



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월21일  
(11) 등록번호 10-2568839  
(24) 등록일자 2023년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03F 7/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G03F 7/70358 (2013.01)

G03F 7/70141 (2023.05)

(21) 출원번호 10-2019-0126651

(22) 출원일자 2019년10월14일

심사청구일자 2021년04월14일

(65) 공개번호 10-2020-0049528

(43) 공개일자 2020년05월08일

(30) 우선권주장

JP-P-2018-203253 2018년10월29일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2011003714 A\*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 11 항

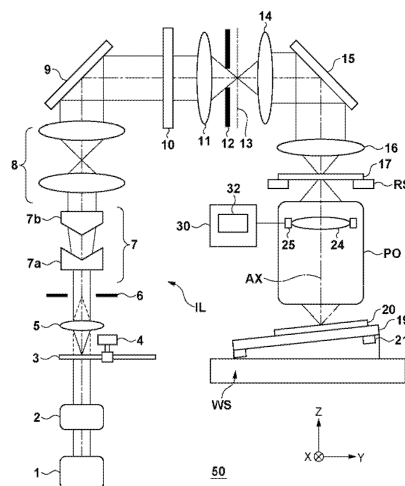
심사관 : 정성용

(54) 발명의 명칭 노광장치, 및 물품 제조방법

(57) 요약

원판 또는 기판을 투영 광학계의 상면에 대해 기울여서 기판을 주사 노광하는 노광장치에 있어서, 확대된 초점심도를 얻기 위해 유리한 기술을 제공한다. 노광장치는, 원판을 조명하는 조명 광학계 및 상기 원판의 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계를 갖고, 상기 원판 또는 상기 기판을 상기 투영 광학계의 상면에 대해 경사지게 한 상태에서 상기 원판 및 상기 기판을 주사하면서 상기 기판을 노광한다. 노광장치는, 상기 원판 또는 상기 기판의 상기 상면에 대한 경사를 조정하는 조정부와, 상기 조정부를 제어하는 제어부를 갖고, 상기 제어부는, 상기 기판의 슛 영역 위에 형성되는 잠상의 에러가 작아지도록 결정된 방향으로 상기 원판 또는 상기 기판을 경사지게 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G03F 7/70258* (2023.05)

*G03F 7/70641* (2023.05)

*G03F 7/7065* (2023.05)

(56) 선행기술조사문헌

JP2016072507 A\*

JP2010147482 A

JP2009164296 A

JP2001077008 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

원판을 조명하는 조명 광학계 및 상기 원판의 패턴을 기관에 투영하는 투영 광학계를 갖고, 상기 원판 또는 상기 기관을 상기 투영 광학계의 상면에 대해 경사지게 한 상태에서 상기 원판 및 상기 기관을 주사하면서 상기 기관을 노광하는 노광장치로서,

상기 원판 또는 상기 기관의 상기 상면에 대한 경사를 조정하는 조정부와,

상기 조정부를 제어하는 제어부를 갖고,

상기 제어부는, 상기 원판 또는 상기 기관을 경사지게 하지 않는 상태에서 상기 기관의 쏫 영역을 노광할 경우에 있어서, 상기 쏫 영역 위에 형성되는 잠상의 에러인 제1에러와, 상기 원판 또는 상기 기관을 제1방향으로 경사지게 한 상태에서 상기 쏫 영역을 노광할 경우에 있어서, 상기 쏫 영역 위에 형성되는 잠상의, 해당 경사에 기인하는 에러인 제2에러와, 상기 원판 또는 상기 기관을 상기 제1방향과는 역방향인 제2방향으로 경사지게 한 상태에서 상기 쏫 영역을 노광할 경우에 있어서, 상기 쏫 영역 위에 형성되는 잠상의, 해당 경사에 기인하는 에러인 제3에러,에 근거하여, 상기 쏫 영역 위에 형성되는 잠상의 에러가 작아지도록 결정된 방향으로 상기 원판 또는 상기 기관을 경사지게 상기 조정부를 제어하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1에러와 상기 제2에러를 합성한 제1 합성 에러와, 상기 제1에러와 상기 제3에러를 합성한 제2 합성 에러의 비교의 결과에 근거하여, 상기 원판 또는 상기 기관의 경사 방향을 결정하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 조명 광학계는, 상기 원판의 조명 영역을 규정하는 조명 시야 조리개를 포함하고,

상기 제어부는, 상기 조명 시야 조리개에 의해 형성되는 슬릿의 주사 방향과 직교하는 방향에 있어서 각 위치의 폭에 의존한 디포커스 계수와, 상기 기관의 경사에 기인해서 상기 쏫 영역 위에 형성되는 잠상의 에러에 근거하여 산출되는, 상기 슬릿의 형상에 따른 상기 잠상의 에러를, 상기 제2에러 또는 상기 제3에러로서 구하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

#### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제2에러 또는 상기 제3에러를 보정하도록 상기 투영 광학계에 포함되는 렌즈를 구동하면서 노광을 행하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

#### 청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 기관의 복수의 경사량의 각각에 대한 상기 기관의 경사에 의해 발생하는 에러의 데이터에 근거하여 상기 제2에러 및 상기 제3에러를 구하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 기관에 배열되어 있는 복수의 숏 영역의 각각마다 상기 조정부에 의한 상기 경사의 조정을 행하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 기관에 배열되어 있는 복수의 숏 영역의, 노광의 순서가 연속하고 또한 주사 방향이 서로 동일한 그룹마다, 상기 조정부에 의한 상기 경사의 조정을 행하고, 각 그룹 내에서는 상기 경사의 조정 상태를 고정으로 하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 노광 제어 모드로서, 노광 정밀도를 우선하는 정밀도 우선 모드와, 스루풋을 우선하는 스루풋 우선 모드를 갖고, 상기 정밀도 우선 모드가 선택된 경우에는, 상기 기관에 배열되어 있는 복수의 숏 영역의 각각마다, 상기 조정부에 의한 상기 경사의 조정을 행하고, 상기 스루풋 우선 모드가 선택된 경우에는, 상기 복수의 숏 영역의, 노광의 순서가 연속하고 또한 주사 방향이 서로 동일한 그룹마다, 상기 조정부에 의한 상기 경사의 조정을 행하고, 각 그룹 내에서는 상기 경사의 조정 상태를 고정으로 하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 잠상의 에러는, 잠상의 위치 어긋남, 디스토션, 선폭의 오차 중 어느 한개인 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 10

원판을 조명하는 조명 광학계 및 상기 원판의 패턴을 기관에 투영하는 투영 광학계를 갖고, 상기 원판 또는 상기 기관을 상기 투영 광학계의 상면에 대해 경사지게 한 상태에서 상기 원판 및 상기 기관을 주사하면서 상기 기관을 노광하는 노광장치로서,

상기 원판 또는 상기 기관의 상기 상면에 대한 경사를 조정하는 조정부와,

상기 조정부를 제어하는 제어부를 갖고,

상기 제어부는,

상기 원판 또는 상기 기관을 경사지게 하지 않는 상태에서 상기 기관의 숏 영역을 노광할 경우에 있어서, 상기 숏 영역 위에 형성되는 잠상의 에러인 제1에러와, 상기 원판 또는 상기 기관을 제1방향으로 경사지게 한 상태에서 상기 숏 영역을 노광할 경우에 있어서, 상기 숏 영역 위에 형성되는 잠상의, 해당 경사에 기인하는 에러인 제2에러와, 상기 원판 또는 상기 기관을 상기 제1방향과는 역방향인 제2방향으로 경사지게 한 상태에서 상기 숏 영역을 노광할 경우에 있어서, 상기 숏 영역 위에 형성되는 잠상의, 해당 경사에 기인하는 에러인 제3에러를 구

하고,

상기 제1에러와 상기 제2에러를 합성한 제1 합성 에러와, 상기 제1에러와 상기 제3에러를 합성한 제2 합성 에러의 비교의 결과에 근거하여, 상기 슛 영역 위에 형성되는 잠상의 에러가 작아지도록 상기 원판 또는 상기 기관의 경사 방향을 결정하며, 결정된 상기 경사 방향으로 상기 원판 또는 상기 기관을 경사지게 상기 조정부를 제어하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

## 청구항 11

청구항 1 내지 10 중 어느 한 항에 기재된 노광장치를 사용해서 기관을 노광하는 공정과,

상기 공정에서 상기 노광된 기관을 현상하는 공정을 포함하고,

상기 현상된 기관으로부터 물품을 제조하는 것을 특징으로 하는 물품 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 노광장치, 및 물품 제조방법에 관한 것으로, 예를 들면, 원판 또는 기관이 투영 광학계의 상면에 대해 경사진 상태에서 기관을 노광하는 노광장치, 및 그것을 사용해서 물품을 제조하는 물품 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 노광장치에 있어서의 초점심도를 확대시키는 수법으로서, 마스크의 패턴을 광축 방향의 다른 위치에 결상시키는 FLEX(Focus Latitude Enhancement Exposure)법이 알려져 있다. 주사 노광장치에 있어서 FLEX법에 의한 노광을 실시할 때, 투영 광학계의 상면에 대해 기관 또는 마스크가 경사진 상태에서 주사 구동된다. FLEX법에 의한 노광에 있어서, 투영 광학계의 상면 전체에서 균일한 초점심도 확대의 효과를 얻기 위해서는, 조명 광학계의 조명 시야 조리개의 개구(슬릿) 영역이, 주사 방향과 직교하는 방향을 따른 직선에 관해 대칭인 것이 필요하다. FLEX법에 의한 노광에서는 기관 스테이지가 경사져 있기 때문에, 슬릿 영역이 비대칭인 경우, 주사 방향과 직교하는 방향의 각 위치에서 디포커스량이 바뀌어 버려, 슛 영역 내에서 균일한 초점심도 확대의 효과가 얻어지지 않는다.

