204.3065		
[0124]	35	∞	-72.0000		(M2)
[0125]	36	552.89298	-24.4934	1.5603261	(L31)
[0126]	37	211.40931	-1.0000		

[0127]	38	-964.15750	-27.5799	1.5603261	(L32)
[0128]	39	451.41200	-1.0000		
[0129]	40	-239.74429	-35.7714	1.5603261	(L33)
[0130]	41	-171769.23040	-1.0000		
[0131]	42	-206.94777	-50.0000	1.5603261	(L34)
[0132]	43*	-698.47035	-43.1987		
[0133]	44	560.33453	-10.0000	1.5603261	(L35)
[0134]	45	-116.92245	-46.5360		
[0135]	46	209.32811	-10.0000	1.5603261	(L36)
[0136]	47*	-189.99848	-23.6644		
[0137]	48*	1878.63986	-31.5066	1.5603261	(L37)
[0138]	49	211.85278	-1.0000		
[0139]	50	-322.20466	-33.1856	1.5603261	(L38)
[0140]	51*	-1160.22740	-10.0172		
[0141]	52	-2715.10365	-22.0000	1.5603261	(L39)
[0142]	53*	-959.87714	-42.0799		
[0143]	54*	727.37853	-62.0255	1.5603261	(L310)
[0144]	55	240.59248	-1.0000		
[0145]	56	-16276.86134	-62.1328	1.5603261	(L311)
[0146]	57	333.64919	-1.0000		
[0147]	58	$\infty$	-1.0000		(AS)
[0148]	59	-303.09919	-68.2244	1.5603261	(L312)
[0149]	60	$\infty$	-1.0000		
[0150]	61	-182.25869	-77.6122	1.5603261	(L313)
[0151]	62*	-472.72383	-1.0000		
[0152]	63	-131.14200	-49.9999	1.5603261	(L314)
[0153]	64*	-414.78286	-1.0000		
[0154]	65	-75.90800	-43.3351	1.5603261	(L315:Lb)
[0155]	66	$\infty$	-1.0000	1.435876	(Lm2)
[0156]	67	$\infty$	-13.0000	1.5603261	(Lp)
[0157]	68	$\infty$	-2.9999	1.435876	(Lm1)
[0158]	(웨이퍼면)				
[0159]	(비구면데이터)				
[0160]	9면				
[0161]	$\kappa = 0$				

- [0162]  $C_4 = -7.9031 \times 10^{-8}$   $C_6 = 8.6709 \times 10^{-12}$
- [0163]  $C_8 = -6.5472 \times 10^{-16}$   $C_{10} = 1.5504 \times 10^{-20}$
- [0164]  $C_{12} = 2.6800 \times 10^{-24}$   $C_{14} = -2.6032 \times 10^{-28}$
- [0165]  $C_{16} = 7.3308 \times 10^{-33}$   $C_{18} = 0$
- [0166] 17면
- [0167]  $\kappa = 0$
- [0168]  $C_4 = 4.7672 \times 10^{-9}$   $C_6 = -8.7145 \times 10^{-13}$
- [0169]  $C_8 = -2.8591 \times 10^{-17}$   $C_{10} = 3.9981 \times 10^{-21}$
- [0170]  $C_{12} = -1.9927 \times 10^{-25}$   $C_{14} = 2.8410 \times 10^{-30}$
- [0171]  $C_{16} = 6.5538 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 0$
- [0172] 24면
- [0173]  $\kappa = 0$
- [0174]  $C_4 = 2.7118 \times 10^{-8}$   $C_6 = -4.0362 \times 10^{-13}$
- [0175]  $C_8 = 8.5346 \times 10^{-18}$   $C_{10} = -1.7653 \times 10^{-22}$
- [0176]  $C_{12} = -1.1856 \times 10^{-27}$   $C_{14} = 5.2597 \times 10^{-31}$
- [0177]  $C_{16} = -2.0897 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 0$
- [0178] 43면
- [0179]  $\kappa = 0$
- [0180]  $C_4 = -1.8839 \times 10^{-8}$   $C_6 = 5.6009 \times 10^{-13}$
- [0181]  $C_8 = -1.8306 \times 10^{-17}$   $C_{10} = 2.2177 \times 10^{-21}$
- [0182]  $C_{12} = -2.3512 \times 10^{-25}$   $C_{14} = 1.7766 \times 10^{-29}$
- [0183]  $C_{16} = -6.5390 \times 10^{-34}$   $C_{18} = 0$
- [0184] 47면
- [0185]  $\kappa = 0$
- [0186]  $C_4 = 9.0773 \times 10^{-8}$   $C_6 = -5.4651 \times 10^{-12}$
- [0187]  $C_8 = 4.4000 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -2.7426 \times 10^{-20}$
- [0188]  $C_{12} = 3.2149 \times 10^{-25}$   $C_{14} = 2.3641 \times 10^{-28}$

- [0189]  $C_{16} = -1.3953 \times 10^{-32}$   $C_{18} = 0$
- [0190] 48면
- [0191]  $\kappa = 0$
- [0192]  $C_4 = 3.0443 \times 10^{-8}$   $C_6 = -1.6528 \times 10^{-12}$
- [0193]  $C_8 = 2.3949 \times 10^{-17}$   $C_{10} = -4.4953 \times 10^{-21}$
- [0194]  $C_{12} = 3.0165 \times 10^{-25}$   $C_{14} = -1.2463 \times 10^{-28}$
- [0195]  $C_{16} = 1.0783 \times 10^{-32}$   $C_{18} = 0$
- [0196] 51면
- [0197]  $\kappa = 0$
- [0198]  $C_4 = 1.8357 \times 10^{-8}$   $C_6 = -4.3103 \times 10^{-13}$
- [0199]  $C_8 = -9.4499 \times 10^{-17}$   $C_{10} = 4.3247 \times 10^{-21}$
- [0200]  $C_{12} = -1.6979 \times 10^{-25}$   $C_{14} = 8.6892 \times 10^{-30}$
- [0201]  $C_{16} = -1.5935 \times 10^{-34}$   $C_{18} = 0$
- [0202] 53면
- [0203]  $\kappa = 0$
- [0204]  $C_4 = -3.9000 \times 10^{-8}$   $C_6 = -7.2737 \times 10^{-13}$
- [0205]  $C_8 = 1.1921 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -2.6393 \times 10^{-21}$
- [0206]  $C_{12} = -3.1544 \times 10^{-26}$   $C_{14} = 1.8774 \times 10^{-30}$
- [0207]  $C_{16} = -2.3545 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 0$
- [0208] 54면
- [0209]  $\kappa = 0$
- [0210]  $C_4 = 1.9116 \times 10^{-8}$   $C_6 = -6.7783 \times 10^{-13}$
- [0211]  $C_8 = 1.5688 \times 10^{-17}$   $C_{10} = -6.0850 \times 10^{-22}$
- [0212]  $C_{12} = 1.8575 \times 10^{-26}$   $C_{14} = -4.2147 \times 10^{-31}$
- [0213]  $C_{16} = 7.3240 \times 10^{-36}$   $C_{18} = 0$
- [0214] 62면
- [0215]  $\kappa = 0$
- [0216]  $C_4 = 3.0649 \times 10^{-8}$   $C_6 = -2.3613 \times 10^{-12}$

[0217]  $C_8 = 1.5604 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -7.3591 \times 10^{-21}$

[0218]  $C_{12} = 2.1593 \times 10^{-25}$   $C_{14} = -3.5918 \times 10^{-30}$

[0219]  $C_{16} = 2.5879 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 0$

[0220] 64면

[0221]  $\kappa = 0$

[0222]  $C_4 = -6.0849 \times 10^{-8}$   $C_6 = -8.7021 \times 10^{-13}$

[0223]  $C_8 = -1.5623 \times 10^{-16}$   $C_{10} = 1.5681 \times 10^{-20}$

[0224]  $C_{12} = -1.6989 \times 10^{-24}$   $C_{14} = 7.9711 \times 10^{-29}$

[0225]  $C_{16} = -2.7075 \times 10^{-33}$   $C_{18} = 0$

[0226] 도 5는 제1 실시예의 투영 광학계에 있어서의 횡수차를 도시한 도면이다. 수차도에 있어서, Y는 상의 높이를, 실선은 중심 파장 193.3060 nm을, 파선은 193.306 nm+ 0.2 pm= 193.3062 nm을, 일점 쇄선은 193.306 nm - 0.2 pm = 193.3058 nm 를 각각 나타내고 있다. 또한, 도 5에 있어서의 표기는, 이후의 도 7에 있어서도 동일하다. 도 5의 수차도면으로부터 명확해진 바와 같이, 제1 실시예에서는, 매우 큰 상측 개구수(NA= 132) 및 비교적 큰 실효 노광 영역(ER)(26 mm × 5 mm)을 확보하고 있음에도 불구하고, 파장폭이 193.306 nm ± 0.2 pm의 노광광에 대해 수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

[0227] [제2 실시예]

[0228] 도 6은 본 실시형태의 제2 실시예에 따른 투영 광학계의 렌즈 구성을 도시한 도면이다. 도 6을 참조하면, 제2 실시예에 따른 투영 광학계(PL)에 있어서 제1 결상 광학계(G1)는 레티클측에서 순서대로, 평행 평면판(P1)과, 양볼록 렌즈(L11)와, 레티클측에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L12)와, 레티클측에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L13)와, 레티클측에 비구면 형상의 오목면을 향한 양오목 렌즈(L14)와, 레티클측에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L15)와, 레티클측에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L16)와, 레티클측에 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L17)와, 레티클측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L18)와, 레티클측에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L19)와, 양볼록 렌즈(L110)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L111)에 의해 구성되어 있다.

