



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월09일  
(11) 등록번호 10-2739326  
(24) 등록일자 2024년12월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 9/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)  
H01L 21/027 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G03F 9/7026 (2013.01)  
G03F 7/70258 (2023.05)
- (21) 출원번호 10-2020-0053646
- (22) 출원일자 2020년05월06일  
심사청구일자 2021년11월08일
- (65) 공개번호 10-2020-0135174
- (43) 공개일자 2020년12월02일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2019-096252 2019년05월22일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2001035785 A\*  
JP2008199034 A\*  
JP2013186425 A\*  
KR1020180043176 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
- (72) 발명자  
하시모토 아키히토  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 나이  
아카마츠 아키오  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 나이
- (74) 대리인  
권태복

전체 청구항 수 : 총 20 항

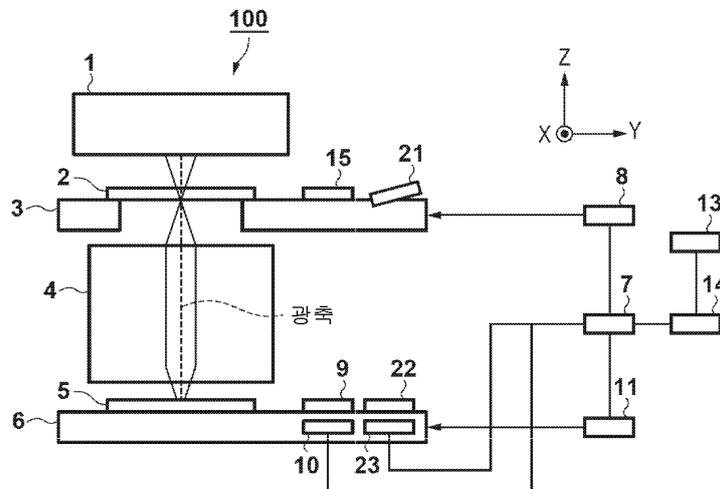
심사관 : 민경구

(54) 발명의 명칭 노광 장치 및 물품의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은, 마스크의 패턴을 기판에 전사하는 노광 처리를 행하는 노광 장치이며, 상기 마스크의 패턴을 상기 기판에 투영하는 투영 광학계와, 상기 투영 광학계의 물체면에 배치되어, 상기 투영 광학계의 광축방향에 있어서의 위치가 서로 다른 복수의 패턴 요소를 포함하는 계측 패턴과, 상기 계측 패턴으로부터의 광을 상기 투영 광학계를 통해 검출하는 제1검출부와, 상기 노광 처리를 행할 때에, 상기 광축방향에 있어서의 상기 마스크와 상기 기판과의 상대 위치를 제어하는 제어부를 구비하는, 노광 장치를 제공한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

*G03F 7/70775* (2023.05)

*G03F 9/7084* (2013.01)

*G03F 9/7088* (2013.01)

*H01L 21/027* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

마스크의 패턴을 기관에 전사하는 노광 처리를 행하는 노광 장치이며,

상기 마스크의 패턴을 상기 기관에 투영하는 투영 광학계;

상기 투영 광학계의 물체면에 배치되어, 상기 투영 광학계의 광축방향에 있어서의 위치가 서로 다른 복수의 패턴 요소를 포함하는 계측 패턴;

상기 계측 패턴으로부터의 광을 상기 투영 광학계를 통해 검출하는 제1검출부; 및

상기 노광 처리를 행할 때에, 상기 광축방향에 있어서의 상기 마스크와 상기 기관과의 상대 위치를 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는, 제1타이밍에서 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어진, 상기 복수의 패턴 요소의 각각을 통과한 광의 광량을 나타내는 제1광량분포와, 상기 제1타이밍 후의 제2타이밍에서 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어진, 상기 복수의 패턴 요소의 각각을 통과한 광의 광량을 나타내는 제2광량분포에 근거하여, 상기 상대 위치를 제어하고,

상기 제2타이밍은 상기 제1타이밍 후 상기 노광 처리가 행해진 후의 타이밍인, 노광 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1광량분포는, 상기 제1타이밍에서 상기 투영 광학계의 기준 포커스 위치에 배치된 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어지고,

상기 제2광량분포는, 상기 제2타이밍에서 상기 기준 포커스 위치에 배치된 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어지는, 노광 장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 기준 포커스 위치는, 상기 제1타이밍에 있어서의 상기 투영 광학계의 베스트 포커스 위치를 포함하는, 노광 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1광량분포와 상기 제2광량분포와의 차이로부터, 상기 제2타이밍에 있어서의 상기 투영 광학계의 베스트 포커스 위치에 상기 기관을 위치결정하기 위해서 필요해진 상기 기관을 보유하는 스테이지의 상기 광축방향의 이동량을 구하고, 상기 이동량만큼 상기 스테이지를 이동시킴으로써, 상기 상대 위치를 제어하는, 노광 장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 계측 패턴은, 상기 복수의 패턴 요소가 형성된 평판으로 형성되고, 상기 복수의 패턴 요소가 상기 광축방향에 있어서 서로 다른 위치를 갖도록 상기 평판의 법선이 상기 투영 광학계의 광축에 대하여 기울어지게 배치되어 있는, 노광 장치.

### 청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 물체면에 배치된 물체면측 패턴;

상기 투영 광학계의 상면(image plane)에 배치된 상면측 패턴; 및

상기 물체면측 패턴으로부터의 광을, 상기 투영 광학계 및 상기 상면측 패턴을 통해 검출하는 제2검출부를 더 구비하고,

상기 제어부는, 상기 상면측 패턴을 상기 광축방향으로 이동시키면서 상기 제2검출부에서 검출된 광의 광량 분포에 근거하여 상기 기준 포커스 위치를 결정하고,

상기 물체면측 패턴은 상기 계측 패턴과는 다른 위치에 배치되는, 노광 장치.

### 청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 물체면에 배치된 물체면측 패턴을 더 포함하고,

상기 제1검출부는, 상기 물체면측 패턴으로부터의 광을 상기 투영 광학계를 통해 검출하고,

상기 제어부는, 상기 제1검출부를 상기 광축방향으로 이동시키면서 상기 제1검출부에서 검출된 광의 광량의 변화에 근거하여 상기 기준 포커스 위치를 결정하고,

상기 물체면측 패턴은 상기 계측 패턴과는 다른 위치에 배치되는, 노광 장치.

### 청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 계측 패턴을 상기 투영 광학계의 광축에 직교하는 축주변에 회전시키는 회전부를 더 구비하고,

상기 계측 패턴은, 상기 복수의 패턴 요소가 형성된 평판으로 형성되고,

상기 회전부는, 상기 제2타이밍에 있어서, 상기 복수의 패턴 요소가 상기 광축방향에 있어서 서로 다른 위치를 갖도록, 상기 계측 패턴을 회전시키는, 노광 장치.

### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 상면에 배치된 상면측 패턴; 및

상기 계측 패턴으로부터의 광을 상기 투영 광학계 및 상기 상면측 패턴을 통해 검출하는 제2검출부를 더 구비하고,

상기 제어부는, 상기 평판의 법선이 상기 투영 광학계의 광축에 평행해지도록, 상기 회전부가 상기 계측 패턴을 회전시킨 상태에 있어서, 상기 상면측 패턴을 상기 광축방향으로 이동시키면서 상기 제2검출부에서 검출된 광의

광량의 변화에 근거하여 상기 기준 포커스 위치를 결정하는, 노광 장치.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 제1검출부는, 상기 계측 패턴의 상을 검출하는 촬상 소자를 구비하는, 노광 장치.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 투영 광학계와 상기 촬상 소자와의 사이에 배치되어, 상기 촬상 소자 위에 상기 계측 패턴의 상을 형성하는 결상계를 더 구비하는, 노광 장치.

**청구항 12**

청구항 1에 기재된 노광 장치를 사용해서 기판을 노광하는 단계;

노광된 상기 기판을 현상하는 단계; 및

현상된 상기 기판으로부터 물품을 제조하는 단계를 포함하는, 물품의 제조 방법.

**청구항 13**

마스크의 패턴을 기판에 전사하는 노광 처리를 행하는 노광 장치이며,

상기 마스크의 패턴을 상기 기판에 투영하는 투영 광학계;

상기 투영 광학계의 물체면에 배치되고, 복수의 패턴 요소를 포함하는 계측 패턴;

상기 계측 패턴으로부터의 광을 상기 투영 광학계를 통해 검출하는 제1검출부; 및

제1광량분포와 제2광량분포에 근거하여 상기 투영 광학계의 광축방향에 있어서의 상기 마스크와 상기 기판과의 상대 위치를 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제1광량분포는 제1타이밍에서 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어진, 상기 복수의 패턴 요소의 각각을 통과한 광의 광량을 나타내고,

상기 제2광량분포는 제2타이밍에서 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어진, 상기 복수의 패턴 요소의 각각을 통과한 광의 광량을 나타내고,

상기 제2타이밍은 상기 제1타이밍 후 상기 노광 처리가 행해진 후의 타이밍인, 노광 장치.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제1광량분포에 포함된 최고의 피크의 위치와 상기 제2광량분포에 포함된 최고의 피크의 위치에 근거하여 상기 상대 위치를 제어하는, 노광 장치.

**청구항 15**

제 13 항에 있어서,

상기 제1광량분포는, 상기 제1타이밍에서 상기 투영 광학계의 기준 포커스 위치에 배치된 상기 제1검출부의 검

출 결과로부터 얻어지고,

상기 제2광량분포는, 상기 제2타이밍에서 상기 기준 포커스 위치에 배치된 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어지는, 노광 장치.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 기준 포커스 위치는, 상기 제1타이밍에 있어서의 상기 투영 광학계의 베스트 포커스 위치를 포함하는, 노광 장치.

**청구항 17**

제 13 항에 있어서,

상기 제1검출부는, 상기 계측 패턴의 상을 검출하는 촬상 소자를 구비하는, 노광 장치.

**청구항 18**

제 17 항에 있어서,

상기 제1광량분포 및 상기 제2광량분포는 상기 촬상 소자가 기울어진 상태에서 얻어지는, 노광 장치.

**청구항 19**

물품의 제조 방법으로서,

청구항 13에 기재된 노광 장치를 사용해서 기판을 노광하는 단계;

노광된 기판을 현상하는 단계; 및

현상된 기판으로부터 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하는, 물품의 제조 방법.

**청구항 20**

제 13 항에 있어서,

상기 제1광량분포는 상기 복수의 패턴 요소 각각에 대응하는, 높이가 서로 다른 복수의 피크를 포함하는, 노광 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 노광 장치 및 물품의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 반도체 디바이스나 액정표시소자등의 디바이스를 포토리소그래피 공정으로 제조할 때에, 마스크의 패턴 상(imgae)을 기판에 투영하고, 그 패턴을 기판에 전사하는 노광 장치가 사용된다. 노광 장치에는, 마스크의 패턴을 기판에 정확하게 전사하기 위해서, 마스크와 기판과의 얼라인먼트 및 포커스 캘리브레이션을 고정밀도로 행하는 것이 요구된다.

[0003] 얼라인먼트와 포커스 캘리브레이션의 방식의 1개로서, 마스크에 대한 기판의 상대 위치나 마스크의 패턴의 초점위치를, 투영 광학계를 통해 측정하는 TTL(Through The Lens)방식이 일본 특허공개

평 4-348019호 공보에 제안되어 있다. 포커스 캘리브레이션에서는, 일반적으로, 마스크측 마크를 통과한 광을, 기관측 마크(기관측 마크가 위에 설치된 스테이지)를 투영 광학계의 광축방향(Z방향)으로 이동시키면서, 투영 광학계 및 기관측 마크를 통해 검출하고, 그 광량변화로부터 초점위치를 구하고 있다.

[0004]            그렇지만, 종래 기술에서는, 포커스 캘리브레이션을 행할 때마다, 기관측 마크(스테이지)를 Z방향으로 이동시킬 필요가 있다. 이러한 동작에는 시간을 필요로 하여서, 생산성의 저하를 초래해버린다. 또한, 기관측 마크를 Z방향으로 이동시키는 동작과, 실제의 노광 동작이 병행되어 행할 수 없으므로, 실제의 노광 동작에 있어서의 초점위치(포커스 상태)를 구할 수 없다. 그러므로, 포커스 캘리브레이션을 행한 경우에도, 실제의 노광 동작에 있어서, 기관을 최적의 초점위치(베스트 포커스 위치)로 유지할 수 없어, 노광 정밀도의 저하를 초래할 수 있다.

**발명의 내용**

[0005]            본 발명은, 포커스 캘리브레이션의 면에서 유리한 노광 장치를 제공한다.

[0006]            본 발명의 일 측면에서는, 마스크의 패턴을 기관에 전사하는 노광 처리를 행하는 노광 장치이며, 상기 마스크의 패턴을 상기 기관에 투영하는 투영 광학계; 상기 투영 광학계의 물체면에 배치되어, 상기 투영 광학계의 광축방향에 있어서의 위치가 서로 다른 복수의 패턴 요소를 포함하는 계측 패턴; 상기 계측 패턴으로부터의 광을 상기 투영 광학계를 통해 검출하는 제1검출부; 및 상기 노광 처리를 행할 때에, 상기 광축방향에 있어서의 상기 마스크와 상기 기관과의 상대 위치를 제어하는 제어부를 구비하고, 상기 제어부는, 제1타이밍에서 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어진, 상기 복수의 패턴 요소의 각각을 통과한 광의 광량을 나타내는 제1광량분포와, 상기 제1타이밍 후의 제2타이밍에서 상기 제1검출부의 검출 결과로부터 얻어진, 상기 복수의 패턴 요소의 각각을 통과한 광의 광량을 나타내는 제2광량분포에 근거하여, 상기 상대 위치를 제어하고, 상기 제2타이밍은 상기 제1타이밍 후 상기 노광 처리가 행해진 후의 타이밍인, 노광 장치를 제공한다.