[0003] 특허문헌 1에는, 마스크 또는 기관을 기울인 경우에, 슬릿의 앞쪽측과 내측에서 텔레센트리시티가 변하는 것에 의해 발생하는 코마수차를 제어함으로써 슛 영역 내의 초점심도 확대의 효과를 균일하게 하는 수법이 제안되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2009-164296호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 현재 상태에 있어서, FLEX법에 의한 노광을 주사 노광장치에서 실시할 때의 초점심도 확대의 효과는 충분하지 않아, 개선이 요망되고 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 제1 측에 따르면, 원판을 조명하는 조명 광학계 및 상기 원판의 패턴을 기관에 투영하는 투

영 광학계를 갖고, 상기 원판 또는 상기 기관을 상기 투영 광학계의 상면에 대해 경사지게 한 상태에서 상기 원판 및 상기 기관을 주사하면서 상기 기관을 노광하는 노광장치로서, 상기 원판 또는 상기 기관의 상기 상면에 대해 경사를 조정하는 조정부와, 상기 조정부를 제어하는 제어부를 갖고, 상기 제어부는, 상기 기관의 쏫 영역 위에 형성되는 잠상의 에러가 작아지도록 결정된 방향으로 상기 원판 또는 상기 기관을 경사지게 하는 것을 특징으로 하는 노광장치가 제공된다.

## 발명의 효과

[0007] 본 발명에 따르면, 예를 들면, 원판 또는 기관을 투영 광학계의 상면에 대해 기울여서 기관을 주사 노광하는 노광장치에 있어서, 확대된 초점심도를 얻기 위해서 유리한 기술이 제공된다.

## 도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 실시형태에 있어서의 주사 노광장치의 구성을 도시한 도면이다.  
 도 2는 FLEX법에 의한 노광을 설명하는 도면이다.  
 도 3은 슬릿 영역의 형상과 디포커스 량의 관계를 도시한 도면이다.  
 도 4는 디포커스 계수의 산출 방법을 설명하는 도면이다.  
 도 5는 실시형태에 있어서의 FLEX 노광시의 기관의 경사 방향의 결정 처리를 나타내는 흐름도이다.  
 도 6은 실시형태에 있어서의 FLEX 노광시의 기관의 경사 방향의 결정 처리를 설명하는 도면이다.  
 도 7은 실시형태에 있어서의 FLEX 노광시의 기관의 경사 방향의 결정 처리를 나타내는 흐름도이다.  
 도 8은 실시형태에 있어서의 FLEX 노광시의 기관의 경사 방향의 결정 처리를 설명하는 도면이다.  
 도 9는 기관의 복수의 경사량 각각에 대한 수치의 예를 나타낸 그래프이다. 도 10은 기관의 복수의 경사량의 각각에 대해서, 기관의 경사에 의해 발생하는 디스토션의 예를 나타낸 도면이다.  
 도 11은 기관 위의 복수의 쏫 영역의 배열 및 노광의 순서를 예시하는 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 도면을 참조해서 본 발명의 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 이때, 이하의 실시형태는 본 발명의 실시의 구체예를 나타내는 것에 지나지 않는 것이며, 본 발명은 이하의 실시형태에 한정되는 것은 아니다. 또한, 이하의 실시형태 중에서 설명되고 있는 특징의 조합의 전체가 본 발명의 과제해결을 위해 필수적인 것이라고는 할 수 없다.

[0010] <제1실시형태>

[0011] 도 1은, 본 실시형태에 있어서의 주사 노광장치(50)의 개략 구성을 도시한 도면이다. 주사 노광장치(50)는, 원판(마스크 또는 레티클로도 불릴 수 있다)(17) 및 기관(20)을 주사하면서 원판(17)의 패턴을 투영 광학계 P0에 의해 기관(20)에 투영해서 기관(20)을 주사 노광하도록 구성되어 있다.

[0012] 본 명세서에서는, 수평면을 XY 평면으로 하는 XYZ 직교 좌표계에 있어서 방향을 나타내고, 투영 광학계 P0의 광축 AX에 평행한 축을 Z축으로 하고, Z축과 직교하는 방향으로 X축 및 Y축을 취한다. X축, Y축, Z축에 평행한 방향을 각각 X방향, Y방향, Z방향으로 한다.

[0013] 조명 광학계 IL은, 본 실시형태에서는, 광원(1)으로부터 콜리메이터 렌즈 16에 이르는 광로에 배치된 요소에 의해 구성된다. 광원(1)으로서, 예를 들면, 발진 파장이 약 193nm인 ArF 엑시머 레이저나, 발진 파장이 약 248nm인 KrF 엑시머 레이저이지만, 본 발명에 있어서, 광원의 종류나 광원이 발생하는 빛의 파장에 제한은 없다.

[0014] 광원(1)으로부터 출사된 빛은, 인출 광학계(2)에 의해 회절 광학 소자(3)로 이끌어진다. 전형적으로는, 복수의 회절 광학 소자(3)가 복수의 슬롯을 갖는 터렛(turret)의 각각의 슬롯에 탑재되어 있고, 액추에이터(4)에 의해, 임의의 회절 광학 소자(3)가 광로중에 배치될 수 있다.

[0015] 회절 광학 소자(3)로부터 출사된 빛은, 콘덴서 렌즈(5)에 의해 집광되어, 회절 패턴면(6)에 회절 패턴을 형성한다. 액추에이터(4)에 의해 광로중에 위치하는 회절 광학 소자(3)를 교환하면, 회절 패턴의 형상을 바

꿀 수 있다.

- [0016] 회절 패턴면(6)에 형성된 회절 패턴은, 프리즘 군(7), 줌 렌즈(8)에 의해 윤대율(輪帶率)이나  $\sigma$  값 등의 파라미터가 조정된 후, 미러 9에 입사한다. 미러 9에 의해 반사된 광속은, 옵티컬 인테그레이터(10)에 입사한다. 옵티컬 인테그레이터(10)는, 예를 들면, 렌즈 어레이(플라이 아이)로서 구성될 수 있다.
- [0017] 프리즘 군(7)은, 예를 들면, 프리즘 7a 및 프리즘 7b를 포함한다. 프리즘 7a와 프리즘 7b 사이의 거리가 충분히 작은 경우에는, 프리즘 7a와 프리즘 7b는 일체화된 1매의 글래스 평판으로 간주할 수 있다. 회절 패턴면(6)에 형성된 회절 패턴은, 거의 님은꼴 형상을 유지하면서 줌 렌즈(8)에 의해  $\sigma$  값이 조정되어, 옵티컬 인테그레이터(10)의 입사면에 결상된다. 프리즘 7a와 프리즘 7b의 위치를 떨어지게 함으로써, 회절 패턴면(6)에 형성된 회절 패턴은, 윤대율이나 개구각도 조정된다.
- [0018] 옵티컬 인테그레이터(10)로부터 출사된 광속은, 콘덴서 렌즈(11)에서 집광되어, 원판(17)과 공역인 면 13에 목적으로 하는 광강도 분포를 형성한다. 조명 시야 조리개(차광부재)(12)는, 원판(17)이 배치되는 면과 공역인 면(13)으로부터 어긋난 위치에 배치되어, 노광 광에 의한 원판(17)의 조명 영역을 규정하는 동시에 이 조명 영역에 있어서의 광강도 분포를 제어한다. 더욱 구체적으로는, 차광부재(12)는, 원판(17) 및 기관(20)의 주사 방향을 따른 광강도 분포가 사다리꼴 형상이 되도록 노광 광의 광강도 분포를 제어한다. 사다리꼴 형상의 광강도 분포는, 광원(1)이 발생하는 빛이 펄스광인 것, 즉 불연속성을 갖는 것에 기인하는 주사 방향의 적산 노광량의 격차를 저감하기 위해 효과적이다.
- [0019] 조명 시야 조리개(12)의 개구(슬릿)를 통과한 광속은, 콜리메이터 렌즈 14, 미러 15, 콜리메이터 렌즈 16을 거쳐 원판(17)을 조명한다. 원판(17)의 패턴은, 투영 광학계 P0에 의해, 틸트 스테이지(19)를 포함하는 기관 스테이지 WS에 의해 유지된 기관(20)에 투영된다. 이에 따라, 기관(20) 위의 감광체에 잠상 패턴이 형성된다.
- [0020] 틸트 스테이지(19)는, 그것에 의해 유지되는 기관(20)의 면이 투영 광학계 P0의 상면에 대해 경사진 상태에서 기관(20)이 주사되도록 위치 결정된다. 틸트 스테이지(19)의 기울기(즉 기관(20)의 기울기)는, 틸트 기구를 포함하는 조정부(21)에 의해 조정된다. 기관(20)을 기울게 하는 것 대신에 원판(17)을 기울여도 되지만, 여기에서는 기관(20)을 기울게 하는 구성을 채용하고 있다. 도 1에 나타내는 예에서는, 주사 방향은, Y축을 따른 방향이며, 초점심도 확대를 위해 기관(20) 또는 원판(17)의 기울기를 제어하는 축은, X축 주위의 회전( $\omega$ X)이다.
- [0021] 투영 광학계 P0는, 그것을 구성하는 복수의 렌즈의 적어도 1개의 렌즈(24)를 이동, 회전 및/또는 변형 시킴으로써 투영 광학계 P0의 수차를 변화시키는 구동기구(25)를 가진다. 구동기구(25)는, 예를 들면, 투영 광학계 P0의 광축 AX를 따른 방향으로 렌즈(24)를 이동시키는 기구와, 광축 AX에 수직한 2축(X축, Y축)에 평행한 축의 주위로 렌즈(24)를 회전시키는 기구를 포함할 수 있다. 렌즈(24)의 구동에 대한 수차 변화의 민감도는, 미리 계산 또는 실측을 통해 결정되고, 그것을 나타내는 특성 데이터(예를 들면, 테이블)가 제어부(30)의 메모리(32)에 격납되어 있어도 된다. 제어부(30)는, 특성 데이터에 근거하여 렌즈(24)의 구동량을 결정하고, 그 구동량에 따라 렌즈(24)를 구동할 수 있다.
- [0022] 제어부(30)는, 주사 노광장치(50)의 각 부를 제어한다. 제어부(30)는 프로그램 및 데이터를 기억하는 메모리(32)를 포함하고, 메모리(32)에 격납되어 있는 제어 프로그램을 실행함으로써 주사 노광을 실행한다.
- [0023] FLEX법은, 초점을 어긋나게 하여 다중노광을 행함으로써 콘트라스트의 향상과 초점심도의 확대를 도모하는 수법이다. 주사 노광장치(50)에 있어서 FLEX법에 의한 주사 노광을 행할 경우, 도 2에 나타낸 것과 같이, 원판(17) 및 기관(20)이 각각 화살표로 표시되는 방향으로 주사 구동된다. 이하에서는 기관(20)이 주사 구동되는 것으로서 설명한다. 이 경우, FLEX법으로 기관(20)을 노광할 때는, 투영 광학계 P0의 상면측에 있어서, 기관(20)의 각 점이 디포커스→베스트 포커스→디포커스가 되도록, 기관(20)을 주사 구동한다. 예를 들면, 기관(20)의 표면의 광축 AX가 통과하는 점이 투영 광학계 P0의 베스트 포커스 위치에 일치하도록 제어부(30)에 의해 기관 스테이지 WS가 제어된다. 또한, 기관(20)이 목표의 경사가 되도록 제어부(30)에 의해 기관 스테이지 WS가 제어된다.
- [0024] 도 3을 참조하여, FLEX법에 의한 노광에 대해 설명한다. FLEX법에 의한 노광은, 베스트 포커스면(BF면)에 대해 기관 스테이지의 진행 방향을 기울이는 것에 의해, BF면 부근에서 연속적으로 복수의 결상 위치에 의한 다중노광을 가능하게 한다. 이때, 여기에서는, 기관 스테이지의 경사량과 기관 스테이지의 진행 방향의 경사량은 동일하다. 이러한 FLEX법에 의한 노광에 있어서, 투영 광학계 P0의 상면 전체에서 균일한 초점심도