[0229] 또한, 제2 결상 광학계(G2)는 광의 진행 왕로를 따라 레티클측(즉 입사측)으로부터 순서대로, 레티클측에 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L21)와, 레티클측에 오목면을 향한 마이너스 메니스커스 렌즈(L22)와, 레티클측에 오목면을 향한 오목면 반사경(CM)으로 구성되어 있다. 또한, 제3 결상 광학계(G3)는 레티클측(즉 입사측)으로부터 순서대로, 레티클측에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L31)와, 양볼록 렌즈(L32)와, 레티클측에 볼록면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L33)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L34)와, 양오목 렌즈(L35)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 양오목 렌즈(L36)와, 레티클측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L37)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L38)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 양오목 렌즈(L39)와, 레티클측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L310)와, 레티클측에 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L311)와, 개구 조리개(AS)와, 웨이퍼측에 평면을 향한 평볼록 렌즈(L312)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L313)와, 웨이퍼측에 비구면 형상의 오목면을 향한 플러스 메니스커스 렌즈(L314)와, 웨이퍼측에 평면을 향한 평볼록 렌즈(L315)[경계 렌즈(Lb)]와, 평행 평면판(Lp)에 의해 구성되어 있다.

[0230] 제2 실시예에 있어서도 제1 실시예와 동일하게, 경계 렌즈(Lb)와 평행 평면판(Lp) 사이의 광로 및 평행 평면판(Lp)과 웨이퍼(W) 사이의 광로에, 사용광(노광광)인 ArF 엑시마 레이저광(중심 파장 λ= 193.306 nm)에 대해 1.435876의 굴절율을 갖는 순수(Lm1, Lm2)가 채워지고 있다. 또한, 경계 렌즈(Lb) 및 평행 평면판(Lp)을 포함하는 모든 광투과 부재가 사용광의 중심 파장에 대해 1.5603261의 굴절율을 갖는 석영에 의해 형성되어 있다. 다

음 표(2)에, 제2 실시예에 따른 투영 광학계(PL)의 제원의 값을 게재한다.

[0231]	표(2)				
[0232]	(주요제원)				
[0233]	$\lambda = 193.306 \text{ nm}$				
[0234]	$\beta = 1/4$				
[0235]	NA= 1.3				
[0236]	B= 15.4 mm				
[0237]	A= 3 mm				
[0238]	LX= 26 mm				
[0239]	LY= 5 mm				
[0240]	(광학 부재 제원)				
[0241]	면번호	r	d	n	광학 부재
[0242]		(레티클면)	128.0298		
[0243]	1	$\infty$	8.0000	1.5603261	(P1)
[0244]	2	$\infty$	3.0000		
[0245]	3	708.58305	50.0000	1.5603261	(L11)
[0246]	4	-240.96139	1.0000		
[0247]	5	159.28256	55.0000	1.5603261	(L12)
[0248]	6	1030.42583	15.3309		
[0249]	7	175.91680	33.4262	1.5603261	(L13)
[0250]	8	1901.42936	13.4484		
[0251]	9*	-313.76486	11.8818	1.5603261	(L14)
[0252]	10	235.56199	1.0000		
[0253]	11	90.40801	53.3442	1.5603261	(L15)
[0254]	12	109.36394	12.8872		
[0255]	13	-1337.13410	20.2385	1.5603261	(L16)
[0256]	14	-314.47144	10.2263		
[0257]	15	-106.13528	42.5002	1.5603261	(L17)
[0258]	16	-334.97792	56.0608		
[0259]	17*	-1619.43320	46.3634	1.5603261	(L18)
[0260]	18	-167.00000	1.0000		
[0261]	19	-568.04127	48.4966	1.5603261	(L19)
[0262]	20	-172.67366	1.0000		
[0263]	21	637.03167	27.8478	1.5603261	(L110)
[0264]	22	-838.93167	1.0000		
[0265]	23	264.56403	30.7549	1.5603261	(L111)

[0266]	24*	3443.52617	72.0000		
[0267]	25	∞	-237.1956		(M1)
[0268]	26	134.07939	-15.0000	1.5603261	(L21)
[0269]	27	218.66017	-33.2263		
[0270]	28	111.51192	-18.0000	1.5603261	(L22)
[0271]	29	334.92606	-28.5215		
[0272]	30	170.92067	28.5215		(CM)
[0273]	31	334.92606	18.0000	1.5603261	(L22)
[0274]	32	111.51192	33.2263		
[0275]	33	218.66017	15.0000	1.5603261	(L21)
[0276]	34	134.07939	237.1956		
[0277]	35	∞	-72.0000		(M2)
[0278]	36	1133.17643	-25.2553	1.5603261	(L31)
[0279]	37	247.47802	-1.0000		
[0280]	38	-480.60890	-29.6988	1.5603261	(L32)
[0281]	39	626.43077	-1.0000		
[0282]	40	-208.29831	-36.2604	1.5603261	(L33)
[0283]	41	-2556.24930	-1.0000		
[0284]	42	-173.46230	-50.0000	1.5603261	(L34)
[0285]	43*	-294.18687	-26.4318		
[0286]	44	699.54032	-11.5000	1.5603261	(L35)
[0287]	45	-106.38847	-47.9520		
[0288]	46	158.19938	-11.5000	1.5603261	(L36)
[0289]	47*	-189.99848	-27.6024		
[0290]	48*	487.32943	-34.3282	1.5603261	(L37)
[0291]	49	153.21216	-1.0000		
[0292]	50	-280.33475	-39.4036	1.5603261	(L38)
[0293]	51*	-1666.66667	-17.3862		
[0294]	52	∞	-22.0000	1.5603261	(L39)
[0295]	53*	-1511.71580	-40.3150		
[0296]	54*	655.86673	-62.2198	1.5603261	(L310)
[0297]	55	242.88510	-1.0000		
[0298]	56	843.73059	-49.2538	1.5603261	(L311)
[0299]	57	280.00000	-1.0000		
[0300]	58	∞	-1.0000		(AS)
[0301]	59	-291.92686	-61.1038	1.5603261	(L312)

[0302]	60	$\infty$	-1.0000		
[0303]	61	-179.32463	-67.4474	1.5603261	(L313)
[0304]	62*	-438.34656	-1.0000		
[0305]	63	-128.42402	-52.4156	1.5603261	(L314)
[0306]	64*	-401.88080	-1.0000		
[0307]	65	-75.86112	-41.5893	1.5603261	(L315:Lb)
[0308]	66	$\infty$	-1.0000	1.435876	(Lm2)
[0309]	67	$\infty$	-16.5000	1.5603261	(Lp)
[0310]	68	$\infty$	-3.0000	1.435876	(Lm1)
[0311]	(웨이퍼면)				
[0312]	(비구면 데이터)				
[0313]	9면				
[0314]	$\kappa = 0$				
[0315]	$C_4 = -3.1753 \times 10^{-8}$	$C_6 = 9.0461 \times 10^{-12}$			
[0316]	$C_8 = -1.0355 \times 10^{-15}$	$C_{10} = 1.2398 \times 10^{-19}$			
[0317]	$C_{12} = -1.1221 \times 10^{-23}$	$C_{14} = 5.7476 \times 10^{-28}$			
[0318]	$C_{16} = -1.1800 \times 10^{-32}$	$C_{18} = 0$			
[0319]	17면				
[0320]	$\kappa = 0$				
[0321]	$C_4 = -2.8399 \times 10^{-8}$	$C_6 = -3.0401 \times 10^{-13}$			
[0322]	$C_8 = 1.1462 \times 10^{-17}$	$C_{10} = 4.0639 \times 10^{-22}$			
[0323]	$C_{12} = -8.6125 \times 10^{-26}$	$C_{14} = 4.4202 \times 10^{-30}$			
[0324]	$C_{16} = -9.9158 \times 10^{-35}$	$C_{18} = 0$			
[0325]	24면				
[0326]	$\kappa = 0$				
[0327]	$C_4 = 2.1499 \times 10^{-8}$	$C_6 = -3.8861 \times 10^{-13}$			
[0328]	$C_8 = 5.4812 \times 10^{-18}$	$C_{10} = -2.1623 \times 10^{-23}$			
[0329]	$C_{12} = -2.5636 \times 10^{-26}$	$C_{14} = 2.1879 \times 10^{-30}$			
[0330]	$C_{16} = -6.5039 \times 10^{-35}$	$C_{18} = 0$			
[0331]	43면				