[0007]            본 발명의 다른 특징들은, 첨부도면을 참조하여 이하의 실시예들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0008]            도1a 및 1b는, 본 발명의 일 측면으로서의 노광 장치의 구성을 도시한 개략도다.
- 도2는, 포커스 계측처리시에 있어서의 노광 장치를 도시한 개략도다.
- 도3은, 변화량 계측처리시에 있어서의 노광 장치를 도시한 개략도다.
- 도4a 및 도4b는, 제3계측 패턴의 구성의 일례를 도시한 도면이다.
- 도5a 및 도5b는, 포커스 변화량을 구하는 변화량 계측처리를 설명하기 위한 도다.
- 도6a 및 도6b는, 포커스 변화량을 구하는 변화량 계측처리를 설명하기 위한 도다.
- 도7은, 베스트 포커스 위치와, 기관 스테이지의 Z방향의 위치와의 관계를 도시한 그래프다.
- 도8a 및 도8b는, 제3계측 패턴을 XY평면에 대하여 기울게 하는 각도의 설정을 설명하기 위한 도다.
- 도9a 및 도9b는, 제3계측 패턴을 XY평면에 대하여 기울게 하는 각도의 설정을 설명하기 위한 도다.
- 도10은, 도1a 및 1b에 도시된 노광 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도다.
- 도11은, 변화량 계측처리의 상세를 설명하는 흐름도다.
- 도12는, 포커스 계측처리를 설명하기 위한 도다.
- 도13a 및 도13b는, 촬상 소자의 검출 결과의 일례를 각각 도시한 그래프다.
- 도14는, 본 발명의 일 측면으로서의 노광 장치의 다른 구성을 도시한 개략도다.
- 도15는, 종래 기술에 따른 노광 장치의 구성을 도시한 개략도다.
- 도16은, 도15에 도시된 노광 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도다.
- 도17은, 제1계측 패턴의 구성의 일례를 도시한 도면이다.
- 도18은, 검출기로 검출된 광의 광량과 기관 스테이지의 Z방향의 좌표위치와의 관계의 일례를 도시한

도면이다.

도19는, 포커스 계측처리의 상세를 설명하는 흐름도다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0009] 이하, 첨부 도면을 참조하여 실시 형태를 상세히 설명한다. 또한, 이하의 실시 형태는 특허청구의 범위에 한정하려는 것은 아니다. 실시 형태에는 복수의 특징이 기재되어 있지만, 이것들의 복수의 특징의 모두를 요구하는 발명에 한정하는 것은 아니고, 이러한 복수의 특징은 적절히 조합되어도 좋다. 더욱, 첨부 도면에 있어서는, 동일 혹은 유사한 구성에 동일한 참조 번호를 부여하고, 그에 대한 중복된 설명은 생략한다.
- [0010] 우선, 도15 내지 도19를 참조하여, 종래 기술에 따른 TTL 방식을 사용한 포커스 캘리브레이션에 대해서 설명한다. 도15는, 종래 기술에 따른 노광 장치의 구성을 도시한 개략도다. 여기에서는, 수평면을 XY평면으로 하고 연직방향으로 Z축방향으로 하도록 XYZ좌표계가 정의되어 있다.
- [0011] 도15를 참조하여, 조명 광학계(1)로부터의 광(노광 광)은, 마스크 스테이지(3)에 보유된 마스크(2)를 통과하고, 투영 광학계(4)를 거쳐, 기판 스테이지(6)에 보유된 기판(5)에 도달한다. 마스크(2)(의 패턴면)와 기판(5)은, 투영 광학계(4)에 의해, 공역 위치 관계로 설정되어 있다. 이에 따라, 마스크(2)의 패턴(실제의 디바이스 패턴)은, 투영 광학계(4)를 거쳐 기판 위에 투영되어서, 기판(5)에 전사된다.
- [0012] 도16은, 도15에 도시된 노광 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도다. 단계 S101에서는, 마스크(2)의 패턴의 결상위치(베스트 포커스 위치)를 구하기 위한 포커스 계측처리를 행한다. 단계 S102에서는, 단계 S101의 포커스 계측처리의 결과로부터, 노광에 적합한 기판(5)의 최적위치(베스트 포커스 위치에 기판(5)을 위치결정하기 위해서 필요한 기판 스테이지(6)의 이동량)와 투영 광학계(4)의 보정부재의 구동량을 구하는 연산 처리를 행한다. 단계 S103에서는, 단계 S102의 연산 처리에서 구한 기판(5)의 최적위치와 보정부재의 구동량에 근거하여, 기판 스테이지(6)와 보정부재를 구동하는 보정처리를 행한다. 단계 S104에서는, 마스크(2)의 패턴을 기판(5)에 전사 하는 노광 처리를 행한다. 단계 S105에서는, 노광 처리가 행해진 기판(5)의 수가 소정수에 도달한 것인가 아닌가를 판정한다. 노광 처리가 행해진 기판(5)의 수가 소정수에 도달하지 않고 있으면, 단계 S101의 처리로 복귀한다. 한편, 노광 처리가 행해진 기판(5)의 수가 소정수에 도달하고 있으면, 동작을 종료한다.
- [0013] 여기에서, 포커스 계측처리(단계 S101) 및 보정처리(단계 S103)에 대해서 구체적으로 설명한다. 포커스 계측처리에서는, 우선, 마스크(2) 또는 마스크 스테이지(3)에 설치된 제1계측 패턴(15)이 조명 광학계(1) 아래에 위치하도록, 마스크 스테이지 제어부(8)의 제어하에, 간섭계(도시되지 않음)를 사용해서 마스크 스테이지(3)를 이동시킨다. 도17은, 제1계측 패턴(15)의 구성의 일례를 도시한 도면이다. 제1계측 패턴(15)은, 조명 광학계(1)로부터의 광을 통과(투과)시키는 소정의 선폭 및 피치를 갖는 복수의 패턴 요소(15A)와, 조명 광학계(1)로부터의 광을 차폐하는 차광부(15B)를 포함하고, 복수의 패턴 요소(15A)가 형성된 평판으로 형성되어 있다.
- [0014] 다음에, 기판 스테이지(6)에 설치된 제2계측 패턴(9)이 제1계측 패턴(15)에 대응한 위치에 배치되도록, 기판 스테이지 제어부(11)의 제어하에, 간섭계(도시되지 않음)를 사용해서 기판 스테이지(6)를 이동시킨다. 제2계측 패턴(9)은, 제1계측 패턴(15)에 대응한, 복수의 패턴 요소와, 차광부를 포함한다. 제2계측 패턴(9) 아래에는, 제2계측 패턴(9)을 통과한 광(의 광량)을 검출하는 검출기(10)가 설치된다.
- [0015] 상술한 상태에 있어서, 기판 스테이지(6)를 투영 광학계(4)의 광축방향(Z방향)으로 미소 이동시키면서, 검출기(10)로 검출된 광의 광량이 최대가 되는 좌표위치 $Z_0$ 를 주제어부(7)로 구한다. 도18은, 검출기(10)로 검출된 광의 광량(검출 광량)과 기판 스테이지(6)의 Z방향의 좌표위치와의 관계의 일례를 도시한 그래프이며, 종축은 검출 광량을 나타내고, 횡축은 기판 스테이지(6)의 Z방향의 좌표위치를 나타내고 있다. 검출 광량이 최대가 되는 기판 스테이지(6)의 Z방향의 좌표위치는, 제1계측 패턴(15)과 제2계측 패턴(9)이 공역 위치 관계에 있는 좌표위치다. 이에 따라, 검출 광량이 최대가 되는 기판 스테이지(6)의 Z방향의 위치 좌표를 탐색 함으로써, 제1계측 패턴(15)으로부터의 광의 결상위치, 즉, 마스크(2)의 패턴의 초점위치(베스트 포커스 위치)를 구할 수 있다. 그리고, 주제어부(7)는, 구한 초점위치에 근거하여, 기판 스테이지(6)를 초점위치의 어긋남만큼 Z방향으로 이동시키는 것으로, 마스크(2)의 패턴의 초점위치를 기판(5)에 맞출 수 있다.
- [0016] 도19는, 단계 S101의 포커스 계측처리의 상세를 설명하는 흐름도다. 단계 S201에서는, 제1계측 패턴(15)이 조명 광학계(1) 아래에 위치하도록, 마스크 스테이지(3)를 포커스 계측위치까지 이동시킨다. 단계 S202에서는, 제2계측 패턴(9)이 제1계측 패턴(15)에 대응한 위치에 배치되도록, 기판 스테이지(6)를 포커스 계측위치까지 이동시킨다. 단계 S201과 S202 중 어느 한쪽이, 먼저 행해져도 되거나, 그들이 병행하여 행해져도 된다.

단계 S203에서는, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 제1계측 패턴(15)을 조명한다. 단계 S204에서는, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 이동시킨다. 단계 S205에서는, 제2계측 패턴(9)을 통과한 광을 검출기(10)로 검출해서 검출 광량을 취득한다. 또한, 단계 S204와 S205는 병행하여(동시에) 행해진다. 단계 S206에서는, 단계 S204에 있어서의 기관 스테이지(6)의 Z방향의 위치, 및, 단계 S205에서 취득한 검출 광량에 근거하여, 검출 광량이 최대가 되는 기관 스테이지(6)의 Z방향의 위치를 구한다.

[0017] 상술한 것처럼, 종래 기술에서는, 포커스 캘리브레이션을 행할 때마다, 제2계측 마크(9)가 위에 설치된 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 이동시키는 것이 필요하다. 이에 따라, 노광 장치의 생산성이 저하해버린다. 또한, 종래 기술에서는, 실제의 노광 처리에 있어서의 초점위치를 구하지 않는다. 그러므로, 실제의 노광 처리에 있어서, 기관(5)을 최적의 초점위치(베스트 포커스 위치)에 유지할 수 없어, 노광 정밀도가 저하해버린다.

[0018] 그러므로, 본 실시 형태에서는, 포커스 캘리브레이션의 면에서 유리한 노광 장치, 다시 말해, 포커스 캘리브레이션에 의해 생긴 노광 장치의 생산성의 저하와 노광 정밀도의 저하를 억제하는 기술을 제공한다.

[0019] 도1a 및 도1b는, 본 발명의 일 측면으로서의 노광 장치(100)의 구성을 도시한 개략도다. 도1a는, 노광 장치(100)의 전체의 정면도이며, 도1b는, 마스크 스테이지(3)의 주변의 구성을 도시하는 평면도다. 본 실시 형태에서는, 수평면을 X Y 평면으로 하고 연직방향을 Z축방향으로 하도록 X Y Z 좌표계가 정의되어 있다.

[0020] 노광 장치(100)는, 반도체 디바이스나 액정 표시 소자등의 디바이스의 제조 공정인 포토리소그래피 공정에서 사용된 리소그래피 장치다. 노광 장치(100)는, 본 실시 형태에서는, 스텝 앤드 스캔 방식을 채용하고, 마스크를 통해 기관을 노광하여, 마스크의 패턴을 기관에 전사하는 노광 처리를 행한다. 또한, 노광 장치(100)는, 스텝 앤드 리피트 방식이나 다른 노광 방식을 채용해도 좋다.

[0021] 노광 장치(100)는, 마스크(2)를 조명하는 조명 광학계(1)와, 마스크(2)를 보유하여 이동하는 마스크 스테이지(3)와, 마스크(2)의 패턴을 기관(5)에 투영하는 투영 광학계(4)와, 기관(5)을 보유하여 이동하는 기관 스테이지(6)를 구비한다. 노광 장치(100)는, 주제어부(7)와, 마스크 스테이지 제어부(8)와, 기관 스테이지 제어부(11)와, 입력부(13)와, 결정부(14)를 더 구비한다. 더욱, 노광 장치(100)는, 제1계측 패턴(15)(물체면측 패턴)과, 제2계측 패턴(9)(상면측 패턴)과, 검출기(10)(제2검출부)와, 제3계측 패턴(21)(계측 패턴)과, 결상계(22)와, 촬상 소자(23)(제1검출부)를 구비한다. 주제어부(7)는, CPU나 메모리등을 포함하는 컴퓨터로 구성되고, 기억부에 기억된 프로그램에 따라 노광 장치(100)의 각 부를 총괄적으로 제어하여 노광 장치(100)를 동작시킨다. 예를 들면, 주제어부(7)는, 노광 처리를 행할 때에, 투영 광학계(4)의 광축방향에 있어서의 마스크(2)와 기관(5)과의 상대 위치를 제어한다.

[0022] 조명 광학계(1)로부터의 광(노광 광)은, 마스크 스테이지(3)에 보유된 마스크(2)를 통과하고, 투영 광학계(4)를 거쳐, 기관 스테이지(6)에 보유된 기관(5)에 도달한다. 마스크(2)(의 패턴면)와 기관(5)은, 투영 광학계(4)에 의해, 공역 위치 관계로 설정되어 있다. 이에 따라, 마스크(2)의 패턴(실제의 디바이스 패턴)은, 투영 광학계(4)를 통해 기관 위에 투영되어서, 기관(5)에 전사된다. 본 실시 형태에서는, 스텝 앤드 스캔 방식을 채용한다. 이 때문에, 마스크 스테이지(3)와 기관 스테이지(6)를 Y방향으로 동기 주사 함으로써, 마스크(2)의 패턴이 기관(5)에 전사된다.