확대의 효과를 얻기 위해서는, 도3a1에 나타난 것과 같이, 조명 시야 조리개(12)의 개구(슬릿) 영역이 대략 사각형인 것이 필요하다. 슬릿 영역이 사각형일 경우, 주사 방향과 직교하는 방향(X방향)에 있어서의 각 위치( $i1, i2, i3$ )에서 슬릿 폭은 동일하다. 이 경우에는, 도3a2에 나타난 것과 같이, 틸트 스테이지(19)에 의해 기관을 경사량 M만큼 경사시켜도, 쏘 영역 내에서 각 위치( $i1, i2, i3$ )의 디포커스 량을 균일하게 발생시킬 수 있다( $Df1=Df2=Df3$ ).

[0025] 한편, 조도 불균일 보정을 위해 슬릿 영역이 주사 방향과 직교하는 방향을 따른 직선에 관해 비대칭인 형상도 있을 수 있다. 예를 들면, 도 3b1에 나타난 것과 같은, 슬릿 영역이, 주사 방향과 직교하는 방향에 있어서의 각 위치( $i1, i2, i3$ )(이하 「슬릿 위치」라고도 한다)에서 슬릿 폭이 동일하지 않는 형상을 생각한다. 이 경우, 도 3b2에 나타난 것과 같이, 틸트 스테이지(19)에 의한 기관의 경사 때문에 쏘 영역 내에서 각 위치에 대해서 디포커스 량이 바뀌어 버린다( $Df1=Df3 \neq Df2$ ). 도 3b2의 예에서는, 경사 축 중심으로부터 +Df측에 있어서, 위치  $i2$ 에 있어서의 디포커스 량은 +Df2인 것에 대해, 위치  $i1, i3$ 에 있어서의 디포커스 량 +Df1, +Df3 쪽이 커진다. 그 때문에, 쏘 영역 내에서 균일한 초점심도 확대의 효과를 얻을 수 없다.

[0026] FLEX법은, 베스트 포커스 면 부근에서 연속적으로 복수의 결상 위치에 의한 다중노광을 행하는 것이기 때문에, 디포커스된 투영 상의 중첩에 따라, 쏘 영역 위에 형성되는 잠상의 에러가 발생한다. 노광장치에는, 장치의 광학특성(슬릿 형상의 비대칭성, 텔레센트리시티, 상면) 또는 장치 조정 상태에 있어서도 제거할 수 없는 에러가 존재한다. 더구나, FLEX법에 의한 노광을 실시할 때에는, 쏘 영역 위에 형성되는 잠상에, 기관의 경사에 기인하는 에러가 발생하여, 에러가 증대될 수 있다. 그 때문에, FLEX법에 있어서 본래 기대하고 있는 초점심도 확대의 효과가 얻어지지 않는다. 본 실시형태는 이러한 과제에 주목하고 있다.

[0027] 본 실시형태에서는, 제어부(30)는, 다음의 (A)의 경우와 (B)의 경우 사이에서, 쏘 영역 위에 형성되는 잠상의 에러가 작아지도록 기관(20)의 경사의 방향을 결정하여, 조정부(21)를 제어한다. (A) 기관(20)을 제1방향으로 경사지게 한 상태에서 쏘 영역을 노광할 경우. (B) 기관(20)을 제1방향과는 역방향의 제2방향으로 경사지게 한 상태에서 쏘 영역을 노광할 경우.

[0028] 이하, 구체예를 설명한다. 쏘 영역 위에 형성되는 잠상의 에러는, 잠상의 위치 어긋남, 디스토션, 선폭의 오차 등으로서 관찰될 수 있다. 따라서, 잠상의 에러는, 예를 들면, 잠상의 위치 어긋남, 디스토션, 선폭의 오차 중 어느 한개일 수 있다. 이하에서는, 잠상의 에러를, 잠상의 위치 어긋남(이하에서는 「잠상의 어긋남」이라고도 한다)에 의해 특징하는 것으로 한다.

[0029] 우선, 도 4를 참조하여, 위치 어긋남의 발생량을 산출하기 위한 디포커스 계수의 산출 방법을 설명한다. 디포커스 계수는, 조명 시야 조리개(12)에 의해 형성되는 슬릿의 주사 방향과 직교하는 방향으로 있어서의 각 위치의 폭에 의존한 값이다. 도 4에 있어서,  $A_i$  및  $B_i$ 는, 슬릿 위치  $i$ 에 있어서의 경사 축 중심으로부터 슬릿 단부까지의 거리를 나타낸다. 이때, 슬릿 위치  $i$ 에 있어서의 디포커스 량의 비율을 나타내는 디포커스 계수  $K_i$ 는, 다음 식으로 표시된다.

[0030] 
$$K_i = B_i / A_i$$

[0031] 이상적으로는 투영 광학계에는 수차가 없는 것이 기대되지만, 현실에는 완전히 조정할 수 없는 수차(조정 잔차)가 존재한다. 이 수차의 영향은, 예를 들면, 도6a에 나타난 것과 같은 잠상의 위치 어긋남으로서 관찰될 수 있다. 이러한 위치 어긋남은, 기관을 경사지게 하지 않는 통상 노광시에도 나타난다. 더구나, 초점심도 확대를 기대해서 행하는 FLEX법에 의한 노광(FLEX 노광)에 있어서는, 기관의 경사량과, 도 3b2와 같은 슬릿 폭의 비대칭성의 조합에 따라서는, 도 6b, 도 6d에 나타난 것과 같은 위치 어긋남  $P_m$ 이 새롭게 발생해 버린다. 이러한 위치 어긋남에 의해, 마치 투영 광학계의 수차가 증대하는 것 같이 이상 결상으로부터의 어긋남이 증대한다. 따라서 본 실시형태에서는, 기관을 경사지게 하지 않는 상태에서 쏘 영역을 노광하는 통상 노광시의 잠상의 어긋남과, 기관을 경사지게 한 것에 의해 발생하는 잠상의 어긋남에 근거하여, FLEX 노광시의 기관의 경사 방향을 결정한다.