- [0332]  $\kappa = 0$
- [0333]  $C_4 = -2.0533 \times 10^{-8}$   $C_6 = 7.8051 \times 10^{-13}$
- [0334]  $C_8 = 9.4002 \times 10^{-18}$   $C_{10} = -2.1043 \times 10^{-21}$
- [0335]  $C_{12} = 7.8182 \times 10^{-25}$   $C_{14} = -9.2007 \times 10^{-29}$
- [0336]  $C_{16} = 3.6742 \times 10^{-33}$   $C_{18} = 0$
- [0337] 47면
- [0338]  $\kappa = 0$
- [0339]  $C_4 = 9.8639 \times 10^{-8}$   $C_6 = -6.7359 \times 10^{-12}$
- [0340]  $C_8 = 6.8579 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -6.1604 \times 10^{-20}$
- [0341]  $C_{12} = 5.1722 \times 10^{-24}$   $C_{14} = -2.9412 \times 10^{-28}$
- [0342]  $C_{16} = 8.6688 \times 10^{-33}$   $C_{18} = 0$
- [0343] 48면
- [0344]  $\kappa = 0$
- [0345]  $C_4 = 4.3101 \times 10^{-8}$   $C_6 = -3.2805 \times 10^{-12}$
- [0346]  $C_8 = 5.6432 \times 10^{-17}$   $C_{10} = -9.2345 \times 10^{-22}$
- [0347]  $C_{12} = 1.0713 \times 10^{-25}$   $C_{14} = -9.9944 \times 10^{-30}$
- [0348]  $C_{16} = 1.8148 \times 10^{-33}$   $C_{18} = 0$
- [0349] 51면
- [0350]  $\kappa = 0$
- [0351]  $C_4 = 2.5839 \times 10^{-8}$   $C_6 = -1.8848 \times 10^{-12}$
- [0352]  $C_8 = -4.9271 \times 10^{-17}$   $C_{10} = 4.4946 \times 10^{-21}$
- [0353]  $C_{12} = -7.2550 \times 10^{-26}$   $C_{14} = 4.9237 \times 10^{-31}$
- [0354]  $C_{16} = -2.4260 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 6.2565 \times 10^{-40}$
- [0355] 53면
- [0356]  $\kappa = 0$
- [0357]  $C_4 = -4.7449 \times 10^{-8}$   $C_6 = -2.3075 \times 10^{-13}$
- [0358]  $C_8 = 1.0475 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -2.1805 \times 10^{-21}$

- [0359]  $C_{12} = -9.0530 \times 10^{-26}$   $C_{14} = 4.6274 \times 10^{-30}$
- [0360]  $C_{16} = -6.4961 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 3.4402 \times 10^{-41}$
- [0361] 54면
- [0362]  $\kappa = 0$
- [0363]  $C_4 = 2.0328 \times 10^{-8}$   $C_6 = -7.7439 \times 10^{-13}$
- [0364]  $C_8 = 1.6217 \times 10^{-17}$   $C_{10} = -3.5531 \times 10^{-22}$
- [0365]  $C_{12} = 8.2634 \times 10^{-27}$   $C_{14} = 2.6232 \times 10^{-31}$
- [0366]  $C_{16} = -2.0989 \times 10^{-35}$   $C_{18} = 4.0888 \times 10^{-40}$
- [0367] 62면
- [0368]  $\kappa = 0$
- [0369]  $C_4 = 2.5121 \times 10^{-8}$   $C_6 = -2.0342 \times 10^{-12}$
- [0370]  $C_8 = 1.2906 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -5.4455 \times 10^{-21}$
- [0371]  $C_{12} = 1.2885 \times 10^{-25}$   $C_{14} = -1.4600 \times 10^{-30}$
- [0372]  $C_{16} = 3.2850 \times 10^{-36}$   $C_{18} = 0$
- [0373] 64면
- [0374]  $\kappa = 0$
- [0375]  $C_4 = -2.8098 \times 10^8$   $C_6 = -3.9565 \times 10^{-12}$
- [0376]  $C_8 = 3.1966 \times 10^{-16}$   $C_{10} = -2.7246 \times 10^{-20}$
- [0377]  $C_{12} = 1.8266 \times 10^{-24}$   $C_{14} = -8.6244 \times 10^{-29}$
- [0378]  $C_{16} = 2.1570 \times 10^{-33}$   $C_{18} = 0$
- [0379] 도 7은 제2 실시예의 투영 광학계에 있어서의 횡수차를 도시한 도면이다. 도 7의 수차도로부터 명확해진 바와 같이, 제2 실시예에 있어서도 제1 실시예와 동일하게, 매우 큰 상측 개구수( $NA = 1.3$ ) 및 비교적 큰 실효 노광 영역(ER)( $26 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ )을 확보하고 있음에도 불구하고, 파장폭이  $193.306 \text{ nm} \pm 0.2 \text{ pm}$ 의 노광광에 대해 수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0380] 이와 같이, 본 실시형태의 투영 광학계(PL)에서는, 경계 렌즈(Lb)와 웨이퍼(W) 사이의 광로 중에 큰 굴절율을 갖는 순수(Lm1, Lm2)를 개재시킴으로써, 크고 실효적인 상측 개구수를 확보하면서, 비교적 큰 유효 결상 영역을 확보할 수 있다. 즉, 각 실시예로서는, 중심 파장이  $193.306 \text{ nm}$ 의 ArF 엑시마 레이저광에 대해, 약 1.3의 높은 상측 개구수를 확보하는 동시에,  $26 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 의 직사각형 형상의 실효 노광 영역(정지 노광 영역)(ER)을 확보할 수 있고, 예컨대  $26 \text{ mm} \times 33 \text{ mm}$ 의 직사각형의 노광 영역 내에 회로 패턴을 고해상도로 주사 노광할 수 있다.
- [0381] 전술의 각 실시예에서는, 반사 굴절형의 광학계 중의 왕복 광학 소자(L21, L 22)의 하나의 렌즈면의 형상 오차가 로컬 플레어의 발생에 대해 통상의 렌즈면의 2배의 영향을 미치게 하는 것에 착안하여, 하나의 렌즈면에서 2배의 로컬 플레어가 발생하게 되는 왕복 광로에서 비구면을 제외함으로써, 즉 왕복 광학 소자의 모두가 비구면

형상으로 형성된 광학면을 포함하지 않도록 구성함으로써, 로컬 플레이어의 저감을 도모하고 있다. 그리고, 전술의 각 실시예에서는, 광이 2 회 통과하는 왕복 광로 부분에 결정 재료를 배치하지 않음으로서, 즉 제2 결상 광학계(G2) 중의 왕복 광학 소자(L21, L22)의 모두를 비정질 재료(본 실시예에서는 석영)에 의해 형성함으로써, 로컬 플레이어의 저감을 한층 더 도모하고 있다. 또한, 전술의 각 실시예에서는, 제2 결상 광학계(G2) 중의 오목면 반사경(CM)의 반사면의 형상 오차도 로컬 플레이어의 발생에 대해 편도 광로 중의 렌즈면의 2배의 영향을 미치게 하기 위해, 오목면 반사경(CM)의 반사면을 구면 형상으로 형성함으로써 로컬 플레이어의 저감을 한층 더 도모하고 있다.

[0382] 본 실시형태의 액침 투영 광학계(PL)에서는, 반사 굴절형의 광학계를 채용하고 있으므로, 큰 상측 개구수입에도 불구하고 페즈탈 조건을 거의 성립시켜 상의 평탄성을 얻을 수 있는 동시에, 유효 시야 영역(실효 조명 영역) 및 유효 투영 영역[실효 노광 영역(ER)]이 광축을 포함하지 않는 축외 시야형의 광학계를 채용하여 렌즈 개구(눈동자) 중의 차광부를 갖지 않도록 하고 있으므로, 모든 패턴에의 대응력을 확보할 수 있다. 그러나, 본 실시형태와 같은 반사 굴절형으로 축외 시야형의 액침 투영 광학계(PL)에서는, 가장 상측[웨이퍼(W) 측]에 배치되는 굴절 광학 소자로서의 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면을 종래 기술에 따라 광축(AX3)(즉 기준 광축 AX)에 관해 회전 대칭인 형상으로 형성하면 문제점이 발생한다.