[0023] 노광 장치(100)에 있어서, 포커스 캘리브레이션에 관한 구성에 대해서 설명한다. 입력부(13)에는, 유저의 조작에 의해, 노광 처리, 다시 말해, 마스크(2)의 패턴을 기관(5)에 전사할 때의 노광 조건(노광 영역, 조명 모드, 마스크(2)의 패턴등)이 입력된다. 결정부(14)는, 입력부(13)에 입력된 노광 조건에 근거하여, 포커스 캘리브레이션에 필요한 계측조건(계측위치(상 높이 위치), 계측 패턴등)을 결정한다.

[0024] 제1계측 패턴(15)은, 도17에 도시한 바와 같이, 소정의 선폭 및 피치를 갖는 복수의 패턴 요소(15A)를 포함한다. 복수의 패턴 요소(15A)는, 본 실시 형태에서는, X방향을 따라 배치되어, 라인 앤드 스페이스 패턴을 형성한다. 제1계측 패턴(15)은, 마스크 스테이지(3)(투영 광학계(4)의 물체면)에 설치되고, 마스크 스테이지(3)에 의해 목표 계측위치에 위치결정된다. 이때, 제1계측 패턴(15)은, 선폭, 피치 또는 방향이 서로 다르고 라인 앤드 스페이스 패턴을 형성하는 각종 패턴 요소를 포함하여도 좋다. 바꾸어 말하면, 제1계측 패턴(15)을 형성하는 복수의 패턴 요소의 수, 종류 및 방향은 특정한 것에 한정되지 않는다.

[0025] 도1b에 도시한 바와 같이, 제1계측 패턴(15)의 복수가, 마스크 스테이지(3)에 있어서, X방향으로 이격되도록 설치된다. 마스크 스테이지(3)에 설치되는 제1계측 패턴(15)은 1개이어도 좋지만, 투영 광학계(4)의 특성을 계측하기 위해서는, 복수의 제1계측 패턴(15)을 설치하는 것이 바람직하다. 투영 광학계(4)의 특성은, 예를 들면, 초점위치나 디스토션등을 포함한다.

- [0026] 주제어부(7)는, 포커스 계측처리를 행할 때에, 마스크 스테이지 제어부(8)를 통하여, 제1계측 패턴(15)이 결정부(14)로 결정한 계측위치에 위치결정되도록, 마스크 스테이지(3)를 이동시킨다. 마찬가지로, 주제어부(7)는, 포커스 계측처리를 행할 때에, 기관 스테이지 제어부(11)를 통하여, 제2계측 패턴(9)이 결정부(14)로 결정한 계측위치에 위치결정되도록, 기관 스테이지(6)를 이동시킨다.
- [0027] 검출기(10)는, 제2계측 패턴(9) 아래에 위치하도록, 기관 스테이지(6)에 설치되고, 제2계측 패턴(9)을 통과(투과)한 광, 다시 말해, 제1계측 패턴(15)으로부터의 광을 투영 광학계(4) 및 제2계측 패턴(9)을 통해 검출한다. 또한, 검출기(10)는, 제1계측 패턴(15)과 제2계측 패턴(9)을 투과한 광이 아니고, 제1계측 패턴(15)과 제2계측 패턴(9)에서 반사한 광을 검출해도 좋다.
- [0028] 도2는, 제1계측 패턴(15) 및 제2계측 패턴(9)의 각각을 계측위치에 위치결정한 상태, 다시 말해, 포커스 계측처리시에 있어서의 노광 장치(100)를 도시한 개략도다. 포커스 계측처리에서는, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 제1계측 패턴(15)을 조명하고, 제1계측 패턴(15)을 통과한 광을, 투영 광학계(4) 및 제2계측 패턴(9)을 통해 검출기(10)로 검출한다. 이때, 기관 스테이지(6)를 투영 광학계(4)의 광축방향(Z방향)으로 미소 이동시키면서, 검출기(10)로 검출된 광의 광량(검출 광량)이 최대가 되는 위치 $Z_0$ 를 주제어부(7)에서 구한다. 검출 광량이 최대가 되는 기관 스테이지(6)의 Z방향의 좌표위치가, 제1계측 패턴(15)과 제2계측 패턴(9)이 공역 위치 관계에 있는 좌표위치이므로, 이러한 좌표위치는 최적의 초점위치(베스트 포커스 위치)다. 또한, 검출 광량과 기관 스테이지(6)의 Z방향의 좌표위치와의 관계는, 도18에 도시된 대로다.
- [0029] 본 실시 형태에서는, 포커스 캘리브레이션에 있어서, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 이동시키지 않고, 포커스 계측처리 후의 포커스 변화량(베스트 포커스 위치의 변화량)을 구하는 변화량 계측처리를 행한다. 그 때문에, 마스크 스테이지(3)(투영 광학계(4)의 물체면)에는, 제3계측 패턴(21)(계측 패턴)이 설치되고, 기관 스테이지(6)(투영 광학계(4)의 상면)에는, 결상계(22) 및 촬상 소자(23)(제1검출부)가 설치되어 있다.
- [0030] 제3계측 패턴(21)은, 후술하듯이, 투영 광학계(4)의 광축에 대하여 비스듬히 배치되어 있다. 결상계(22)는, 투영 광학계(4)와 촬상 소자(23)와의 사이에 배치되어, 그 촬상 소자 위에 제3계측 패턴(21)의 상을 형성하는 광학계다. 결상계(22)는, 본 실시 형태에서는, 제3계측 패턴(21)의 상에 대하여 배율을 적용하고 촬상 소자 위에 도광하는 광학계다. 이 배율은, 촬상 소자(23)의 분해능에 따라서 설정될 수 있다. 촬상 소자(23)는, 복수의 화소를 포함하고, 결상계(22)에 의해 형성된 제3계측 패턴(21)의 상을 검출(촬상)한다.
- [0031] 주제어부(7)는, 변화량 계측처리를 행할 때에, 마스크 스테이지 제어부(8)를 통하여, 제3계측 패턴(21)이 결정부(14)로 결정한 계측위치에 위치결정되도록, 마스크 스테이지(3)를 이동시킨다. 마찬가지로, 주제어부(7)는, 변화량 계측처리를 행할 때에, 기관 스테이지 제어부(11)를 통하여, 결상계(22) 및 촬상 소자(23)가 결정부(14)로 결정한 계측위치에 위치결정되도록, 기관 스테이지(6)를 이동시킨다.
- [0032] 도3은, 제3계측 패턴(21), 결상계(22) 및 촬상 소자(23)의 각각을 계측위치에 위치결정한 상태, 다시 말해, 변화량 계측처리시에 있어서의 노광 장치(100)를 도시한 개략도다. 도3에 도시한 바와 같이, 제3계측 패턴(21)은, 조명 광학계(1) 아래에 위치결정되어, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 조명된다. 제3계측 패턴(21)으로부터의 광은, 투영 광학계(4) 및 결상계(22)를 통하여, 제3계측 패턴(21)의 상으로서, 촬상 소자(23)에 의해 검출된다. 주제어부(7)는, 촬상 소자(23)에 의해 검출된 계측 패턴(21)의 상에 근거하여, 촬상 소자(23)에 있어서의 현재의 초점위치(베스트 포커스 위치)를 결정한다.
- [0033] 도4a 및 도4b는, 제3계측 패턴(21)의 구성의 일례를 도시한 도면이다. 도4a는 제3계측 패턴(21)의 평면도이며, 도4b는 제3계측 패턴(21)의 측면도다. 제3계측 패턴(21)은, 도4a에 도시한 바와 같이, 조명 광학계(1)로부터의 광을 통과(투과)시키는 소정의 선폭 및 피치를 갖는 복수의 패턴 요소(21A)와, 조명 광학계(1)로부터의 광을 차광하는 차광부(21B)를 포함한다. 제3계측 패턴(21)은, 복수의 패턴 요소(21A)가 형성된 평판(21C)으로 형성된다. 복수의 패턴 요소(21A)는, 본 실시 형태에서는, Y방향을 따라서 배열되어, 라인 앤드 스페이스 패턴을 형성한다. 또한, 제3계측 패턴(21)은, 도4b에 도시한 바와 같이, X방향을 축으로 하여 소정의 각도 $\theta$ 만큼 기울어지게 배치되어 있다. 보다 상세하게는, 복수의 패턴 요소(21A)가 광축방향(Z방향)에 있어서의 위치가 서로 다르도록, 평판(21C)의 법선이 투영 광학계(4)의 광축에 대하여 기울어지게 배치되어 있다. 제3계측 패턴(21)을 기울게 하는 방향은, 복수의 패턴 요소(21A)(라인 앤드 스페이스)가 연속하고 있는 방향과 같은 방향이다.
- [0034] 또한, 본 실시 형태에서는, 제3계측 패턴(21)을 기울게 하는 것으로 복수의 패턴 요소(21A)가 광축방향에 있어서의 위치가 서로 다르도록 하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정되는 것이 아니다. 제3계측 패턴(21)은,

투영 광학계(4)의 광축방향에 있어서의 위치가 서로 다른 복수의 패턴 요소(21A)를 포함하는 것만 필요하다. 그러므로, 예를 들면, 제3계측 패턴(21)을 계단형 부재로 형성하고, 이러한 부재의 각 단에 패턴 요소(21A)를 형성해도 좋다.

[0035] 도1b에 도시한 바와 같이, 복수의 제3계측 패턴(21)은, 마스크 스테이지(3)에 있어서, X방향으로 이격되도록 설치되어 있다. 마스크 스테이지(3)에 설치되는 제3계측 패턴(21)은 1개이어도 좋지만, 투영 광학계(4)의 특성을 계측하기 위해서는, 복수의 제3계측 패턴(21)을 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 제3계측 패턴(21)은, 제1계측 패턴(15)에 대하여 +Y방향으로 배치하고 있지만, 제1계측 패턴(15)에 대하여 -Y방향으로 배치해도 좋거나, 제1계측 패턴(15)에 대하여 ±X방향으로 어긋나 있어도 좋다. 단, 포커스 계측치리에 있어서의 투영 광학계(4)의 영향을 저감하기 위해서는, 제1계측 패턴(15)과 제3계측 패턴(21)을 서로 근접하게 배치하는 것이 바람직하다. 이것은, 투영 광학계(4)의 상 높이에 따라 초점위치(베스트 포커스 위치)가 변화되기 때문이다.

[0036] 도5a 내지 도6b를 참조하여, 포커스 변화량을 구하는 변화량 계측치리에 대해서 설명한다. 도5a 및 도6a의 각각에는, 변화량 계측치리에 있어서의 제3계측 패턴(21), 투영 광학계(4), 기관(5), 결상계(22) 및 촬상 소자(23)를 도시하고 있다. 또한, 도5a에는, 제3계측 패턴(21)이 투영 광학계(4)에 의해 기관 위에 형성된 상을, 상(24)으로서 도시하고 있다. 상(24)은, 결상계(22)를 통하여, 촬상 소자(23)로 검출된다. 도5b는, 촬상 소자(23)의 검출 결과의 일례를 도시한 그래프다. 횡축에 촬상 소자(23)의 화소를 나타내고, 종축에 각 화소에서 얻어진 광량을 나타내면, 광량분포(25)(제1광량분포)가 얻어진다.

[0037] 도5b를 참조하면, 광량분포(25)에서는, 제3계측 패턴(21)의 각 패턴 요소(21A)에 대응하는 부분이 광량이 각각 큰 부분 P E1 내지 P E7로서 나타나고, 차광부(21B)에 대응하는 부분이 광량이 각각 작은 부분 V A1 내지 V A8로서 나타나 있다. 상(24)이 촬상 소자(23)에 대하여 기울어있기 때문에, 그 기울기의 높이내에 베스트 포커스 위치가 존재할 경우, 베스트 포커스 위치에 가까운 패턴 요소(21A)에 대응하는 부분에서 가장 광량이 크다. 또한, 베스트 포커스 위치로부터 벗어나고 있는 패턴 요소(21A)에 대응하는 부분에서는 광량이 작다. 도5b는, 베스트 포커스 위치가 부분 P E4에 존재할 경우를 도시하고 있다. 부분 P E3, P E2 및 P E1의 각각은 베스트 포커스 위치로부터 -Z방향으로 상면이 벗어나 있는 것을 가리키고, 부분 P E5, P E6 및 P E7의 각각은 베스트 포커스 위치로부터 +Z방향으로 상면이 벗어나 있는 것을 가리킨다. 이 때문에, 부분 P E4에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소(위치)를 구할 수 있으면, 이하의 식(1)로부터, 베스트 포커스 위치 B F를 구하는 것이 가능하다.

[0038] 
$$BF = P \times \text{Pixel Size} \times \frac{\tan\theta}{Mag} \dots(1)$$

[0039] 여기에서, P는, 광량이 가장 큰 부분에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치를 가리키고, P i x e l S i z e는, 촬상 소자(23)의 화소의 크기를 가리킨다. 또한, θ는, 제3계측 패턴(21)과 투영 광학계(4)의 광축에 직교하는 면(XY평면)이 이룬 각도를 나타내고, M a g는, 결상계(22)의 배율을 나타내고 있다.