[0032] 도 5에, 본 실시형태에 있어서의 기관의 경사량의 결정 처리의 흐름도를 나타낸다. S11에서, 제어부(30)는, 통상 노광을 행할 경우의 잠상의 어긋남  $L$ (제1에러)을 취득한다. S12에서, 제어부(30)는, 기관의 경사량  $M$ 으로서 기관을 제1방향으로  $\alpha$  [ $\mu$ rad] 경사지게 한 상태에서 쏘 영역을 노광할 경우에 있어서, 쏘 영역 위에 형성되는 잠상의 해당 경사에 기인하는 어긋남  $P_{m1}$ (제2에러)을 요구한다. 이때의 기관의 경사량  $M$ 에 의해 발생하는 잠상의 어긋남  $O_{m1}$ 과, 디포커스 계수  $K_i$ 으로부터, 슬릿 형상에서 원리적으로 발생하는 잠상의 어긋남  $P_{m1}$ 은, 다음 식에 의해 산출된다.



[0033]

$$Pm1=Ki \cdot Om1$$

[0034]

또한, 제어부(30)는, 기관의 경사량 M으로서 기관을 제1방향과는 역방향의 제2방향으로  $\alpha$  [μrad] 경사지게 한 상태에서 쏜 영역을 노광할 경우에 있어서, 쏜 영역 위에 형성되는 잠상의 해당 경사에 기인하는 어긋남  $m2$ (제3에러)를 구한다. 이때의 기관의 경사량 M에 의해 발생하는 잠상의 어긋남  $Om2$ 와, 디포커스 계수  $Ki$ 로부터, 슬릿 형상에서 원리적으로 발생하는 잠상의 어긋남  $Pm2$ 는, 다음 식에 의해 산출된다.

[0035]

$$Pm2=Ki \cdot Om2$$

[0036]

도 6b는, 기관의 경사량 M으로서 +방향(제1방향)으로  $\alpha$  [μrad] 경사시켜 FLEX 노광을 행했을 경우에 발생하는 잠상의 어긋남  $Pm1$ 을 나타내고 있다. 도 6d는, 기관의 경사량 M으로서 -방향(제2방향)으로  $\alpha$  [μrad] 경사시켜서 FLEX 노광을 행했을 경우에 발생하는 잠상의 어긋남  $Pm2$ 를 나타내고 있다. 이렇게, 기관을 기울이는 방향에 의해 잠상의 어긋남의 부호가 반전된다.

[0037]

실제노광시의 잠상의 어긋남의 영향은, 조정 잔차에 의한 잠상의 어긋남 L(제1에러)과, FLEX 노광시에 발생하는 잠상의 어긋남  $Pm$ 을 합성한 것이 된다. 실제 생산에 있어서는, 쏜 영역 내의 잠상의 어긋남을 작게 하는 것이 필요하다. 따라서, S13에서, 제어부(30)는, 조정 잔차에 의한 잠상의 어긋남 L(제1에러)과, 제1방향으로  $\alpha$  [μrad] 경사시켰을 경우의 잠상의 어긋남  $Pm1$ (제2에러)을 합성한  $L+Pm1$ (제1합성 에러)을 구한다(도 6c). 또한, 제어부(30)는, 조정 잔차에 의한 잠상의 어긋남 L(제1에러)과, 제2방향으로  $\alpha$  [μrad] 경사시켰을 경우의 잠상의 어긋남  $Pm2$ (제2에러)를 합성한  $L+Pm2$ (제2 합성 에러)를 구한다(도 6e). 더구나, 제어부(30)는, 제1합성 에러와 제2 합성 에러의 비교의 결과에 근거하여, 기관의 경사의 방향을 결정한다. 예를 들면, 제어부(30)는,  $L+Pm1$ (도 6c) 및  $L+Pm2$ (도 6e) 각각의, X방향의 각 상고에 있어서의 디포커스 량을 계산하고, 쏜 영역 내의 잠상의 어긋남의 절대값이 작아지도록 경사 방향을 결정한다. S14에서, 제어부(30)는, 결정한 경사 방향에 따라 틸트 스테이지(19)를 구동해서 기관을 경사지게 한다.

[0038]

<제2실시형태>

[0039]

제1실시형태에서는, 쏜 영역 위에 형성되는 잠상의 위치 어긋남에 의해, 잠상의 에러를 특정했지만, 제2실시형태에서는, 쏜 영역 위에 형성되는 잠상의 디스토션에 의해 잠상의 에러를 특정한다. 제2실시형태에서는, 디스토션의 관점에서, 도 3b2와 같이 슬릿 형상이 비대칭으로 되어 있는 노광장치에 있어서 FLEX 노광을 행할 경우에 발생하는 디포커스 량과 텔레센트리시티 성분에 의해 X방향의 상고마다 발생하는 시프트 성분을 고려한다.

[0040]

이상적으로는 투영 광학계의 렌즈에는 디스토션이 없는 것이 기대되지만, 현실에는, 도8a에 나타난 것과 같은, 완전히 조정할 수 없는 디스토션(조정 잔차) N이 존재한다. 이 디스토션은, 기관을 경사지게 하지 않는 통상 노광시에도 나타난다. 더구나, 초점심도 확대를 기대해서 행하는 FLEX 노광에 있어서는, 기관의 경사량과 도 3b2와 같은 슬릿 폭의 비대칭성의 조합에 따라서는, 도 8b, 도 8d에 나타난 것과 같은 디스토션  $Qm$ 이 새롭게 발생해 버린다. 따라서, 본실시형태에서는, 기관을 경사지게 하지 않는 통상 노광시의 디스토션과, 기관을 경사지게 하는 것에 의해 발생하는 디스토션에 근거하여, FLEX 노광시의 기관의 경사 방향을 결정한다.

[0041]

도 7에, 본 실시형태에 있어서의 기관의 경사량의 결정 처리의 흐름도를 나타낸다. S21에서, 제어부(30)는, 통상 노광시의 디스토션 N을 취득한다. S22에서, 제어부(30)는, 기관의 경사량 M에 의해 발생하는 디스토션  $Rm$ 과, 디포커스 계수  $Ki$ 로부터, 슬릿 형상에 의해 원리적으로 발생하는 디스토션  $Qm$ 을, 다음 식에 의해 산출한다.

[0042]

$$Qm=Ki \cdot Rm$$

[0043]

도 8b는, 기관의 경사량 M을  $+\beta$  [μrad]로 하여 FLEX 노광을 행했을 경우에 발생하는 디스토션  $Qm1$ 을 나타내고 있다. 도 8d는, 기관의 경사량 M을  $-\beta$  [μrad]로 하여 FLEX 노광을 행했을 경우에 발생하는 디스토션  $Qm2$ 를 나타내고 있다. 이렇게, 기관을 기울이는 방향에 의해 디스토션의 방향이 반전한다.

[0044]

실제노광시의 디스토션의 영향은, 조정 잔차 디스토션 N과, FLEX 노광시에 발생하는 디스토션  $Qm$ 을 합산한 것이 된다. 실제 생산에 있어서는, 쏜 내의 디스토션을 작게 하는 것이 필요하다. 따라서, S23에서, 제어부(30)는,  $N+Qm1$ (도 8c) 및  $N+Qm2$ (도 8e) 각각의 디스토션을 계산하여, 쏜 내의 디스토션의 절대값이 작아지도록 경사 방향을 결정한다. S24에서, 제어부(30)는, 결정한 경사 방향에 따라 틸트 스테이지(19)를 구동해서 기관을 경사지게 한다.

[0045] <제3실시형태>

[0046] 도 9는, 기관의 복수의 경사량의 각각에 대해서, 기관의 경사에 의해 발생하는 잠상의 예러의 예를 나타낸 그래프다. 본 실시형태에서는, 예를 들면, 이 그래프에 따른 데이터가, 제어부(30)의 메모리(32)에 미리 기억되어 있다. 제어부(30)는, 설정된 기관의 경사량 M에 의해 발생하는 예러  $O_m$ 을, 메모리(32)에 기억되어 있는 데이터로부터 구한다. 제어부(30)는, 구한 예러  $O_m$ 과 디포커스 계수  $K_i$ 로부터, 슬릿 형상에서 원리적으로 발생하는 예러  $P_m$ 을, 다음 식에 의해 산출한다.

[0047] 
$$P_m = K_i \cdot O_m$$

[0048] 제어부(30)는, 산출한 예러  $P_m$ 을, 렌즈 제어 파라미터로서 전술한 특성 데이터에 추가한다. 렌즈 제어 파라미터는  $P_m$  이외에, 예를 들면, Z위치, X축 주위의 경사량, Y축 주위의 경사량 등을 포함할 수 있다. 그리고, 제어부(30)는, 렌즈 제어 파라미터로서의 예러  $P_m$ 을 보정하도록 투영 광학계 P0의 렌즈(24)를 구동기구(25)에 의해 구동하면서 FLEX 노광을 행한다.

[0049] <제4실시형태>

[0050] 도10은, 기관의 복수의 경사량의 각각에 대해서, 기관의 경사에 의해 발생하는 디스토션의 예를 나타낸 도다. 본 실시형태에서는, 예를 들면, 이 도면에 따른 디스토션 데이터가, 제어부(30)의 메모리(32)에 미리 기억되어 있다. 제어부(30)는, 기관의 경사량 M에 의해 발생하는 디스토션  $R_m$ 을, 메모리(32)에 기억되어 있는 디스토션 데이터로부터 구한다. 제어부(30)는, 구한 디스토션  $R_m$ 과 디포커스 계수  $K_i$ 로부터, 슬릿 형상에서 원리적으로 발생하는 디스토션  $Q_m$ 을, 다음 식에 의해 산출한다.