[0383] 도 8은 가장 상측에 배치되는 굴절 광학 소자의 출사면을 종래 기술에 따라 회전 대칭인 형상으로 형성했을 때의 문제점을 구체적으로 설명하기 위한 도이다. 도 8을 참조하면, 액침 투영 광학계(PL) 중에 있어서 가장 상측[웨이퍼(W) 측]에 배치되는 굴절 광학 소자로서의 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면은 광축(AX)을 중심으로 한 원(30)에 대응하는 외주를 갖는다. 다시 말해서, 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면은 서로 직교하는 2개의 축선 방향에 관해 거의 동일한 길이를 갖는다. 실제로는, 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면의 외주의 일부에 배향판 등의 절결이 설치되거나, 입사면의 외주가 다각형 형상으로 형성되거나, 입사면과 동일면에 홀드용의 터브가 설치되거나 하는 경우가 있지만, 어느 쪽이든 간에 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면의 외주에 대응하는 원(30)의 중심 축선은 광축(AX)과 일치하고 있다.

[0384] 한편, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면을 유효한 결상 광축이 통과하는 영역으로서 정의되는 유효 출사 영역(31)은 웨이퍼(W) 상에 있어서 광축(AX)을 포함하지 않는 직사각형 형상의 실효 노광 영역(정지 노광 영역)(ER)에 대응하도록, 광축(AX)으로부터 한 방향(Y 방향)으로 편심하고 직사각형의 코너부가 둥글게 된 형상을 갖는다. 종래 기술에서는, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면이 유효 출사 영역(31)의 회전 비대칭성과는 무관하게 광축(AX)에 관해 회전 대칭인 형상(무한회 회전 대칭인 형상), 다시 말해서 서로 직교하는 2개의 축선 방향에 관해 거의 동일한 길이를 갖는 형상으로 형성되므로, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면은 광축(AX)을 중심으로 하여 유효 출사 영역(31)을 내포하는 것과 같은 큰 원(32)에 대응하는 외주를 갖게 된다. 그 결과, 종래 기술에서는, 투영 광학계(PL)의 상공간에 있어서 액체(Lm1)가 개재하는 범위가 커지고, 나아가서는 기판 스테이지(9~11)의 거대화나 얼라이먼트 광학계(도시되지 않음)의 정밀도 저하 등을 초래한다.

[0385] 도 9는 본 실시형태의 각 실시예에 있어서의 액중 평행 평면판의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 9에 있어서, (a)는 액중 평행 평면판(Lp)의 저면도 이고, (b) 및 (c)는 액중 평행 평면판(Lp)의 측면도이다. 도 9를 참조하면, 본 실시형태의 각 실시예에 있어서 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면(Lpa)은 원(40)에 대응하는 외주를 가지고, 이 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(40)의 중심(40a)은 광축[AX(AX3)]으로부터 Y 방향으로 편심하고 있다. 덧붙여서 말하면, 파선(41)으로 도시하는 참조원은, 광축(AX)을 중심으로 하여 원(40)에 내접하는 원이다. 다시 말해서, 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면(Lpa)은 서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에 관해 거의 동일한 길이를 갖도록 형성되어 있다.

[0386] 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)에 있어서의 유효 출사 영역(42)은 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭으로 또한 직사각형의 코너부가 둥글게 된 형상을 가지며, 유효 출사 영역(42)의 중심(42a)은 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(40)의 중심(40a)과 일치하고 있다. 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 유효 출사 영역(42)의 주위에 약간의 마진 영역을 확보하여 유효 출사 영역(42)을 내포하는 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 가지고, 출사면(Lpb)의 중심(Lpba)은 유효 출사 영역(42)의 중심(42a) 및 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(40)의 중심(40a)과 일치하고 있다. 별도의 관점에서 보면, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 광축(AX)에 관해 1 회 회전 대칭인 형상을 갖는다. 또한, 도 9(a)에 있어서 출사면(Lpb)을 포위하는 영역으로서 해칭이 실시된 부분(Lpc)은 출사면(Lpb)의 외주에서부터 광입사축으로 연장되는 경사면이다.

[0387] 즉, 본 실시형태의 각 실시예에 있어서, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 웨이퍼(W) 상에 있어서 직교하는 2개의 축선 방향 즉 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 갖는다. 또한, 출사면(Lpb)의 중심 축선

(Lpba)과 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(40)의 중심 축선(40a)은 일치하고, 출사면(Lpb)의 중심 축선(Lpba)은 Y 방향을 따라 광축(AX)으로부터 편심하고 있다. 그리고, 웨이퍼(W) 상의 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 중심 축선(무게 중심 축선)은 출사면(Lpb)의 중심 축선(Lpba)과 거의 일치하고 있다. 다시 말해서, 출사면(Lpb)의 한쪽의 축선 방향(Y 방향)에 대한 길이와, 다른쪽의 축선 방향(X 방향)에 대한 길이가 서로 상이하하다.

[0388] 이상과 같이, 본 실시형태에서는, 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면이 유효 출사 영역(42)의 광축(AX)에 관한 회전 비대칭성과는 무관하게 광축(AX)에 관해 회전 대칭인 형상으로 형성되는 종래 기술과는 상이하게, 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)이 웨이퍼(W) 상에 있어서 광축(AX)을 포함하지 않는 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 형상을 따라 광축(AX)에 관해 회전 비대칭인 형상으로 형성되어 있으므로[서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에서의 출사면(Lpb)의 길이가 상이하도록 형성되어 있음], 투영 광학계(PL)의 상(償)공간에서 액체(침액)(Lm1)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있다. 본 실시형태의 노광 장치에서는, 상공간에 있어서 액체(Lm1)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있는 고해상인 액침 투영 광학계(PL)를 이용하고 있으므로, 기판 스테이지(9~11)의 거대화나 얼라이먼트 광학계의 정밀도 저하 등을 초래하지 않고, 미세한 패턴을 고정밀도로 투영 노광할 수 있다.

[0389] 도 10은 본 실시형태의 제1 변형예에 따른 액중 평행 평면관의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 10에 있어서, (a)는 액중 평행 평면관(Lp)의 저면도이며, (b) 및 (c)는 액중 평행 평면관(Lp)의 측면도이다. 도 10을 참조하면, 제1 변형예에 따른 액중 평행 평면관(Lp)의 입사면(Lpa)은 광축[AX(AX3)]을 중심으로 한 원(50)에 대응하는 외주를 갖는다. 다시 말해서, 액중 평행 평면관(Lp)의 입사면(Lpa)은 서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에 관해 거의 동일한 길이를 갖도록 형성되어 있다. 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)에서의 유효 출사 영역(51)은 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭으로 또한 직사각형의 코너부가 둥글게 된 형상을 가지고, 유효 출사 영역(51)의 중심(51a)은 광축(AX)으로부터 Y 방향으로 편심하고 있다.

[0390] 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)은 유효 출사 영역(51)의 한쪽의 긴변측 및 양방의 짧은 변측에 약간의 마진 영역을 확보하면서 다른쪽의 긴변측에 비교적 큰 마진 영역을 확보하여 유효 출사 영역(51)을 내포하고, X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 갖는다. 도 10(a)에 있어서 출사면(Lpb)을 포위하는 영역으로서 해칭이 실시된 부분(Lpc)은 출사면(Lpb)의 외주에서 광입사측에 연장되는 경사면이다.

[0391] 즉, 제1 변형예에 따른 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)은 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 갖는다. 별도의 관점에서 보면, 제1 변형예에 따른 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)은 광축(AX)에 관해 2 회 회전 대칭인 형상을 갖는다. 또한, 출사면(Lpb)의 중심 축선(Lpba)(도 10에서는 도시되지 않음)과 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(50)의 중심 축선(50a)(도 10에서는 도시되지 않음)과 광축(AX)은 일치하고 있다. 그리고, 웨이퍼(W) 상의 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 중심 축선(무게 중심 축선)은 출사면(Lpb)의 중심 축선(Lpba)[즉 광축(AX)]으로부터 Y 방향으로 편심하고 있다. 다시 말해서, 출사면(Lpb)의 한쪽의 축선 방향(Y 방향)에 대한 길이와, 다른쪽의 축선 방향(X 방향)에 대한 길이가 서로 상이하하다.