[0040] 베스트 포커스 위치가 얻어지는 Z방향의 위치Z<sub>1</sub>은, 상술한 것 같이, 가장 광량이 큰 부분 P E4로부터 구하는 것이 가능하다. 단, 가장 광량이 큰 부분 P E4와, 베스트 포커스 위치로부터 벗어난 부분(피크) P E1, P E2, P E3, P E5, P E6 및 P E7을 사용하여 포락선(26)을 구하고, 포락선(26)으로부터 베스트 포커스 위치를 근사적으로 구하는 것도 가능하다. 도5b에서는, 부분 P E1 내지 P E7로부터 얻어진 포락선(26)의 극대값(27)에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치를 P I1로서 나타내고 있다.

[0041] 도6a는, 도5a에 도시된 상태에서부터 베스트 포커스 위치가 벗어난 상태를 도시하고 있다. 투영 광학계(4)의 내부의 공기 변동, 투영 광학계(4)를 형성하는 부재의 위치 어긋남등에 기인하여, 도6b에 도시한 바와 같이, 상 24가 상 28에 어긋날 수도 있다. 이러한 경우, 도6b에 도시한 바와 같이, 촬상 소자(23)의 검출 결과로부터 얻어진 광량분포는, 광량분포 25로부터 광량분포 29(제2광량분포)로 변화된다. 이에 따라, 광량분포(29)로부터 얻어진 포락선(30)의 극대값(31)에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치는 P I2로 변화되어, 베스트 포커스 위치가 변화된다.

[0042] 화소위치 P I1 및 P I2의 각각을 사용하여 베스트 포커스 위치를 구하는 것으로, 주어진 타이밍에 있어서의 베스트 포커스 위치와, 다음 타이밍에 있어서의 베스트 포커스 위치와의 차이, 다시 말해, 베스트 포커스 위치의 변화량을 구할 수 있다. 도7은, 베스트 포커스 위치와, 기관 스테이지(6)의 Z방향의 위치와의 관계를 도시하는 그래프다. 도7을 참조하여, 포락선의 극대값에 대응하는 화소위치가 P I1로부터 P I2로 변화되면, 식(1)로부터도 분명하듯이, 기관 스테이지(6)의 Z방향의 위치는, 선형 관계로부터 도출될 수 있고,

Z<sub>1</sub>로부터 Z<sub>2</sub>로 변화된다.

- [0043] 최초의 기준이 되는 기준 포커스 위치는, 제1계측 패턴(15), 제2계측 패턴(9) 및 검출기(10)를 사용하여 구한 기관 스테이지(6)의 Z방향의 위치를 사용하여도 좋다. 이것은, 이 위치가 투영 광학계(4)의 결상위치(베스트 포커스 위치)를 나타내고 있기 때문이다.
- [0044] 상술한 것처럼, 본 실시 형태에 있어서의 변화량 계측처리에서는, 포커스 변화량(베스트 포커스 위치)을 구할 때에, 기관 스테이지(6)(제2계측 패턴(9))를 Z방향으로 이동시키는 동작이 필요없다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 이동시키는 동작에 필요로 하는 시간이 생략되어, 노광 장치(100)의 생산성(스루풋)을 향상시킬 수 있다.
- [0045] 또한, 본 실시 형태에서는, 제3계측 패턴(21)은, 상술한 것 같이, XY평면에 대하여 각도 $\theta$ 만큼 기울어지게 배치되어 있지만, 각도 $\theta$ 는, 포커스 위치에 대한 민감도와, 포커스 위치의 계측 정밀도(결정 정밀도)를 고려하면서 설정해야 한다. 도8a 내지 도9b를 참조하여, 제3계측 패턴(21)을 XY평면에 대하여 기울게 하는 각도 $\theta$ 의 설정에 대해서 설명한다. 도8a 및 도9a의 각각은, 변화량 계측처리에 있어서의 제3계측 패턴(21), 투영 광학계(4), 기관(5), 결상계(22) 및 촬상 소자(23)를 도시하고 있다.
- [0046] 도8a를 참조하면, 제3계측 패턴(21)은, XY평면에 대하여 각도 $\theta$ 1만큼 기울어지게 배치되어 있다. 또한, 위치F11은 주어진 타이밍에 있어서의 베스트 포커스 위치를 나타내고, 제3계측 패턴(21)이 투영 광학계(4)에 의해 기관 위에 형성된 상은 상 40으로서 나타내고 있다. 각종 요인으로 인해 베스트 포커스 위치가 위치F11로부터 위치F12로 변화되었을 경우, 제3계측 패턴(21)의 상은, 상 40으로부터 상 41로 변화된다.
- [0047] 도8b는, 도8a에 도시된 상태에 있어서, 결상계(22)를 통해 촬상 소자(23)로 검출된 상(광량분포)을 도시한 그래프이며, 횡축은 촬상 소자(23)의 화소를 나타내고, 종축은 각 화소에서 얻어진 광량을 나타내고 있다. 도8b를 참조하면, 상(40)은 광량분포(42)에 대응하고, 광량분포(42)로부터 포락선(44)이 얻어진다. 또한, 포락선(44)으로부터, 극대값(46)과, 그 극대값(46)에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치P I 11이 얻어진다. 이렇게, 베스트 포커스 위치가 위치F11일 경우, 촬상 소자(23)의 화소위치P I 11이 위치F11에 대응한다.
- [0048] 마찬가지로, 상(41)은 광량분포(43)에 대응하고, 광량분포(43)로부터 포락선(45)이 얻어진다. 또한, 포락선(45)으로부터, 극대값(47)과, 극대값(47)에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치P I 12가 얻어진다. 이렇게, 베스트 포커스 위치가 위치F12일 경우, 촬상 소자(23)의 화소위치P I 12가 위치F12에 대응하고 있다.
- [0049] 한편, 도9a를 참조하면, 제3계측 패턴(21)은, XY평면에 대하여 각도 $\theta$ 2만큼 기울어지게 배치되어 있다. 여기에서, 각도 $\theta$ 2는, 각도 $\theta$ 1보다도 큰 것으로 한다( $\theta$ 2> $\theta$ 1). 또한, 위치F21은 주어진 타이밍에 있어서의 베스트 포커스 위치를 나타내고, 이 상태에서 제3계측 패턴(21)이 투영 광학계(4)에 의해 기관 위에 형성된 상은 상(48)으로서 도시되어 있다. 각종 요인으로 인해 베스트 포커스 위치가 위치F21로부터 위치F22로 변화되었을 경우, 제3계측 패턴(21)의 상은, 상 48로부터 상 49로 변화된다. 또한, 위치F21로부터 위치F22로의 포커스 변화량은, 위치F11로부터 위치F12로의 포커스 변화량과 같다.
- [0050] 도9b는, 도9a에 도시된 상태에 있어서, 결상계(22)를 통해 촬상 소자(23)로 검출된 상(광량분포)을 도시한 그래프이고, 횡축은, 촬상 소자(23)의 화소를 나타내고, 종축은, 각 화소에서 얻어진 광량을 나타내고 있다. 도9b를 참조하면, 상(48)은 광량분포(50)에 대응하고, 광량분포(50)로부터 포락선(52)이 얻어진다. 또한, 포락선(52)으로부터, 극대값(54)과, 극대값(54)에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치P I 21이 얻어진다. 이렇게, 베스트 포커스 위치가 위치F21일 경우, 촬상 소자(23)의 화소위치P I 21은 위치F21에 대응한다.
- [0051] 마찬가지로, 상(49)은 광량분포(51)에 대응하고, 광량분포(51)로부터 포락선(53)이 얻어진다. 포락선(53)으로부터, 극대값(55)과, 극대값(55)에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치P I 22가 얻어진다. 이렇게, 베스트 포커스 위치가 위치F22일 경우, 촬상 소자(23)의 화소위치P I 22는 위치F22에 대응한다.
- [0052] 우선, 포커스 민감도에 대해서 설명한다. 상술한 것 같이, 도8a 및 도8b에서의 포커스 변화량(베스트 포커스 위치의 변화량)은 도9a 및 도9b에서의 것과 같게 설정되어 있다. 단, 촬상 소자(23)에 의해 얻어진 결과, 다시 말해, 화소위치P I 11로부터 화소위치P I 12로의 변화량은, 화소위치P I 21로부터 화소위치P I 22로의 변화량과 상이하다. 이렇게, 포커스 변화량이 동일해도, 각도 $\theta$ 가 큰 쪽이 촬상 소자상에서의 화소위치의 변화량이 작아진다. 이것은, 식(1)을, 이하의 식(2)로 변형함으로써 이해될 것이다.

$$\frac{Mag}{Pixel\ Size} \times \frac{1}{\tan\theta} = \frac{P}{BF} \dots(2)$$

[0054] 식(2)를 참조하면, 배율Mag 및 화소의 크기Pixel Size는 정수이므로, 각도θ를 크게 하면, 식(2)의 좌변의 값이 작아진다. 이에 따라, 포커스 변화량이 같은 경우, 각도θ가 클 때는, 촬상 소자(23)의 화소위치P의 변화량이 작아진다. 이렇게, 포커스 변화량에 대한 촬상 소자(23)의 화소위치P의 변화량의 비율은, 각도θ에 반비례한다. 촬상 소자(23)의 화소위치P의 변화를 포커스 변화량으로서 사용하는 본 실시 형태에서는, 화소의 크기Pixel Size가 포커스 변화량의 예측의 분해능이 된다. 이 때문에, 각도θ가 작을수록, 다시 말해, 촬상 소자(23)의 화소위치P의 변화량이 클수록, 포커스 변화량을 보다 정확하게 예측할 수 있고, 포커스 민감도가 보다 높다고 말할 수 있다.

[0055] 다음에, 포커스 위치의 예측 정밀도에 대해서 설명한다. 도8a 내지 도9b에 도시한 바와 같이, 제3계측 패턴(21)의 각도θ에 따라, 포락선의 침예도가 변화된다. 이것은, 각도θ가 클수록, 제3계측 패턴(21)의 상의 단부가 결상면으로부터 더 떨어져, 촬상 소자(23)로 검출된 광량이 작아지기 때문이다. 따라서, 각도θ가 클수록, 포락선은 더 침예해진다.

[0056] 포락선의 침예도는, 포락선의 극대값의 결정 정밀도에 영향을 준다. 포락선의 극대값은, 일반적으로, 제3계측 패턴(21)의 상을 검출해서 얻어진 광량분포의 피크로부터, 보완 곡선이나 다항식에의 근사에 의해 구해진다. 단, 촬상 소자(23)의 검출 결과로부터 얻어진 광량분포는, 실제로는, 촬상 소자(23)에서 발생한 독출 노이즈나 암 노이즈의 영향을 받는다. 따라서, 포락선의 침예도가 낮을 경우에는, 포락선의 극대값의 결정 정밀도가 저하하기 쉬워진다. 한편, 포락선의 침예도가 높을 경우에는, 포락선의 극대값이 노이즈의 영향을 받기 어려워, 포락선의 결정 정밀도의 저하를 억제할 수 있다. 이렇게, 각도θ가 클수록, 포커스 위치의 예측 정밀도가 높다.

[0057] 상술한 것 같이, 제3계측 패턴(21)의 각도θ는, 포커스 민감도와 포커스 위치의 예측 정밀도와의 트레이드 오프(trade-off) 관계에 관련된다. 보다 구체적으로는, 각도θ를 크게 하면, 포커스 민감도는 낮아지지만, 포커스 위치의 예측 정밀도가 향상한다. 한편, 각도θ를 작게 하면, 포커스 민감도는 높아지지만, 포커스 위치의 예측 정밀도가 저하한다. 이에 따라, 포커스 민감도와 포커스 위치의 예측 정밀도 중 어느쪽을 우선할지에 따라, 제3계측 패턴(21)의 각도θ를 설정할 필요가 있다.

[0058] 도10을 참조하여, 본 실시 형태에 있어서의 노광 장치(100)의 동작에 대해서 설명한다. 단계 S401, S403, S404, S405 및 S407은, 각각, 도16에 도시된 단계 S101, S102, S103, S104 및 S105와 같아서, 그에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다.

[0059] 단계 S402(제1타이밍)에서는, 기준계측처리를 행한다. 기준계측처리는, 포커스 변화량을 구할 때 사용되는 기준이 되는 기준 포커스 위치를 예측하는 처리다. 보다 구체적으로는, 우선, 제3계측 패턴(21), 결상계(22) 및 촬상 소자(23)의 각각을 예측위치에 위치결정한다. 그리고, 도5a 및 도5b를 참조해서 설명한 바와 같이, 예측 패턴(21)의 상으로부터 얻어진 광량분포에 있어서 가장 광량이 커지는 부분에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치를 구한다.

[0060] 단계 S406(제1타이밍 후의 제2타이밍)에서는, 변화량 예측처리를 행할 것인가 아닌가를 판정한다. 변화량 예측처리를 행할 것인가 아닌가의 기준은, 유저가 임의로 설정할 수 있다. 예를 들면, 현재의 기관이 로트(lot)의 선두의 기관인가 아닌가, 혹은, 소정수의 기관에 대하여 노광 처리를 행한 것인가 아닌가를, 기준으로서 설정할 수 있다. 변화량 예측처리를 행하지 않을 경우에는, 단계 S407의 처리로 이행한다. 한편, 변화량 예측처리를 행할 경우에는, 단계 S408의 처리로 이행한다.