[0051] 
$$Q_m = K_i \cdot R_m$$

[0052] 제어부(30)는, 산출한 디스토션  $Q_m$ 을, 렌즈 제어 파라미터로서 전술한 특성 데이터에 추가한다. 렌즈 제어 파라미터는  $Q_m$  이외에, 예를 들면, Z위치, X축 주위의 경사량, Y축 주위의 경사량 등을 포함할 수 있다. 그리고, 제어부(30)는, 렌즈 제어 파라미터로서의 디스토션  $Q_m$ 을 보정하도록 구동기구(25)에 의해 투영 광학계 P0의 렌즈(24)를 구동하면서 FLEX 노광을 행한다.

[0053] <제5실시형태>

[0054] 전술한 실시형태에서는, 1개의 쏫 영역에 대해서, 잠상의 예러가 작아지도록 기관(20)의 경사를 조정하는 것을 설명하였다. 따라서, 제어부(30)는, 기관(20)에 배열되어 있는 복수의 쏫 영역의 각각마다 조정부(21)에 의한 기관의 경사의 조정을 행할 수 있다. 이에 따라, 각각의 쏫 영역 내에서 균일한 초점심도 확대의 효과를 얻을 수 있어, 노광 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0055] 그러나, 기관 위의 복수의 쏫 영역의 각각에 대해서 경사를 조정하는 것으로는, 스루풋이 저하한다. 따라서, 제어부(30)는, 기관(20)에 배열되어 있는 복수의 쏫 영역의, 노광의 순서가 연속하고 또한 주사 방향이 서로 동일한 그룹마다, 조정부(21)에 의한 기관의 경사의 조정을 행하고, 각 그룹 내에서는 경사의 조정 상태를 고정으로 하도록 하여도 된다. 예를 들면, 일반적으로는, 기관 위에는 복수의 쏫 영역이 행렬 형상으로 배열되고, 각각의 쏫 영역의 주사 방향, 각 쏫 영역의 노광 순서, 쏫 영역 사의 기관의 이동 경로가 노광 조건으로서 미리 정해져 있다. 도 11에, 기관 위에 행렬 형상으로 배열되어 있는 복수의 쏫 영역의 예를 나타낸다. 주사 노광에 있어서는 일반적으로, 스루풋의 관점에서, 도 11에 나타낸 것과 같이, 기관의 단부의 쏫 영역으로부터 스네이크 형상으로 노광 순서가 설정된다. 이 경우, 1행에 있어서는 쏫 영역군은, 노광의 순서가 연속하고 또한 주사 방향이 서로 동일한 그룹의 일례다. 이에 따라, 기관의 경사의 조정에 의한 스루풋 저하를 억제할 수 있다.

[0056] 일 실시형태에 있어서, 제어부(30)는, 노광 제어 모드로서, 유저에 의해 선택가능한, 예를 들면, 노광 정밀도를 우선하는 정밀도 우선 모드와, 스루풋을 우선하는 스루풋 우선 모드를 가진다. 정밀도 우선 모드가 선택된 경우에는, 기관(20)에 배열되어 있는 복수의 쏫 영역의 각각마다, 조정부(21)에 의한 기관의 경사의 조정이 행해진다. 한편, 스루풋 우선 모드가 선택된 경우에는, 복수의 쏫 영역의, 노광의 순서가 연속하고 또한 주사 방향이 서로 동일한 그룹마다, 조정부(21)에 의한 기관의 경사의 조정이 행해지고, 각 그룹 내에서는 기관의 경사의 조정 상태는 고정된다.

[0057] <물품 제조방법의 실시형태>

[0058] 본 발명의 실시형태에 따른 물품 제조방법은, 예를 들면, 반도체 디바이스 등의 마이크로 디바이스나

미세 구조를 갖는 소자 등의 물품을 제조하는데 적합하다. 본 실시형태의 물품 제조방법은, 기판에 도포된 감광제에 전술한 노광장치를 사용해서 잠상 패턴을 형성하는 공정(기판을 노광하는 공정)과, 이러한 공정에서 잠상 패턴이 형성된 기판을 현상하는 공정을 포함한다. 또한, 이러한 제조방법은, 다른 주지의 공정(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩, 패키징 등)을 포함한다. 본 실시형태의 물품 제조방법은, 종래의 방법에 비교하여, 물품의 성능·품질·생산성·생산 코스트의 적어도 1개에 있어서 유리하다.

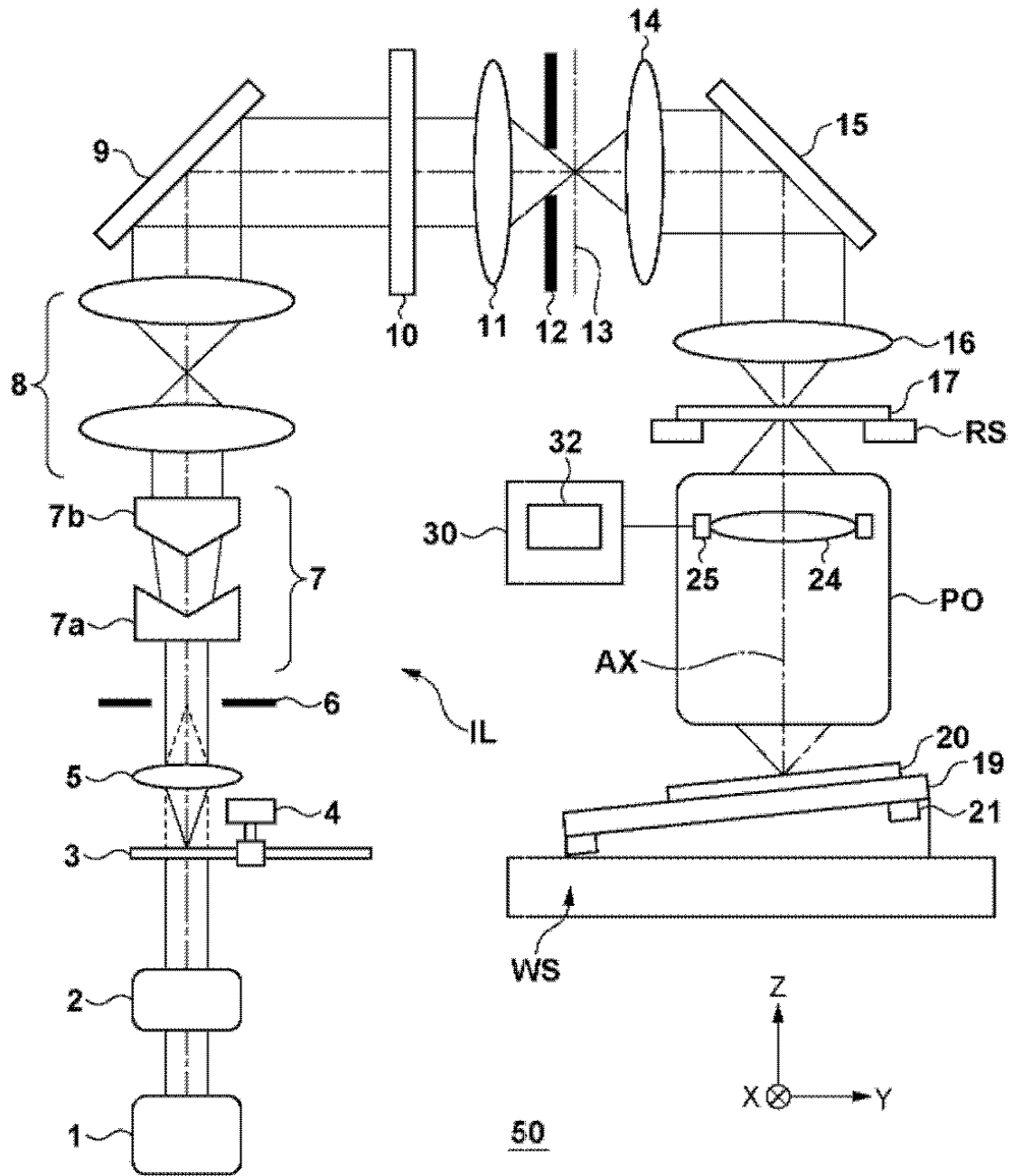
### 부호의 설명

[0059]