[0392] 도 10의 제1 변형예에 있어서도 도 9의 실시형태와 동일하게, 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)이 웨이퍼(W) 상에 있어서 광축(AX)을 포함하지 않는 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 형상에 따라, 광축(AX)에 관해 회전 비대칭인 형상으로 형성되어 있으므로[서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에서의 출사면(Lpb)의 길이가 상이하도록 형성되어 있음], 투영 광학계(PL)의 상공간에 있어서 액체(침액)(Lm1)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있다.

[0393] 도 11은 본 실시형태의 제2 변형예에 따른 액중 평행 평면관의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 11에 있어서, (a)는 액중 평행 평면관(Lp)의 저면도이고, (b) 및 (c)는 액중 평행 평면관(Lp)의 측면도이다. 도 11을 참조하면, 제2 변형예에 따른 액중 평행 평면관(Lp)의 입사면(Lpa)은 광축[AX(AX3)]을 중심으로 한 원(60)에 대응하는 외주를 갖는다. 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)에서의 유효 출사 영역(61)은 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭으로 또한 직사각형의 코너부가 둥글게 된 형상을 가지고, 유효 출사 영역(61)의 중심(61a)은 광축(AX)으로부터 Y 방향으로 편심하고 있다. 다시 말해서, 출사면(Lpb)의 한쪽의 축선 방향(Y 방향)에 대한 길이와, 다른쪽의 축선 방향(X 방향)에 대한 길이가 서로 상이하하다.

[0394] 액중 평행 평면관(Lp)의 출사면(Lpb)은 유효 출사 영역(61)의 주위에 약간의 마진 영역을 확보하여 유효 출사 영역(61)을 내포하는 Y 방향에 관해 거의 대칭이고 X 방향에 관해 비대칭인 형상을 가지며, 출사면(Lpb)의 중심(무게 중심)(Lpba)(도 11에서는 도시되지 않음)은 유효 출사 영역(61)의 중심(61a)의 근방(Y 방향에 따른 근방)에 위치하고 있다. 도 11(a)에 있어서 출사면(Lpb)을 포위하는 영역으로서 해칭이 실시된 부분(Lpc)은 출사

면(Lpb)의 외주에서 광입사측에 연장되는 경사면이다.

- [0395] 즉, 제2 변형예에 따른 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 Y 방향에 관해 거의 대칭으로 또한 X 방향에 관해 비대칭인 형상을 갖는다. 다시 말해서, 출사면(Lpb)은 한쪽의 축선 방향(Y 방향)에 대한 길이와, 다른쪽의 축선 방향(X 방향)에 대한 길이가 서로 상이하도록 형성되어 있다. 또한, 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(60)의 중심 축선(60a)(도 11에서는 도시되지 않음)과 광축(AX)은 일치하고, 출사면(Lpb)의 중심 축선(무게 중심 축선)(Lpba)은 Y 방향을 따라 광축(AX)으로부터 편심하고 있다. 그리고, 웨이퍼(W) 상의 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 중심 축선(무게 중심 축선)은 출사면(Lpb)의 중심 축선(무게 중심 축선)(Lpba)과 거의 일치하고 있다. 별도의 관점에서 보면, 제2 변형예에 따른 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 광축(AX)에 관해 1 회 회전 대칭인 형상을 갖는다.
- [0396] 도 11의 제2 변형예에 있어서도 도 9의 실시형태와 동일하게, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)이 웨이퍼(W) 상에 있어서 광축(AX)을 포함하지 않는 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 형상에 따라, 광축(AX)에 관해 회전 비대칭인 형상으로 형성되어 있으므로[(서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에서의 출사면(Lpb)의 길이가 상이하도록 형성되어 있음], 투영 광학계(PL)의 상공간에 있어서 액체(침액)(Lm1)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있다.
- [0397] 도 12는 본 실시형태의 제3 변형예에 따른 액중 평행 평면판의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 12에 있어서, (a)는 액중 평행 평면판(Lp)의 저면도이고, (b) 및 (c)는 액중 평행 평면판(Lp)의 측면도이다. 도 12를 참조하면, 제3 변형예에 따른 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면(Lpa)은 광축[AX(AX3)]을 중심으로 한 원(70)에 대응하는 외주를 갖는다. 다시 말해서, 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면(Lpa)은 서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에 관해 거의 동일한 길이를 갖도록 형성되어 있다. 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)에서의 유효 출사 영역(71)은 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭으로 또한 직사각형의 코너부가 둥글게 된 형상을 가지고, 유효 출사 영역(71)의 중심(71a)은 광축(AX)으로부터 Y 방향으로 편심하고 있다.
- [0398] 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 유효 출사 영역(71)의 주위에 약간의마진 영역을 확보하여 유효 출사 영역(71)을 내포하는 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 가지고, 출사면(Lpb)의 중심(Lpba)은 유효 출사 영역(71)의 중심(71a)과 일치하고 있다. 도 12(a)에 있어서 출사면(Lpb)을 포위하는 영역으로서 해칭이 실시된 부분(Lpc)은 출사면(Lpb)의 외주에서 광입사측에 연장되는 경사면이다.
- [0399] 즉, 제3 변형예에 따른 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 X 방향 및 Y 방향에 관해 거의 대칭인 형상을 갖는다. 또한, 출사면(Lpb)은 한쪽의 축선 방향(Y 방향)에 대한 길이와, 다른쪽의 축선 방향(X 방향)에 대한 길이가 서로 상이한 형상을 갖는다. 또한, 입사면(Lpa)의 외주에 대응하는 원(70)의 중심 축선(70a)(도 12에서는 도시되지 않음)과 광축(AX)은 일치하고, 출사면(Lpb)의 중심 축선(Lpba)은 Y 방향을 따라 광축(AX)으로부터 편심하고 있다. 그리고, 웨이퍼(W) 상의 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 중심 축선(무게 중심 축선)은 출사면(Lpb)의 중심 축선(Lpba)과 거의 일치하고 있다. 별도의 관점에서 보면, 제3 변형예에 따른 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)은 광축(AX)에 관해 1 회 회전 대칭인 형상을 갖는다.
- [0400] 도 12의 제3 변형예에 있어서도 도 9의 실시형태와 동일하게, 액중 평행 평면판(Lp)의 출사면(Lpb)이 웨이퍼(W) 상에 있어서 광축(AX)을 포함하지 않는 실효 노광 영역(ER)[즉 투영 광학계(PL)의 유효 투영 영역]의 형상에 따라, 광축(AX)에 관해 회전 비대칭인 형상으로 형성되어 있으므로[(서로 직교하는 2개의 축선 방향(XY 방향)에서의 출사면(Lpb)의 길이가 상이하도록 형성되어 있음], 투영 광학계(PL)의 상공간에 있어서 액체(침액)(Lm1)가 개재하는 범위를 작게 억제할 수 있다. 또한, 제1 변형예~제3 변형예에 도시하는 구성은 일례로서, 액중 평행 평면판(Lp)의 입사면 및 출사면의 구성에 대해서는 본 발명의 범위 내에서 여러 가지 변형예가 가능하다.
- [0401] 그런데, 전술의 실시형태에서는, 경계 렌즈(Lb)와 웨이퍼(W) 사이의 광로 중에 평행 평면판(일반적으로는 거의 무굴절력의 광학 부재)(Lp)이 배치되어 있으므로, 침액으로서의 순수가 웨이퍼(W)에 도포된 포토레지스트로부터의 아웃 가스 등에 의한 오염을 받더라도, 경계 렌즈(Lb)와 웨이퍼(W) 사이에 개재하는 평행 평면판(Lp)의 작용에 의해, 오염된 순수에 의한 경계 렌즈(Lb)의 상측 광학면의 오염을 유효하게 막을 수 있다. 또한, 액체(순수: Lm1, Lm2)와 평행 평면판(Lp)의 굴절율차가 작기 때문에, 평행 평면판(Lp)에 요구되는 자세나 위치 정밀도가 대폭 완화되므로, 평행 평면판(Lp)이 오염되더라도 부재 교환을 수시 행함으로써 광학 성능을 용이하게 복원할 수 있다.
- [0402] 또한, 액중 평행 평면판(Lp)의 작용에 의해, 경계 렌즈(Lb)에 접하는 액체(Lm2)의 스캔 노광시의 압력 변동이나 단계 이동시의 압력 변동이 작게 억제되므로, 비교적 작은 공간에서 액체를 유지하는 것이 가능하게 된다. 그러

나, 전술의 실시형태의 구성에 한정되지 않고, 평행 평면판(Lp)의 설치를 생략한 구성도 가능하다. 이 경우, 가장 상측[웨이퍼(W) 측]에 배치되는 굴절 광학 소자로서의 경계 렌즈(Lb)에 대해 본 발명을 적용할 수 있다. 구체적으로는, 경계 렌즈(Lb)의 입사면 및 출사면에 대해, 예컨대 도 10의 제1 변형예, 도 11의 제2 변형예, 도 12의 제3 변형예 등의 구성을 적용함으로써, 본 발명의 효과를 얻을 수 있다. 단, 도 9의 실시형태에서는 입사면의 외주에 대응하는 원의 중심이 광축(AX)으로부터 편심하고 있으므로, 이 구성을 경계 렌즈(Lb)의 입사면에 적용할 수는 없다.