[0061] 단계 S408에서는, 변화량 예측처리를 행한다. 변화량 예측처리는, 도6a 및 도6b를 참조하여 설명한 대로이지만, 도11을 참조하여 그 과정을 설명한다. 단계 S501에서는, 제3계측 패턴(21)이 조명 광학계(1) 아래에 위치하도록, 마스크 스테이지(3)를 변화량 예측위치까지 이동시킨다. 단계 S502에서는, 결상계(22) 및 촬상 소자(23)가 투영 광학계(4) 아래에 위치하도록, 기관 스테이지(6)를 변화량 예측위치까지 이동시킨다. 단계 S501과 단계 S502의 어느쪽이 먼저 행해져도 좋거나, 그것들이 병행하여 행해져도 좋다. 단계 S503에서는, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 제3계측 패턴(21)을 조명한다. 따라서, 투영 광학계(4) 및 결상계(22)를 통하여, 제3계측 패턴(21)의 상이 촬상 소자 위에 형성된다. 단계 S504에서는, 제3계측 패턴(21)의 상을 촬상 소자(23)로 검출한다. 단계 S505에서는, 단계 S504에서 검출한 제3계측 패턴(21)의 상으로부터 광량분포를 구하고, 이 광량분포에 있어서 가장 광량이 큰 부분에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치를 구한다. 이러한 동작에 의해, 상술한

것 같이, 단계 S505에서 구한 촬상 소자(23)의 화소위치와 단계 S402에서 구한 촬상 소자(23)의 화소위치로부터, 포커스 변화량, 다시 말해, 베스트 포커스 위치의 변화량을 구할 수 있다. 바꾸어 말하면, 단계 S505에서 얻어진 광량분포와 단계 S402에서 얻어진 광량분포와의 차이로부터, 베스트 포커스 위치에 기관(5)을 위치결정하기 위해서 필요한 기관 스테이지(6)의 광축방향의 이동량을 구할 수 있다.

[0062] 본 실시 형태에서는, 종래 기술(도19)과 비교하여, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 이동시키는 동작(단계 S204)이 불필요하다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 포커스 캘리브레이션에 있어서, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 이동시키지 않고, 포커스 변화량을 구할 수 있다. 이에 따라, 본 실시 형태에서는, 복수의 기관에 대하여 노광 처리 동작을 연속해서 행할 경우에, 하나의 노광 처리와 다음 노광 처리와의 사이에 포커스 캘리브레이션을 행하는 것이 가능해진다. 이 때문에, 각 노광 처리에 있어서, 기관(5)을 베스트 포커스 위치에 유지할 수 있어, 노광 정밀도의 저하를 억제할 수 있다.

[0063] 본 실시 형태에서는, 제1계측 패턴(15), 제2계측 패턴(9) 및 검출기(10)를 사용해서 포커스 계측처리(단계 S401)를 행하는 경우에 대해서 설명했다. 단, 도12에 도시한 바와 같이, 제1계측 패턴(15), 결상계(22) 및 촬상 소자(23)를 사용해서 포커스 계측처리를 행해도 좋다. 보다 구체적으로는, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 제1계측 패턴(15)을 조명하고, 제1계측 패턴(15)으로부터의 광을, 투영 광학계(4) 및 결상계(22)를 통하여, 촬상 소자(23)로 검출한다. 도13a는, 촬상 소자(23)의 검출 결과의 일례를 도시한 그래프다. 횡축에 촬상 소자(23)의 화소를 나타내고, 종축에 각 화소에서 얻어진 광량을 나타내면, 광량분포(131)가 얻어진다. 도12(도13a)에 도시된 상태로부터, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 미소 이동시킴으로써, 도13b에 도시된 것 같은 광량분포(132)가 얻어진다. 따라서, 촬상 소자(23)로 검출된 광량(광량분포)이 최대가 되는 기관 스테이지(6)의 Z방향의 위치를 구하는 것으로, 이 위치를 베스트 포커스 위치로서 설정할 수 있다.

[0064] 또한, 도14에 도시한 바와 같이, 노광 장치(100)는, 제3계측 패턴(21)을 투영 광학계(4)의 광축에 직교하는 축주변(X축주변)에 회전시키는 회전부(532)를 더 구비하여도 좋다. 이 경우, 노광 장치(100)는, 제1계측 패턴(15)을 구비하지 않을 수도 있다. 보다 구체적으로는, 포커스 계측처리를 행할 경우에는, 제3계측 패턴(21)이 X Y 평면에 평행해지도록(평판 21C의 법선이 투영 광학계(4)의 광축에 평행해지도록), 회전부(532)에 의해 제3계측 패턴(21)을 회전시킨다. 이러한 상태에 있어서, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 제3계측 패턴(21)을 조명하고, 제3계측 패턴(21)으로부터의 광을, 투영 광학계(4) 및 제2계측 패턴(9)을 통하여 검출기(10)로 검출한다. 이때, 기관 스테이지(6)를 Z방향으로 미소 이동시키면서, 검출기(10)로 검출된 광의 광량이 최대가 되는 위치를 구하는 것으로, 이 위치를 베스트 포커스 위치로서 설정할 수 있다.

[0065] 또한, 변화량 계측처리를 행할 경우에는, 제3계측 패턴(21)의 복수의 패턴 요소(21A)가 투영 광학계(4)의 광축방향에 있어서의 위치가 서로 다르도록, 회전부(532)에 의해 제3계측 패턴(21)을 회전시킨다. 이 상태에 있어서, 조명 광학계(1)로부터의 광으로 제3계측 패턴(21)을 조명하고, 제3계측 패턴(21)으로부터의 광을, 투영 광학계(4) 및 결상계(22)를 통하여 촬상 소자(23)로 검출한다. 그리고, 계측 패턴(21)의 상으로부터 얻어진 광량분포에 있어서 가장 광량이 큰 부분에 대응하는 촬상 소자(23)의 화소위치를 구한다.

[0066] 여기에서, 제3계측 패턴(21)을 투영 광학계(4)의 광축에 직교하는 축주변에 회전시키는 대신에, 촬상 소자(23)를 투영 광학계(4)의 광축에 직교하는 축주변에 회전시키는 것도 생각될 수 있다. 단, 이 경우에는, 결상계(22)의 배율을 고려하면서, 촬상 소자(23)의 경사각도 $\theta$ 를 설정해야 한다. 본 실시 형태에서는, 촬상 소자(23)의 화소위치의 변화를 포커스 변화로 생각한다. 이 경우에, 식(1)로부터 분명한 바와 같이, 촬상 소자(23)의 화소위치의 변화의 분해능은, 촬상 소자(23)의 화소의 크기(Pixel Size)와 결상계(22)의 배율(Mag)에 의해 결정된다. 일반적으로는, 촬상 소자(23)의 화소위치의 변화의 분해능을 높게 하기 위해서, 결상계(22)의 배율이 정(positive)의 값이 되도록 설정된다.

[0067] 한편, 투영 광학계(4)의 개구수NA는, 노광 장치(100)에 요구된 해상력에 의해 결정되어 있다. 이때의 개구수NA가 NA1이면, 촬상 소자(23)에 있어서의 개구수NA2는, 결상계(22)의 배율Mag을 사용하여, NA1/Mag로서 표현될 수 있다. 상술한 것 같이, 결상계(22)의 배율Mag은, 정의 값이어서, 개구수NA2는, 개구수NA1보다도 작다.

[0068] 여기에서, 투영 광학계(4)의 초점심도DOF는, 이하의 식(3)으로 표현된다.

$$DOF = k \times \frac{\lambda}{NA^2} \dots(3)$$

[0070] 여기서, k는 비례 정수이며,  $\lambda$ 는, 투영 광학계(4)에 입사하는 광의 파장이다. 식(3)에 표현된 바와 같

이, 개구수NA가 작아지면, 초점심도DOF는, 개구수NA의 제곱에 반비례해서 커진다. 상술한 것 같이, 촬상 소자(23)에 있어서의 개구수NA2는 개구수NA1보다도 작아지지만, 초점심도DOF는 커진다. 초점심도DOF가 커지면, 제3계측 패턴(21)의 상이 흐려지기 어려워진다. 따라서, 제3계측 패턴(21)의 상의 각 끝에 있어서의 광량이 중심에서의 광량보다 작아지기 어려워져, 포락선의 침예도가 작다.

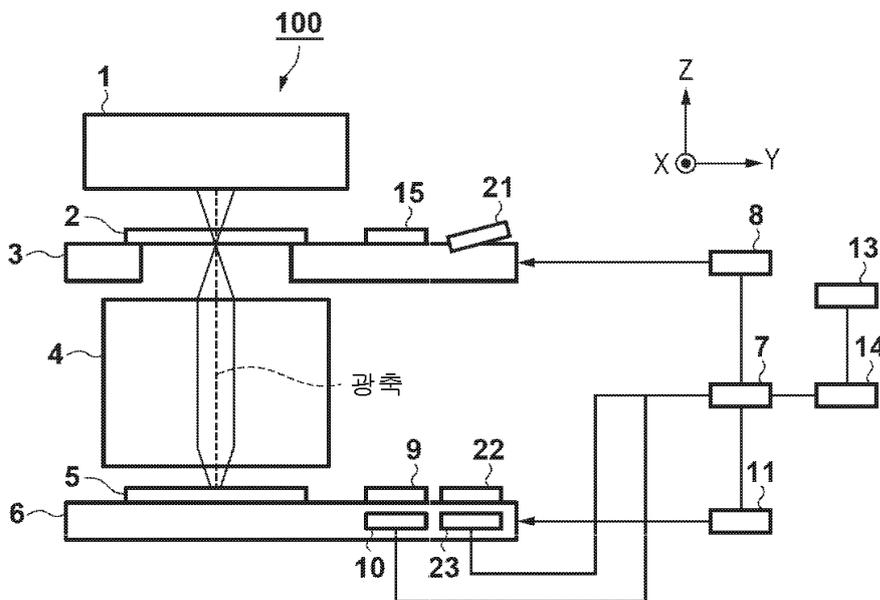
[0071] 포락선의 침예도를 크게 하기 위해서는, 촬상 소자(23)를 기울게 하는 것이 필요하다. 그렇지만, 개구수NA2가 NA1/Mag이므로, 제3계측 패턴(21)의 경사각도보다 결상계(22)의 배율이 제곱만큼 큰 각도로 촬상 소자(23)를 기울이는 것이 필요하다. 결상계(22)의 배율이 수배정도이면, 촬상 소자(23)를 기울게 하는 것이 가능하다. 그렇지만, 결상계(22)의 배율이 특정 레벨보다 크면, 촬상 소자(23)의 경사 각도가 커지고, 제3계측 패턴(21)의 상을 촬상 소자 위에 형성하는 것이 불가능해진다. 예를 들면, 본 실시 형태에서는, 제3계측 패턴(21)의 각도θ를 5도로 하고, 결상계(22)의 배율을 5배로 가정한다. 이 경우, 촬상 소자(23)를 기울게 하는 것으로, 본 실시 형태에서 도시된 것과 동등한 포락선을 얻기 위해서, 촬상 소자(23)의 경사 각도는 75도다. 이렇게, 촬상 소자(23)의 경사 각도는 투영 광학계(4)의 광범과 대략 평행해져, 제3계측 패턴(21)의 상을 촬상 소자 위에 형성하는 것이 어려워진다.

[0072] 본 발명의 실시 형태에 따른 물품의 제조 방법은, 예를 들면, 반도체 디바이스, 액정 표시 소자, 플랫 패널 디스플레이 또는 MEMS 등의 물품을 제조하는데 적합하다. 이 제조 방법은, 상술한 노광 장치(100)를 사용해서 감광제가 도포된 기판을 노광하는 단계와, 노광된 감광제를 현상하는 단계를 포함한다. 또한, 현상된 감광제 패턴을 마스크로서 사용하여 그 기판에 대하여 에칭 단계나, 이온 주입 단계등을 행하여, 기판 위에 회로 패턴을 형성한다. 그 노광, 현상, 에칭등의 단계를 반복함으로써, 기판 위에 복수의 층으로 형성된 회로 패턴을 형성한다. 후처리에서, 회로 패턴이 형성된 기판에 대하여 다이싱(가공)을 행하고, 칩 마운팅, 본딩 및 검사 단계를 행한다. 또한, 이 제조 방법은, 다른 주지의 단계(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 레지스트 박리등)를 포함할 수 있다. 본 실시 형태에 따른 물품의 제조 방법은, 종래의 방법보다 물품의 성능, 품질, 생산성 및 생산 코스트의 적어도 1개에 있어서 우수하다.

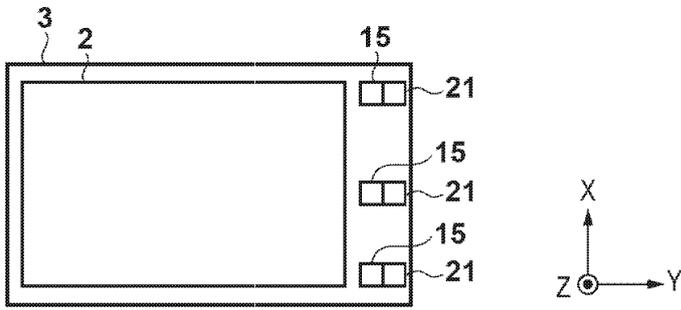
[0073] 본 발명은 상기 실시 형태를 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 실시 형태에 한정되는 것이 아니라는 것을 알 것이다. 이하의 청구항의 범위는, 이러한 변형 및 동등한 구조 및 기능 모두를 포함하도록 폭넓게 해석되어야 한다.