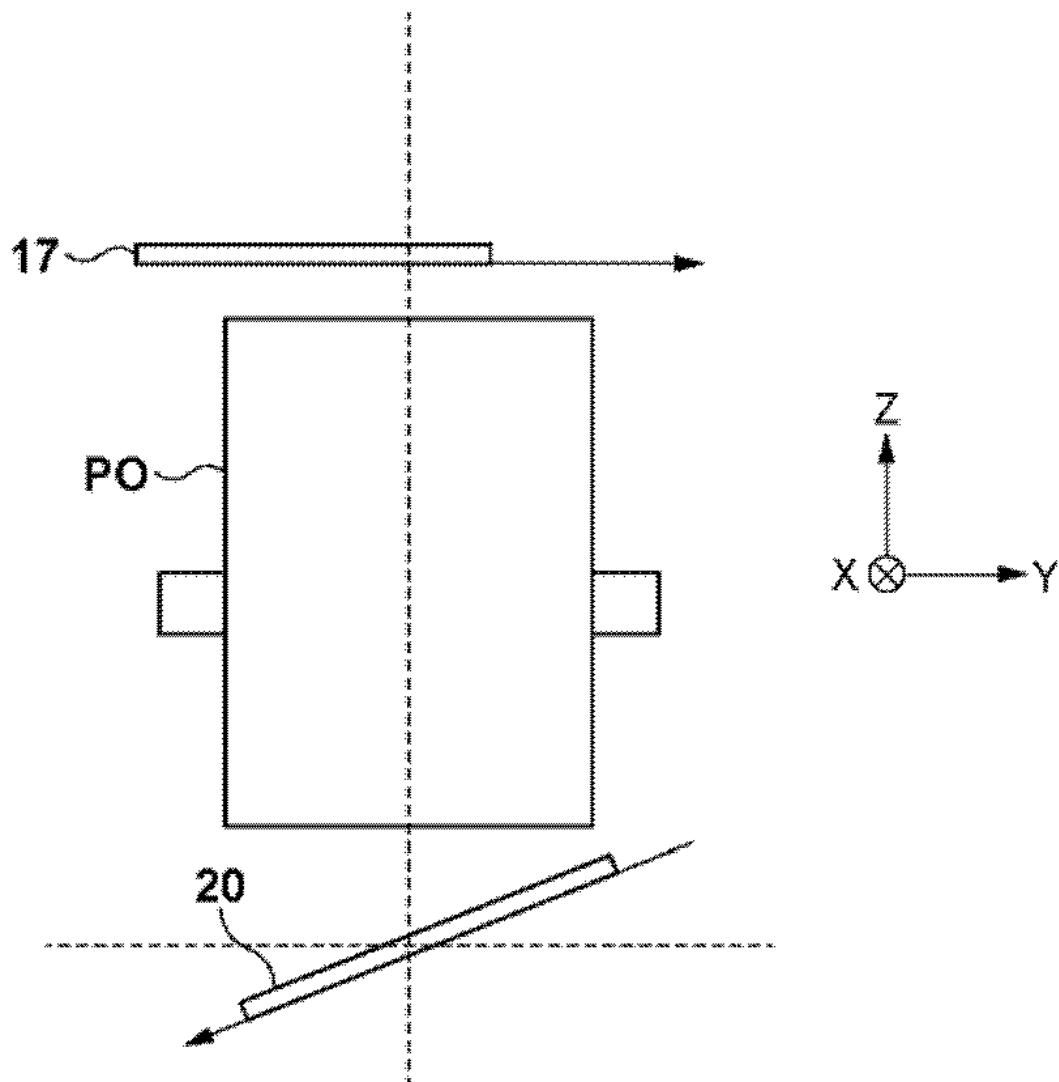
IL: 조명 광학계, PO: 투영 광학계, 17: 원판(레티클), RS: 원판 스테이지, 19: 틸트 스테이지, 20: 기판, WS: 기판 스테이지, 30: 제어부, 32: 메모리, 50: 주사 노광장치