[0403] 또한, 전술의 실시형태에서는, 유효 시야가 광축을 포함하지 않는 축외 시야형의 반사 굴절 광학계에 대해 본 발명을 적용하고 있지만, 이에 한정되지 않고, 다른 일반적인 액침형의 투영 광학계에 대해 본 발명을 적용할 수 있다. 단, 전술한 바와 같이, 축외 시야형의 반사 굴절 광학계에 본 발명을 적용함으로써, 상의 평탄성을 얻을 수 있는 동시에, 모든 패턴에의 대응력을 확보할 수 있다. 또한, 각 실시예에 도시한 바와 같은 3회 결상형으로 축외 시야형의 반사 굴절 광학계에서는, 보다 광축(AX)의 근방에 실효 노광 영역(ER)을 설정할 수 있으므로, 가장 상측[웨이퍼(W) 측]에 배치되는 굴절 광학 소자[평행 평면판(Lp) 또는 경계 렌즈(Lb)]의 회전 비대칭성을 완화할 수 있고, 광학계의 제조에 적합한 동시에 장치 구성의 간략화에도 용이하다.

[0404] 전술의 실시형태에서는, 경계 렌즈(Lb)와 웨이퍼(W) 사이의 광로 중에 충전되는 액체로서 순수(Lm1, Lm2)를 이용했지만, 그 대신에, 그보다도 굴절율이 높은 액체(예컨대 굴절율이 1.6 이상의 액체)를 이용하더라도 좋다. 이러한 고굴절율액체로서는, 예컨대 글리세놀(CH<sub>2</sub>[OH]CH[OH]CH<sub>2</sub>[OH])나 헵탄(C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>) 등을 이용할 수 있다. 또한, H<sup>+</sup>, Cs<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>를 넣은 물, 알루미늄산화물의 미립자를 섞은 물, 이소프로판올, 헥산, 데칸이나, 미쓰이 가가쿠 가부시키키가이샤에 의한 델파이(환상탄화수소골격을 기본으로 하는 화합물), JSR 가부시키키가이샤에 의한 HIF-001, 듀퐁(EI du Pont de Nemours and Company)에 의한 IF 131이나 IF 132, IF 175 등을 이용할 수 있다.

[0405] 이러한 고굴절율 액체를 이용하는 경우에는, 투영 광학계(PL)의 크기, 특히 직경 방향의 크기를 억제하기 위해, 투영 광학계(PL)의 일부의 렌즈, 특히 상면[웨이퍼(W)]에 가까운 렌즈를 고굴절율의 재료로 형성하는 것이 바람직하다. 이러한 고굴절율 재료로서는, 예컨대 산화칼슘 또는 산화마그네슘, 불화바륨, 산화스트론튬, 산화바륨, 불화바륨, 바륨·리튬·플로라이드(BaLiF<sub>3</sub>), 루테튬·알루미늄·가넷([Lutetium Aluminum Garnet] LuAG)이나, 스피넬([crystalline magnesium aluminum spinel] MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 등의 결정 재료 또는 이들을 주성분으로 하는 혼합 결정을 이용하는 것이 바람직하다.

[0406] 이에 따라, 실현 가능한 사이즈를 기초로, 높은 개구수를 실현할 수 있다. 예컨대 ArF 엑시마 레이저(파장 193 nm)를 이용한 경우에도, 1.5 정도, 혹은 그 이상의 높은 개구수를 실현하는 것이 가능해진다. 또한, 노광광(IL)으로서 파장 157 nm의 F<sub>2</sub> 레이저를 이용하는 경우에는, 액체로서, F<sub>2</sub> 레이저광을 투과 가능한 액체, 예컨대 과불화폴리에테르(PFPE)나 불소계 오일 등의 불소계 유체를 이용하는 것이 바람직하다.

[0407] 전술의 실시형태의 노광 장치에서는, 조명 장치에 의해 레티클(마스크)을 조명하고(조명 공정), 투영 광학계를 이용하여 마스크에 형성된 전사용의 패턴을 감광성 기관에 노광함으로써(노광 공정), 마이크로 디바이스(반도체 소자, 촬상 소자, 액정 표시 소자, 박막 자기 헤드 등)를 제조할 수 있다. 이하, 본 실시형태의 노광 장치를 이용하여 감광성 기관으로서의 웨이퍼 등에 소정의 회로 패턴을 형성함으로써, 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 수법의 일례에 대해 도 13의 흐름도를 참조하여 설명한다.

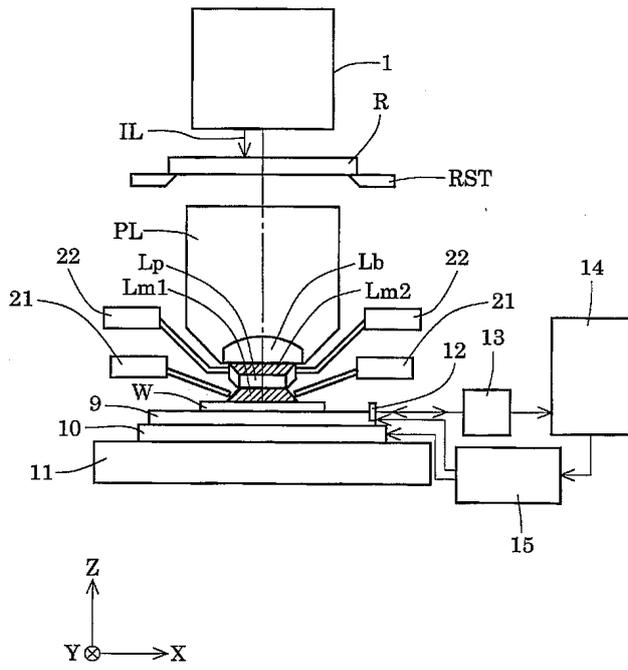
[0408] 우선, 도 13의 단계 301에 있어서, 1로트의 웨이퍼 상에 금속막이 증착된다. 다음 단계 302에 있어서, 그 1로트의 웨이퍼 상의 금속막 상에 포토레지스트가 도포된다. 그 후, 단계 303에 있어서, 본 실시형태의 노광 장치를 이용하여, 마스크상의 패턴의 상(像)이 그 투영 광학계를 통해, 그 1로트의 웨이퍼 상의 각 쇼트 영역에 순차 노광 전사된다. 그 후, 단계 304에 있어서, 그 1로트의 웨이퍼 상의 포토레지스트의 현상이 행해진 후, 단계 305에 있어서, 그 1로트의 웨이퍼 상에서 레지스트패턴을 마스크로서 에칭을 행함으로써, 마스크 상의 패턴에 대응하는 회로 패턴이 각 웨이퍼 상의 각 쇼트 영역에 형성된다.

[0409] 그 후, 더 위의 레이어의 회로 패턴의 형성 등을 행함으로써, 반도체 소자 등의 디바이스가 제조된다. 전술의 반도체 디바이스 제조 방법에 따르면, 매우 미세한 회로 패턴을 갖는 반도체 디바이스를 양호한 스루풋으로 얻을 수 있다. 또한, 단계 301~단계 305에서는, 웨이퍼 상에 금속을 증착하여, 그 금속막 상에 레지스트를 도포, 그리고 노광, 현상, 에칭의 각 공정을 행하고 있지만, 이들의 공정에 앞서, 웨이퍼 상에 실리콘의 산화막을 형성한 후, 그 실리콘의 산화막 상에 레지스트를 도포, 그리고 노광, 현상, 에칭 등의 각 공정을 행하여도 좋은