**도면**

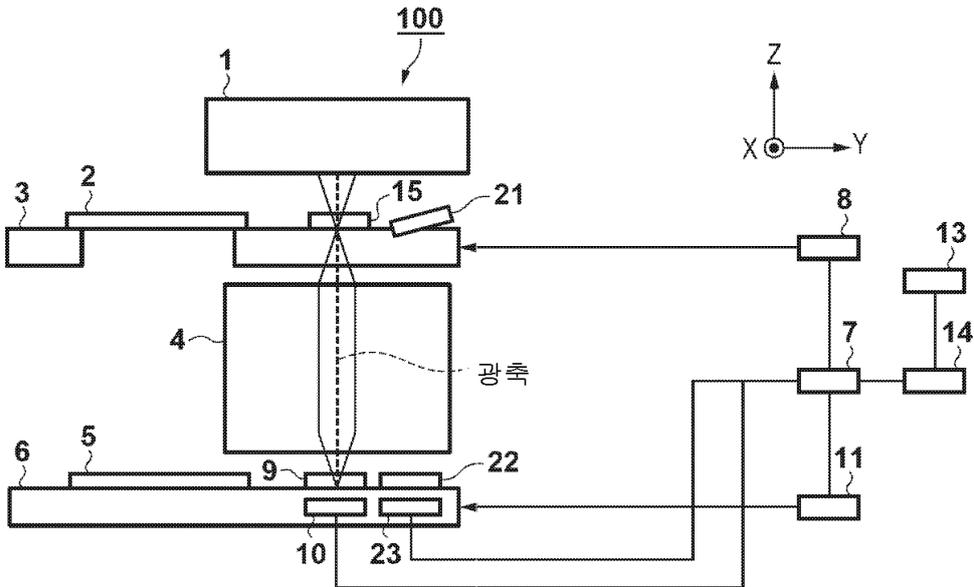
**도면1a**



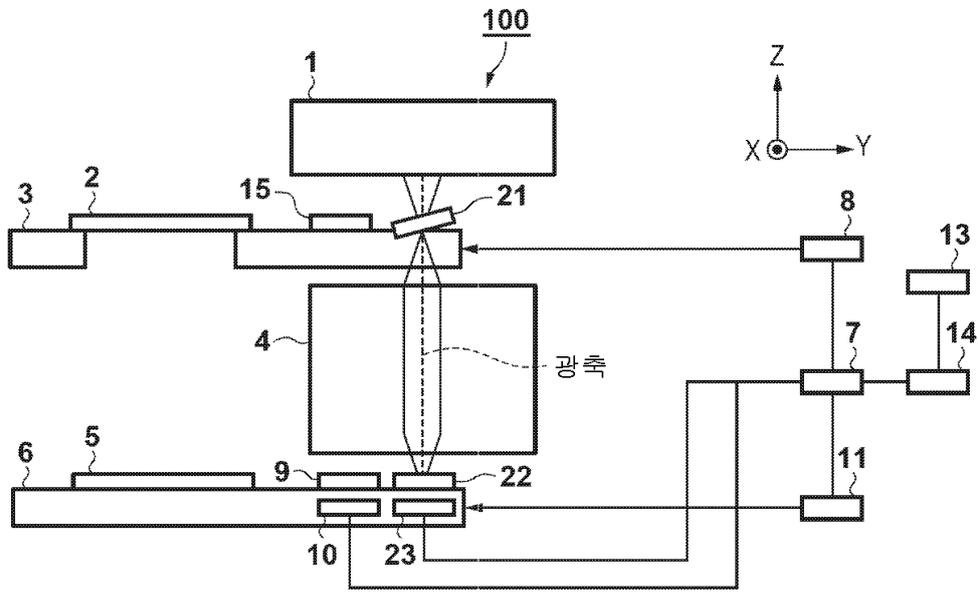
도면1b



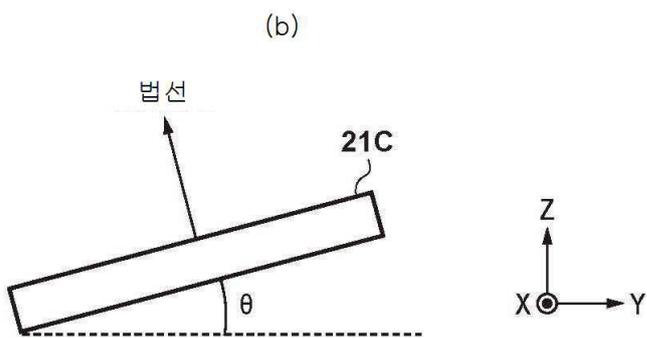
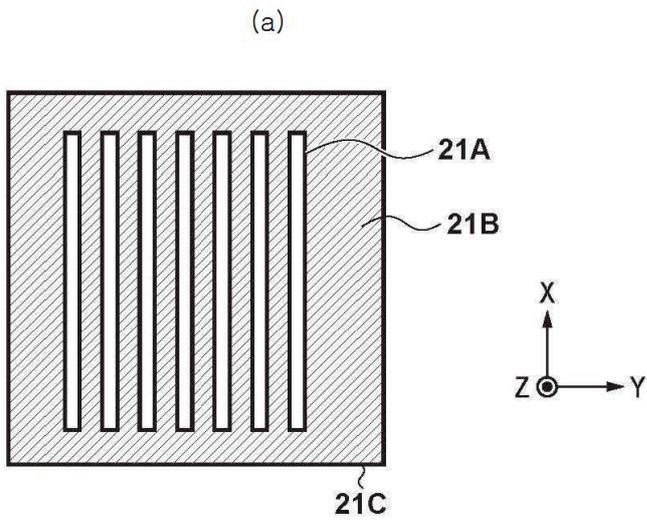
도면2



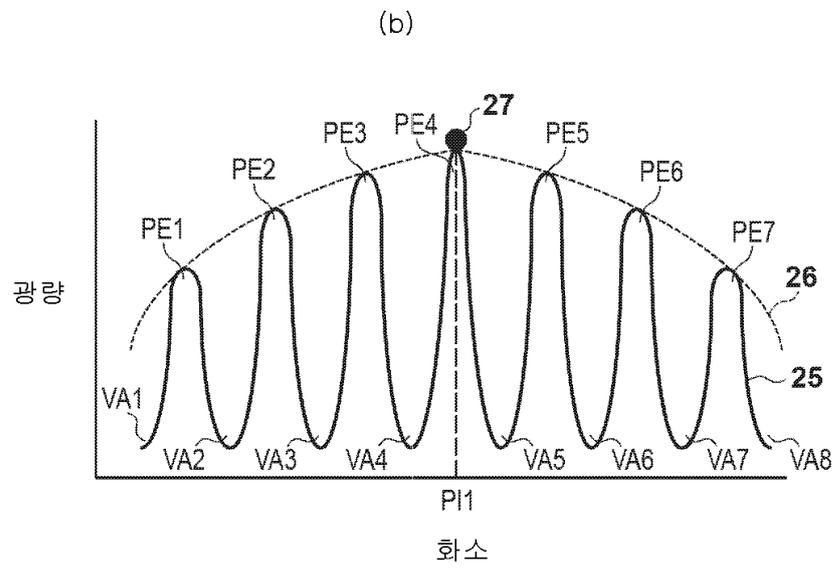
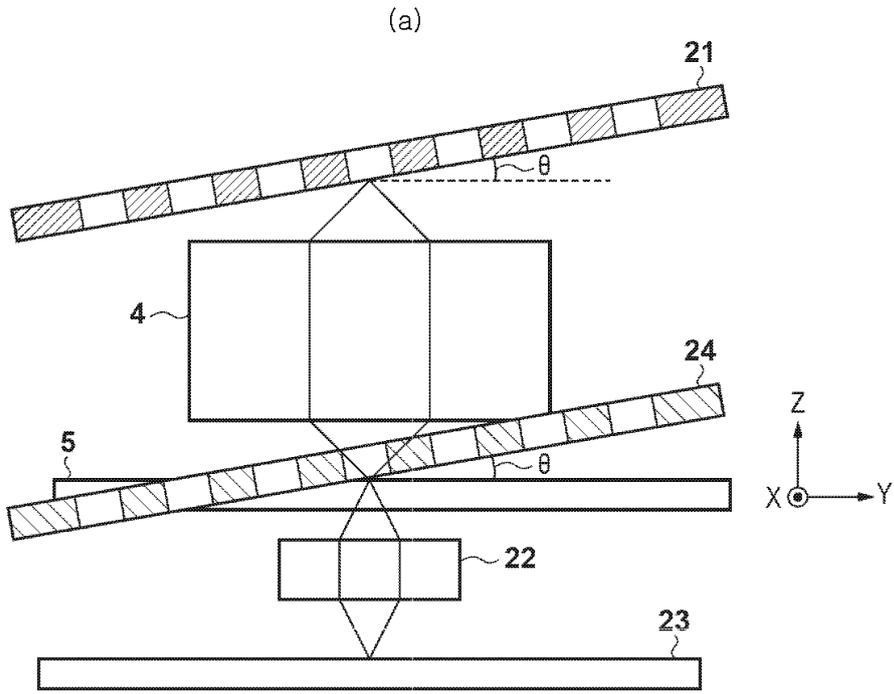
도면3



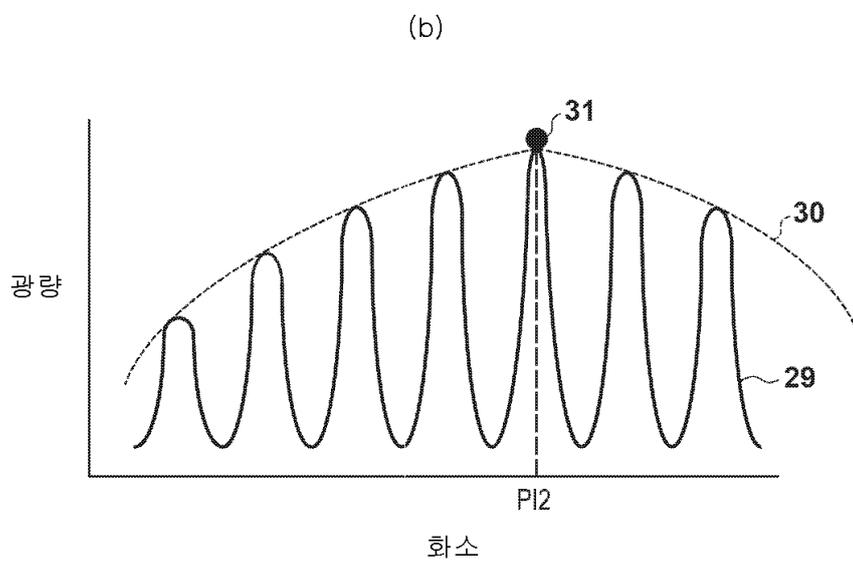
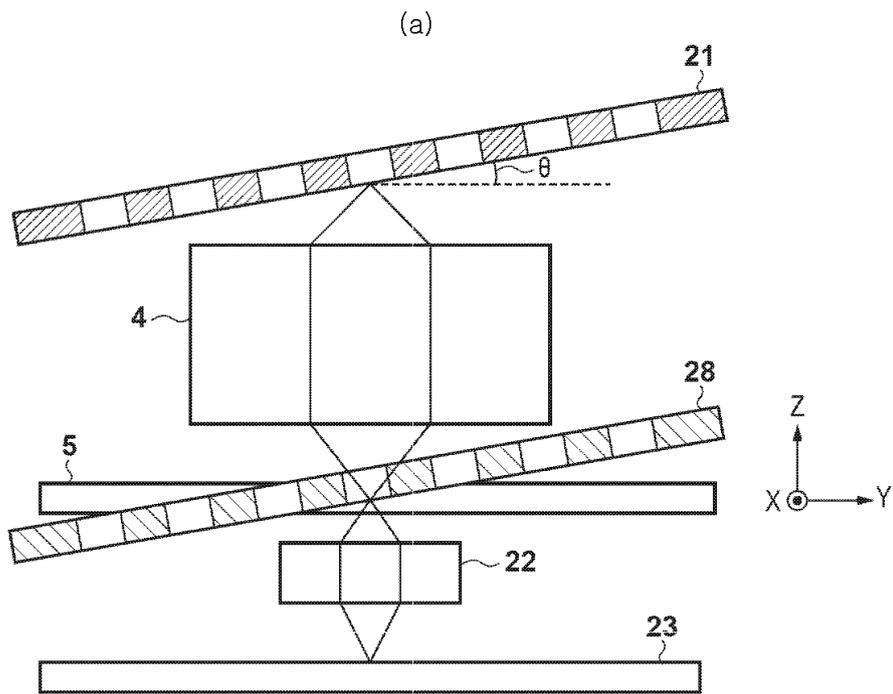
도면4