도면

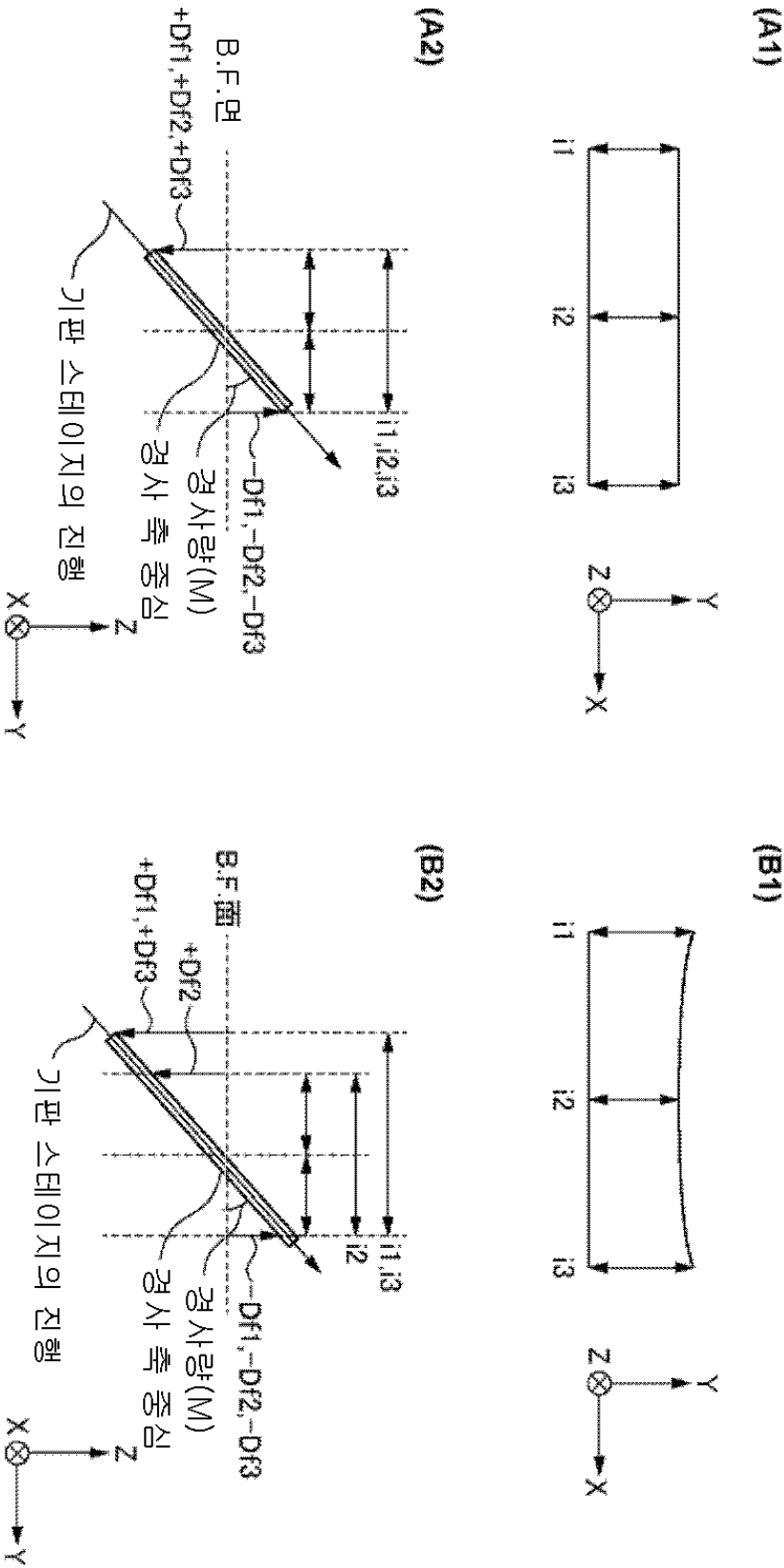
도면1



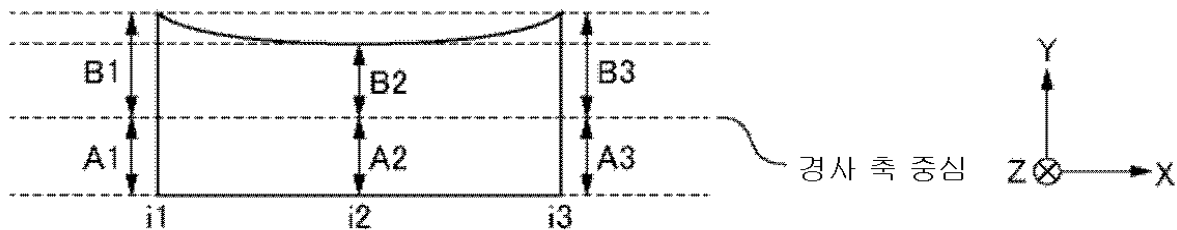
도면2



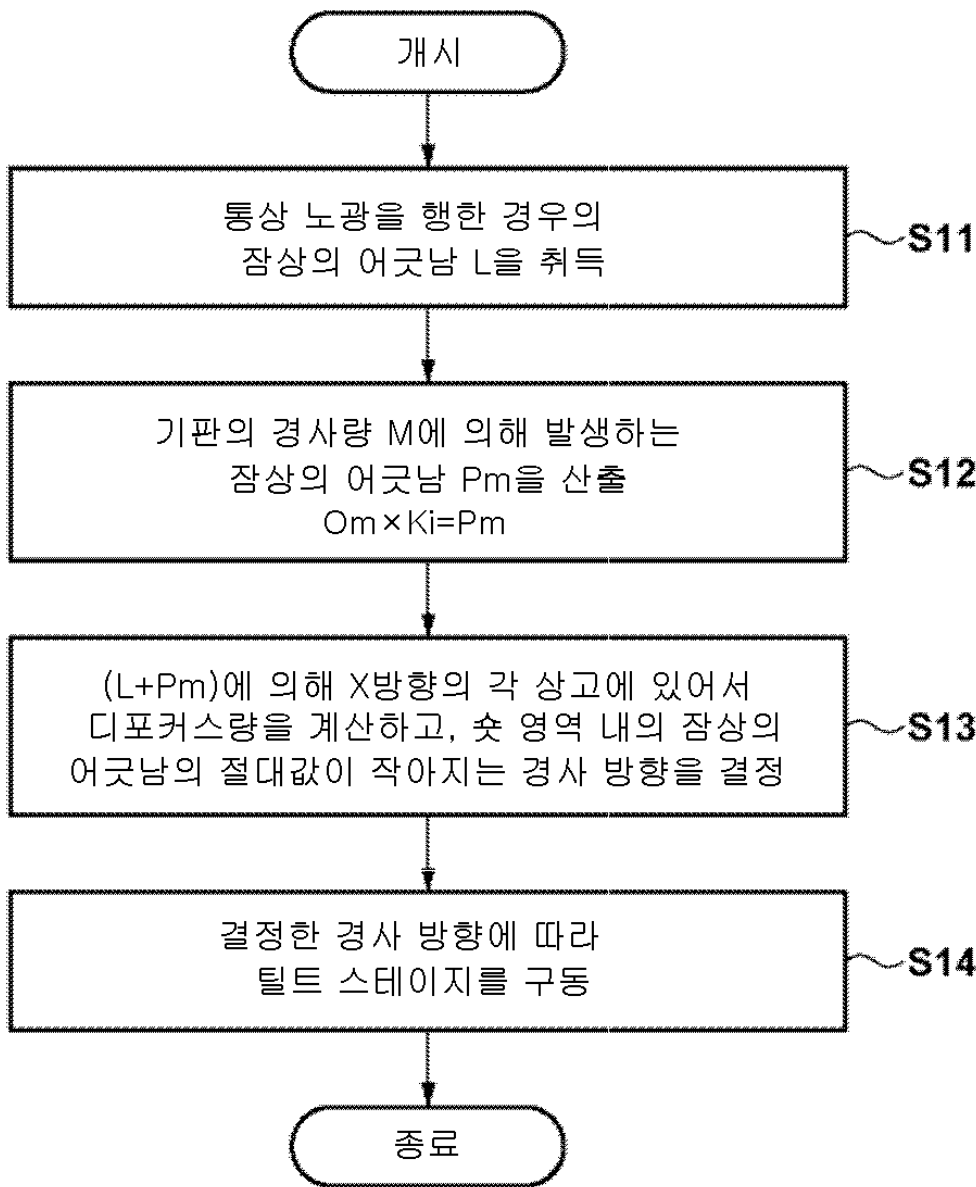
도면3



도면4

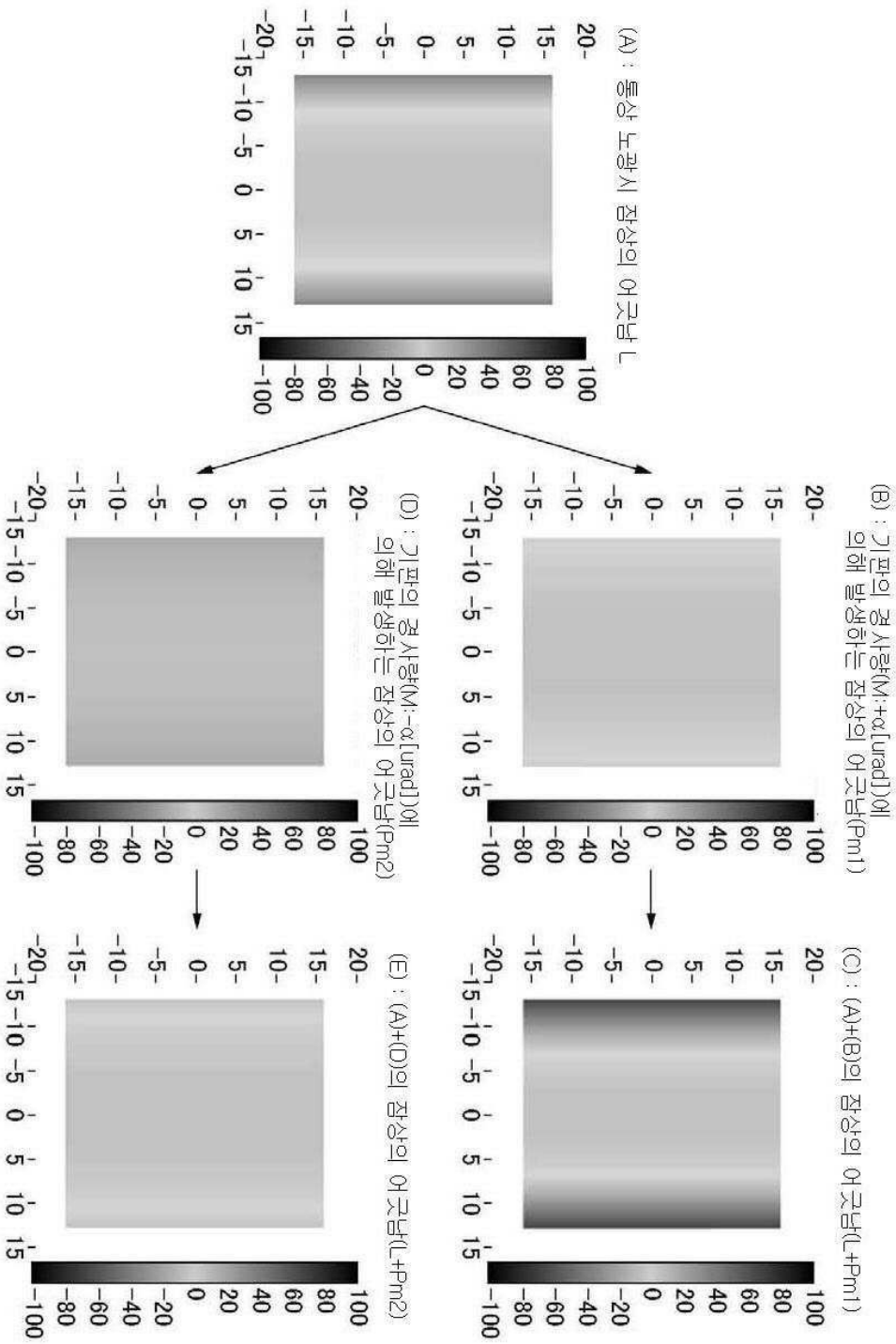


도면5