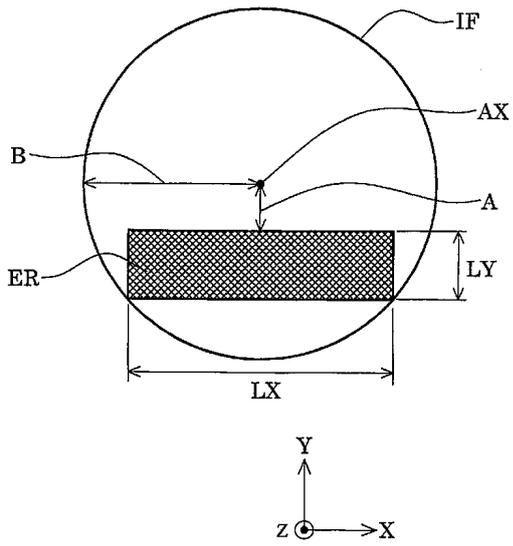


도면

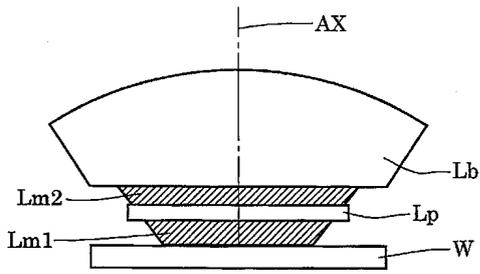
도면1



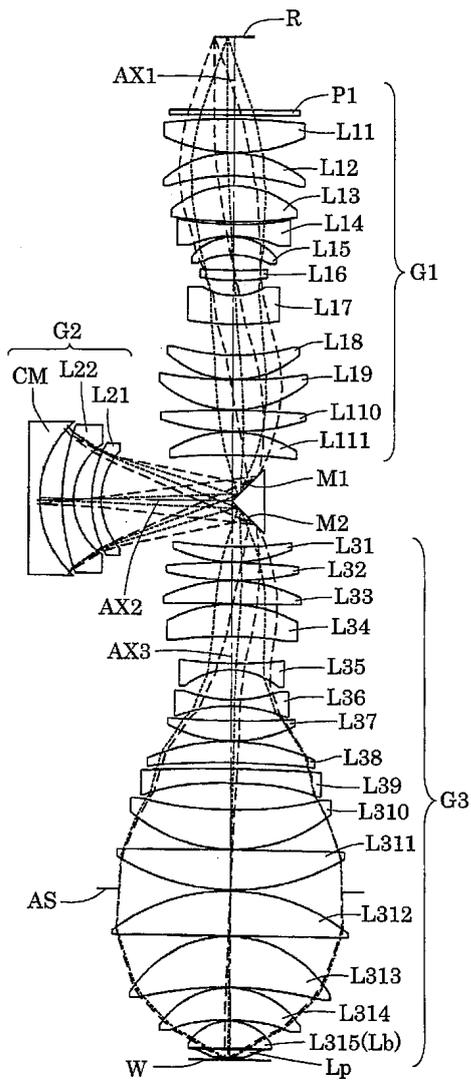
도면2



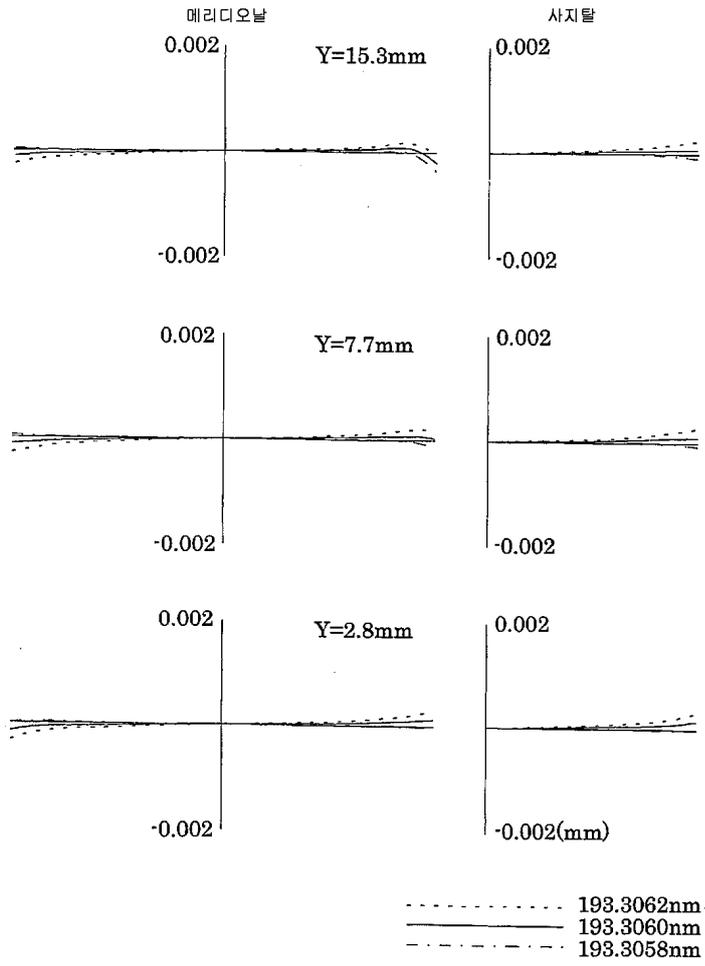
도면3



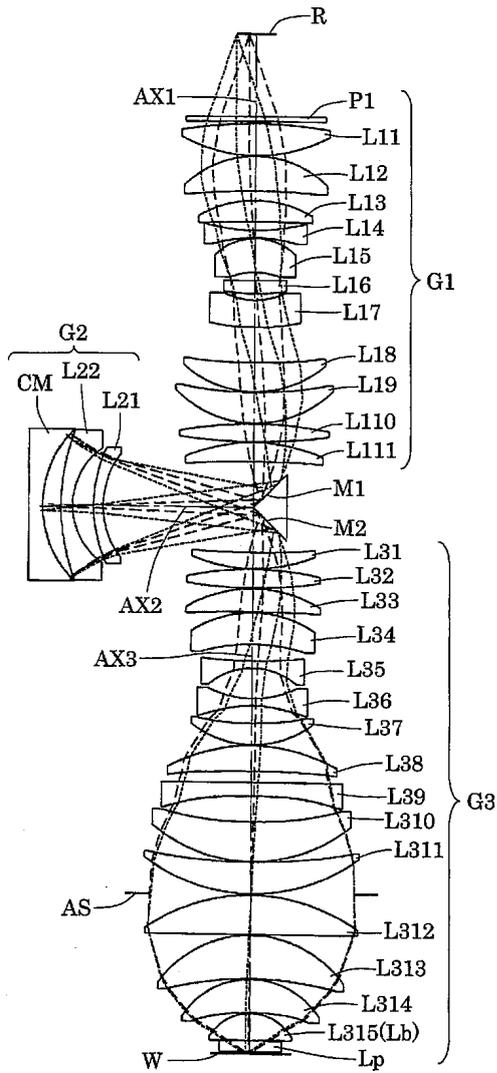
도면4



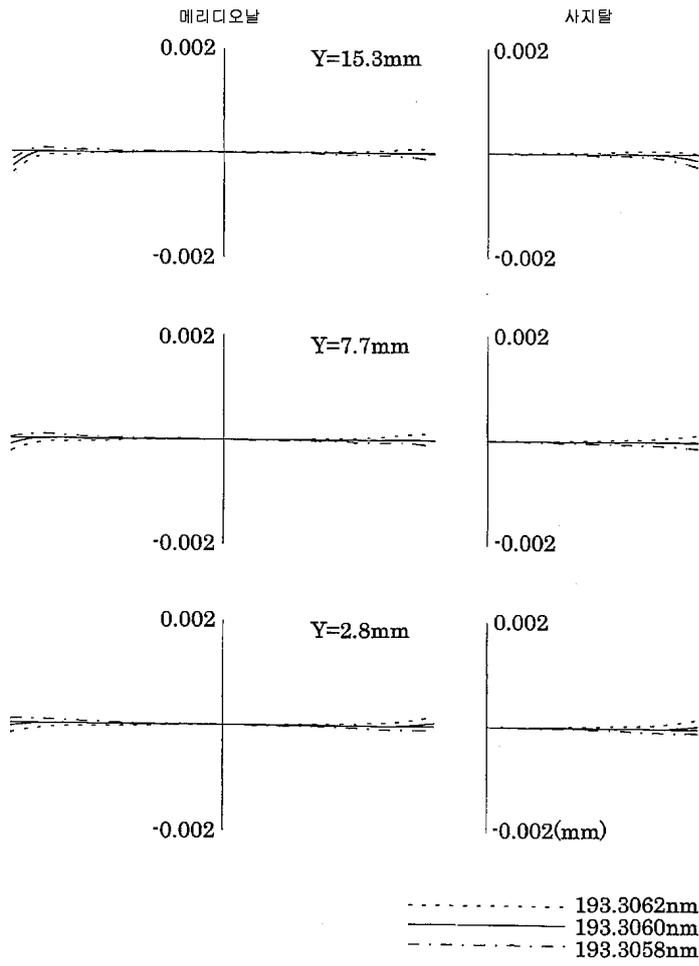
도면5