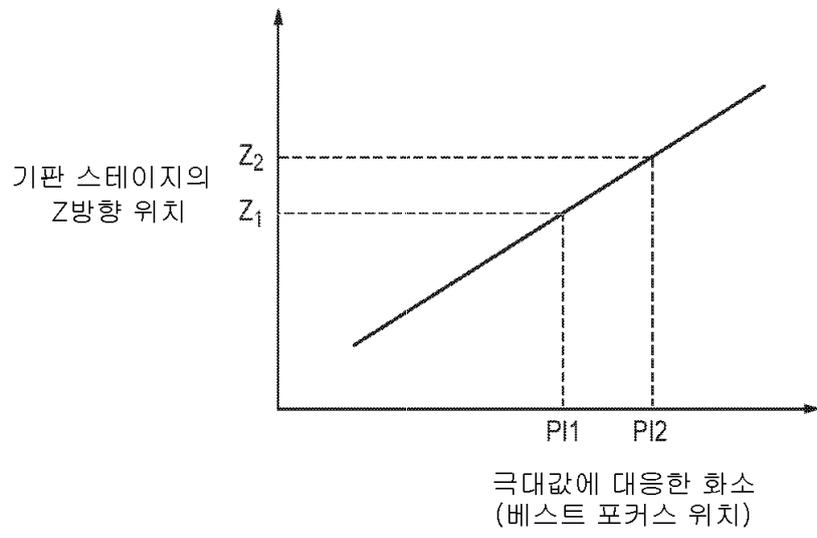
도면5



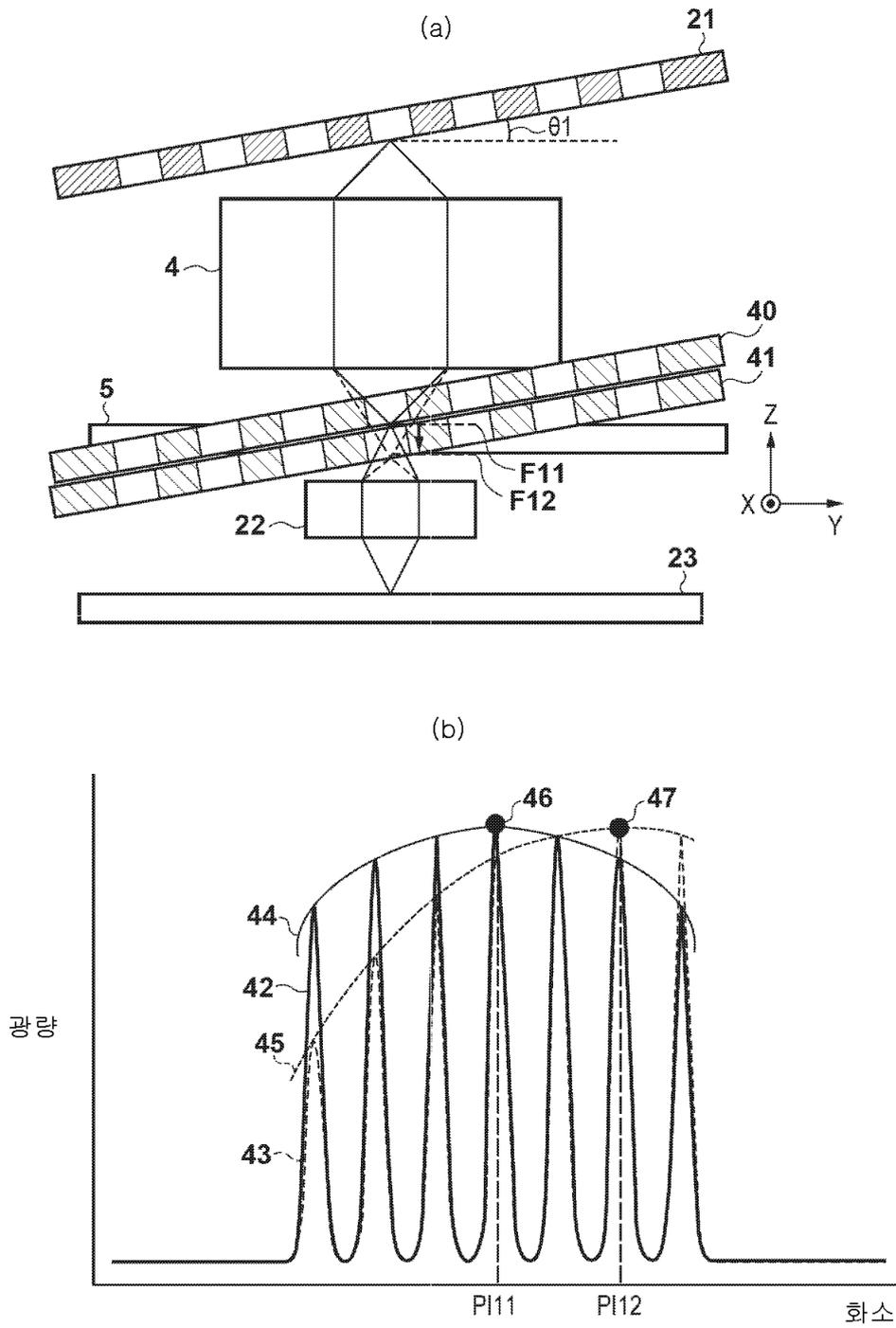
도면6



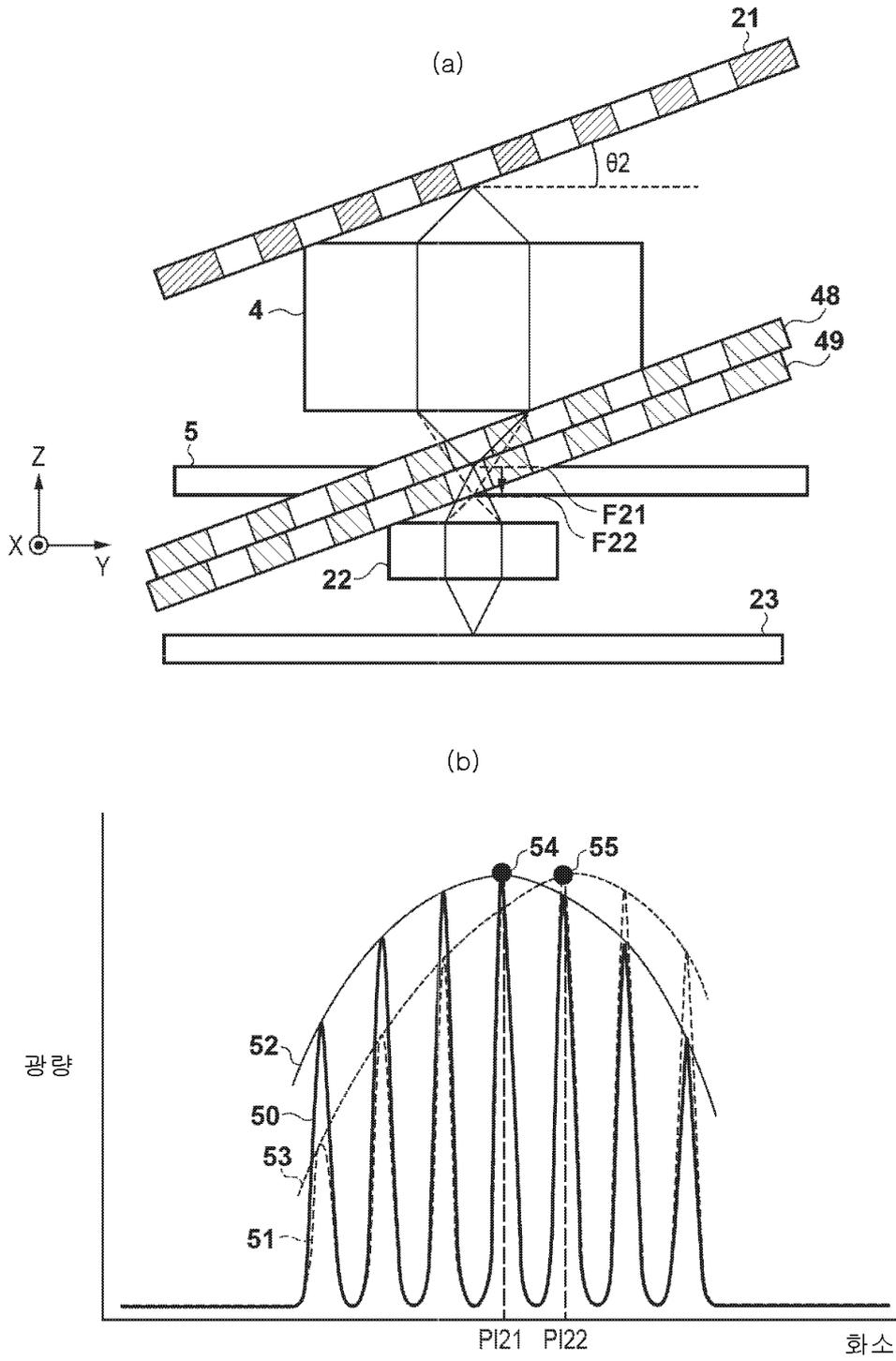
도면7



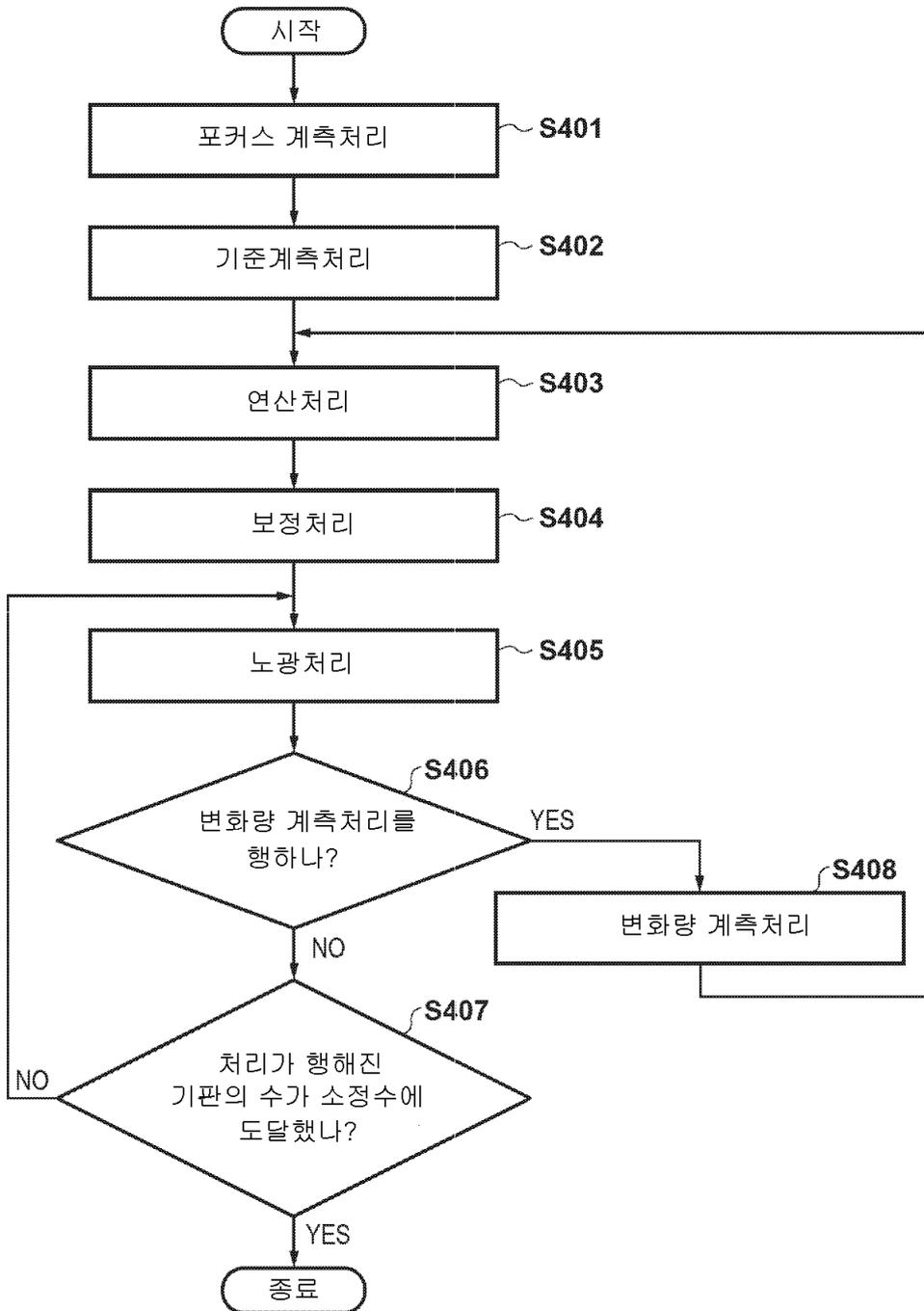
도면8



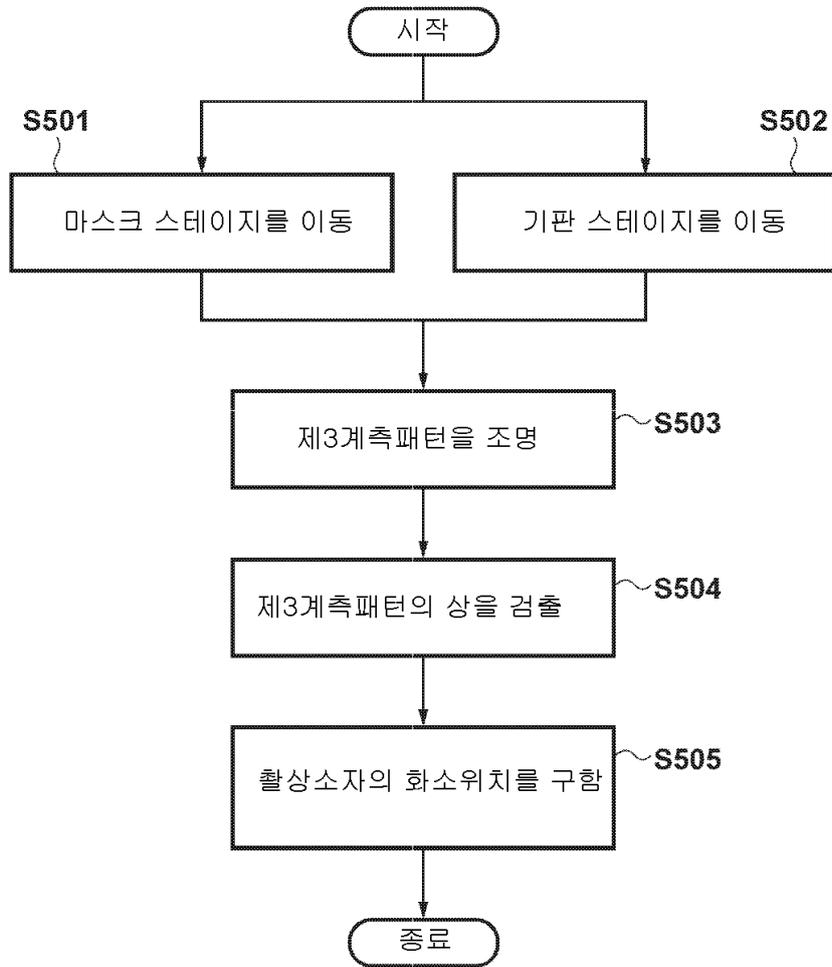
도면9



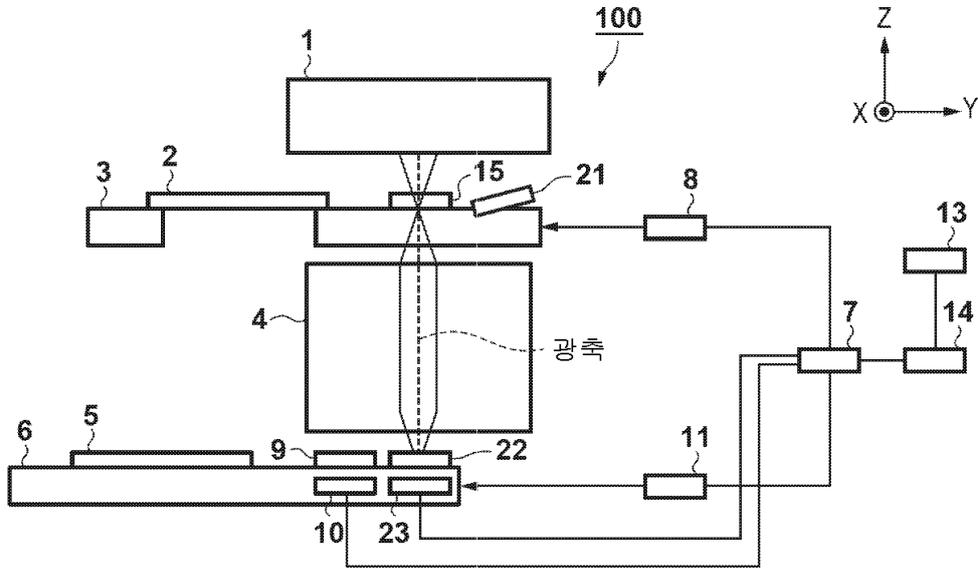
도면10



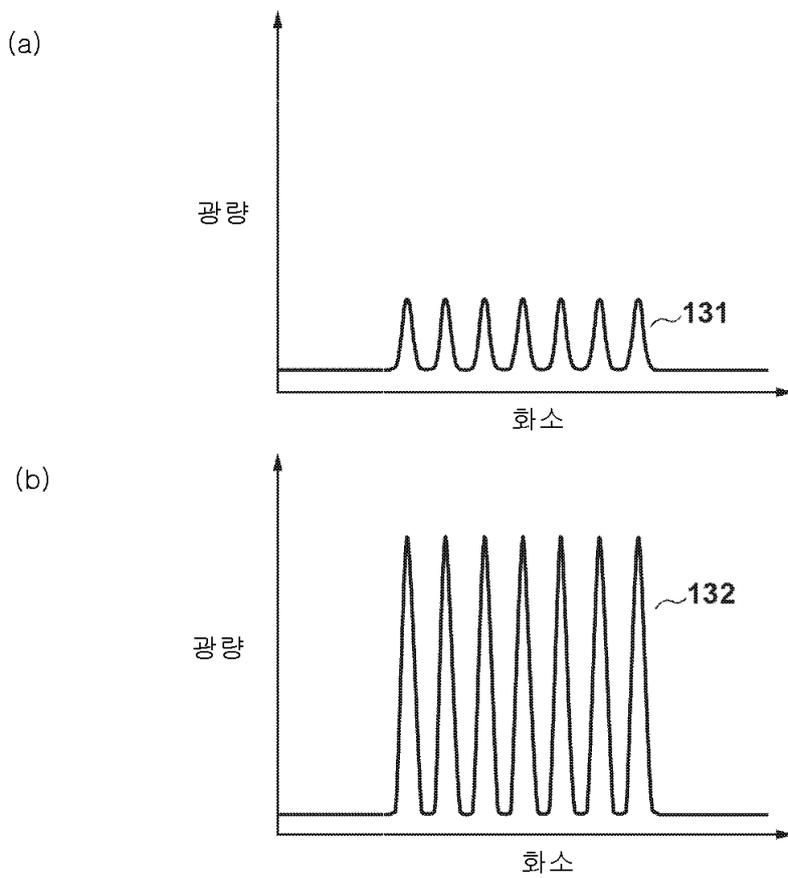