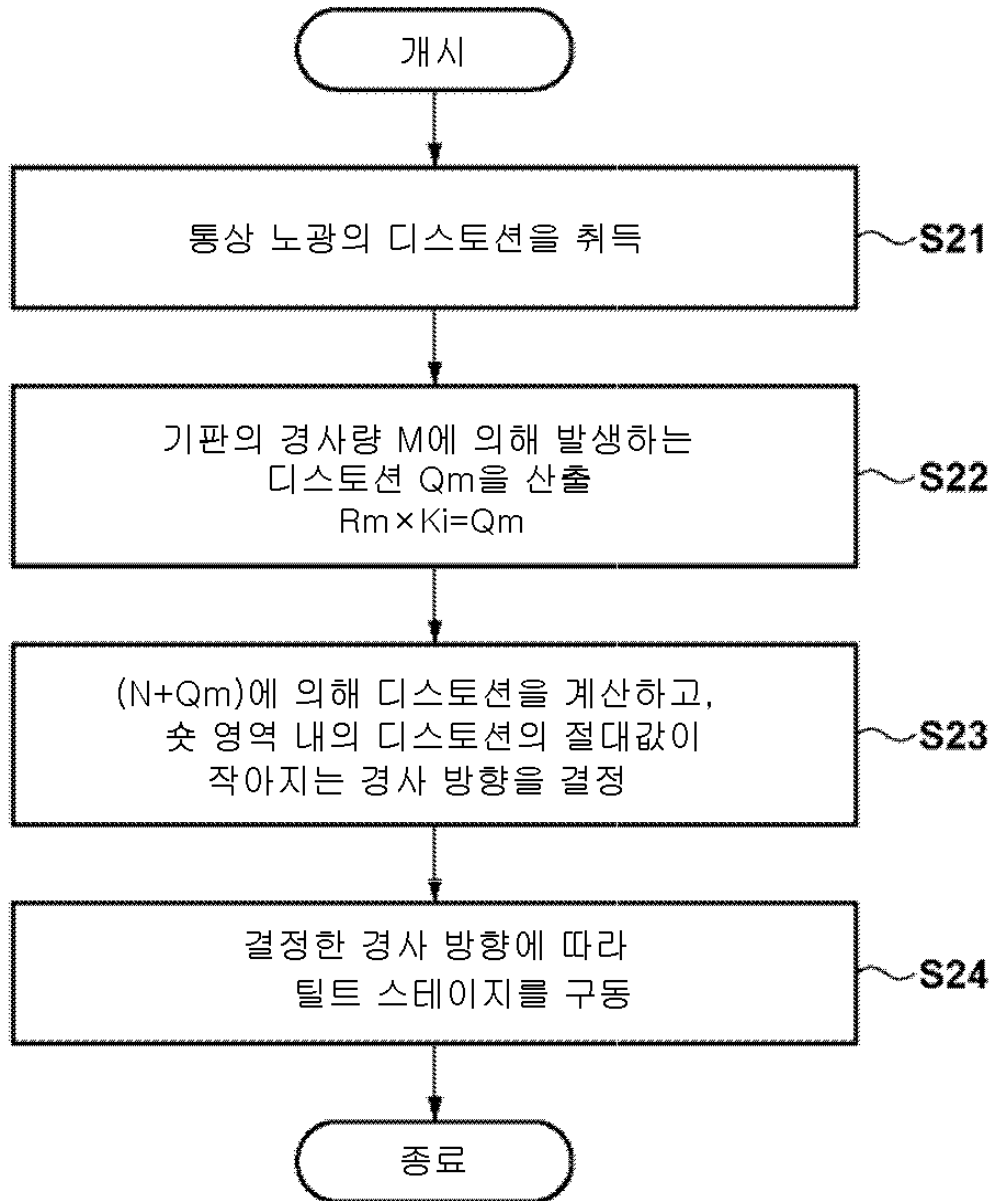




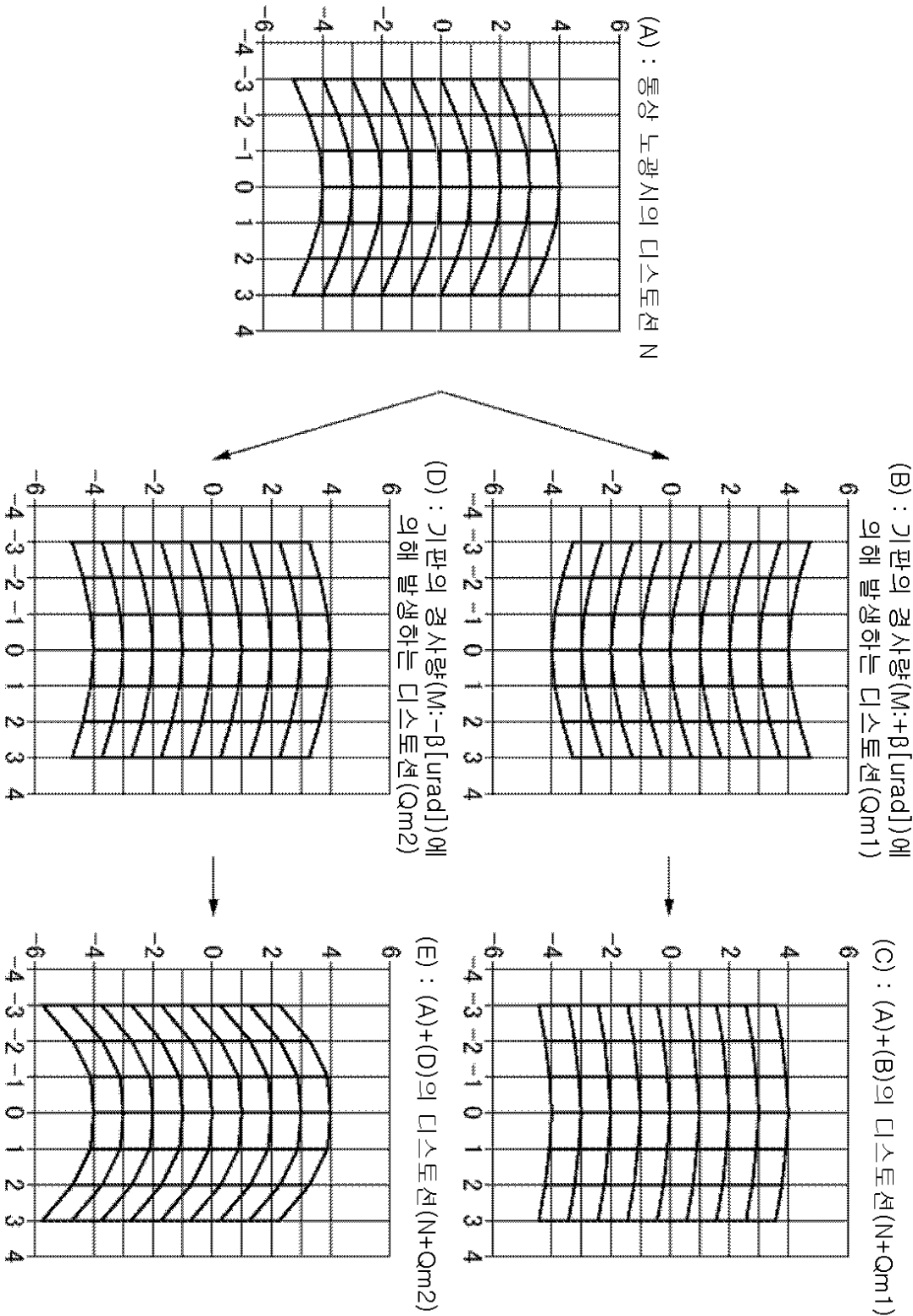
도면6



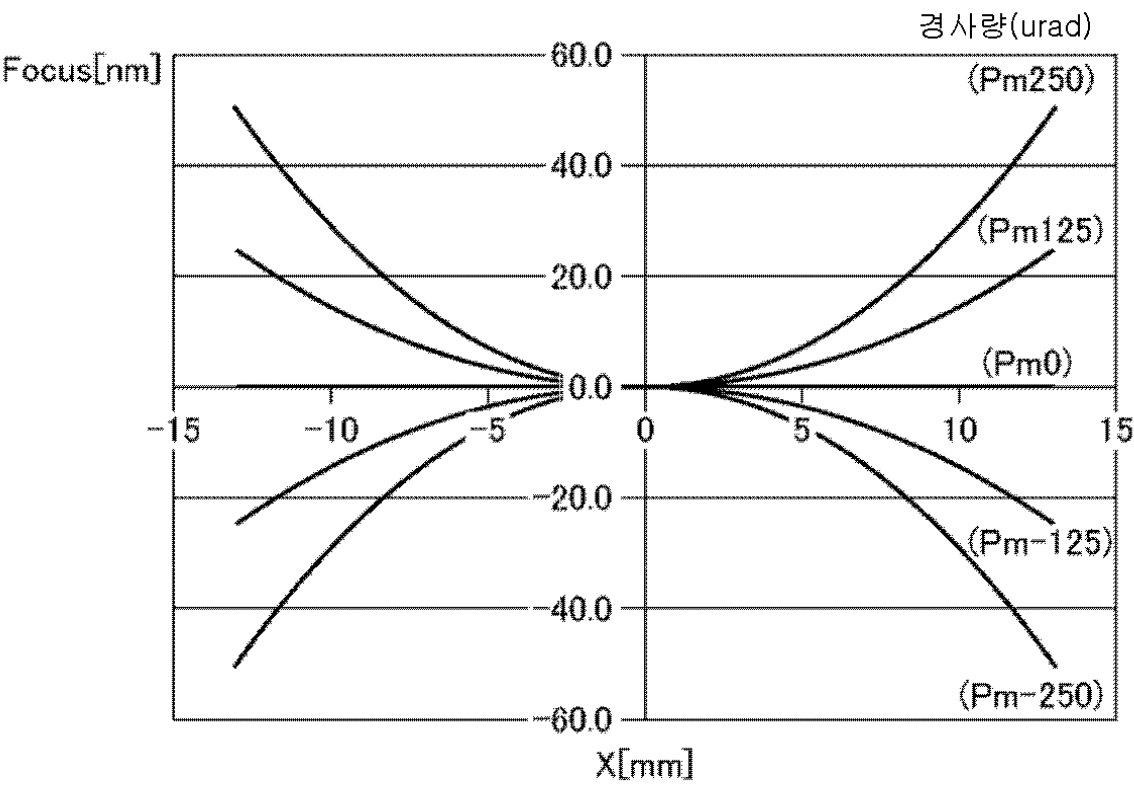
도면7



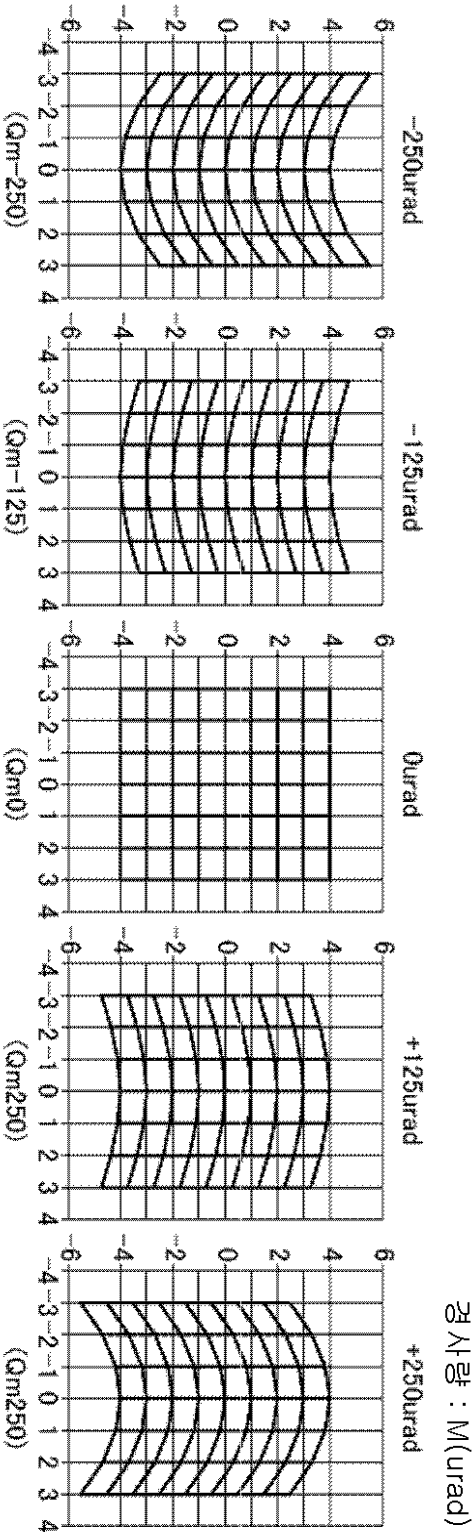
도면8



도면9



도면10



도면11

노광 순서