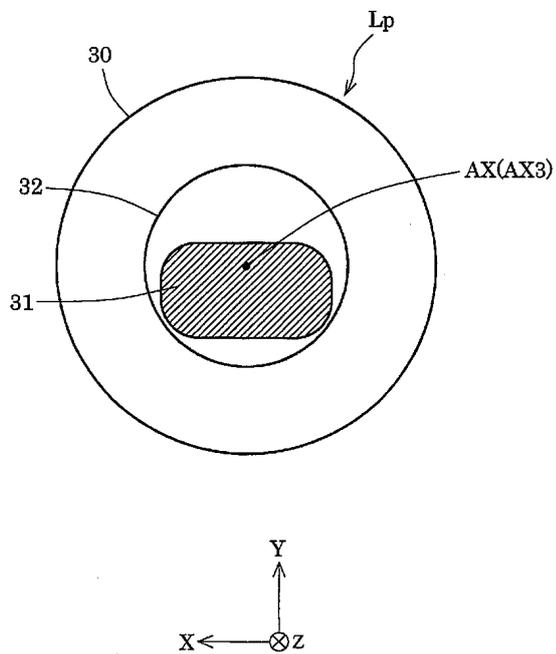
도면6



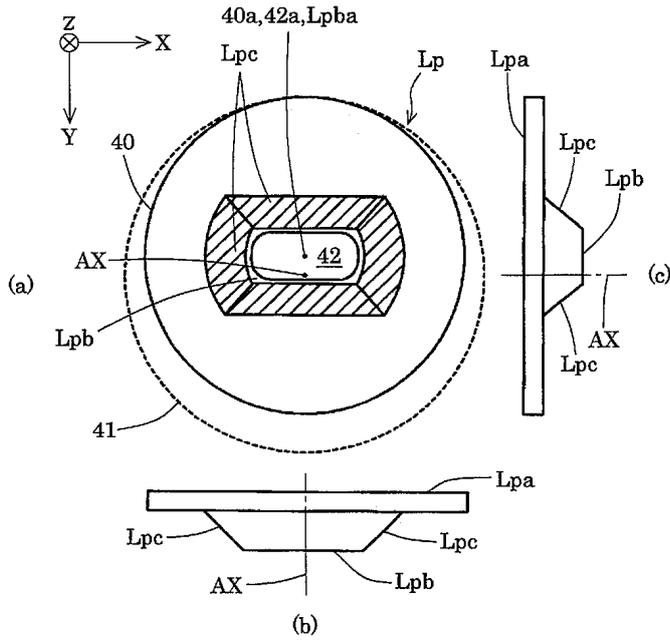
도면7



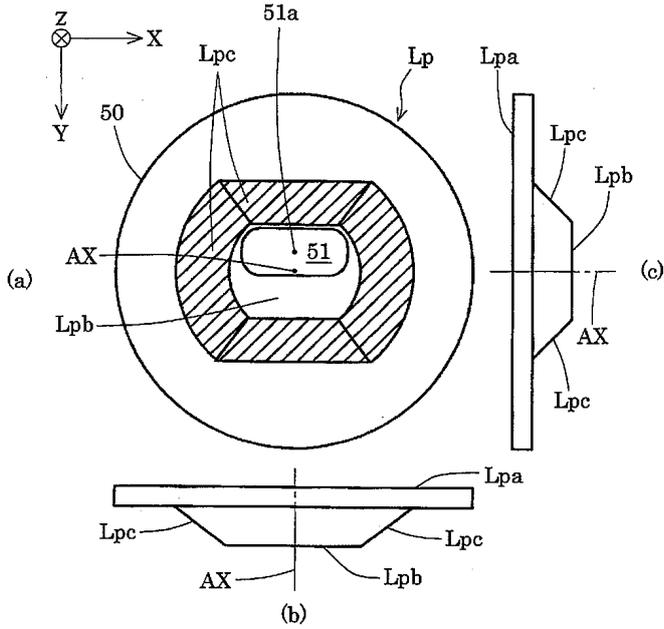
도면8



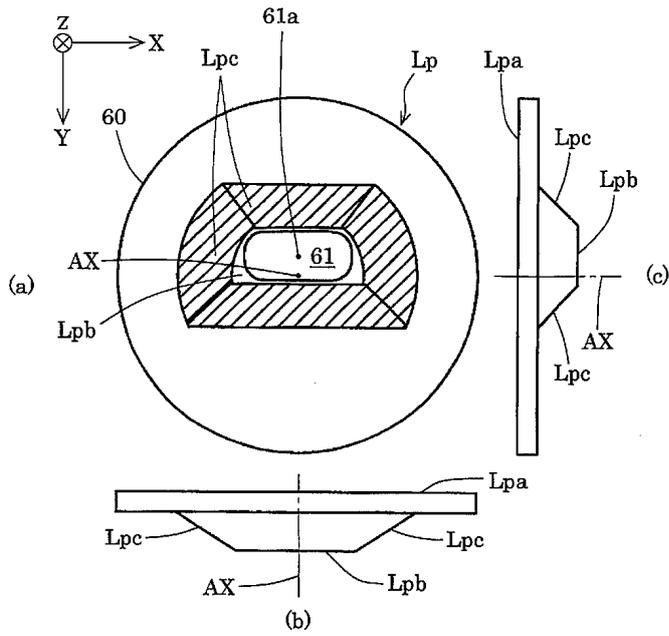
도면9



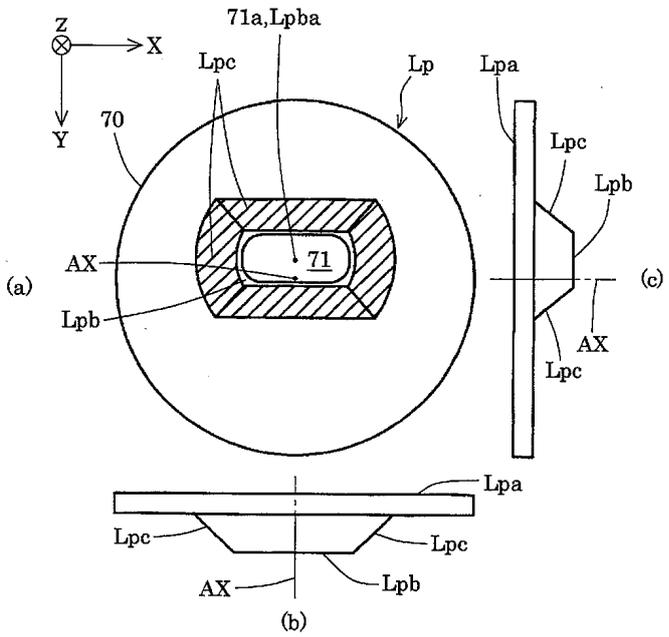
도면10



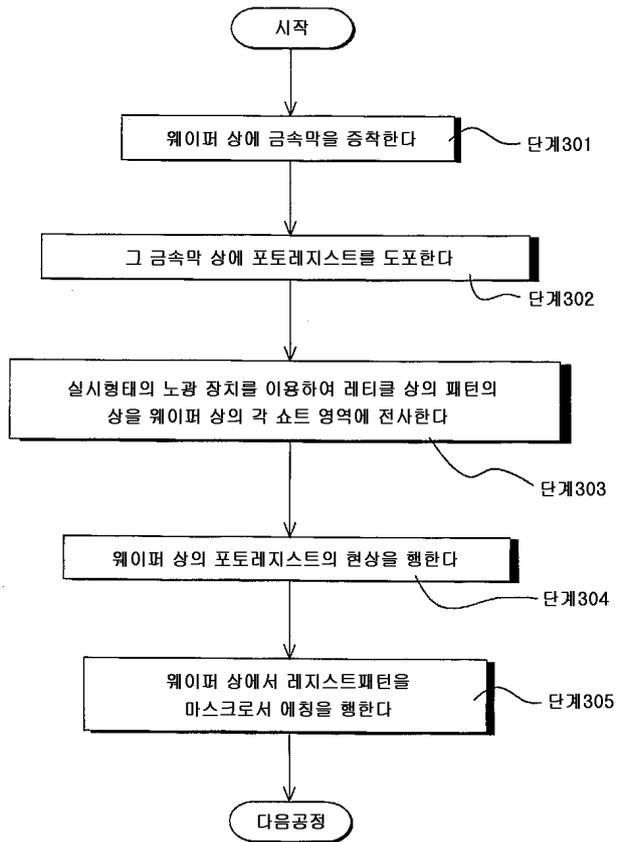
도면11



도면12



도면13



도면14