도면11



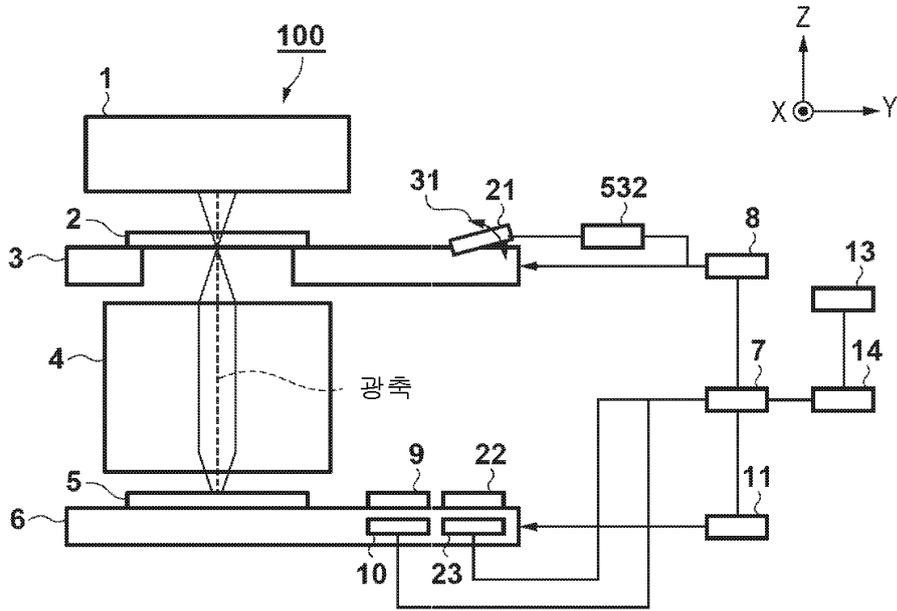
도면12



도면13

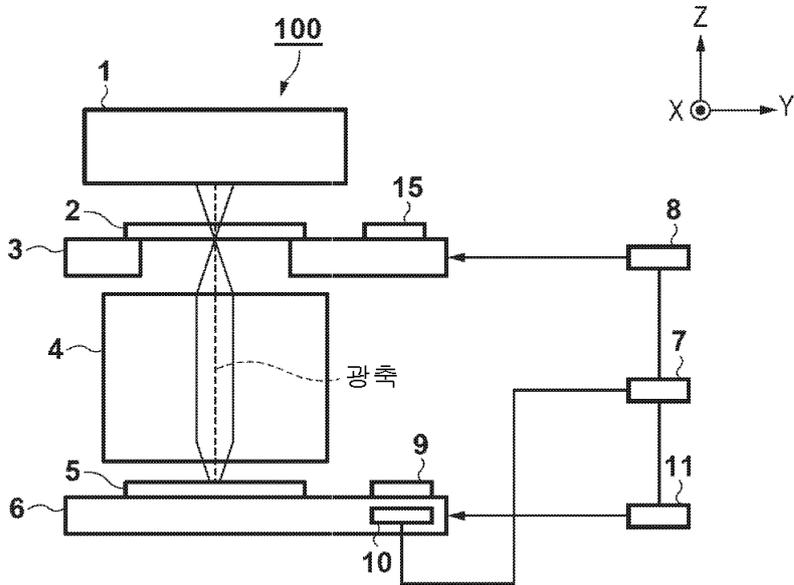


도면14



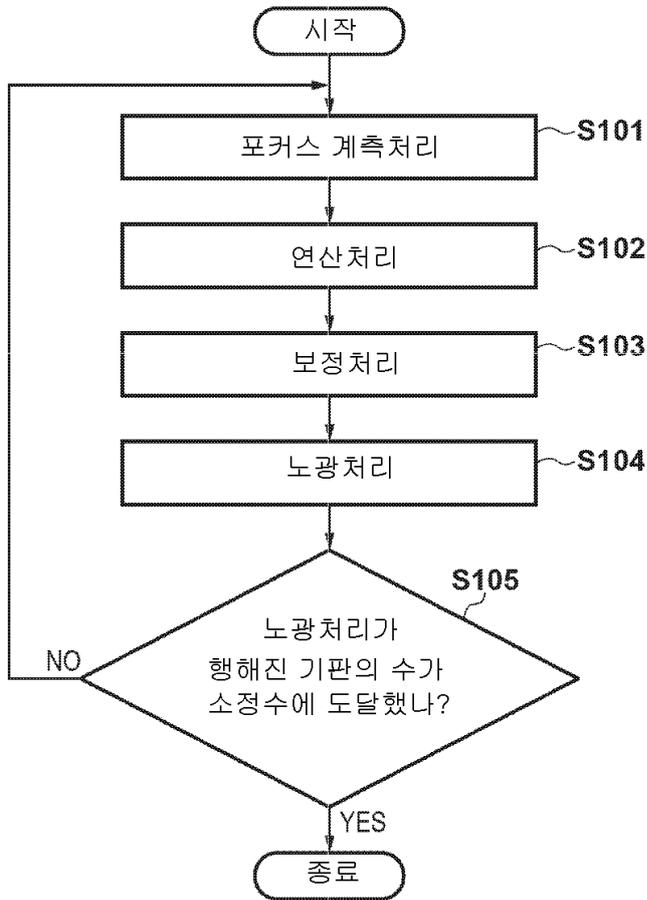
도면15

종래기술



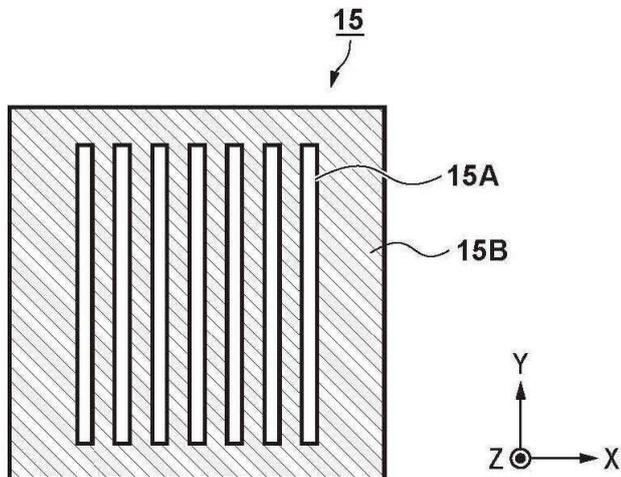
도면16

종래기술

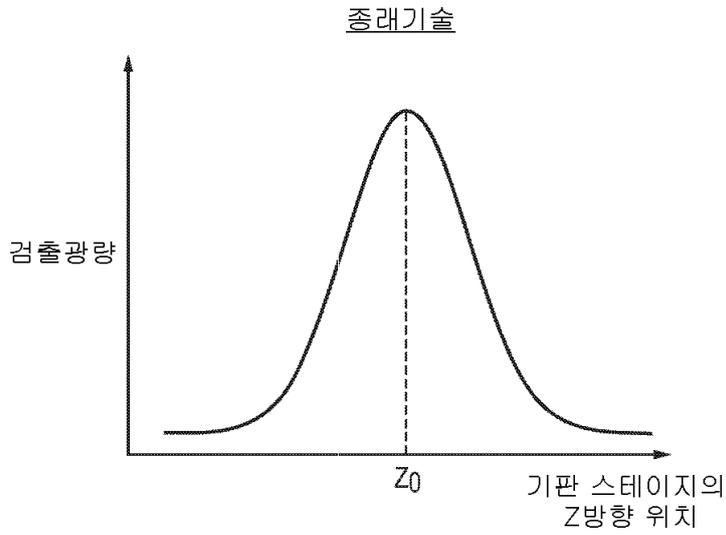


도면17

종래기술



도면18



도면19

